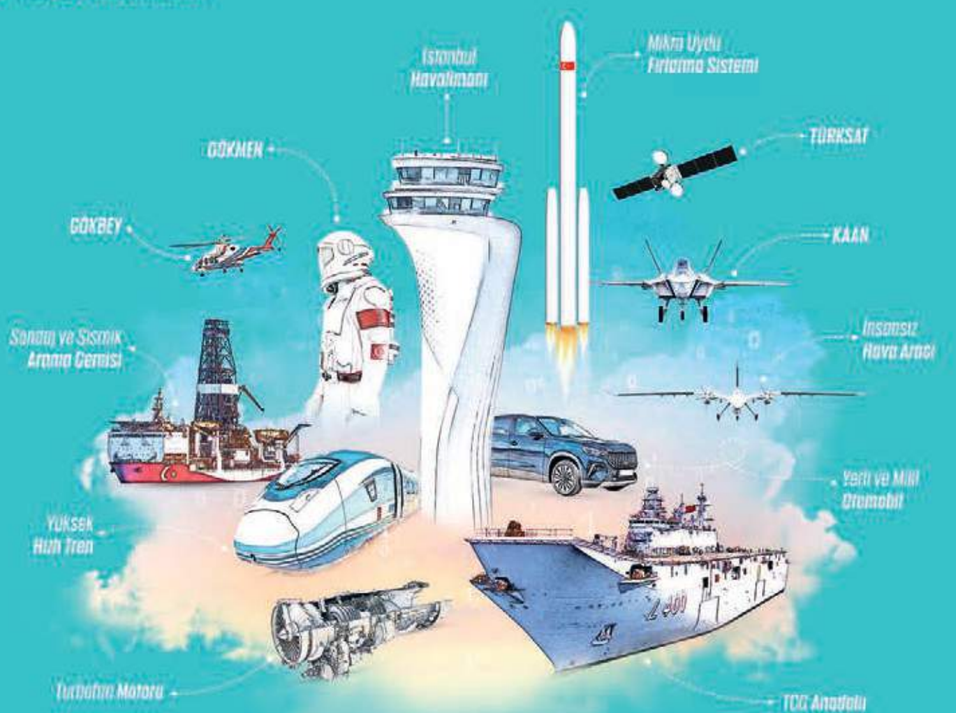
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN:978-975-11-6214-4

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ ALANI

ELEKTRİFİKASYON ATÖLYESİ 10 Ders Materyali

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ ALANI

ELEKTRİFİKASYON ATÖLYESİ



10

Ders Materyali

21X29,7___GRAMER__207740__ELEKTRİFİKASYON ATÖLYESİ 10+++__KAPAK.pdf

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

RAYLI SİSTEMLER TEKNOLOJİSİ

ELEKTRİFİKASYON ATÖLYESİ

10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Aslan YILDIZ
Gürel OLTULU
Hayati ÖZDEMİR
Mehmet Halil KORATEŞ
Recai TONGUZ
Recep ÇEKER

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....:7935
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİ NUMARASI.....:1863

HAZIRLAYANLAR

Gülnur GÜNGÖR — Dil Uzmanı

Hamza KAHRAMAN — Görsel Tasarım Uzmanı

ISBN:978-975-11-6214-4

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır

BASKI
Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden lâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan ilâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

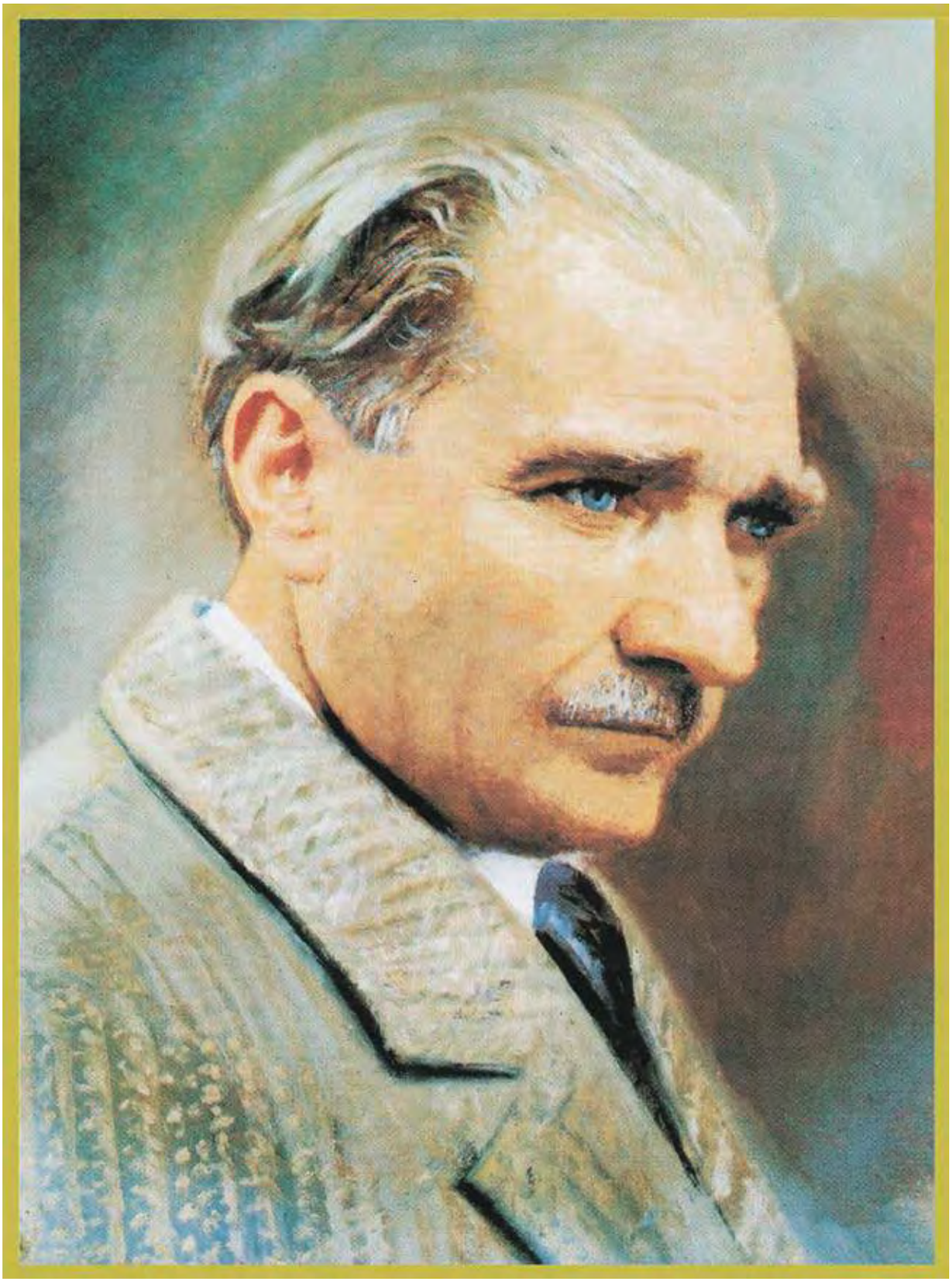
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal ATATÜRK



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİ TANITIMI 16

1. ÖĞRENME BİRİMİ ELEKTRİK ELEKTRONİK ESASLARI 20

1.1. ELEKTRİĞİN TEMEL ESASLARI 20
1.1.1. Elektrik Enerji Kaynakları ve Özellikleri 20
1.1.1.1. Elektrik Enerjisi ve Üretimi 20
1.1.2. Elektrik Enerji Santralleri ve Elektrik Üretim Aşamaları 21
1.1.2.1. Termik Santraller 21
1.1.2.2. Hidroelektrik Santraller 22
1.1.2.3. Nükleer Santraller 22
1.1.2.4. Rüzgâr Enerjisi 23
1.1.2.5. Güneş Enerjisi 23
1.1.2.6. Jeotermal Enerji 24
1.1.2.7. Deniz Kaynaklı Enerji 24
1.1.3. Atomun Yapısı ve Elektronların Özellikleri 25
1.1.3.1. Atomun Yapısı 25
1.1.3.2. Serbest (Valans) Elektron 25
1.1.3.3. Atom Yapısına Göre İletken, Yarı iletken ve Yalıtkan 25
1.1.4. Elektrik Yükleri ve Elektrik Alanı 27
1.1.4.1. Elektrik Yükü ve Birimi 27
1.1.4.2. Coulomb Kanunu 27
1.1.4.3. Elektrik Alanı 28
1.1.4.4. Elektrik Potansiyeli 29
1.1.4.5. Şimşek ve Yıldırım 29
1.1.5. Elektrik Akımının Özellikleri ve Çeşitleri 29
1.1.5.1. Elektrik Akımının Birimleri ve Dönüşümleri 30
1.1.5.2. Elektrik Akımının Çeşitleri 31
1.1.5.3. Elektrik Akımının Geçişleri 32
1.1.5.4. Elektrik Akımının Isı Etkileri 32
1.1.5.5. Joule (Jul) Kanunu 33
1.1.5.6. Elektrik Akımının Işık Etkisi 33
1.1.5.7. Elektrik Akımının Manyetik Etkisi 34
1.1.5.8. Elektrik Akımının Kimyasal Etkisi 35
1.1.5.9. Elektrik Akımının Bedensel (Fiziksel) Etkisi 36
1.1.5.10. Elektrik Akım Yoğunluğu 36
1.1.6. Elektrik Geriliminin Özellikleri 37
1.1.6.1. Gerilim ve Elektromotor (EMK) ilişkisi 37
1.1.6.2. Gerilim Birimleri ve Dönüşümleri 37
1.1.6.3. Gerilim Çeşitleri 38
1.1.6.4. Gerilim Üretme Yöntemleri 38
1.1.7. Statik Elektrik (Elektrostatik) ve Elektriklenme Yöntemleri 38
1.1.7.1. Statik Elektriğin Zararları 39
1.1.7.2. Elektriklenme Yöntemleri 39
1.1.7.3. Statik Elektriğin Ölçülmesi 40
1.1.7.4. Statik Elektrikten Korunma Yöntemleri 40

TEMRİNLER 41

1.2. DOĞRU AKIM ESASLARI 44
1.2.1. Doğru Akım Ve Özellikleri 44
1.2.1.1. Doğru Akımın Elde Edilmesi 44
1.2.1.2. Doğru Akımın Kullanıldığı Alanlar 44
1.2.2. Doğru Akım Kaynakları 44
1.2.2.1. Pil ve Batarya 45
1.2.2.2. Akümülatörler 46
1.2.2.3. Dinamolar 46
1.2.2.4. Doğru Akım Kaynakların Seri Bağlantısı 47
1.2.2.5. Doğru Akım Kaynakların Paralel Bağlantısı 48
1.2.2.6. Doğru Akım Kaynaklarını Kullanırken Dikkat Edilecek Hususlar 48
1.2.2.7. Doğru Akım Motorları ve Özellikleri 49
1.2.3. Doğru Akım Devre Bağlantıları 50

İÇİNDEKİLER

1.2.3.1. Seri Devre ve Özellikleri 50
1.2.3.2. Paralel Devre ve Özellikleri 51
1.2.3.3. Karışık Devre ve Özellikleri 51
1.2.4. Ohm Kanunu İle Devre Analizi 52
1.2.4.1. Ohm Kanunu ve Özellikleri 52
1.2.5. Kirchhoff (Kirşof) Kanunları 53
1.2.5.1. Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu 53
1.2.5.2. Kirchhoff'un Akımlar Kanunu 54
1.2.6. Kondansatörler ve Bağlantıları 54
1.2.6.1. Kondansatör ve Özellikleri 54
1.2.6.2. Kondansatör Şarjı ve Deşarjı 55
1.2.6.3. Kondansatörün Devre Bağlantılarındaki Kapasite Hesaplamaları 55
1.2.6.4. Kondansatörlerin Seri Bağlantısı 55
1.2.6.5. Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı 56
1.2.6.6. Kondansatörlerin Karışık Bağlantısı 57
1.2.7. Bobinler ve Bağlantıları 57
1.2.7.1. Bobinlerin Seri Bağlantısı 58
1.2.7.2. Bobinlerin Paralel Bağlantısı 58
1.2.7.3. Bobinlerin Karışık Bağlantısı 59
TEMRİNLER 60
1.3. ALTERNATİF AKIM ESASLARI 68
1.3.1. Alternatif Akım ve Özellikleri 68
1.3.1.1. Alternatif Akım Çeşitleri 68
1.3.1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi 69
1.3.1.3. Alternatif Akımın Kullanıldığı Yerler 69
1.3.2. Alternatif Akım Bileşenleri ve Vektörel Gösterimi 70
1.3.2.1. Sinüs Dalgası (Sinüsoidal Sinyal) 70
1.3.2.2. Alternatif Akım Bileşenleri ve Değerleri 70
1.3.2.3. Alternatif Akımda Faz ve Faz Farkı 74
1.3.2.4. Alternatif Akımın Vektörel Gösterimleri 75
1.3.3. Alternatif Akımda Bobinler 77
1.3.3.1. Alternatif Akımda Bobinin Gösterdiği Özellikler 79
1.3.3.2. Alternatif Akımda Bobin Bağlantıları ve Hesaplamaları 79
1.3.3.3. Alternatif Akımda Nüvenin Endüktansa Etkileri 81
1.3.4. Alternatif Akımda Kondansatörler 81
1.3.4.1. Alternatif Akımda Kapasitörlerin Gösterdiği Özellikler 82
1.3.4.2. Kondansatör Bağlantıları ve Hesaplamaları 83
TEMRİNLER 85
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 89
2. ÖĞRENME BİRİMİ DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYONU 91
2.1. ELEKTRİK CER SİSTEMLERİ 92
2.1.1. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri 92
2.1.2. Elektrifikasyonun Faydaları 93
2.1.2.1. Ülke Ekonomisine Faydaları 93
2.1.2.2. Teknik Faydaları 93
2.1.2.3. İşletmeye Faydaları 94
2.1.2.4. İktisadi Faydaları 95
2.1.2.5. Çevreye ve Topluma Faydaları 96
2.2. DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYON SİSTEMLERİNDE BESLEME ÇEŞİTLERİ 97
2.2.1. DC ve AC Besleme Sistemleri 97
2.2.1.1. DC Besleme 97
2.2.1.2. AC Besleme 97
2.2.1.3. AC ve DC Besleme Sistemlerinin Karşılaştırılması 97
2.2.2. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri ve Sınıfları 98
2.2.2.1. Az Yüksek Gerilimli DC Sistem 99
2.2.2.2. Yüksek Gerilimli ve Özel Frekanslı AC Sistemi 99
2.2.2.3. Ticari Frekanslı ve Yüksek Gerilimli AC Sistemi 99
2.3. ELEKTRİFİKASYON SABİT TESİSLERİ 100
2.3.1. Elektrifikasyon Sabit Tesisleri ve Bileşenleri 100
2.3.1.1. Trafo Merkezleri 101
2.3.1.2. Demiryolu Trafo Merkezleri ve Cer Postaları 101

İÇİNDEKİLER

2.3.1.3. Şehir İçi Raylı Sistemler Trafo Merkezleri....102
2.3.1.4. Uzaktan Kumanda ve Kontrol Sistemleri....103
2.3.1.5. Enerji İletim Sistemleri....103
2.3.1.6. Elektrifikasyon Haberleşme Sistemleri....104
2.4. ELEKTRİKSEL İŞARET LEVHALARI VE ANLAMLARI....104
2.4.1. Demiryolu Uyarı İşaretleri....104
2.4.2.1. Elektriksel İşletmecilik ve Uyarı Levhaları....105
2.4.2.1. Koruyucu Uyarı Levhaları....106
TEMRİNLER....107
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....111
3. ÖĞRENME BİRİMİ TRAFO MERKEZİ VE ELEMANLARI....114
3.1. TRAFO MERKEZLERİ....114
3.1.1. Enerji İletimi ve Trafo Merkezleri....114
3.1.2. Trafo Merkezinin Tanımı....114
3.1.3. Trafo Merkezi Elemanları....114
3.2. DAĞITIM VE GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ....115
3.2.1. Transformatörlerin Tanımı....115
3.2.1.1. Transformatörlerin Yapısı ve Elemanları....115
3.2.1.2. Transformatör Çeşitleri....116
3.2.1.3. Transformatörlerin Çalışması....116
3.2.1.4. Transformatörde İndüklenen Gerilim Değerleri....117
3.2.1.5. Transformatör Dönüştürme Oranları....117
3.2.1.6. Transformatörlerde Güç....118
3.2.1.7. Transformatörlerde Verim....119
3.2.2. Dağıtım ve Güç Transformatörlerinin Özellikleri....199
3.2.2.1. Dağıtım Transformatörleri....120
3.2.2.2. Güç Transformatörleri....120
3.2.2.3. Yağlı Tip Dağıtım ve Güç Transformatörün Genel Yapısı....120
3.2.2.4. Yalıtım Şekillerine Göre Transformatörler....121
3.2.2.5. Transformatör Etiket Bilgileri....124
3.2.2.6. Transformatörlerin Kademe Değişimi....125
3.2.2.7. Transformatörlerin Bağlantı Grupları....126
3.2.2.8. Transformatörlerde Soğuma Şekilleri....127
3.2.2.9. Transformatörlerin Paralel Bağlantısı....128
3.2.2.10. Transformatörlerde Yapılan Testler....128
3.2.2.11. Transformatörlerde Bakım ve Kontroller....131
TEMRİNLER....134
3.3. ÖLÇÜ VE KORUMA TRANSFORMATÖRLERİ....151
3.3.1. Ölçü ve Koruma Transformatörlerinin Görevleri....151
3.3.2. Akım Transformatörleri....151
3.3.2.1. Akım Transformatörlerinin Yapısı ve Çalışma Prensibi....151
3.3.2.2. Akım Transformatörlerinin Çeşitleri....153
3.3.2.3. Akım Transformatörlerinin Devreye Bağlanışı....156
3.3.2.4. Akım Transformatörlerinin Etiket Değerleri....157
3.3.2.5. Akım Transformatörleri Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar....159
3.3.2.6. Akım Transformatörlerinde Oluşabilecek Arızalar....159
3.3.3. Gerilim Transformatörleri....159
3.3.3.1. Gerilim Transformatörlerinin Yapısı ve Çalışma Prensibi....159
3.3.3.2. Gerilim Transformatörlerinin Çeşitleri....160
3.3.3.3. Gerilim Transformatörlerinin Devreye Bağlanma Şekli....162
3.3.3.4. Gerilim Transformatörlerinin Kullanım Amaçları....163
3.3.3.5. Gerilim Transformatörlerinin Etiket Değerleri....163
3.3.3.6. Gerilim Transformatörlerinin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar....164
3.3.3.7. Gerilim Transformatörlerinde Oluşabilecek Arızalar....164
TEMRİNLER....165
3.4. AYIRICILAR VE KESİCİLER....170
3.4.1. Ayırıcı ve Kesicilerin Görevi....170
3.4.2. Ayırıcılar....170
3.4.2.1. Ayırıcıların Yapısı ve Çalışması....170
3.4.2.2. Ayırıcıların Çeşitleri....170
3.4.2.3. Ayırıcılarda Aranan Özellikler....174

İÇİNDEKİLER

3.4.2.4 Ayırıcılarda Montaj aşamaları 175
3.4.2.5. Ayırıcılarda Bakım Onarım İşlemleri 175
3.4.2.6. Ayırıcıları Devreye Alma ve Devreden Çıkarma İşlemleri 175
3.4.3. Kesiciler 176
3.4.3.1. Kesicilerin Yapısı ve Çalışması 176
3.4.3.2. Kesicilerin Çeşitleri 176
3.4.3.3. Kesicilerde Aranan Özellikler 177
3.4.3.4. Kesicilerde Montaj Aşamaları 178
3.4.3.5. Kesicilerde Bakım İşlemleri 179
3.4.3.6. Kesicileri Devreye Alma ve Devreden Çıkarma İşlemleri 179
TEMRİNLER 182
3.5. PARAFUDRLAR 192
3.5.1. İletim ve Dağıtım Hatlarında Oluşan Yüksek Gerilim Nedenleri 192
3.5.2. Parafudrun Yapısı ve Çalışma Prensibi 193
3.5.3. Parafudr Seçimi 194
3.5.3.1. Nominal Akım Değerinin Seçilmesi 194
3.5.3.2. Nominal Gerilim Değerinin Seçilmesi 194
3.5.3.3. Kısa Devre Akım Değerinin Seçilmesi 195
3.5.4. Parafudr Çeşitleri 195
3.5.4.1. Yapılışlarına Göre Parafudrlar 195
3.5.4.2. Gerilimlerine Göre Parafudrlar 197
3.5.4.3. Tesisatın Özelliğine Göre Parafudrlar 198
3.5.4.4. Parafudr Toprak Direncinin Belirlenmesi 199
3.5.5. Parafudr Ayırıcısı 200
3.5.5.1. Parafudr Ayırıcısının Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar 200
3.5.6. Parafudr Darbe Sayıcısı 200
3.5.7. Parafudrun Kullanıldığı Yerler 201
3.5.8. Parafudr Montaj İşlem Sırası 201
TEMRİNLER 204
3.6. YÜKSEK GERİLİM SİGORTALARI 207
3.6.1. Yüksek Gerilimde Aşırı Akımın Oluşma Nedenleri 207
3.6.2. Yüksek Gerilim Sigortaları 207
3.6.3. Yüksek Gerilim Sigortalarının Yapısı ve Çalışması 208
3.6.4. Yüksek Gerilim Sigortasının Çeşitleri 209
3.6.4.1. Optik Göstergeli Sigortalar 209
3.6.2.2. Çarpma Pimli Sigortalar 209
3.6.5. Yüksek Gerilim Sigortasının Seçimi 209
3.6.6. Yüksek Gerilim Sigortalarının Standartları 211
3.6.7. Yüksek Gerilim Sigorta Montaj İşlem Sırası 211
TEMRİNLER 212
3.7. KORUMA RÖLELERİ 213
3.7.1. Elektrik Sistemlerindeki Arızaların Genel Nedenleri 213
3.7.2. Kısa Devre Koruma Röleleri 213
3.7.2.1. Kısa Devre Koruma Röle Çeşitleri ve Özellikleri 213
3.7.2.2. Kısa Devre Koruma Rölesinin Montajı 215
3.7.3. Toprak Kaçağı Koruma Röleleri 215
3.7.3.1. Toprak Kaçağı Koruma Röle Çeşitleri ve Özellikleri 215
3.7.3.2. Toprak Kaçağı Koruma Rölesinin Montajı 216
3.7.4. Aşırı Akım Koruma Röleleri 216
3.7.4.1. Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Çeşitleri ve Özellikleri 216
3.7.4.2. Aşırı Akım Koruma Rölesinin Montaj ve Bağlantısı 218
3.7.5. Isıdan Koruma Röleleri 219
3.7.5.1. Isıdan Koruma Röle Çeşitleri ve Özellikleri 219
3.7.5.2. Isıdan Koruma Rölesinin Montajı 219
3.7.6. Buchholz Rölesi 219
3.7.6.1. Buchholz Röle Montajı 220
3.7.7. DC Gerilim Kontrol Röleleri 220
TEMRİNLER 222
3.8. DEMİRYOLU TRANSFORMATÖR MERKEZLERİ 228
3.8.1. Demiryolu Transformatör Merkezlerinin Görevi 228
3.8.2. Ulusal Demiryolu Transformatör Merkezleri 228
3.8.2.1. Birinci Kısımda (Primer) Kullanılan Cihazlar 228

3.8.2.2. Güç Trafoları....232
3.8.2.3. Çıkış (Sekonder) Kısmında Kullanılan Cihazlar....234
3.8.2.4. Kumanda Sisteminin Çalışma Prensibi....236
3.8.2.5. Nötr Bölgeler ve Bölge Postaları....238
3.8.2.6. Kompanzasyon....239
3.8.3. Şehir İçi Demiryolu Transformatör Merkezleri....240
3.8.3.1. Orta Gerilim Sistemi....241
3.8.3.2. Cer Trafosu....243
3.8.3.3. Çıkış (Sekonder) Kısım....243
3.8.3.4. Alçak Gerilim Sistemi....245
3.8.3.5. Jenaratörden Besleme....246
3.8.4. Elektrifikasyon Sistemlerinde Tek Hat Şeması....247
TEMRİNLER....249
3.9. DEMİRYOLU KONTROL VE KUMANDA MERKEZLERİ....252
3.9.1. Demiryolu Kontrol ve Kumanda Merkezlerinin Görevi....252
3.9.2. SCADA Sistemlerinin Genel Yapısı....252
3.9.3. TCDD Kontrol ve Kumanda (Telekomand) Merkezleri....255
3.9.4. Şehir İçi SCADA Sistemleri....256
TEMRİNLER....259
3.10. ENERJİ KESİMİ VE EMNİYET....261
3.10.1. Enerji Kesimi ve Emniyetin Önemi....261
3.10.2. Enerji Kesimi İş ve İşlem Basamakları....261
TEMRİNLER....263
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....264
4. ÖĞRENME BİRİMİ ENERJİ İLETİM SİSTEMLERİ....264
4.1. KATENER SİSTEMİ....268
4.1.1. Katener Sistemi ve Özellikleri....268
4.1.2. Katener Direkleri Montajı ve Bakımı....269
4.1.2.1. Dikilecek Direğin Yerini Tespit Etme....269
4.1.2.2. Temel Tipinin Belirlenmesi....270
4.1.2.3. Temellerin Kazılması....270
4.1.2.4. Karotun Yerleştirilmesi....271
4.1.2.5. Beton Dökümü....271
4.1.2.6. Karotun Sökülmesi....272
4.1.2.7. Direklerin Dikilmesi....272
4.1.2.8. Betonarme Direklerin Bakımı....273
4.1.2.9. Metalik Direklerin Bakımı....273
4.1.2.10. Direk Temelleri ve Bakımı....273
4.1.3. Portik Supl Sistemleri....274
4.1.4. Portik Rijit Sistemleri....274
4.1.5. Direklerin Montajı ve Özellikleri....275
4.1.5.1. Montaj Malzemeleri ve Araçları....275
4.1.5.2. Montaj Süreci ve Koşulları....275
4.1.6. Konsol Hoban Takımının Montajı ve Bakımı....276
4.1.6.1. Konsol Hoban Takımının Montajı....276
4.1.6.2. Konsol Hoban Sisteminin Bakımı....277
4.1.6.3. Dar Gabarili Yerler ve Şezler....277
4.1.6.4. Dar Gabarili Yerler ve Şezlerin Bakımı....278
4.1.7. IS Ayırma Bölgesi....278
4.1.8. İzolatörler ve Bakımı....278
4.1.8.1. İzolatörlerin Bakımı....279
4.1.8.2. Mesnet İzolatörleri....279
4.1.8.3. Zincir İzolatörleri....279
4.1.9. İletkenler ve Bakımı....280
4.1.9.1. Portör Teli....280
4.1.9.2. Portör Telinin Çekilmesi....281
4.1.9.3. Portör Telinin Bakımı....281
4.1.9.4. Seyir Teli....281
4.1.9.5. Seyir Telinin Çekilmesi....282
4.1.9.6. Dezeksman....282
4.1.9.7. Seyir Telinin Yüksekliği....283

İÇİNDEKİLER

4.1.9.8. Seyir Telinin Sürtünmesi ve Şekli 283
4.1.9.9. Seyir Telinin Bakımı 283
4.1.9.10. Pandüller 284
4.1.9.11. Pandüllerin Bakımı 285
4.1.10. Besleme İletkenleri ve Bakımı 285
4.1.10.1. Besleme Bağlantılarının Bakımı 286
4.1.10.2. Fider Teli 286
4.1.10.3. Geri Dönüş Teli 287
4.1.11. Makas Katenerinin Bağlantısı ve Bakımı 287
4.1.11.1. Makas Katenerinin Bakım ve Ayarı 288
4.1.12. Ayırıcı Bölgeler 288
4.1.13. Ekipman Bölge 288
4.1.14. Seksiyonman Bölge 288
4.1.14.1. Seksiyonmanın Görevleri 289
4.1.14.2. Seksiyonman İzolatörleri 289
4.1.15. Nötr Bölge 290
4.1.15.1. Nötr Bölgede Bakım 290
4.1.16. Antişöminman Bölge 290
4.1.16.1. Portör Antişöminmanı 290
4.1.16.2. Seyir Teli Antişöminmanı 291
4.1.17. Otomatik Gergi Cihazları ve Bakımı 291
4.1.17.1. Otomatik Gergi Cihazlarının Bakımı 292
4.1.18. Ankrajlar ve Bakımı 292
4.1.18.1. Ankrajların Bakımı 292
4.1.19. Topraklama Sistemleri ve Bakımı 293
4.1.19.1. Ana Hat Topraklaması 293
4.1.19.2. İstasyon içi Tesislerde Topraklama 293
4.1.20. Bakım Çeşitleri 294
4.1.20.1. Koruyucu Bakım 295
4.1.20.2. Önleyici Bakım 295
4.1.20.3. Düzeltici Bakım 295
4.1.21. Katener Bakım İşlerinde Güvenlik 295
4.1.21.1. Tren Trafiği 295
4.1.21.2. Yüksek Gerilim 295
4.1.21.3. Yüksekte Çalışma 296
TEMRİNLER 297
4.2. RİJİT KATENER SİSTEMİ 303
4.2.1. Rijit Katener 303
4.2.2. Rijit Katener Sisteminin Özellikleri 303
4.2.3. Rijit Katener Sistemi Bileşenleri 304
4.2.3.1. İletken Ray Profili 304
4.2.3.2. Bağlantı Plakaları 304
4.2.3.3. Kontak (Seyir) Teli 305
4.2.3.4. Destek İzolatörü 305
4.2.3.5. Koruyucu Plastik Kapak 305
4.2.3.6. Yay Profili 306
4.2.3.7. Taşıyıcı (Destek) Elemanları 306
4.2.3.8. Topraklama 307
4.2.3.9. Bölge İzolatörleri 308
4.2.4. Kontak Teli Montajı 308
4.2.5. Rijit Katener Sisteminin Bakımı 309
4.2.5.1. Rijit Katener Sisteminin Rutin Bakımı 309
4.2.5.2. Rijit Katener Sisteminin Koruyucu Bakımı 309
4.2.5.3. Rijit Katener Sisteminin Arıza Sebepleri 309
4.2.5.4. Rijit Katener Sisteminin Arıza Sonuçları 309
4.2.6. Rijit Katener Sisteminin Teknik Özellikleri 310
4.2.7. Hareketli Rijit Katener Sistemi 310
TEMRİNLER 311
4.3. ÜÇÜNCÜ RAY SİSTEMİ 315
4.3.1. Üçüncü Ray 315
4.3.2. Üçüncü Rayın Özellikleri 315
4.3.3. Üçüncü Rayın Bileşenleri 316

4.3.3.1. Akım Pabucu 316
4.3.3.2. İzolatörler 317
4.3.3.3. Ray Rampası 317
4.3.3.4. Genleşme Derzi 318
4.3.3.5. Üçüncü Ray Ankrajlar 318
4.3.3.6. Üçüncü Ray Eklem Noktaları 319
4.3.3.7. Elektriksel Bağlantısı 319
4.3.3.8. Üçüncü Ray Kapakları 320
4.3.4. Köprülenebilir ve Köprülenemez Açıklık 320
4.3.5. Üçüncü Rayın Bakımı 320
4.3.5.1. Görsel Kontroller 321
4.3.5.2. Ölçümler 321
4.3.5.3. Olası Arızalar ve Sorun Giderme 321
TEMRİNLER 322
4.4. APS (OTOMATİK GÜÇ KAYNAĞI) SİSTEMİ 326
4.4.1. Katenersiz Besleme Sistemi 326
4.4.2. Klasik Katener Sistem İle Aps Sisteminin Karşılaştırılması 328
4.4.2.1. APS Sisteminin Havai Katener Sistemine Göre Üstünlükleri 328
4.4.2.2. APS Sisteminin Havai Katener Sistemine Göre Olumsuz Yönleri 328
4.4.3. APS Sisteminin Mimarisi 329
4.4.4. APS Rayları 330
4.4.5. Dağıtım Kutuları ve Bağlantı Kutuları 330
4.4.6. APS Menholleri 330
4.4.7. APS Enerji Kutuları 331
4.4.8. APS Hat Sonu Kutuları 331
4.4.9. APS Enerji Kabloları 332
4.4.10. APS Rayının Yapısı 332
4.4.11. APS Sisteminin Bakımı 333
4.4.11.1. Önleyici Bakım 333
4.4.11.2. Düzeltici Bakım 333
TEMRİNLER 334
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 337
KAYNAKÇA 340
CEVAP ANAHTARI 344

DERS MATERYALİ TANITIMI



Öğrenme birimi kapağı görselini gösterir.

Öğrenme birimi numarasını gösterir.

Öğrenme biriminde yer alan konuları gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğreneceğinizi gösteren ön bilgileri gösterir.

Öğrenme biriminde yer alan kavramları gösterir.

Öğrencilerin önceden aşina oldukları konuları içeren,öğrenciyi öğrenmeye hazır hâle getirmeyi amaçlayan soruları gösterir.

Öğrenme birimi dosyasına ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.



Hangi öğrenme birimi olduğunu gösterir.

Öğrenme biriminin ismini gösterir.

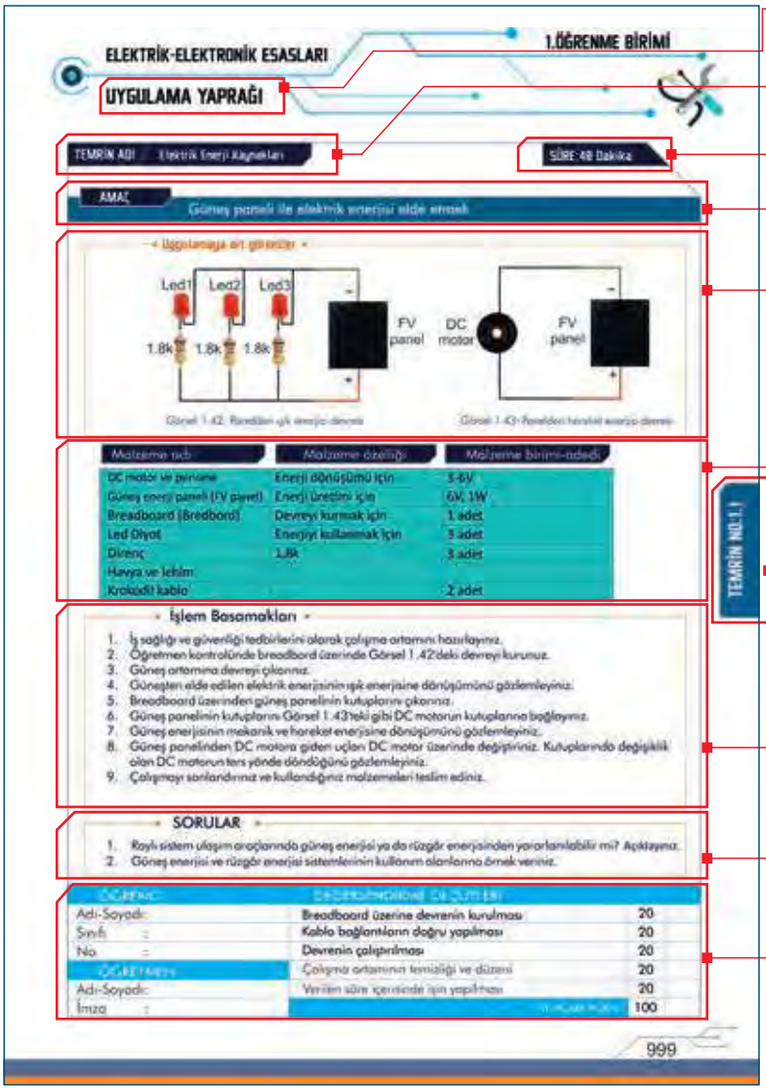
Konu başlığını gösterir.

Konu başlığını gösterir.

İçeriğe ait tabloyu gösterir.

Bilgi yaprağında anlatılan konu içeriğini gösterir.

Bilgi yaprağında içeriğe uygun görseli gösterir.


ELEKTRİK-ELEKTRONİK ESASLARI

1.ÖĞRENME BİRİMİ

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI : Elektrik Enerji Kaynakları

SÜRE: 40 Dakika

AMAÇ

Güneş paneli ile elektrik enerjisi elde etmek

Uygulamaya ait görseller

Led1 Led2 Led3

1.8k 1.8k 1.8k

FV panel

DC motor

FV panel

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
DC motor ve pervane	Enerji dönüşümü için	1 adet
Güneş enerji paneli (FV panel)	Enerji üretimi için	6V, 1W
Breadboard (Bredboard)	Devreyi kurmak için	1 adet
Led Diyot	Enerjiyi kullanmak için	3 adet
Direnç	1,8k	3 adet
Havya ve lehim		
Krokodil kablo		2 adet

TEMRİN NO:1.1

İşlem Basamakları

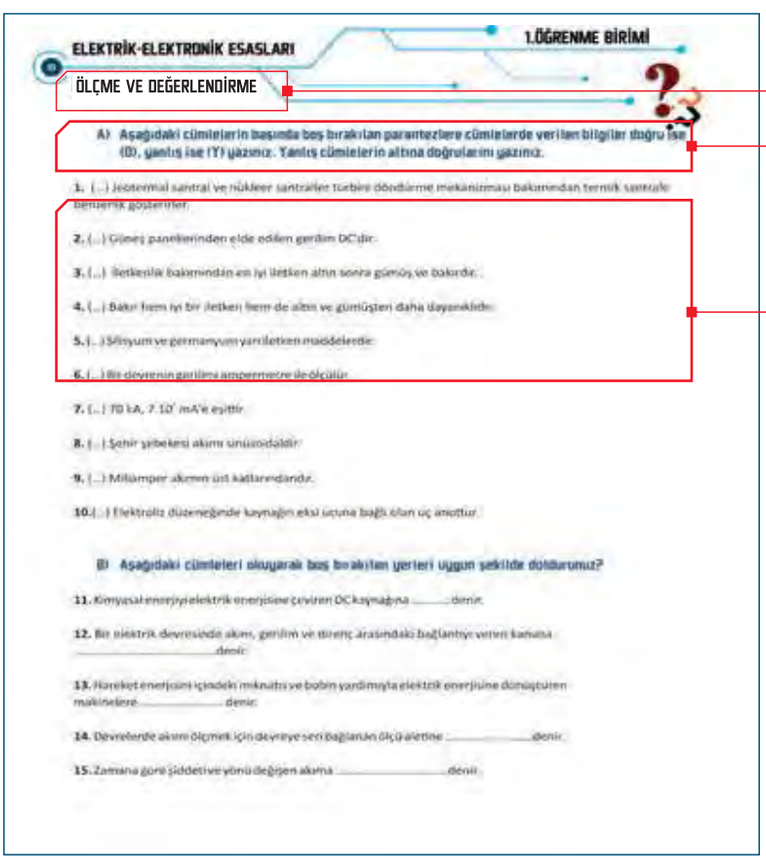
1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde breadbord üzerinde Görsel 1.42'deki devreyi kurunuz.
3. Güneş ortamına devreyi çıkarınız.
4. Güneşten elde edilen elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşümünü gözlemleyiniz.
5. Breadboard üzerinden güneş panelinin kutuplarını çıkarınız.
6. Güneş panelinin kutuplarını Görsel 1.43'teki gibi DC motorun kutuplarına bağlayınız.
7. Güneş enerjisinin mekanik ve hareket enerjisine dönüşümünü gözlemleyiniz.
8. Güneş panelinden DC motora giden uçları DC motor üzerinde değiştiriniz. Kutuplarında değişiklik olan DC motorun ters yönde döndüğünü gözlemleyiniz.
9. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SORULAR

1. Raylı sistem ulaşım araçlarında güneş enerjisi ya da rüzgâr enerjisinden yararlanılabilir mi? Açıklayınız.
2. Güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin kullanım alanlarına örnek veriniz.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRMEDE ÇALIŞILAN	
Adı-Soyadı:	Breadboard üzerine devrenin kurulması	20
Sınıfı :	Kablo bağlantıların doğru yapılması	20
No :	Devrenin çalıştırılması	20
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20
İmza :		100

999


ELEKTRİK-ELEKTRONİK ESASLARI

1.ÖĞRENME BİRİMİ

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış cümlelerin altına doğrularını yazınız.

1. (...) Jeotermal santral ve nükleer santraller türbini döndürme mekanizması bakımından termik santrale benzerlik gösterirler.
2. (...) Güneş panellerinden elde edilen gerilim DC'dir.
3. (...) İletkenlik bakımından en iyi iletken altın sonra gümüş ve bakırdır.
4. (...) Bakır hem iyi bir iletken hem de altın ve gümüşten daha dayanıklıdır.
5. (...) Silisyum ve germanyum yarıiletken maddelerdir.
6. (...) Bir devrenin gerilimi ampermetre ile ölçülür.
7. (...) 70 kA, 7.10⁴ mA'e eşittir.
8. (...) Şehir şebekesi akımı ünüsoidaldir.
9. (...) Miliamper akımın üst katlarındandır.
10. (...) Elektroliz düzeneğinde kaynağın eksi ucuna bağlı olan uç anottur.

B) Aşağıdaki cümleleri okuyarak boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz?

11. Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren DC kaynağına ..... denir.
12. Bir elektrik devresinde akım, gerilim ve direnç arasındaki bağlantıyı veren kanuna ..... denir.
13. Hareket enerjisini içindeki mıknatıs ve bobin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren makinelere ..... denir.
14. Devrelerde akımı ölçmek için devreye seri bağlanan ölçü aletine ..... denir.
15. Zamana göre şiddeti ve yönü değişen akıma ..... denir.

Uygulama yaprağı olduğunu gösterir.

Temrin adını gösterir.

Temrin süresini gösterir.

Temrinin amacını gösterir.

Uygulamaya ait görseli gösterir.

Uygulamada kullanılacak malzemelere ait bilgileri gösterir.

Temrin numarasını gösterir.

Uygulamaya ait işlem basamaklarını gösterir.

Öğrencinin uygulamayla ilgili çözmesi istenen soruları gösterir.

Uygulamaya ait değerlendirme bölümünü gösterir.

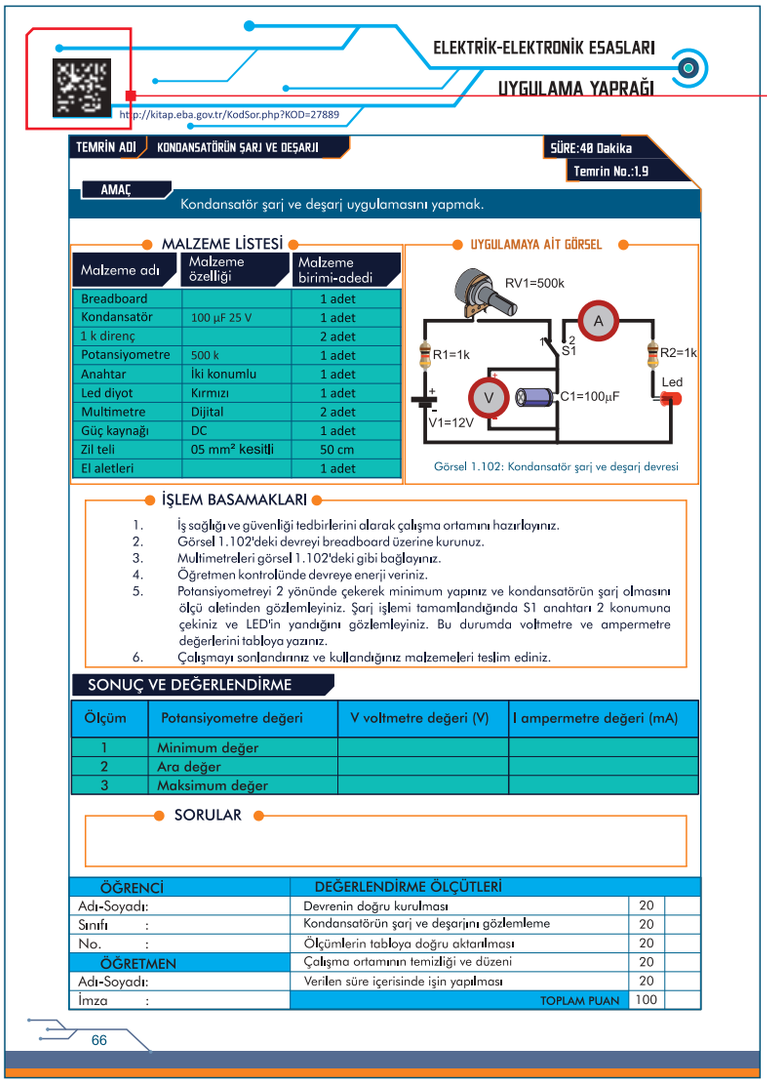
Ölçme ve değerlendirme sayfası olduğunu gösterir.

Soruların nasıl çözülmesi gerektiğini açıklayan bölümü gösterir.

Ölçme ve değerlendirme sorularını gösterir.

DERS MATERYALİ TANITIMI

Karekod okutularak ya da altta verilen linke tıklanarak uygulamanın anlatıldığı videoya gidilebileceğini gösterir.



ELEKTRİK-ELEKTRONİK ESASLARI

UYGULAMA YAPRAĞI

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27889

TEMRİN ADI: KONDANSATÖRÜN ŞARJ VE DEŞARJI

SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.9

AMAÇ

Kondansatör şarj ve deşarj uygulamasını yapmak.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Kondansatör	100 µF 25 V	1 adet
1 k direnç		2 adet
Potansiyometre	500 k	1 adet
Anahtar	İki konumlu	1 adet
Led diyot	Kırmızı	1 adet
Multimetre	Dijital	2 adet
Güç kaynağı	DC	1 adet
Zil teli	05 mm² kesitli	50 cm
El aletleri		1 adet

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL

Görsel 1.102: Kondansatör şarj ve deşarj devresi

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.102'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. Multimetreleri görsel 1.102'deki gibi bağlayınız.
4. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Potansiyometreyi 2 yönünde çekerek minimum yapınız ve kondansatörün şarj olmasını ölçü aletinden gözlemleyiniz. Şarj işlemi tamamlandığında S1 anahtarı 2 konumuna çekiniz ve LED'in yandığını gözlemleyiniz. Bu durumda voltmetre ve ampermetre değerlerini tabloya yazınız.
6. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ölçüm	Potansiyometre değeri	V voltmetre değeri (V)	I ampermetre değeri (mA)
1	Minimum değer		
2	Ara değer		
3	Maksimum değer		

SORULAR

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Kondansatörün şarj ve deşarjını gözlemleme	20	
No. :	Ölçümlerin tabloya doğru aktarılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

66

Karekod okutularak ya da altta verilen linke tıklanarak görsel kaynakça dosyasına gidilebileceğini gösterir.



GÖRSEL KAYNAKÇA

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2474

* Bu ders materyalinde ölçü birimlerinin uluslararası kısaltmaları kullanılmıştır.



1. ÖĞRENME BİRİMİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK ESASLARI

KONULAR

1.1. ELEKTRİĞİN TEMEL ESASLARI
1.2. DOĞRU AKIMIN ESASLARI
1.3. ALTERNATİF AKIM ESASLARI

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

1. Elektriğin temel esasları ile ilgili uygulamaları yapmayı
2. Doğru akım esasları ile ilgili uygulamaları yapmayı
3. Alternatif akım esasları ile ilgili uygulamaları yapmayı

TEMEL KAVRAMLAR

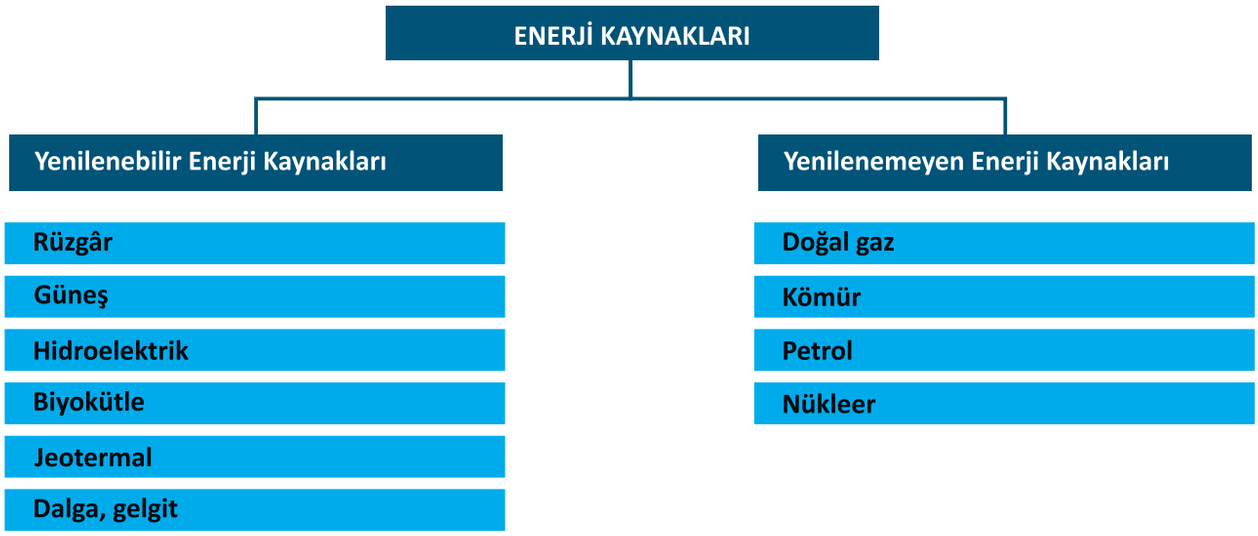
doğru akım, alternatif akım, akümülatörler, indüksiyon prensibi, ohm kanunu, kondansatörler, iletken, yarı iletken

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Elektrik enerjisi hangi aşamalardan geçerek kullanılır hâle gelir? Gözlemlerinizi anlatınız.
2. Çevrenizde iletken, yarı iletken ve yalıtkan maddelere neler örnek olabilir?
3. Doğru akım ve alternatif akım kavramları sizlere kimleri ya da neleri çağrıştırıyor?

1.1.1. Elektrik Enerji Kaynakları ve Özellikleri

Fiziksel anlamda iş yapabilme yeteneğine **enerji** denir. Maddeler mevcut fiziksel durumlarını ancak enerji kullanarak değiştirebilir. Evrende meydana gelen fiziksel ve kimyasal tepkimelerde mekanik, sıcaklık, ışık, elektrik ve manyetik gibi tiplerde kullanılan veya dönüştürülen enerji çeşitleri vardır. Çeşitli yöntem ve teknikler kullanılarak ekonomik amaçlarla elde edilebilen kaynaklara **enerji kaynakları** denir. Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları olarak sınıflandırılır (Şema 1.1).

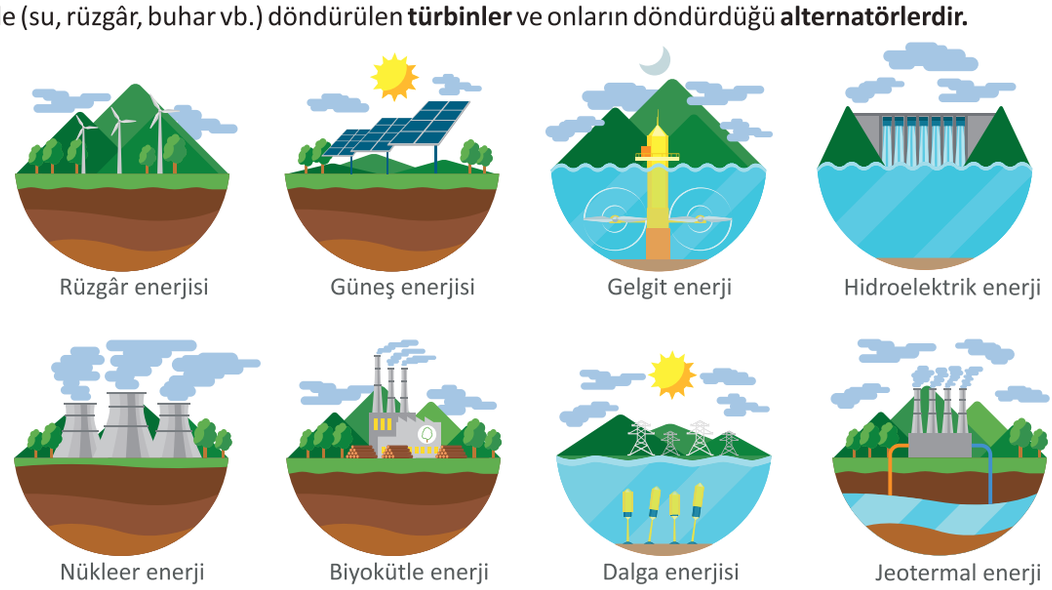


Şema 1.1: Enerji kaynakları

Yenilenebilir enerji; enerji üretiminde doğal süreçlerden yararlanılan, kendini yenileyebilen enerji kaynaklarıdır. Yenilenemeyen enerji ise bazı kaynakların belli jeolojik zamanlarda ve devirlerde fosilleşmesi sonucu oluşan kullanıldıkça tükenen enerji kaynaklarıdır.

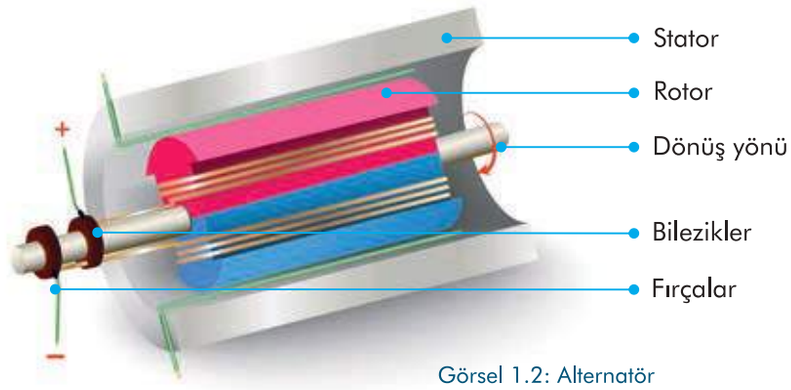
1.1.1.1. Elektrik Enerjisi ve Üretimi

Elektrik enerjisi, cisimlerin atom yapısındaki serbest elektronların harekete geçirilmesi ile oluşan kuvvettir. Evde, iş yerlerinde, aydınlatmada, haberleşmede, okulda, ulaşımda vb. birçok alanda kullanılan elektrik enerjisi çeşitli biçimlerde üretilir (Görsel 1.1). Üretilen elektrik enerjisi ısı, ışık, kimyasal ve mekanik gibi birçok enerji çeşidine dönüştürülür. Elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı santrallerde kullanılan en temel makineler bir kuvvetle (su, rüzgâr, buhar vb.) döndürülen **türbinler** ve onların döndürdüğü **alternatörlerdir.**



Görsel 1.1: Elektrik enerji santralleri

Alternatör, hareket enerjisini alternatif akım elektrik enerjisine çeviren makinedir. Alternatör kalın çok telli stator ve rotor denen parçalardan oluşur (Görsel 1.2). Türbin ile döndürülen rotorun manyetik etkisi altındaki stator sargılarından elektrik enerjisi elde edilir. Alternatör, jeneratör bazen de generatör olarak adlandırılır. Elektrik enerji santralleri genelde alternatör rotorunu döndüren türbinlerin ne ile döndürüldüğüne (su, rüzgâr, buhar vb.) göre adlandırılır. Bitkisel, hayvansal, kentsel atıklar gibi çeşitli yöntemler kullanılarak da elektrik enerjisi üreten biyokütle enerji santralleri vardır. Hidrojenin işlenmesi ve ayrıştırılması ile oluşan hidrojen enerji santralleri de bulunur.



Görsel 1.2: Alternatör

1.1.2. Elektrik Enerji Santralleri ve Elektrik Üretim Aşamaları

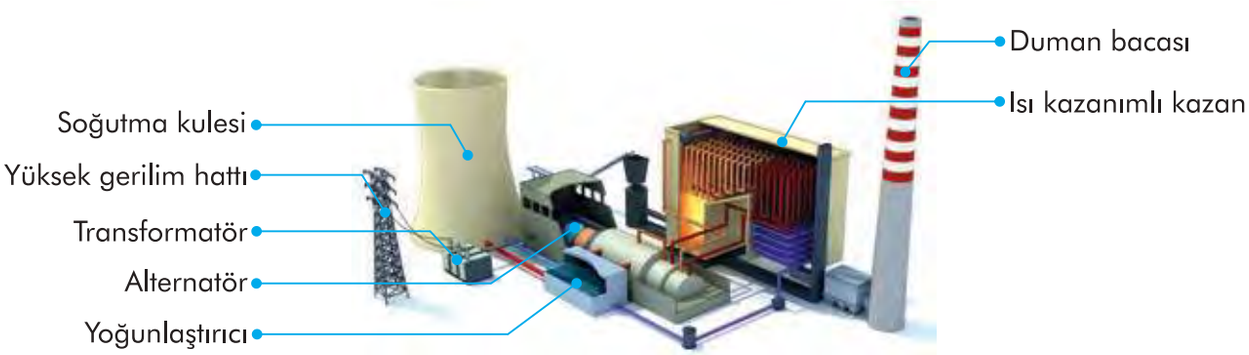
Ülkemizde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini karşılamak için planlaması yapılan, kurulum aşamasında olan ve hâlen aktif olarak enerji üreten santraller vardır.

BİLGİ KUTUSU

Türkiye'de elektrik enerjisi, ilk kez 1888 yılında İstanbul'da, Haliç Tersanesi'nde kurulan elektrik fabrikasının işletmeye açılmasıyla üretilmeye başlanır. İstanbul dışında ise ilk kez 1902 yılında Tarsus'ta kurulan bir hidroelektrik santral ile elektrik enerjisi üretilmeye ve kullanılmaya başlanır. O dönemde, Tarsus Belediyesi'nde çalışan Avusturyalı Dörfler tarafından Berdan Nehri Bentbaşı mevkisinde hidroelektrik santrali kurulur. Santralde, su değirmeni milinin 2 kW'lık bir dinamoya bağlanması sonucunda, 15 Eylül 1902 tarihinde Tarsus'a elektrik verilir. Üretilen elektrik enerjisi ile önce Tarsus'un sokakları aydınlatılır. 1914 yılında kayda değer ilk elektrik üretim tesisi olarak Silahtarağa Termik Santralı hizmete girer. 14 Şubat 1914'te açılan bu tesis 1983 yılına kadar hizmet verir.

1.1.2.1. Termik Santraller

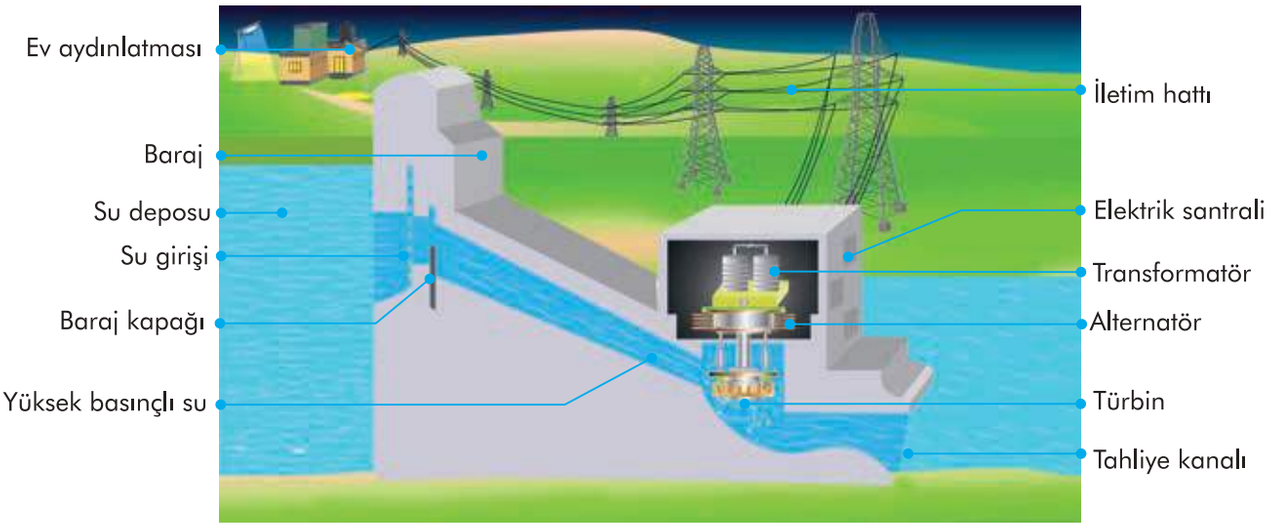
Termik santral ısı ile işleyen santral anlamına gelir. Petrol ürünleri, kömür, doğal gaz gibi fosil kaynaklı yakıtların yakılması ile çalışır. Tanklarda ısıtılan su, yüksek basınçlı buhar hâline getirilir. Elde edilen buhar borularla taşınıp buhar türbininin ve alternatörün dönmesini sağlayarak elektrik enerjisi üretilir (Görsel 1.3). Termik santrallerin dezavantajları, kullanılan yakıtların tükenme riski ve işletim maliyetinin çok olmasıdır.



Görsel 1.3: Termik santral modeli

1.1.2.2. Hidroelektrik Santraller

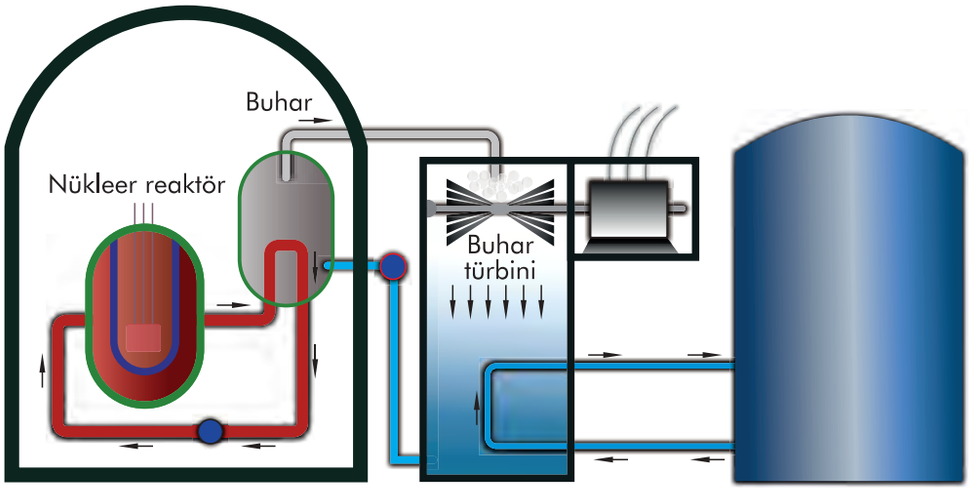
Suyun akış kuvvetinden yararlanılarak elektrik üretilir. Barajlarda biriktirilen su borular ile taşınarak türbine ulaştırılır. Yüksek bir basınçla türbine çarpan su kütlesi türbini döndürür. Türbine bağlı alternatör mili dönerek elektrik enerjisi üretir (Görsel 1.4). Su birikiminin iklim koşullarına bağlı olması hidroelektrik santrallerinin dezavantajıdır.



Görsel 1.4: Hidroelektrik santral modeli

1.1.2.3. Nükleer Santraller

Yüksek enerjiye sahip uranyum, plütonyum gibi elementlerin birleşme ve parçalanma tepkimeleriyle ısı açığa çıkar. Isı ile suyun buharlaşıp buhar türbinini hareket ettirmesiyle alternatörün döndürülmesi sağlanarak elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.5).

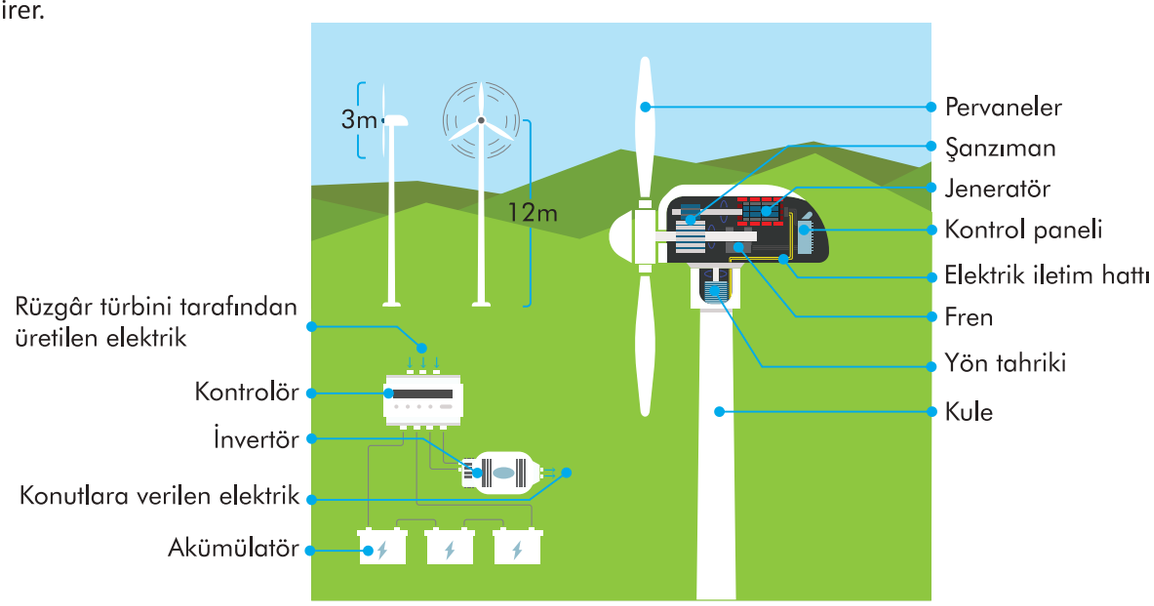


Görsel 1.5: Nükleer santral modeli

Nükleer santralin en dezavantajlı yanı ısıyı açığa çıkaran maddelerin radyasyon yaymasıdır. Bu nedenle nükleer santral olası bir kazada çevrede ve canlı yaşamında kalıcı hasara yol açabilir. Santralin kurulma yerleri belirlenirken deprem riski az olan yerler tercih edilmelidir.

1.1.2.4. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr ile meydana gelen hareket enerjisinin önce mekanik enerjiye sonra da elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle oluşan sisteme **rüzgâr enerjisi** denir. Temiz, bol ve yenilenebilir olması nedeniyle yeryüzünde faydalanılabilecek bir enerji kaynağıdır. Enerji miktarının arttırılması için çok sayıda rüzgârgülü kullanılır. Rüzgârgülünün kanatlarının hareket etmesi ile şaft dönmeye başlar. Güç aktarım kutusundan dönüş hızı arttırılıp, alternatörün rotoru döndürülerek elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.6). Rüzgâr çok şiddetli eserse alternatörün sabit hızla dönmesini sağlamak için rüzgârgülü içerisinde yer alan fren sistemi devreye girer.



Görsel 1.6: Rüzgâr enerjisi modeli

1.1.2.5. Güneş Enerjisi

Güneşten (solar) elde edilen enerji olarak da adlandırılır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır.

Isıl Güneş Enerjisi Teknolojileri

Güneş ışığının güneş panellerinde belli bir noktada odaklanması sonucunda elde edilen ısı ile elektrik enerjisi üretilir.

Fotovoltaik Güneş Panelleri (PV)

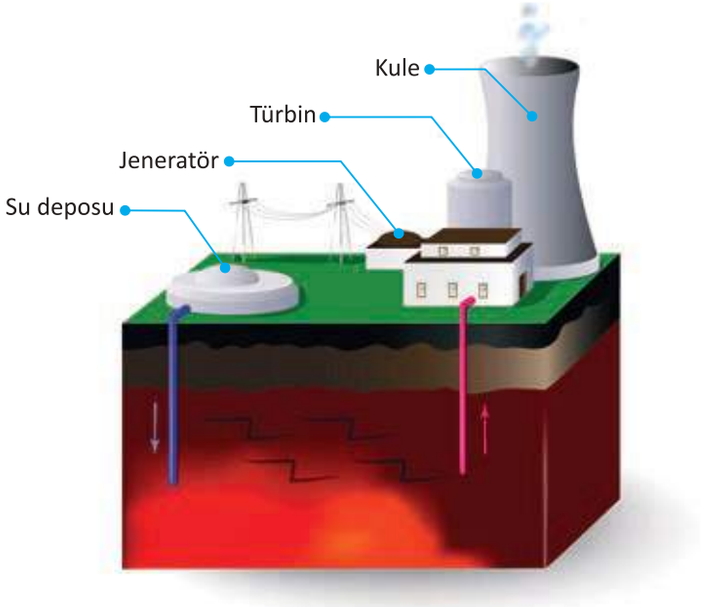
Bu teknolojide **fotovoltaik paneller** olarak isimlendirilen yarı iletken malzeme kullanılır. Yarı iletken PV hücreler panel üzerinde birleştirilerek güneş ışınlarından doğru akımla elektrik üretilmesini sağlar (Görsel 1.7). Elde edilen gerilim şarj regülatörü üzerinden aküleri şarj etmek için kullanılır. Bundan sonra akülerdeki DC gerilim invertörler ile 220 volt alternatif gerilime dönüştürülerek şebekeye uygun hâle getirilir.



Görsel 1.7: Güneş enerjisi modeli

1.1.2.6. Jeotermal Enerji

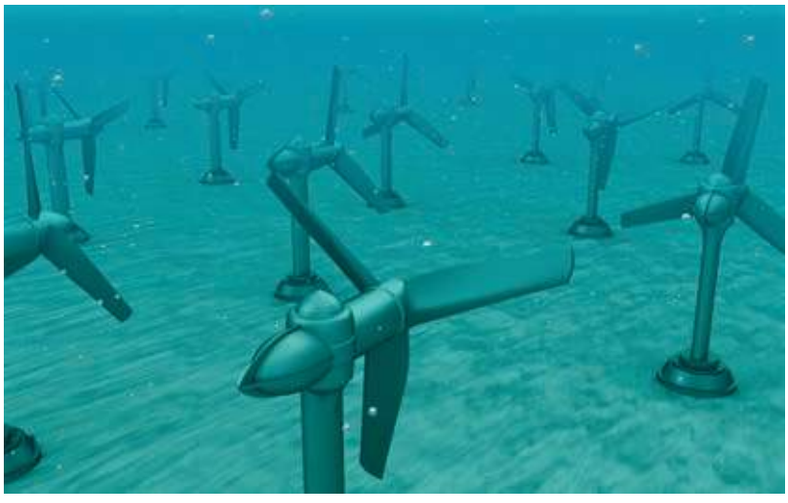
Yer altındaki sıcak suların yeryüzüne çıkarılmasıyla yapılan elektrik enerjisi üretimidir. Yer altından alınan sıcak su buhar hâline getirilerek buhar türbininin dönmesi sağlanır. Türbinin alternatörü (jenaratörü) döndürmesiyle jeotermal enerjiden elektrik enerjisi elde edilir (Görsel 1.8).



Görsel 1.8: Jeotermal enerji modeli

1.1.2.7. Deniz Kaynaklı Enerji

Denizde ve okyanuslarda oluşan dalgaların türbinleri döndürmesiyle üretilen temiz enerji kaynağına **dalga enerjisi** denir. Gelgit genliğinin yüksek olduğu kıyılarda ırmak ağzına ya da deniz girişine bir baraj yapılarak gelgitlerden enerji elde edilir. Barajın içine tünel açılır. Tünele kurulan türbinler suyun akış hızıyla jeneratörü döndürdüğünde elektrik enerjisi üretimi gerçekleşir (Görsel 1.9).



Görsel 1.9: Deniz kaynaklı enerji modeli

BİLGİ KUTUSU

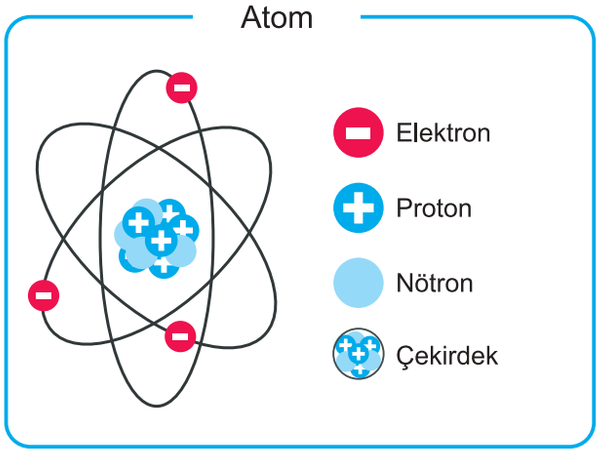
Santrallerde üretilen elektrik enerjisinin evlere, iş yerlerine, okullara en verimli şekilde ulaşmasında iletken ve yalıtkan maddeler kullanılır. Elektriğin iletiminde **iletken madde**, iletken tellerin gerdirilmesinde ise **yalıtkan madde** kullanılır. **Yarı iletken maddeler** elektronik malzemelerin üretiminde önemli bir yere sahiptir.

1.1.3. Atomun Yapısı ve Elektronların Özellikleri

Atom maddenin en temel yapı birimidir. Atomun yapısındaki elektronların hareket etmesi ile meydana gelen elektrik enerjisinin oluşmasını iletilmesini anlayabilmek için öncelikle atomun yapısına ilişkin temel bilgiye sahip olmak gerekir.

1.1.3.1. Atomun Yapısı

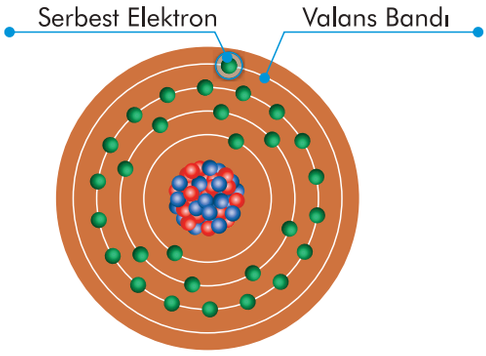
Atomun elektron, proton ve nötron olmak üzere üç temel parçacığı bulunur. Proton ve nötron atomun merkezindeki çekirdekte, elektron ise atomun dış yörüngelerinde bulunur (Görsel 1.10). Çekirdekte bulunan protonlar (+) yüklü, nötronlar yüksüzdür. Dış yörüngedeki elektronlar ise (-) yüklüdür. Normal koşullarda bir atom yüksüzdür. Bir atomda normalde proton sayısı kadar nötron ve aynı sayıda elektron vardır. Bazı atomların proton ve nötron sayıları farklı olabilir. Proton sayıları aynı nötron sayıları farklı atomlara **izotop atom** denir. Bir veya daha çok elektron kazanmış ya da yitirmiş bir atomdan (veya bir atom grubundan) oluşmuş elektrik yüklü parçacığa **iyon** denir. Pozitif (+) elektrik yüklü iyonlara **katyon**, negatif (-) elektrik yüklü iyonlara ise **anyon** denir.



Görsel 1.10: Atomun yapısı

1.1.3.2. Serbest (Valans) Elektron

Bir atomun son yörüngesine **valans bandı** denir. Valans bandında bulunan elektronlara **serbest elektron** adı verilir (Görsel 1.11). Atomun son yörüngesindeki elektron sayısı o atomun iletkenliğini belirler. Son yörüngesinde bulunan elektron sayısı azsa atomun iletkenliği fazladır.

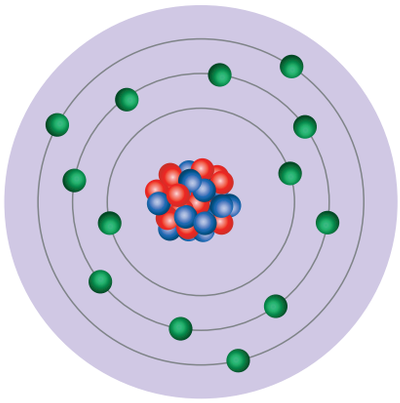


Görsel 1.11: Bakır (Cu) atomu modeli

1.1.3.3. Atom Yapısına Göre İletken, Yarı İletken ve Yalıtkan

Katı maddelerde iletkenliğin temel etkeni serbest elektronlarken sıvı ve gazlarda temel etken iyonlardır.

İletken: Elektrik akımını geçiren, ileten ve taşıyan maddeler iletkendir. Atom yapısına göre atomlarının son yörüngelerinde üç ya da daha az elektron bulunduran maddelere **iletken** denir. Alüminyumun son yörüngesinde üç elektron bulunduğu için alüminyum iletkendir (Görsel 1.12). Bakır, altın ve gümüş atomlarının son yörüngelerinde bir elektron bulunmasına rağmen bu elementlerin iletkenlik düzeyleri aynı değildir. Bu üç elementten en iyi iletken gümüş olup sonra bakır ve altın gelir. Bunun nedeni söz konusu elementlerin son yörünge elektronlarındaki enerji seviyeleridir.

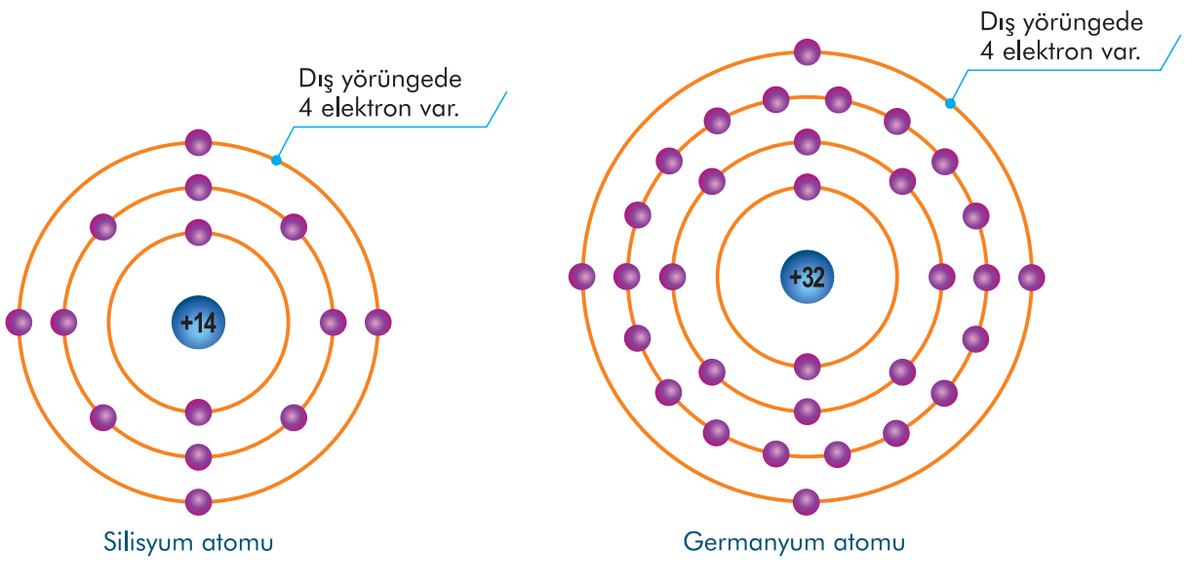


Görsel 1.12: Alüminyum (Al) atom modeli

Altın fiziksel özellikleri bakımından gümüş ve bakıra göre daha üstündür. Hassas devrelerde paslanmanın önüne geçmek, arklar nedeniyle kontakların aşınmasını önlemek için malzemenin üzerine kaplanarak kullanılır. Gümüş, yüksek iletkenliği ve ısıya karşı direnci nedeniyle elektrik ve motor kontrol anahtarlarındaki kontak noktaları için kullanılır. Bakır ise hem iyi bir iletken olması hem de altın ve gümüşe göre maliyetinin düşük olması nedeniyle en çok tercih edilen ve kullanılan iletkendir. Elektrik tesisatlarında **elektriğin iletimi** genellikle içi bakır iletken ve dış kısmı plastik yalıtkandan oluşan kablolar vasıtasıyla sağlanır.

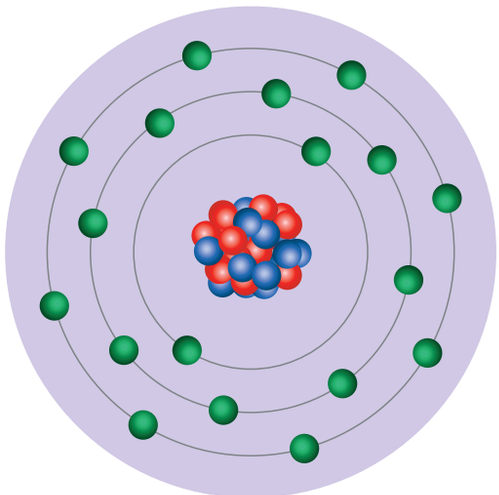
Yarı İletken: Son yörüngelerinde dört elektron bulunduran atomlardan oluşan maddelere **yarı iletken** denir. Yarı iletken maddeler normalde yalıtkandır fakat ısı, ışık ve manyetik etki altında bırakıldığında veya gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hâle geçer ve iletkenlik özelliği kazanır. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup, dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına döner.

Yarı iletken kullanarak elde edilen elektronik devre elemanları; mobil iletişim, akıllı ev, akıllı fabrika, nesnelerin interneti ve yapay zekâ çipleri gibi birçok teknolojik alanda kullanılır. Silisyum ve germanyum elektronikte en çok kullanılan yarı iletkenlerdir (Görsel 1.13).



Görsel 1.13: Yarı iletken atom modeli

Yalıtkan: Son yörüngesindeki elektron sayısı beş ve daha fazla olan atomlardan oluşan maddelere **yalıtkan** denir. Elektriği iletmeyen maddelerdir. İyi bir yalıtkanın son yörüngesinde en az sekiz veya daha fazla elektron bulunması gerekir (Görsel 1.14). Son yörüngesinde sekiz ve daha fazla elektron bulunduran atomlardan oluşan maddelerin elektrik akımını geçirmesi ancak çok yüksek gerilimlerde olabilir. Yalıtkan maddelere plastik, porselen, seramik, cam, mika vb. örnek verilebilir.



Görsel 1.14: Yalıtkan atom modeli

1.1.4. Elektrik Yükleri ve Elektrik Alanı

Atomların normal koşullarda elektron sayıları, proton sayılarına eşittir. Bu durumdaki atomlar nötr hâldedir. Atomların proton sayıları ve elektron sayıları arasında fark varsa bu atomların bulunduğu maddeler elektrik yüklüdür.

1.1.4.1. Elektrik Yükü ve Birimi

Bir maddenin atomu elektron kaybetmişse pozitif (+) yüklü, elektron kazanmışsa negatif (-) yüklüdür. Elektrik yükü **Q** veya **q** harfi ile gösterilir. Elektrik yükü birimi **Coulomb'**dur [Kulomb(C)]. 1 Coulomb $624x10^{16}$ adet elektron veya proton yüküne eşittir.

1.1.4.2. Coulomb Kanunu

Yükleri aynı olan cisimler birbirini iter, yükleri farklı olan cisimler birbirini çeker. Coulomb Kanunu'na göre bu çekme veya itme kuvveti yüklerin cinsi ve büyüklüğü ile doğru orantılı, aralarındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır.

$$F=\frac{9x10^{9}}{\varepsilon_r}x\frac{Q_1xQ_2}{r^2}$$

Formüle göre

F : Yükler arasındaki kuvvet Newton (Nivtın)
Q_1, Q_2: Elektrik yükleri (Coulomb)
r : Yükler arasındaki uzaklık
ε_r : Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı (Epsilon)
$9x10^9$: MKS birim sistemine dönüşüm sayısı

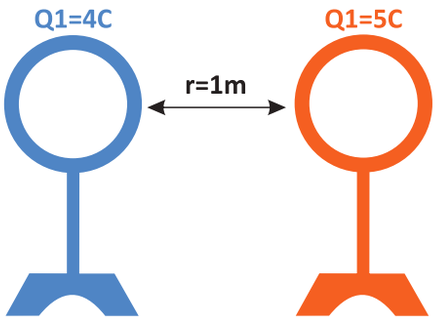
Değişik ortamların dielektrik katsayıları Tablo 1.1'de görüldüğü gibidir.

Tablo 1.1: Yalıtkanların Bağıl Dielektrik Katsayıları

Yalıtkanın cinsi	Εr
Boşluk	1
Hava	1
Mika	5
Mermer	7
Cam	7
Parafin	2

ÖRNEK

Görsel 1.15'te verilen 4 C ve 5 C'luk yüklerin aralarındaki mesafe 1 metredir. Bu yüklerin birbirini itme kuvveti nedir (Ortam havadır.)?



Görsel 1.15: Coulomb Kanunu hesaplama

ÇÖZÜM

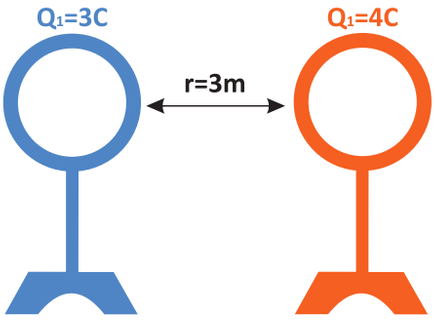
Q_1 = 4 C, Q_2 = 5 C, r=1 m ve Εr=1 (Tablo 1.1'den)

$$F=\frac{9x10^{9}}{\varepsilon_r}x\frac{Q_1xQ_2}{r^2} \qquad F=\frac{9x10^{9}}{1}x\frac{4x5}{1^2}$$

$$F= 9x10^{9}x20=\mathbf{180x10^{9}\ Newton}$$

ÖRNEK

Görsel 1.16'da aralarında 3 m uzaklık bulunan 3 C ve 4 C'luk iki pozitif yükler arasındaki kuvvet nedir (Ortam camdır.)?



Görsel 1.16: Coulomb Kanunu hesaplama

ÇÖZÜM

$Q_1 = 3$ C, $Q_2 = 4$ C ve $\varepsilon r=7$ (Tablo 1.2'den)

$$F=\frac{9x10^9}{\varepsilon_r}x\frac{Q_1xQ_2}{r^2} \quad F=\frac{9x10^9}{7}x\frac{3x4}{3^2} \quad F=\frac{9x10^9}{7}x\frac{12}{9}$$

$$F=\frac{108x10^9}{63}=\mathbf{1{,}714x10^9\ Newton}$$

1.1.4.3. Elektrik Alanı

Bir elektrik yükünün başka bir elektrik yükü üzerinde yarattığı çekme veya itme kuvveti etkisine **elektrik alanı** denir. Elektrik alanı yönü ve doğrultusu olduğu için vektörel bir büyüklüktür.

$$E=k\ x\frac{Q}{r^2} \qquad k=\frac{9\ x\ 10^9}{\varepsilon_r}$$

Formüle göre

E : Elektrik alan şiddeti V/m
F : Yükler arasındaki kuvvet (Newton)
Q : Elektrik yükleri (Coulomb)
r : Yükler arasındaki uzaklık
ε_r : Yüklerin bulunduğu ortamın bağıl dielektrik katsayısı (Epsilon)
$9x10^9$: MKS birim sistemine dönüşüm sayısı

eşitliği ile bulunur.

ÖRNEK

4 μC'luk bir yükten 2 metre uzaklıktaki bir a noktasının elektrik alan şiddetini bulunuz (Ortam havadır.).

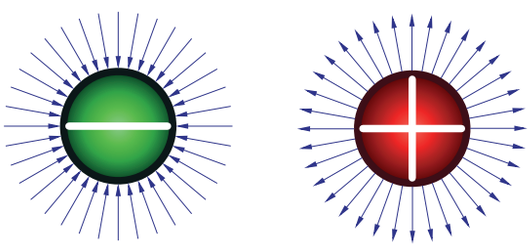
ÇÖZÜM

İlk olarak µC değerini C cinsine çevrilmesi gerekir.
Bunun için $1\mu C = 1x10^{-6}$ C olduğuna göre $4\mu C = 4x10^{-6}$C'dur.

$$E=\frac{(9x10)^9xQ}{\varepsilon_r xr^2}=\frac{(9x10)^9x(4x10^{-6})}{1x2^2}=\frac{36x10^3}{4}=\mathbf{9.000\ V/m}$$

Elektrik Kuvvet Çizgileri

Elektrik alanının yüklü cisimlere uyguladığı kuvvet, kuvvet çizgileri ile temsil edilir. Kuvvet çizgileri pozitif (+) yükte dışarı, negatif (-) yükte ise içeri doğrudur (Görsel 1.17). Kuvvet çizgileri birbirini kesmez. Bu çizgiler çıktıkları yüzeye diktir.



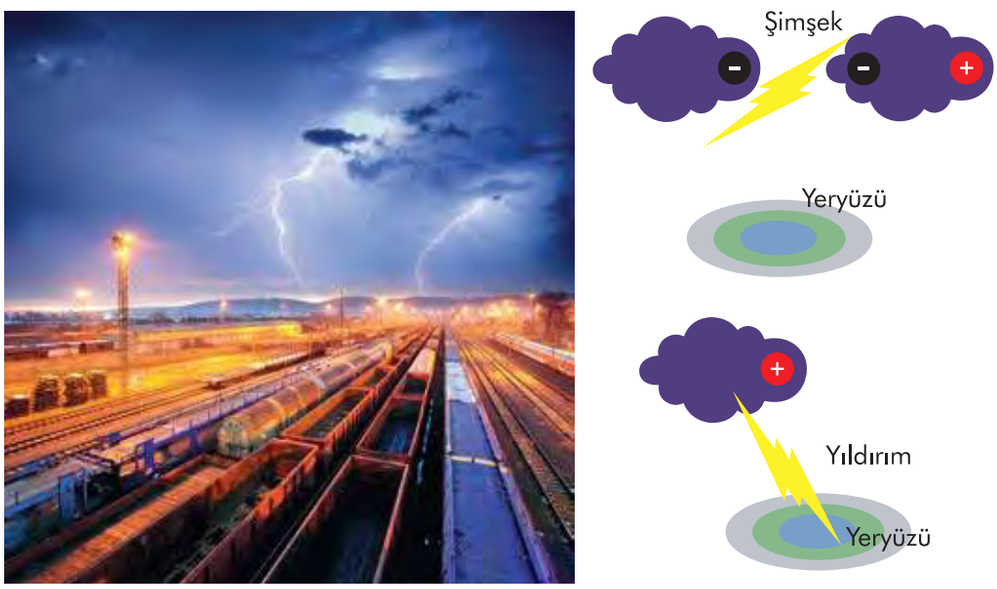
Görsel 1.17: Negatif ve pozitif yüklerde manyetik kuvvet çizgileri

1.1.4.4. Elektrik Potansiyeli

Elektrik alanı etkisindeki bir noktanın sahip olduğu elektrik yükü miktarına **elektrik potansiyeli** denir. **U** veya **V** harfi ile gösterilir ve birimi volttur. Gerilim, bir noktanın ya da bir cismin yükünün başka bir nokta ya da cismin yüküyle olan farkıdır. Bir başka deyişle kapalı bir elektrik devresinde serbest elektron akışına sebep olan basınca (potansiyel farka) **gerilim** denir. Birimi **volt**tur **V** veya **U** ile gösterilir. Gerilim **voltmetre** ile ölçülür.

1.1.4.5. Şimşek ve Yıldırım

Şimşek, bir bulut kümesi aşırı miktarda **(+)** veya **(-)** elektrik yükü ile yüklendiğinde meydana gelen gözle görülür elektrik boşalmasıdır. Yıldırım bulut ile yer arasında gerçekleşir (Görsel 1.18). Deşarj akımı o kadar yüksektir ki yıldırım veya şimşek olayları gerçekleştiğinde yayılan enerjiyle birlikte çok yüksek bir ses işitilir.



Görsel 1.18: Şimşek ve yıldırım

1.1.5. Elektrik Akımının Özellikleri ve Çeşitleri

Aralarında potansiyel fark bulunan iki nokta bir iletken yardımı ile birleştirilirse ortaya çıkan elektron akışına **akım** denir. Başka bir deyişle akım kapalı bir elektrik devresinde birim zaman içerisinde akan serbest elektron miktarıdır. Birimi **amper**dir, kısaca **A** harfi ile gösterilir. Sembolü **I**'dır. Akım **ampermetre** ile ölçülür. Bir devreden 1 saniyede $624x10^{16}$ adet elektron geçiyorsa o devrenin akımı 1 amperdir.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Formüle göre

I : Elektrik akım şiddeti amper (A)
Q : Elektrik yükü miktarı Coulomb (C)
t : Elektrik yüklerinin geçtiği zaman-saniye (sn.)

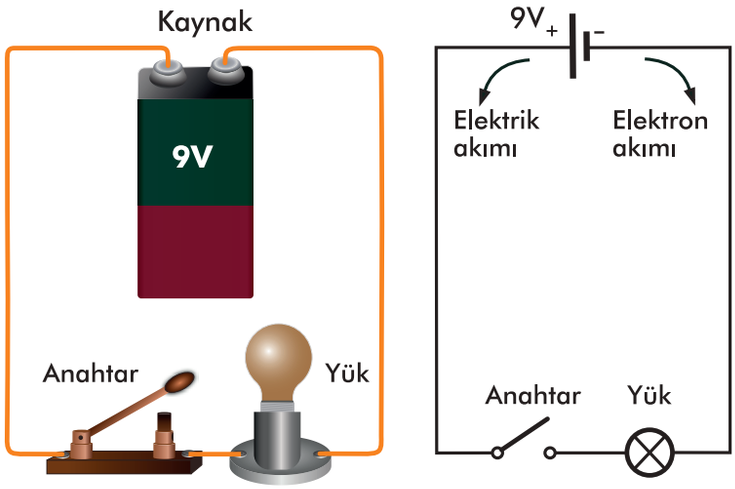
ÖRNEK

Bir lambadan 10 saniyede 12,5 C'luk yük geçtiğine göre lambanın çektiği akım nedir?

ÇÖZÜM

$$I = \frac{Q}{t} \quad I = \frac{12,5}{10} = 1,25\ A$$

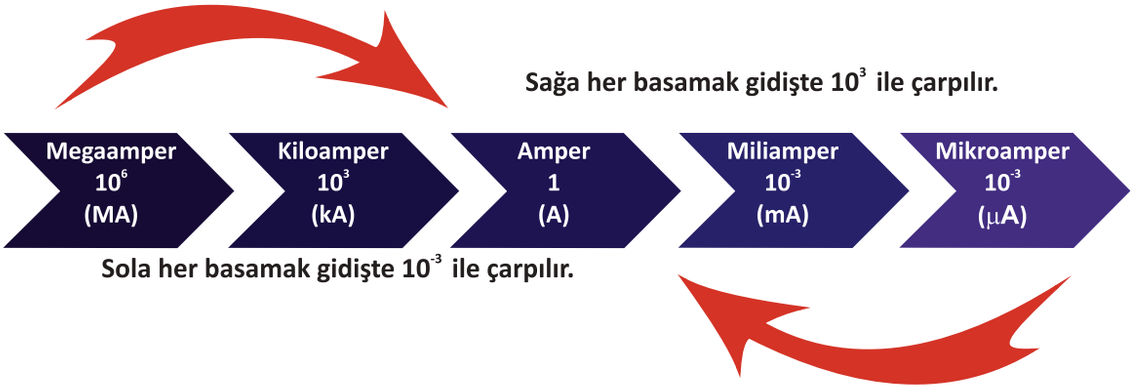
Kapalı bir elektrik devresinde elektrik akımı kaynağın **pozitif (+)** kutbundan **negatif (-)** kutbuna doğrudur. Elektron akışı ise kaynağın negatif kutbundan pozitif kutbuna doğrudur (Görsel 1.19).



Görsel 1.19: Elektrik akımı

1.1.5.1. Elektrik Akımının Birimleri ve Dönüşümleri

Elektrik akımı biriminin ast katları miliamper ve mikroamperken üst katları kiloamper ve megaamperdir. Akımın ast ve üst katları biner biner büyür, biner biner küçülür (Görsel 1.20).



Görsel 1.20: Elektrik akımı birimleri ve dönüşümleri

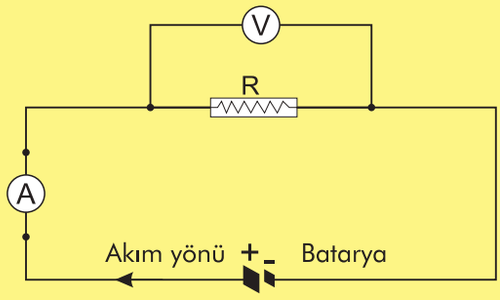
ÖRNEK

Aşağıdaki akım birimleri dönüşümlerini Görsel 1.20'den yararlanarak boşluklara yazınız.

35 μA = ...mA = ...A
400 A = ...kA = ...mA
0,4 mA = ...A = ...kA
0,065 MA = ...A = ...kA

BİLGİ KUTUSU

Ampermetre devreye **seri** bağlanır. Ampermetrenin **iç direnci çok düşüktür.** Voltmetre ise devreye **paralel** bağlanır. Bunun nedeni voltmetrenin **iç direncinin çok yüksek olmasıdır** (Görsel 1.21).



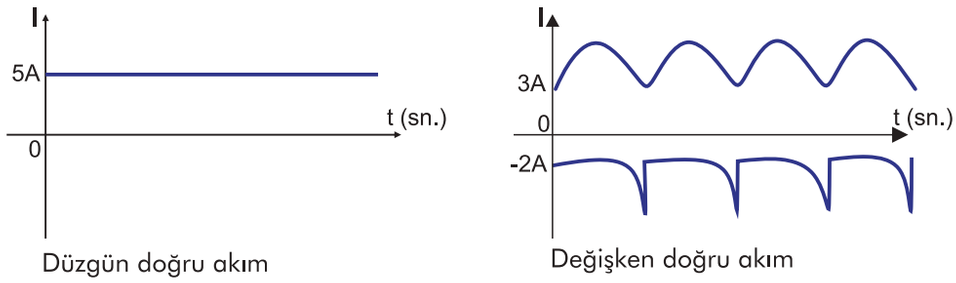
Görsel 1.21: Voltmetre-ampermetre bağlantısı

1.1.5.2. Elektrik Akımının Çeşitleri

Elektrik akımının çeşitleri, akımın değerinin zamana göre değişimine bağlı olarak doğru akım ve alternatif akım şeklinde ikiye ayrılır.

Doğru Akım (DA, DC)

Zamana bağlı olarak yönü değişmeyen akıma **doğru akım** denir. Doğru akımın zamana bağlı olarak şiddeti değişebilir ancak yönü değişmez (Görsel 1.22). Doğru akımın kısaltılmış hâli DA (**D**oğru **A**kım) veya İngilizce DC [**D**irect **C**urrent (Dayrekt Körint)] şeklinde gösterilir.

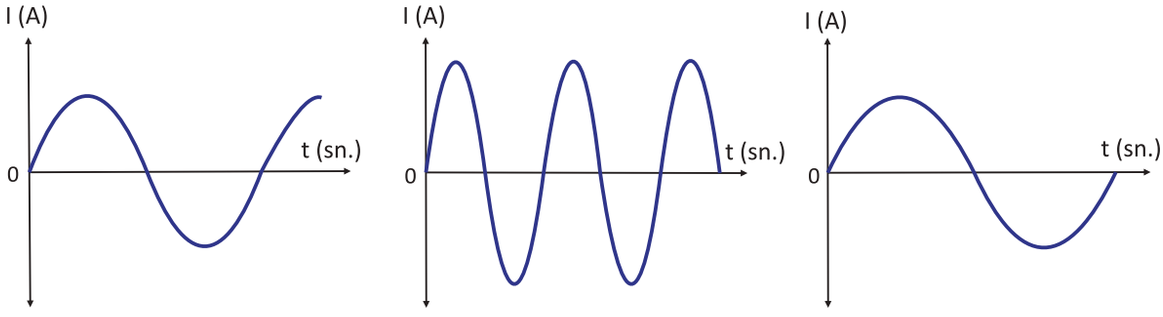


Görsel 1.22: Doğru akım grafikleri

Zamana göre yönü ve şiddeti değişmeyen düzgün doğru akım; dinamolar, piller, akü ve bataryalardan elde edilir. Şebeke akımı adaptör denen cihazlarla düzgün doğru akıma dönüştürülür.

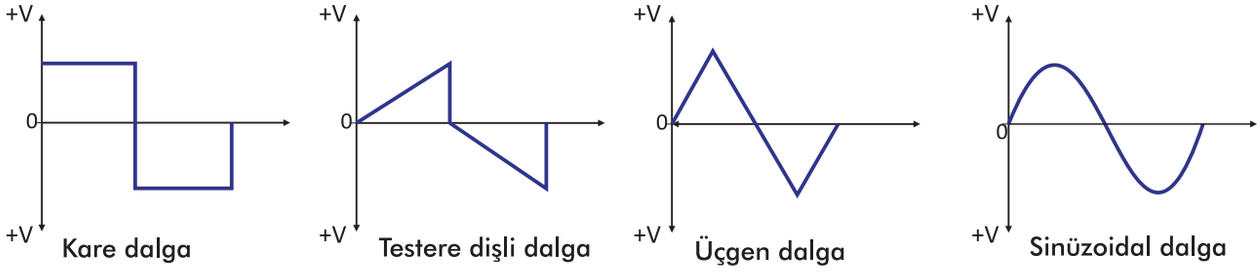
Alternatif Akım (AC, AA)

Zamana bağlı olarak hem yönü hem de şiddeti değişen akımlara **alternatif akım** denir. Alternatif akım denince akla ilk gelen şebekeden çekilen akımdır. Şebeke akımının dalga formu sinüs eğrisi şeklindedir (Görsel 1.23). Alternatif akımın kısaltılmış hâli AA (**A**lternatif **A**kım) veya İngilizce AC [**A**lternative **C**urrent (Alterneyt Körint)] şeklinde gösterilir.



Görsel 1.23: Alternatif akım grafikleri

Alternatif akımda sinüsoidal dışında kare, üçgen, testere dişli ve kompleks gibi dalga şekilleri de vardır (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: Alternatif akım dalga şekilleri

BİLGİ KUTUSU

Ülkemizde şebeke voltajı 220 volt olup AC'dir. Frekansı 50 Hertz'dir [Herz (Hz)].

1.1.5.3. Elektrik Akımının Geçişleri

Elektrik akımı çeşitli maddelerden geçirilerek ihtiyaçlarımız karşılanır. Örneğin katı iletkenlerden akım geçirerek ısı, ışık vb. elde edilir. Buna karşın sıvı ve gazlarda amaç akımı iletmek değil, akımın geçişi esnasında gerçekleşen olaylardan faydalanmaktır. Örneğin bir elektroliz devresinden akım geçerken ya saf metaller elde edilir ya da içinde gaz bulunan bir floresan tüpten ışık elde edilir.

Elektrik Akımının Metallerden Geçişi

İletkenlerin son yörüngesinde dörtten az serbest elektron bulunur. İletken uçlarına elektrik gerilimi uygulandığında serbest elektronlar pozitif yüklü kaynaktan çekilir. Ayrılan elektronların yeri negatif yüklü cisim tarafından doldurulur. Elektronların akışı, sistem bozulmadığı sürece cisimler nötrleşinceye kadar devam eder.

Elektrik Akımının Sıvılardan Geçişi

Sıvıların tümü iletken değildir. Örneğin saf su elektriği iletmez. Sıvılarda iyon denen ve iletkenliği sağlayan elektrik yüklü parçacık bulunur. Asit, baz ve tuz iyon yönünden zengin elementlerdir. İletken olmayan bir sıvının içine bunlardan biri veya birkaçı eklendiğinde pozitif ve negatif yüklü iyonlar meydana gelir. İki iyonun birbirine doğru hareketi ile elektrik akımı oluşur.

Elektrik Akımının Gazlardan Geçişi

Elektrik akımının gazlardan geçişi sıvıdaki duruma benzer. İçerisine gaz sıkıştırılmış bir borunun uçlarından birine pozitif diğerine negatif elektrik yüklü iki ayrı cisim bağlandığında normalde nötr hâldeki gaz atomlarının serbest elektronları pozitif elektrik yüklü cisim tarafından çekilir. Elektron kaybeden gaz atomu ise pozitif iyon özelliği kazanır ve negatif yüklü cisim tarafından çekilir.

1.1.5.4. Elektrik Akımının Isı Etkileri

Günlük hayatta kullanılan elektrikli kahve makinesi, ısıtıcı, ütü ve fırın gibi birçok cihazda elektrik akımının ısı etkisinden yararlanılır (Görsel 1.25).



Görsel 1.25: Elektrik akımı ısı etkisi

Bir iletkenden akım geçirildiğinde ısınma meydana gelir. Bu, istenmeyen bir durum olup enerji kaybına neden olur. Örneğin bir devrede çıkış olarak ışık almak istendiğinde devrenin kaynak enerjisi 100 birim olsun. Enerjinin 90 birimi ışığa, 10 birimi de ısıya dönüşüyorsa kaynağın enerji verimliliği %90'dır. Burada %10'luk ısıya giden bir enerji kaybı yaşanmıştır. Her iletkenin dayanabileceği bir sınır sıcaklık değeri vardır. Bundan dolayı elektrik akımının iletiminde kullanılacak **iletkenlerin seçiminde** iletkenin sınır sıcaklık değerinin hangi amaçla, nerede, hangi şartlarda kullanılacağına dikkat etmek gerekir.

1.1.5.5. Joule (Jul) Kanunu

Joule Kanunu, elektrik akımının iletimi sırasında iletkende ortaya çıkan ısı miktarının nelere bağlı olduğunu ortaya koyan kanundur. Joule Kanunu'na göre bir iletkende ortaya çıkan ısının miktarı, iletkenin direncine bağlı olarak üzerinden geçirilen akımın karesi ve akımın geçme süresi ile doğru orantılıdır.

$$Q = I^2xRxt$$

Formüle göre

- **Q :** İletkendeki ısı miktarı (Joule)
- **I :** İletkenden geçen akım (amper)
- **R :** İletkenin direnci (Ohm)
- **t :** Akımın geçme süresi (saniye)

Isı birimi olarak günümüzde genellikle kalori (calori) kullanıldığı için Joule, kaloriye dönüştürülür ve formülde **$Q = 0,24xI^2xRxt$** gibi kullanılır.

ÖRNEK

Direnci 200 Ω olan bir ısıtıcıdan 5 dakika boyunca 2 A şiddetinde bir akım geçirilmiştir. Isıtıcıdan elde edilen sıcaklığın miktarı nedir?

ÇÖZÜM

I = 2 A
t = 5x60 = 300 sn.
Q = ?

$Q = 0,24\ xI^2xRxt$
$Q = 0,24x2^2x200x300 =$ **57.600 Cal = 57,6 kCal**

1.1.5.6. Elektrik Akımının Işık Etkisi

Elektrik akımının ısı etkisinin yanında ışık etkisinden de faydalanılır. Elektrik akımı bazı metallerden veya gazlardan geçerken bu maddelerden ışık yayıldığı görülür (Görsel 1.26). Otomobillerin farları, evlerde ve sokaklarda kullanılan aydınlatma lambaları buna örnektir. Günümüzde güvenlik uygulamalarında, haberleşme sistemlerinde, otomatik kontrol uygulamalarında, sensörler vasıtasıyla yapılan test ve ölçüm uygulamalarında elektriğin ışık etkisinden yararlanılır.



Görsel 1.26: Elektrik akımının ışık etkisi

1.1.5.7. Elektrik Akımının Manyetik Etkisi

Mıknatısın etkisinin görüldüğü alana **manyetik alan** denir. Manyetik alan kuvvet çizgileri şeklinde de ifade edilir. Üzerinden akım geçirilen iletkenlerde manyetik alan oluşur (Görsel 1.27). Elektrik akımının manyetik etkisinin kullanım alanı oldukça geniştir. Elektrik motorları, trafolar, indüktif sensörler ve mikrodalga uygulamalarında elektrik akımının manyetik etkisinden yararlanılır.



Görsel 1.27: Elektrik akımının manyetik etkisi

Ayrıca manyetik etkiden yararlanarak havada tutma yükseltme anlamına gelen maglev (magnetic levitation-maegnetik leviteyşın) trenleri bazı ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır (Görsel 1.28).



Görsel 1.28: Maglev treni

Manyetik Maddeler

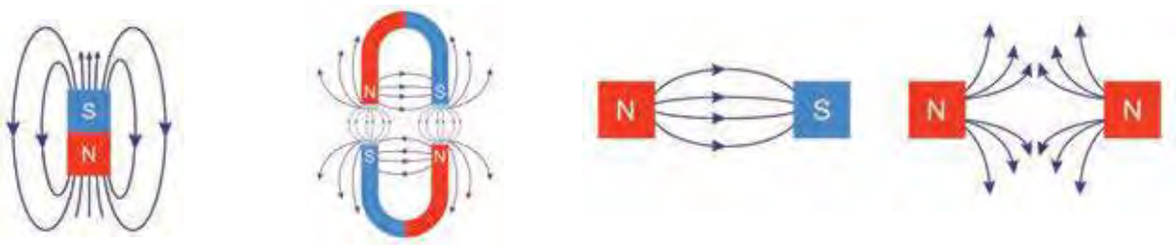
Mıknatıs olmadığı hâlde manyetiğin etkisinde bırakıldığında geçici mıknatıslık özelliği kazanan ya da manyetik alanı etkileyen maddelere **manyetik madde** denir. Demir gibi malzemeler mıknatıslanır ancak mıknatıs etkisinden uzaklaşınca manyetik (mıknatıs) özelliklerini kolay kaybeder. Alüminyum, nikel ve kobaltın alaşımından yapılan yapay mıknatıs ise mıknatıslandıktan sonra bu özelliğini hiç kaybetmez.

Manyetik Olmayan Maddeler

Manyetik alandan etkilenmeyen maddelere **manyetik olmayan maddeler** denir. Bu maddelere kâğıt, lastik, plastik, cam, seramik, tahta vb. örnek verilebilir.

Mıknatıs Kutupları

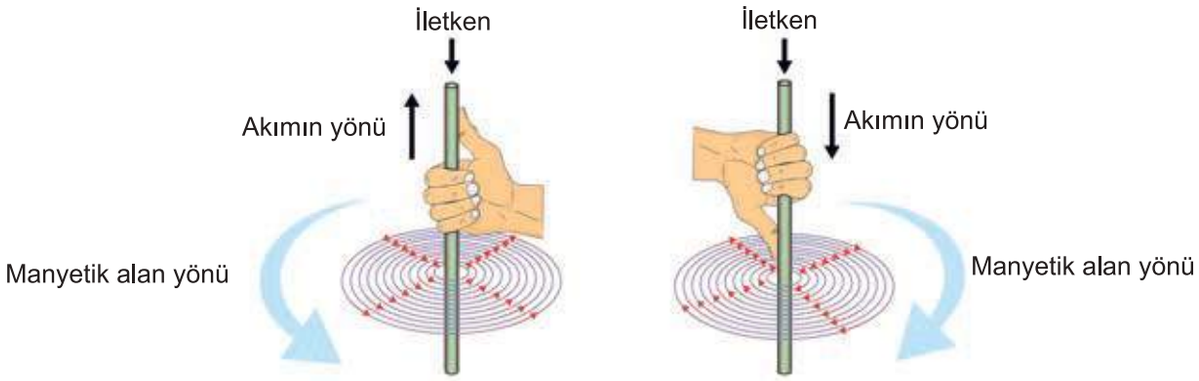
Mıknatıslarda itme ya da çekme kuvvetinin en yoğun olduğu bölgeler mıknatısların kutuplarıdır. Mıknatısın N (North) ve S (South) olmak üzere iki kutbu vardır (Görsel 1.29). Bir mıknatıs parçalara bölündükçe her bir parça yine iki kutuptan oluşan bir mıknatıs özelliği gösterir. Mıknatıslar demir, nikel, kobalt gibi metal özelliğine sahip maddeleri çeker; plastik, cam, porselen, tahta, kumaş, kâğıt gibi maddeleri çekemez.



Görsel 1.29: Mıknatıs kutupları ve çeşitleri

İletken Etrafında Oluşan Manyetik Alan

Bir iletkenden akım geçirildiğinde oluşan manyetik alanın mıknatısta olduğu gibi itme ve çekme özelliği vardır. İletken etrafında oluşan alanın yönü sağ el kuralı ile bulunur. Bu kurala göre iletken avuç içine alınarak tutulur. Başparmak akımın yönünü, kalan dört parmak ise iletkende oluşan manyetik alanın yönünü gösterir (Görsel 1.30).



Görsel 1.30: Sağ el kuralı

Manyetik Alanın Sakıncaları

- Canlıların metabolizmasını bozarak canlılarda yorgunluk ve hâlsizliğin yanı sıra bazı hastalıklara yol açabilir.
- Ölçü aletlerini etkileyerek yanlış ölçümlerin yapılmasına neden olabilir.
- Bazı elektronik cihazların çalışması sırasında manyetik alanın olumsuz etkileri görülebilir.
- Bir sistemin manyetik alanına iyi bir manyetik yalıtım yapılmazsa başka sistemlerin çalışmasını da olumsuz etkileyebilir.

Elektromıknatıs ve Kullanım Alanları

Elektromıknatıs, bir manyetik nüve ve nüvenin üzerine sarılan bir bobinden oluşur. Elektromıknatısın oluşturduğu manyetik alan mıknatısın manyetik alanı ile benzerlik gösterir. Elektromıknatıslar; iletişim araçlarının mikrofon ve hoparlörleri, çamaşır makinesi, buzdolabı gibi cihazların motorları, birçok elektronik cihazın adaptörleri, kaçak akım ve aşırı akım röleleri, sigortalar, kumanda röleleri ve kontaktörler gibi yerlerde kullanılır (Görsel 1.31).

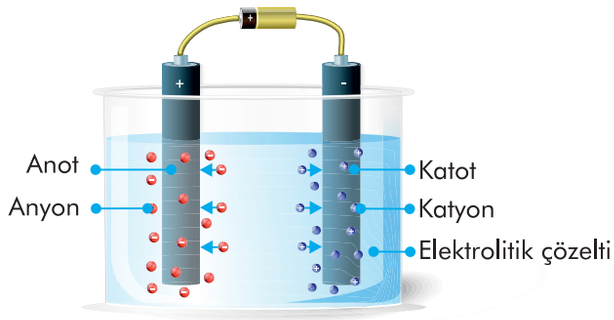


Görsel 1.31: Mikrofon ve hoparlör

1.1.5.8. Elektrik Akımının Kimyasal Etkisi

Elektrik akımı bazı sıvılardan (asitli, bazlı, tuzlu su) geçirilince sıvı iyonlarına ayrılır. Bu iyonlar elektron taşıyıcısı durumuna geçerek sıvıdan elektrik akımının geçmesini sağlar. Elektrik akımının sıvılardan geçirilmesi için kaynağın uçlarında genellikle elektrot adı verilen iletken metal çubuklar kullanılır. Kaynağın pozitif ucuna bağlı elektrota **anot**, kaynağın negatif ucuna bağlı elektrota da **katot** denir.

Bir elektroliz düzeneği; bir kap, çözelti (asit, baz ya da tuz), bir kaynak ve iki elektrottan oluşur (Görsel 1.32). Elektrolizin kimya endüstrisi, metalürji ve kaplama teknolojisi gibi birçok kullanım alanı vardır.



Görsel 1.32: Elektrik akımının kimyasal etkisi elektroliz düzeneği

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren enerji kaynakları pillerdir (Görsel 1.33). Pillerden doğru akım (DA / DC) elde edilir. Şarjlı ve şarjsız piller olarak değişik tiplerde üretilir.



Görsel 1.33: Elektrik akımının kimyasal etkisi pil çeşitleri

1.1.5.9. Elektrik Akımının Bedensel (Fiziksel) Etkisi

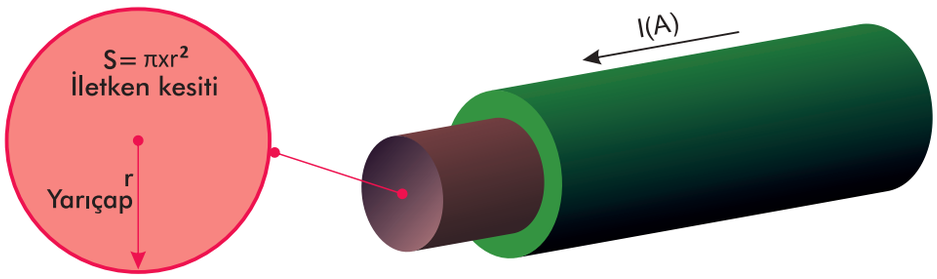
Elektrik akımının fizyolojik (kalp pili, işitme cihazı gibi) faydalarının yanı sıra zararları da vardır. Farklı değerlerdeki elektrik akımının insan vücuduna etkileri şu şekildedir:

1-8 mA: Bedende şok etkisi yapar. Hafif sarsıntı ve heyecanlanma şeklinde algılanır.
15-20 mA: Bedenden geçtiği bölgedeki kaslarda kasılma olur. Bu durumda el kasları istem dışı kasıldığından tutulan iletkenin bırakılmaması söz konusu olabilir. Bu değerdeki akımın bedenden geçiş süresi uzarsa ölüm tehlikesi olabilir.
50-100 mA: Bedende aşırı kasılmalara, solunum güçlüğüne, süre uzadığında ise ölüme neden olabilir.
100-500 mA: Geçiş süresine bağlı olmakla birlikte kesin ölüme neden olacak sonuçlarla karşılaşılır.

Bu olumsuzluklarla karşılaşmamak için iş güvenliğine azami ölçüde özen göstermek gerekir.

1.1.5.10. Elektrik Akım Yoğunluğu

1 mm^2 kesitindeki iletkenden geçen akım miktarına **akım yoğunluğu** denir. İletkenin kesiti arttıkça taşıyabileceği akım miktarı da artar. Kalın iletkenler, ince iletkenlere göre daha fazla akım taşır. İnce iletkenden taşıyabileceğinden fazla akım geçirilirse iletken bu akımı taşıyamayacağı için aşırı ısınır. Bir iletkenin kesiti iletkenin yarıçapının karesi ve pi sayısının çarpımıyla bulunur ve $S = \pi x r^2$ şeklinde ifade edilir (Görsel 1.34).



Görsel 1.34: Elektrik akım yoğunluğu iletken kesiti

$$J = \frac{I}{S}$$

Formüle göre
J : Akım yoğunluğu (A/mm^2)
I : İletkenden geçen akım (A)
S : İletkenin kesiti (mm^2)

ÖRNEK

Kesiti 2 mm^2 olan bir iletkenden 12 A geçiyorsa bu iletkenin akım yoğunluğu nedir?

ÇÖZÜM

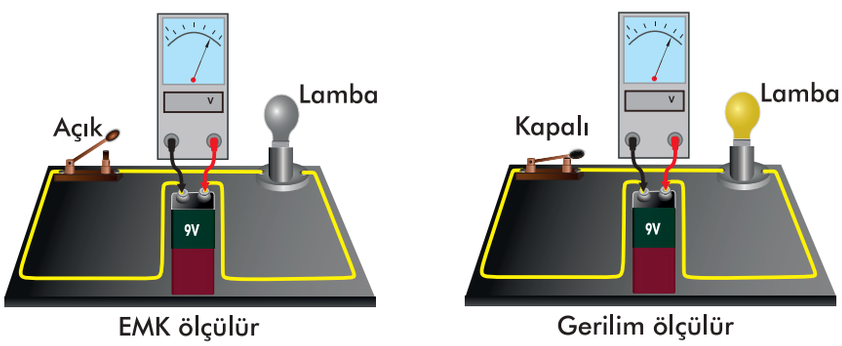
I=12A S=2 mm^2 $J=\frac{I}{S}$ $J=\frac{12}{2}=$ **6 A/mm^2**

1.1.6. Elektrik Geriliminin Özellikleri

Bir kaynak üzerinden akım geçmediği durumda kaynak uçları arasındaki potansiyel fark kaynak **elektromotor kuvveti**dir. EMK ile ifade edilir.

1.1.6.1. Gerilim ve Elektromotor (EMK) İlişkisi

EMK, devre açıkken kaynağın uçları arasındaki potansiyel farka denir. Birimi **volt**tur. Gerilim ise herhangi iki noktanın potansiyelleri arasındaki farka denir. Gerilimin birimi de **volt**tur. Büyüklüğü **V** veya **U** harfi ile gösterilir. Bir devrede bir alıcının uçları arasındaki potansiyel farka EMK denmez çünkü EMK kaynak uçları arasındaki potansiyel farktır.

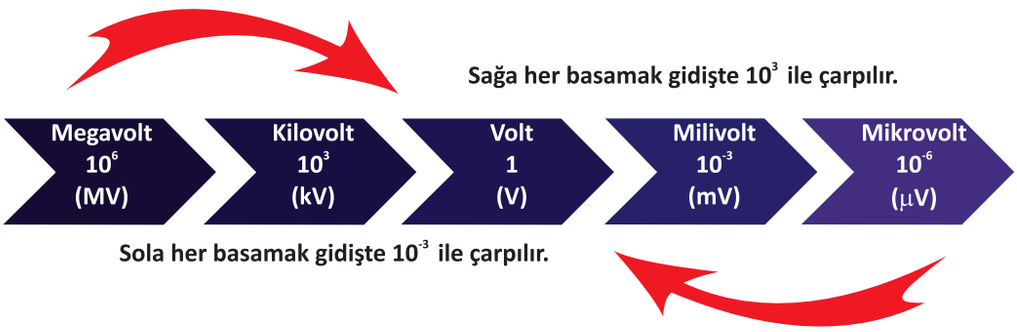


Görsel 1.35: Gerilim ve elektromotor (EMK) ilişkisi

Bir kaynağın boşta veya yüklüyken gerilimleri farklıdır. Bunun nedeni kaynak devreye akım verirken enerjinin bir kısmının kaynakta harcanmasıdır. Görsel 1.35'teki devrede çalışan yani kaynaktan akım çekilen bir devrede kaynağın uçlarına bağlanan voltmetre kaynağın EMK'sini değil gerilimini ölçer çünkü kaynaktan akım çekildiği anda kaynak içerisinde bir gerilim düşümü olur. EMK her zaman alıcı uçlarında düşen gerilimden daha büyüktür (EMK = kaynağın içinde düşen gerilim + alıcı uçlarındaki gerilim).

1.1.6.2. Gerilim Birimleri ve Dönüşümleri

Gerilim biriminin ast katları milivolt ve mikrovolt iken üst katları kilovolt ve megavolttur. Görsel 1.36'da gerilimin ast ve üst katları görülür. Akımda olduğu gibi biner biner büyür, biner biner küçülür.



Görsel 1.36: Gerilim birimleri ve dönüşümleri

ÖRNEK

Aşağıdaki gerilim birimleri dönüşümlerini Görsel 1.36'dan yararlanarak boşluklara yazınız.

450 MV = ...mV = ...V
300 V = ... kV = ... mV
0,4 mV = ...V = ... kV
0,05 V = ...MV = ...kV

1.1.6.3. Gerilim Çeşitleri

Alçak Gerilim (AG): 1000 volt (1 kV) ve daha düşük gerilimler alçak gerilim olarak adlandırılır, Türkçe kısaltması AG biçimindedir. V <= 1 kV ise alçak gerilimdir.
Orta Gerilim (OG): 1000 volt (1 kV) değerinden büyük olan ve 52000 volt (52 kV) değerine kadar olan gerilimlere orta gerilim denir. Türkçe kısaltması OG biçimindedir. 1 kV < V <= 52 kV ise orta gerilim olarak adlandırılır.
Yüksek Gerilim (YG): 52 kV'tan 300 kV'a kadar olan 300 kV dâhil gerilimler yüksek gerilim olarak adlandırılır Türkçe kısaltması YG şeklindedir. 52 kV < V <= 300 kV ise yüksek gerilimdir.
Çok Yüksek Gerilim (ÇYG): 300 kV değerinden 800 kV'a kadar olan 800 kV dahil gerilimler çok yüksek gerilim olarak adlandırılır. Türkçe kısaltması ÇYG şeklindedir. 300 kV < V <= 800 kV ise çok yüksek gerilimdir.
Aşırı Yüksek Gerilim (AYG): 800 kV üzerindeki gerilimlerdir. Türkçe kısaltması AYG'dir. 800 kV < V aşırı yüksek gerilimdir.

1.1.6.4. Gerilim Üretme Yöntemleri

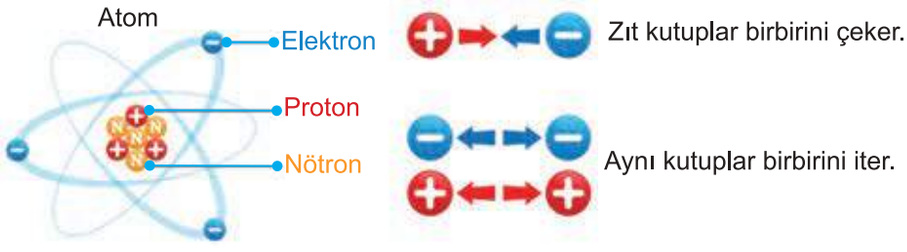
Elektrik gerilimini elde etme yöntemleri şunlardır:

- Manyetik alan (indüksiyon) : Dinamo, alternatör
- Kimyasal etki : Pil, akü ve yakıt pilleri
- Isı yoluyla (termokupl) : Termik santraller, peltier
- Işık yoluyla (fotopil) : Fotovoltaik piller, güneş panelleri
- Sürtünme : İki farklı materyalin dokunarak ya da sürtünerek elektrik üretmesi
- Kristal deformasyon yoluyla : Piezoelektrik malzemelerin kristal yapılarına bağlı olarak bir kuvvet etkisi altında kaldıklarında elektrik üretmeleri

1.1.7. Statik Elektrik (Elektrostatik) ve Elektriklenme Yöntemleri

Elektrostatik statik elektrik veya durgun elektrik olarak da bilinir. Statik elektrik bir malzemenin yüzeyinde aşırı elektron birikmesinin neden olduğu elektrik yüküdür (Görsel 1.37). Statik yükler iletken ve yalıtkan maddeler üzerinde olabileceği gibi insanlar üzerinde de oluşabilir. İnsanlar; yürüme esnasındaki sürtünmeler, metallere dokunma, çocukların parklarda plastik kaydıraktan kaymaları, giyilip çıkarılan kıyafetler gibi günlük aktiviteler sırasında (+) veya (-) elektrik yükü ile yüklenir. Bütün bu oluşumlar insan üzerinde biriken elektrostatik yükün deşarjıdır. Elektrostatik şarjın aniden deşarj olması ESD (elektrostatik deşarj) olarak da bilinir.

Statik elektriğin farklı endüstri kollarında birçok kullanım alanı vardır. Bunlar; baskı teknolojisi, zımpara kâğıdı üretimi, boya işleri, görüntüleme işleri vb.dir.



Görsel 1.37: Statik elektrik (elektrostatik)

1.1.7.1. Statik Elektriğin Zararları

- Statik elektrik insanlarda birtakım deri hastalıklarına neden olabilir.
- Nadir de olsa insan hayatını tehlikeye sokacak kadar yüksek değerlere ulaşabilir.
- Düşük voltajla çalışan elektronik devre elemanlarına zarar vererek devreleri işlemez hâle getirebilir.
- Elektronik tabanlı sistemlerde devre elemanlarını etkilemese de devre akımlarını etkileyerek sistemin istenmeyen sonuçlar vermesine, normal çalışmasının aksamasına sebep olabilir.
- Yanıcı ya da patlayıcı özelliğe sahip sıvı ve gazlarla teması ettiğinde istenmeyen sonuçlarla karşılaşılabilir.
- Üretim alanlarında kullanılan kâğıt, kumaş vb. mamuller statik elektrik sonucu birbirini iterek dağılabilir ya da birbirini çekerek yapışabilir. Bu durum otomasyonda sorunlara neden olabilir.
- Baskı makinelerindeki statik elektrik nedeniyle baskı sırasında kâğıtlarda birbirine yapışma sorunu yaşanabilir.

1.1.7.2. Elektriklenme Yöntemleri

Sürtünme İle Elektriklenme

Elektriklenme özelliği farklı iki cismin birbirine sürtünmesi sonucu cisimlerin farklı elektrik yüküyle yüklenmesine **sürtünme ile elektriklenme** denir (Görsel 1.38). Sürtünen cisimler arasında elektron geçişi olur; elektron kaybeden (+), kazanan (-) yükle yüklenir.



Görsel 1.38: Sürtünme ile elektriklenme

Dokunma İle Elektriklenme

Elektrik yükleri farklı iki cismin birbirine dokunmasıyla elektron yükü fazla olan cisimden az olan cisme elektron geçişiyle birlikte nötr duruma geçmelerine **dokunma ile elektriklenme** denir.



Görsel 1.39: Dokunma ile elektriklenme

ÖRNEK

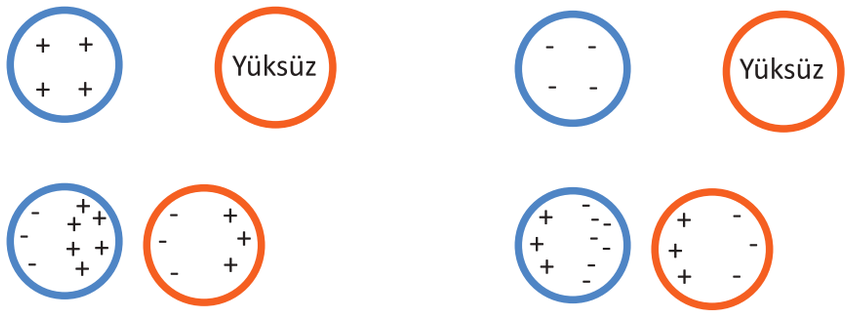
Görsel 1.39'da -5 µC ve -3 µC'luk yüklere sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında iki cismin yükü ne olur?

ÇÖZÜM

Q1=Q2=(-5+(-3)) / 2 = **-4 µC** olur. Yüklerin aynı veya zıt olmalarında farklılık olmayıp aynı işlem yapılır.

Etki İle Elektriklenme

Biri yüklü olan iki cismin birbirine yaklaştırıldığında cisimlerin birbirine yakın kısımlarının zıt yüklerle yüklendiği gözlemlenir (Görsel 1.40). Bu duruma **etki ile elektriklenme** denir.

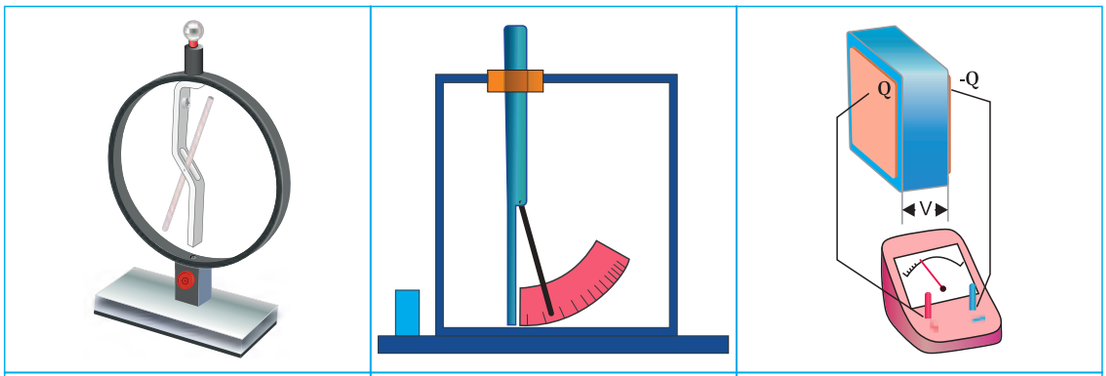


Görsel 1.40: Etki ile elektriklenme

1.1.7.3. Statik Elektriğin Ölçülmesi

Statik elektriğin ölçümünde elektrometreler, iki yük arasındaki potansiyel farkın ölçümünde ise elektrostatik voltmetreler kullanılır. Elektrometrelerde yük topuza dokundurulduğunda yüklenen sabit ve hareketli yapraklar birbirini iter. Bunun sonucunda hareketli yaprak dairesel bir dönüş yaparak gösterge çizelgesi üzerindeki yükün miktarını gösterir.

Elektrostatik voltmetrelerin uçlarına iki farklı yük bağlandığında, yük farkının miktarına bağlı olarak sapan bir ibre, gösterge çizelgesi üzerindeki yüklerin potansiyel farkını gösterir (Görsel 1.41).



Elektroskop	Elektrometre	Statik voltmetre

Görsel 1.41: Statik elektriğin ölçülmesi

1.1.7.4. Statik Elektrikten Korunma Yöntemleri

Statik elektriğin zararlı etkilerinden korunmak için alınan önlemler şunlardır:

- Evlerdeki metal eşyalar topraklanmalıdır.
- Yanıcı ya da patlayıcı madde bulunan ortamların döşemeleri antistatik malzemelerle kaplanmalıdır.
- Yanıcı ve patlayıcı malzeme bulunan ortamlarda antistatik elbise, önlük ve ayakkabılar giyilmelidir. Kullanılan cihaz ve makineler topraklanmalıdır.
- Yanıcı ve patlayıcı madde taşıyan araçlarda yerle teması olan zincirler ya da esnek metaller bulundurulmalıdır.
- Hassas cihazların bulunduğu ortamlarda antistatik önlük, ayakkabı ve eldiven giyilmelidir.
- Elektronik devrelerle çalışırken antistatik bileklik, antistatik giysi ve antistatik araç gereç kullanılmalıdır. Yüksek binalara ya da metal aksamı çok olan yapılara paratoner tesisatı kurulmalıdır.
- Nemin sakıncalı olmadığı ortamlar nemlendirilmelidir.

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI ELEKTRİK ENERJİ KAYNAKLARI

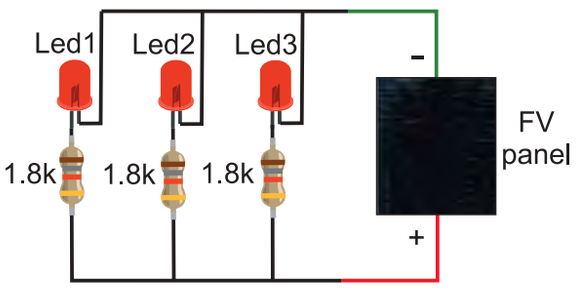
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.1

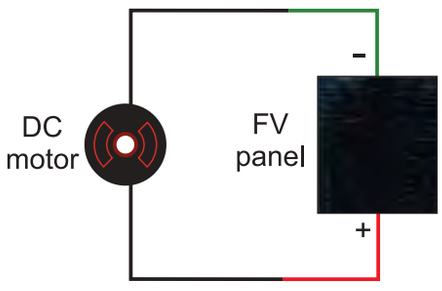
AMAÇ

Güneş paneli ile elektrik enerjisi elde etmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 1.42: Panelden ışık enerjisi devresi



Görsel 1.43: Panelden hareket enerjisi devresi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
DC motor ve pervane	Enerji dönüşümü için	3-6 V
Güneş enerjisi paneli (FV panel)	Enerji üretimi için	6V, 1 W
Breadboard (Bredbord)	Devreyi kurmak için	1 adet
Led diyot	Enerjiyi kullanmak için	3 adet
Direnç	1,8 k	3 adet
Havya ve lehim		
Krokodil kablo		2 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde breadbord üzerinde Görsel 1.42'deki devreyi kurunuz.
3. Devreyi güneşli bir ortama çıkarınız.
4. Güneşten elde edilen elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşümünü gözlemleyiniz.
5. Breadboardun üzerinden güneş panelinin kutuplarını çıkarınız.
6. Güneş panelinin kutuplarını Görsel 1.43'teki gibi DC motorun kutuplarına bağlayınız.
7. Güneş enerjisinin mekanik ve hareket enerjisine dönüşümünü gözlemleyiniz.
8. Güneş panelinden DC motora giden uçları DC motor üzerinde değiştiriniz. Kutuplarında değişiklik olan DC motorun ters yönde döndüğünü gözlemleyiniz.
9. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SORULAR

1. Raylı sistem ulaşım araçlarında güneş enerjisi ya da rüzgâr enerjisinden yararlanılabilir mi? Açıklayınız.
2. Güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin kullanım alanlarına örnek veriniz.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Breadboardun üzerine devrenin kurulması	20	
Sınıfı :	Kablo bağlantılarının doğru yapılması	20	
No. :	Devrenin çalıştırılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI MANYETİK MADDELER

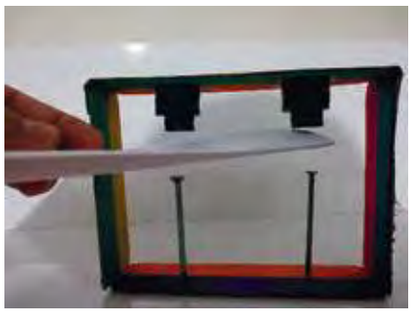
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.2

AMAÇ

Mıknatısın etki alanlarını ve mıknatısın hangi maddeleri çektiğini, hangilerini çekmediğini ayırt etmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 1.44: Manyetik olmayan madde



Görsel 1.45: Manyetik olan madde

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Mıknatıs	Manyetik alan oluşturma	5-6 adet
Tahta 15-20 cm	Çerçeve yapmak için	4-8 adet
Yapıştırıcı	Çerçeve yapımı için	
Manyetik madde (çivi, vida)		Çeşitli boyutta 8-10 adet
Manyetik olmayan madde		15 cm
Kum veya talaş		200 gram
Kap	Plastik	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.44'teki deney düzeneğini oluşturunuz.
3. Mıknatısın tam karşısındaki kare çerçevenin kenarına çivi ve vidayı dik şekilde yerleştiriniz.
4. Yerleştirilen çivi ve vidanın sabit şekilde durduğunu gözlemleyerek çivi ve vidanın manyetik madde olduğunu gözlemleyiniz.
5. Çivi, vida ve mıknatıs arasında kâğıdı gezdiriniz, kâğıdın manyetik olmayan madde olduğunu gözlemleyiniz.
6. Görsel 1.45'teki gibi plastik kap içerisinde çeşitli vidaları kum veya talaşla karıştırınız.
7. Mıknatısı kabın içine doğru yaklaştırınız.
8. Mıknatısın vidaları çektiğini, diğer maddeyi çekmediğini gözlemleyiniz.
9. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SORULAR

Raylı sistem ulaşım araçlarında manyetik alan teorisinden nasıl yararlanılabilir? Açıklayınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devre düzeneğinin kurulması	20	
Sınıfı :	Manyetik maddeleri belirleme	20	
No. :	Manyetik olmayan maddeleri belirleme	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI ELEKTROMIKNATIS VE SÜRTÜNME İLE ELEKTRİKLENME

SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.3

AMAÇ

Bir iletkenden geçen akımın oluşturduğu manyetik alanın etkisini gözlemlemek ayrıca sürtünme ile elektriklenmeyi gerçekleştirmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 1.46: Manyetik alanda iletkenden akım geçirme



Görsel 1.47: Sürtünme ile elektriklenme

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Mıknatıs	Manyetik alan oluşturma	4 adet
Pil		1,5 V
Çatal iğne	Pil kutuplarını çıkartmak için	2 adet
Bobin teli veya 1,5 mm iletken		25 cm
Maket bıçağı		1 adet
Tarak		1 adet
Kâğıt parçaları		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.46'daki deney düzeneğini hazırlayınız.
3. Pilin üzerindeki çatal iğnelerin arasına mıknatısı sabitleyiniz.
4. Bobin teli veya iletken tel sarımının dönme hareketi gerçekleştirdiğini gözlemleyiniz.
5. Görsel 1.47'deki deney düzeneğini hazırlayınız.
6. Tarağı saçınıza hızlıca sürtünüz.
7. Tarağı kâğıt parçalarına yaklaştırınız tarağın kâğıtları çektiğini gözlemleyiniz.
8. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SORULAR

1. Raylı sistemler ulaşım araçlarında elektromıknatıslık hangi amaçla kullanılabilir?
2. Sürtünme ile elektriklenme yöntemlerine örnek veriniz.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Mıknatıs ile manyetik alan oluşturma	20	
Sınıfı :	İletken telin sarımı	20	
No. :	Sürtünme ile elektriklenme oluşturma	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

1.2.1. Doğru Akım ve Özellikleri

Zamana göre şiddeti değişebilen fakat yönü değişmeyen elektrik yükünün tek yönlü akışına **doğru akım** denir. Zamana göre yönü ve şiddeti değişmeyen akıma **düzgün doğru akım**, zamana göre yönü değişmeyen ancak şiddeti değişen akıma ise **değişken doğru akım** denir. **DA** veya İngilizce doğru anlamında **Direct** ve akım anlamında **Current** kelimelerinin baş harflerinden oluşan **DC** ile gösterilir. Görsel 1.48'de doğru akım örnekleri görülür.



Görsel 1.48: Çeşitli DC grafikleri

1.2.1.1. Doğru Akımın Elde Edilmesi

Doğru akımın (DC) üretilme yöntemleri şunlardır:

Pil: Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren kaynaklardır.
Akümülatör (Akü): Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, ihtiyaç hâlinde bunu elektrik enerjisine çeviren cihazlardır.
Dinamo: Hareket enerjisini bobin ve mıknatıs ile doğru akıma çeviren cihazlardır.
Doğrultmaç Devresi: Alternatif akımı elektronik devre ile doğru akıma çeviren devrelerdir.
Güneş Pili: Güneş enerjisini doğru akıma çeviren pillerdir.

1.2.1.2. Doğru Akımın Kullanıldığı Alanlar

Doğru akım (DC) günümüzde teknolojinin de ilerlemesiyle pek çok alanda kullanılır. Bunlar:

- Haberleşme cihazları (telekomünikasyon)
- Saat, bilgisayar gibi elektronik cihazlar
- Redresörlü kaynak makineleri
- Maden arıtma (elektroliz) ve maden kaplamacılığı (galvonoteknik)
- Elektrikli taşıtlar
- Elektro-mıknatıslar
- DC elektrik motorları

BİLGİ KUTUSU

İhtiyaçlarımıza göre farklı cihazlarda kullandığımız DC akım ile AC akımı ayırmanın kolay yolu DC akımda (+) artı ve (-) eksi kutuplar bulunmasıdır. Akımın yönü daima (+) uçtan, (-) uca doğrudur. Ölçü aletlerinde DC gösterimi V⎓ A⎓ şeklindedir. AC gösterimi A~,V~ şeklindedir.

1.2.2. Doğru Akım Kaynakları

Gündelik hayatta pil, batarya, akümülatör, DC motor ve dinamo gibi birçok doğru akım kaynağı kullanılır.

1.2.2.1. Pil ve Batarya

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren cihazlara **pil** denir. Şarjlı ve şarjsız çok sayıda pil modeli vardır (Görsel 1.49). Pilin anot (+) ve katot (-) olmak üzere iki ucu bulunur. Bunlar, küçük güçlü elektronik cihazlarda (kumanda, elektronik saat, bilgisayar vb.) sıklıkla kullanılır. Birçok pilin seri veya paralel bağlanmasıyla tek bir kap içeresinde elde edilen pil grubuna ise **batarya** denir.



Görsel 1.49: Piller ve bataryalar

Kullanım durumlarına göre piller şu şekildedir:
Şarjsız (Yeniden Doldurulamayan) Piller: Tek kullanımlık pillerdir ve şarj edilemez. Yapı ve özellikleri üretici firmaya göre değişiklik gösterebilir.

- Çinko-karbon (ZnC) pil
- Alkalin pil

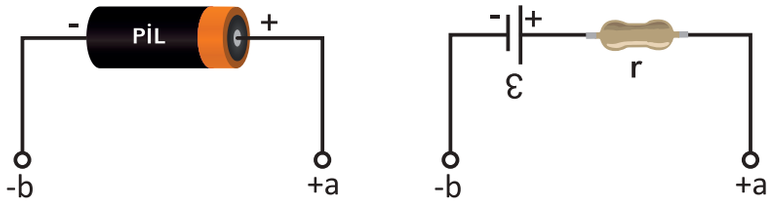
Şarjlı (Yeniden Doldurulabilen) Piller: Birden fazla kullanıma sahiptir. Tekrar şarj edilebilir, farklı enerji kapasitelerine ve gerilimlere sahiptir. Çeşitleri şunlardır:

- Nikel-kadmiyum (NiCd) piller
- Nikel-metal hibrit (NiMH) piller
- Kurşun-asit (Lead Acid) piller
- Lityum-polimer (Lipo) piller
- Lityum-iyon (Li-İon) piller

Bu pil çeşitlerinin yanı sıra piller fiziksel büyüklükleri ile de sınıflandırılır. Kalem pillerde en sık görülen AA ve AAA boyutlarıdır. En çok karşılaşılan kalem piller çinko, karbon ve alkalindir. Büyük cihazlar için C ve D boy kalem piller vardır. Saat, hesap makinesi gibi bazı cihazlarda ise saat pili olarak tabir edilen metal piller kullanılır.

Pilin İç Direnci

Her iletkenin bir iç direnci olduğu gibi pillerin yapısını oluşturan maddelerin de az da olsa bir iç direnci vardır (Görsel 1.50).



Görsel 1.50: Pil ve iç direnci

V=£-Ixr=Va-Va (volt) **(Pil boştayken V = £)**

Kapalı devrelerde sürekli akımı sağlayan kaynağa o devrenin **EMK'**si denir. Pillerin kullanılan devreye göre bir EMK'si vardır. Bu durum bize devrenin ne kadar süre çalışacağını gösterir.

Genellikle şarj edilebilir pillerin üzerinde pilin gücünü gösteren bir rakam mevcuttur. Bu, mA saat (mAh) olarak ifade edilir. Bir pilin üzerinde 600 mAh yazıyorsa pil bir saat boyunca 600 mA akımı akıtır. Bu pilden sürekli 100 mA akım çekilirse pil altı saat akım verebilir.

1.2.2.2. Akümülatörler

Elektrik enerjisini kimyasal enerjiye çeviren daha sonra kullanılmak üzere depolayan cihazlara **akümülatör (akü)** denir (Görsel 1.51). Genel olarak akümülatörler; sülfürik asit, separatörler (hücre ayırıcı), kurşun alaşımdan yapılmış iskelet, pozitif ve negatif elektrotlardan oluşur. Çalışma sırasında akümülatörler dışarıdan gelen elektrik enerjisini kimyasal enerjiye çevirir. Bu enerjiyi tekrar elektrik enerjisi olarak harcar yani şarj (dolma) ve deşarj (boşalma) durumu olur. Akümülatörler şarj edildikten sonra içerideki dönüşen enerji kadar kullanılır. Bu yüzden şarj bittiğinde tekrar doldurmak gerekir.



Görsel 1.51: Akümülatör

Akünün zaman içerisinde boşalarak beslediği elektrik miktarına **kapasite** denir ve amper saat (Ah) olarak gösterilir. Kapasite; plakaların yüzey alanlarına, sayılarına ve kullanılan separatörlerin geçirgenliklerine bağlıdır.

ÖRNEK

72 Ah kapasitesine sahip bir arabanın aküsünden saatte 6 A akım çekilmektedir. Bu durumda akü kaç saat dayanır?

ÇÖZÜM

t=72/6 = **12 saat**

Akü çeşitleri şunlardır:

Kuru Aküler	: Bakımsız kapalı tip aküdür.
Jel Aküler	: İçerisinde jel kıvamında elektrolit bulunan aküdür.
VRLA Aküler	: Sübap ayarlı kurşun asit aküdür.
AGM Aküler	: Elektroliti separatörlere emdirilmiş VRLA aküdür.
Deep Cycle Aküler	: Derin döngülü aküdür.
Starter Aküler	: Marş basma, yol verme, başlatma aküsü gibi isimler de verilen aküdür.

Akünün Deşarjı

Bir akü deşarj olurken kurşun plakalar kimyasal olarak birbirine benzemeye başlar, asit zayıf hâle gelir ve voltaj düşer. Bu nedenle akü yeterli bir voltajla elektrik veremez.

Akünün Şarjı

Deşarj olan batarya bir doğru akım kaynağına bağlanıp deşarj akımına ters yönde bir şarj akımı geçirilirse pozitif ve negatif plakalardaki kurşun sülfat ($PbSO_4$) ayrışır. Akünün deşarjında gerçekleşen tepkimeler tersine işlemeye başlar.

1.2.2.3. Dinamolar

Hareket enerjisini içindeki mıknatıs ve bobin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren makinelere **dinamo** denir (Görsel 1.52). Dinamolar yapılarına bağlı olarak büyük güçlü DC gerilimler de üretir. Günümüzde dinamolar bisiklet, otomobil gibi hareketli olan araçlardaki elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için kullanılır. Sanayide yüksek akım istenen yerlerde de dinamolar kullanılır.



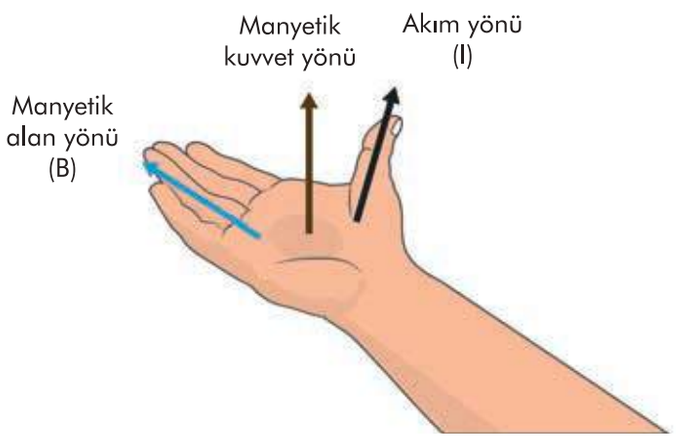
Görsel 1.52: Basit bir dinamo

İndüksiyon Prensibi

Dinamoların çalışma prensibi, sabit manyetik alan içerisinde bulunan iletken manyetik alan kuvvet çizgileri tarafından kesilecek şekilde hareket ettirilirse o iletkende gerilim indüklenir. Bu olaya **indüklenme** denir. İletkende indüklenen gerilimin miktarı iletkenin hareket hızı ve manyetik alanın büyüklüğü ile doğru orantılıdır. İndüklenen akımın yönü de iletkenin hareket yönüne ve manyetik alanın yönüne bağlıdır. Akımın yönü sağ el kuralı ile bulunur.

Sağ El Kuralı

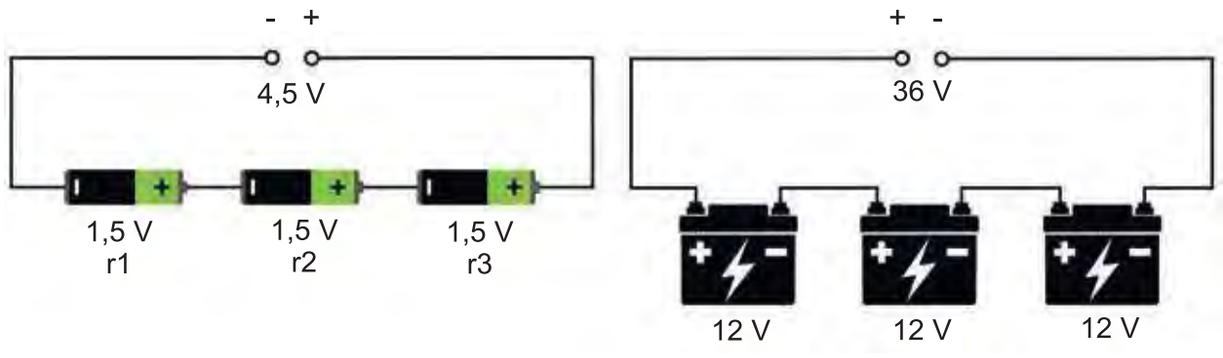
Akım taşıyan telin etrafında oluşturduğu manyetik alanın yönünü bulmak için sağ el kuralı kullanılır. Sağ el kuralında akım yönü (I), sağ elin başparmağının gösterdiği yön olarak seçilir. Sağ elin kıvrılmış dört parmağı manyetik alanın yönünü (B) gösterir (Görsel 1.53).



Görsel 1.53: Sağ el kuralı

1.2.2.4. Doğru Akım Kaynaklarının Seri Bağlantısı

Bir kaynağın (+) kutbunun, diğer kaynağın (-) kutbu ile birleştirilmesi şeklinde peş peşe yapılan bağlantıya seri bağlantı denir (Görsel 1.54).



Pillerin seri bağlantısı

Akülerin seri bağlantısı

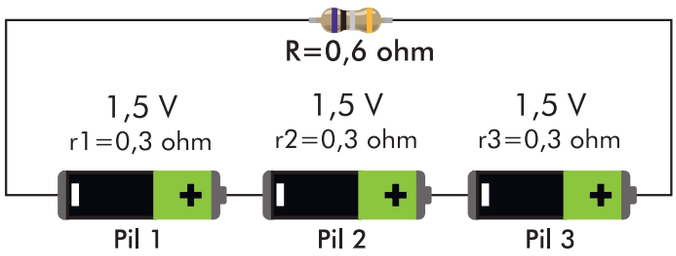
Görsel 1.54: Kaynakların seri bağlantısı

Pil seri bağlantısı için Pil1+Pil2+Pil3 =1,5+1,5+1,5 = **4,5 volt**, Devrenin direnci= $R+r_1+r_2+r_3$ tür.
Devrenin akımı = EMK toplamı / Direnç toplamı
Görsel 1.54'teki akülerin toplam EMK = 12+12+12 = **36 volt** olur.

Pillerin ters seri bağlanması durumunda akım EMK'si büyük olan üretecin yönünde geçer. Toplam gerilim ise büyük gerilimden küçük olan gerilim çıkarılarak bulunur.

ÖRNEK

Görsel 1.55'teki gibi 1,5 V'luk üç adet pil seri bağlıdır. Pillerin iç dirençleri 0,3 Ω devre yükünün direnci 0,6 Ω olduğuna göre devrenin akımını bulunuz.



Görsel 1.55: Kaynakların seri bağlantısı

ÇÖZÜM

Toplam EMK = 1,5+1,5+1,5 = 4,5 volt Toplam direnç = 0,3+0,3+0,3+0,6 = 1,5 Ohm

Devre akımı = Toplam EMK / Toplam direnç = 4,5 / 1,5 **= 3 amper**

1.2.2.5. Doğru Akım Kaynaklarının Paralel Bağlantısı

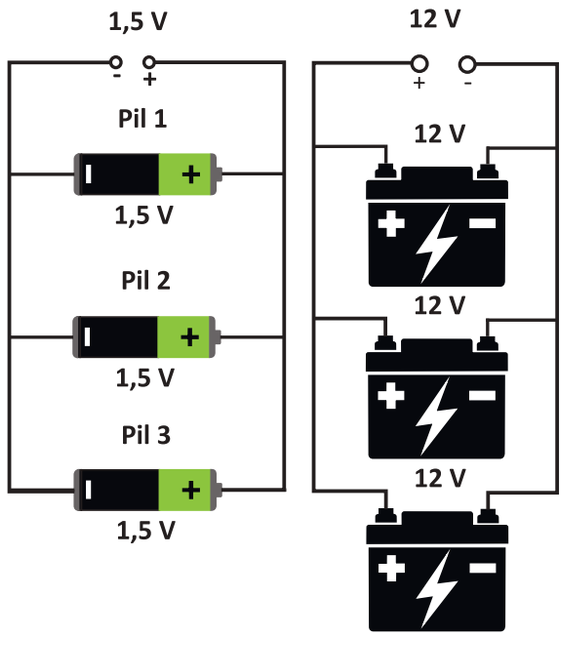
Kaynakların (+) kutuplarının birleştirilmesi ve (-) kutuplarının birleştirilmesi ile oluşan bağlantıya **paralel bağlantı** denir (Görsel 1.56).

Paralel bağlı kaynaklarda eş değer EMK, kaynaklardan birinin EMK'sine eşittir. Görsel 1.50'de pil paralel bağlantısında eş değer EMK=**1,5 volt,** akü paralel bağlantısında eş değer EMK=**12 volt** tur.

Özdeş n tane kaynak paralel bağlanırsa eş değer direnç = R1 (herhangi bir kaynağın iç direnci)/n olarak bulunur.

Devrenin akımı = EMK / eş değer direnç

Paralel bağlamada kaynakların EMK'leri eşit olmalıdır. Aksi takdirde devreden geçmesi gereken akım, EMK'si küçük olan kaynaktan geçerek istenmeyen durumlara neden olur.



Pillerin paralel bağlantısı Akülerin paralel bağlantısı

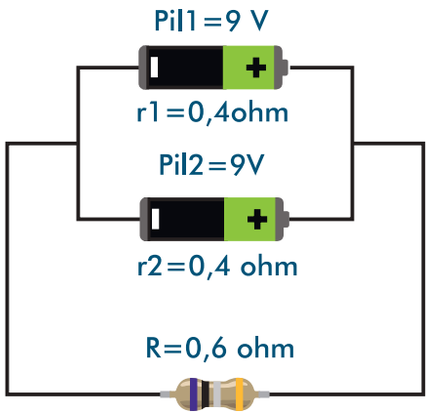
Görsel 1.56: Kaynakların paralel bağlantısı

1.2.2.6. Doğru Akım Kaynaklarını Kullanırken Dikkat Edilecek Hususlar

- Paralel bağlanacak kaynakların EMK'leri (e_1=e_2=...) eşit olmalıdır.
- Yüksek bir gerilim elde etmek istendiğinde kaynaklar seri olarak bağlanmalıdır.
- Yüksek bir akım elde etmek istendiğinde kaynaklar paralel bağlanmalıdır.
- Kaynaklar uzun süre kullanılmak istendiğinde paralel bağlanmalıdır.
- DC kaynaklarının uçları asla kısa devre yapılmamalıdır.
- Kaynaklar birbirlerine bağlandığında birbirlerine yakın güç ve gerilimdeki değerler seçilmelidir.
- Kaynaklar güçleriyle orantılı devrelerde kullanılmalıdır.

ÖRNEK

Görsel 1.57'deki gibi 9 V'luk 2 adet pil paralel bağlıdır. Pillerin iç direnci 0,4 Ω'dur. Devrenin yükünün direnci 0,6 Ω'dur. Devrenin akımını bulunuz.



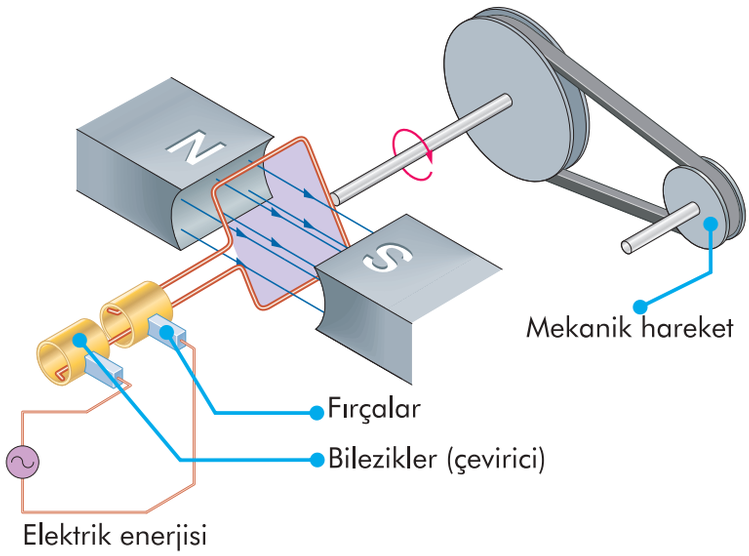
ÇÖZÜM

Toplam EMK = 9 volttur
n = 2 (paralel bağlı kaynak sayısı)
Paralel eş direnç = 0,4/2 = 0,2 Ohm
Devre eş direnci = 0,2+0,6 = 0,8 Ohm
Devrenin akımı = 9 Volt/0,8 Ohm **= 11,25 amper**

Görsel 1.57: Kaynakların paralel bağlantı hesaplaması

1.2.2.7. Doğru Akım Motorları ve Özellikleri

Doğru akım elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştüren elektrik makinelerine DC motor denir. Asansör, otomotiv sektörü, vinç, metro, tren ve demir-çelik fabrikaları gibi yerlerde DC motorlar kullanılır. Ayrıca step ve servo motor olarak endüstride kullanılan çeşitleri vardır. Oldukça hassas işlerin yapıldığı CNC makinelerinde de kullanılır. Motor sargılarına DC akım uygulandığında motorda bulunan sabit mıknatısların ters yönünde oluşan manyetik kuvvetin etkisiyle rotor hareket eder. Bu akım yönü, sabit mıknatısın alanına ters manyetik alan oluşturacak şekilde uygulanmalıdır. Doğru akım motoru içinden akım geçen iletkenin manyetik ortam dışına itilmesi prensibine göre çalışır (Görsel 1.58).

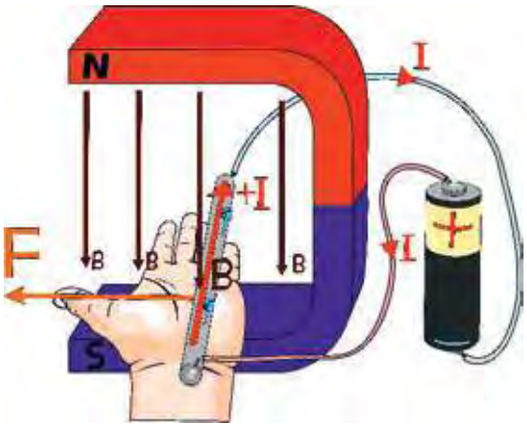


Görsel 1.58: DC motor yapısı

İçinden Akım Geçen İletkenin Manyetik Alan İçindeki Durumu

Sabit bir manyetik alan içerisinde kalan iletkenden akım geçirilir. İletkenin içinden geçen akımın oluşturduğu manyetik alan ile iletkenin etrafındaki manyetik alan etkileşime girer. Bunun sonucunda iletken manyetik alan dışına doğru itilir. Manyetik alanın dışında bu hareket durur. İletkenin itilme yönü iletkenden geçen akım ve manyetik alanın yönüne bağlıdır. Hareketin yönü **sol el kuralı** ile bulunur.

Sol El Kuralı:
Manyetik alanın yönü her zaman N kutbundan, S kutbuna doğrudur. İşaret parmağı manyetik alan yönünde tutulmalıdır. Aynı anda orta parmağın da akımın yönü ile aynı yönde olması gereklidir. Bu durumda başparmak hareket yönünü gösterir (Görsel 1.59).



Görsel 1.59: Sol el kuralı

DC motorlar genelde küçük güçlerde üretilir. Büyük güçteki DC motorlarda ise bobin sarılarak elektromıknatıs oluşturulur. DC motorun dönüş yönünü değiştirmek için uygulanan **akımın yönünü** değiştirmek gerekir.

DC motor çeşitleri şunlardır:

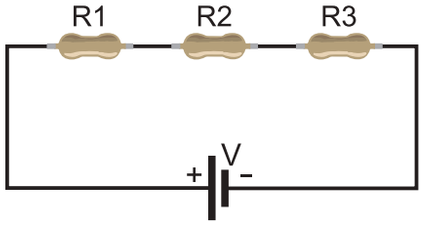
- Fırçalı DC motorlar
- Redüktörsüz DC motorlar
- Kompunt DC motorlar
- Fırçasız DC motorlar
- Şönt DC motorlar
- Servo motorlar
- Redüktörlü DC motorlar
- Seri DC motorlar
- Step (adım) motorlar

1.2.3. Doğru Akım Devre Bağlantıları

Doğru akım devrelerinde seri, paralel ve karışık devre bağlantıları yapılır.

1.2.3.1. Seri Devre ve Özellikleri

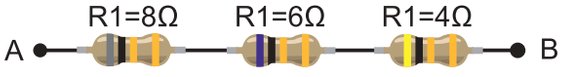
Devre elemanlarının, üzerinden aynı akım geçecek şekilde uç uca eklenmesi ve boşta kalan iki ucun da kaynağa bağlanması ile oluşan devreye **seri devre** denir. İstenen değerde eleman elde edilmesinde seri devre kullanılır. Seri devrede tüm dirençlerin yerine geçecek tek dirence **eş değer direnç veya toplam direnç** denir. R_t veya $R_{eş}$ şeklinde gösterilir. Dirençler aritmetik olarak toplanıp eş değer direnç bulunur. Görsel 1.60'ta seri bağlantı eş değer direnç $R_{eş}=R_1+R_2+R_3$ şeklinde hesaplanır. n adet seri bağlı dirençlerin eş değeri $R_{eş}=R_1+R_2+R_3+....+Rn$ dir.



Görsel 1.60: Seri devre

ÖRNEK

Görsel 1.61'deki A-B noktaları arasındaki eş değer direnci bulunuz.



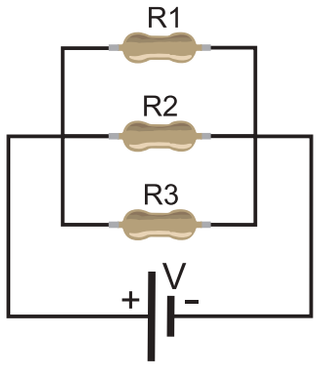
Görsel 1.61: Seri devre hesaplama

ÇÖZÜM

$R_{eş} = R_1+R_2+R_3 = 8+6+4 = \mathbf{18\ \Omega}$

1.2.3.2. Paralel Devre ve Özellikleri

Görsel 1.62'de devre elemanlarının karşılıklı uçlardan birbirine bağlanması ve bu uçların birini kaynağın bir ucuna diğerinin de kaynağın diğer ucuna verilmesiyle oluşan devreye **paralel devre** denir. Paralel devrede toplam direnç değeri azalır. Dirençler üzerindeki gerilimler eşit, dirençlerden geçen akımlar ise farklıdır.



Görsel 1.62: Paralel devre

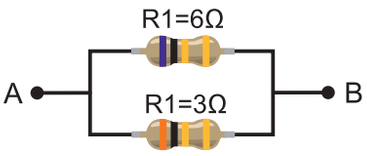
n adet direncin paralel bağlı olduğu devrede eş değer direnç şeklinde hesaplanır. $\frac{1}{R_{eş}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\cdots\cdots\cdots+\frac{1}{R_n}$

İki adet paralel bağlı dirençlerin eş değer direnci $R_{eş}=\frac{R_1 x R_2}{R_1+R_2}$ şeklinde hesaplanır.

n adet aynı direnç paralel bağlandığında eş değer direnç $R_{eş}=\frac{R}{n}$ şeklinde hesaplanır.

ÖRNEK

Görsel 1.63'te verilen bağlantıda A-B noktaları arasındaki eş değer direnci bulunuz.



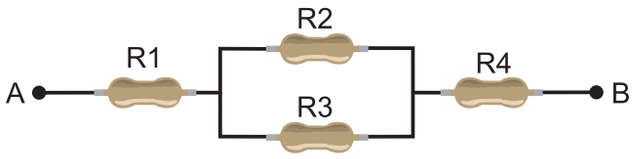
Görsel 1.63: Paralel devre hesaplama

ÇÖZÜM

İki paralel bağlı direnç $R_{eş}=\frac{R_1 x R_2}{R_1+R_2}=\frac{6x3}{6+3}=\frac{18}{9}=$ **2 Ω**

1.2.3.3. Karışık Devre ve Özellikleri

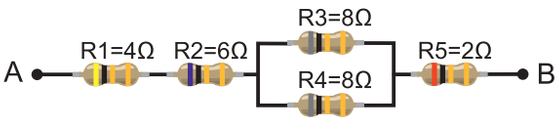
Hem seri hem de paralel bağlı elemanların bulunduğu devreye **karışık devre** denir. Karışık devre bağlantılı dirençlerin çözümünde devrenin seri ve paralel kısımları ayrı ayrı hesaplanıp sadeleştirme yapılır, eş değer direnç bulunur (Görsel 1.64).



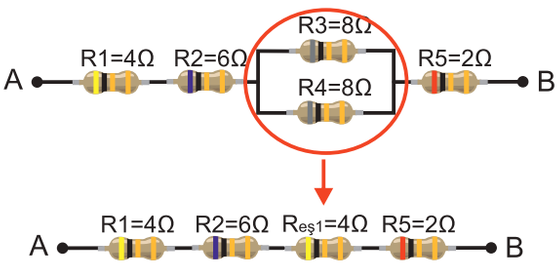
Görsel 1.64: Karışık devre

ÖRNEK

Görsel 1.65'te verilen bağlantıda A-B noktaları arasındaki eş değer direnci bulunuz.



Görsel 1.65: Karışık devre hesaplama



Görsel 1.66: Seri devreye dönüştürülme

ÇÖZÜM

İlk olarak paralel bağlı R3 ve R4 dirençlerinin eş değeri $R_{eş1}$ olarak adlandırılırsa bu durumda

$R_{eş1}=\frac{R_3 x R_4}{R_3+R_4}=\frac{8x8}{8+8}=\frac{64}{16}=4\Omega$ olur.

Devrenin son hâli Görsel 1.66'daki gibi olur.

$R_{eş}=R1+R2+R_{eş1}+R5=4+6+4+2=$ **16 Ω**

BİLGİ KUTUSU

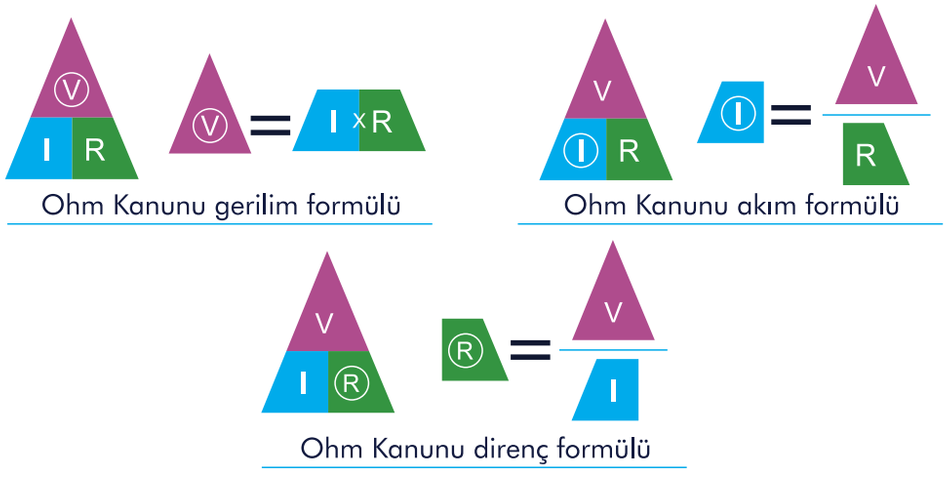
Direncin birimi Ohm olup Ω ile gösterilir. Direnç, devrelerde R (Resistör) harfi ile belirtilir; direnç elemanı, devre çizimlerinde -WWW- ve -▭- şeklinde çizimi yapılır. Uygulamada direncin görünümü şeklinde olup, renk kodlarından yararlanarak değer hesaplaması yapılır.

1.2.4. Ohm Kanunu İle Devre Analizi

Devrelerin analizinde kullanılan yöntemlerden biri de **Ohm Kanunu**'dur.

1.2.4.1. Ohm Kanunu ve Özellikleri

Gerilim, akım ve direnç arasındaki ilişkiyi açıklayan kanuna **Ohm Kanunu** denir. Bu kanuna göre devrenin gerilimi akım ve dirençle doğru orantılıdır. Devre akımı ise direnç ile ters, gerilimle doğru orantılıdır (Görsel 1.67).

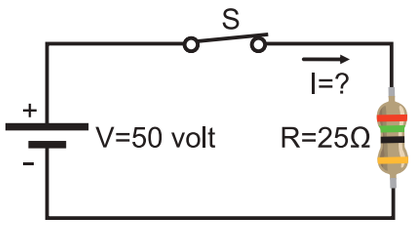


Görsel 1.67: Ohm Kanunu

Ohm Kanunu **V=IxR** formülünden yola çıkılarak akılda kalması için VIR şeklinde ifade edilir.

ÖRNEK

Görsel 1.68'de 50 volt gerilim kaynağına bağlı bir devrede direncin değeri 25 Ω ise devreden geçen akımın değeri nedir?



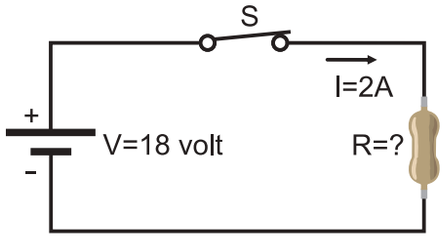
Görsel 1.68 Ohm Kanunu akım hesaplama

ÇÖZÜM

Ohm Kanunu'nda akım formülü $I = \frac{V}{R} = \frac{50}{25} = 2\ A$

ÖRNEK

Görsel 1.69'da 18 volt gerilim kaynağına bağlı bir devreden geçen akım 2 A olduğuna göre devreye bağlı direncin değeri nedir?



Görsel 1.69 Ohm Kanunu direnç hesaplama

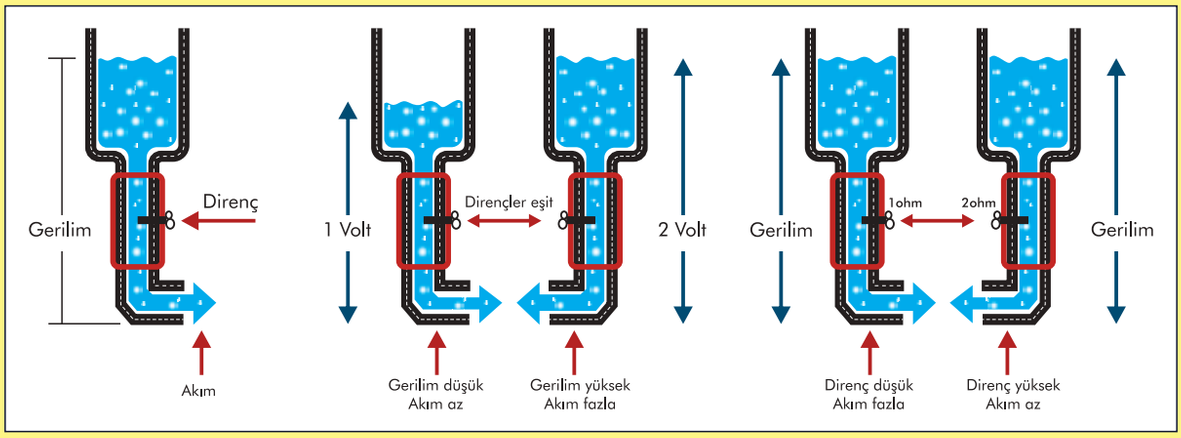
ÇÖZÜM

Ohm Kanunu'nda direnç formülü $R = \frac{V}{I} = \frac{18}{2} = 9\ \Omega$

BİLGİ KUTUSU

Gerilim, akım ve direnç kavramları alt tarafında vanası ve su gidiş yeri olan bir su deposu gibi düşünüldüğünde

- Su deposunun su seviyesi doluluk oranının iki nokta arasındaki potansiyel farkının **gerilime,**
- Su deposunun alt tarafında akan suyun akış şiddetinin **akıma,**
- Suyun akışına karşı zorluk gösterip suyun az veya çok akmasını sağlayan vananın **dirence** benzediği söylenebilir (Görsel 1.70).



Görsel 1.70: Gerilim, akım ve direnç benzetme

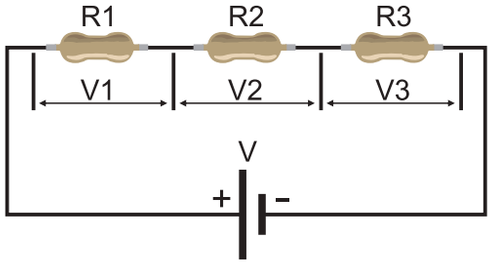
1.2.5. Kirchhoff (Kirşof) Kanunları

Seri, paralel ve karışık devre çözümlemelerinde çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlardan biri de Kirchhoff Kanunları'dır.

1.2.5.1. Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu

Seri devrelerde devre elemanları üzerine düşen gerilimlerin toplamı, devrenin kaynak gerilimine eşittir. Buna **Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu** denir. Görsel 1.71'de seri bağlı R1,R2,R3 dirençleri üzerine sırasıyla V1,V2,V3 gerilimleri düşer. Bu gerilimlerin toplamı devre gerilimini verir.

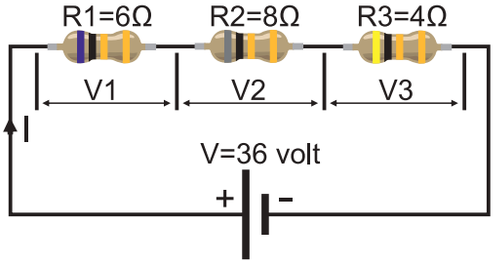
V = V1+V2+V3 tür. Devrede R1,R2,R3 üzerinden aynı akım geçer.



Görsel 1.71 Kirchhoff Gerilimler Kanunu

ÖRNEK

Görsel 1.72'de verilen devrenin V1, V2, V3 gerilim değerlerini bulunuz.



Görsel 1.72: Kirchhoff Gerilimler Kanunu hesaplama

ÇÖZÜM

R1 = 6Ω, R2 = 8Ω, R3 = 4 Ω Seri devrede Reş=R1+R2+R3

Reş= 6+8+4 = 18 Ω

Ohm Kanunu'ndan $I=\frac{V}{Reş}=\frac{36}{18}$ **= 2 A** devreden 2A akım geçtiğine göre

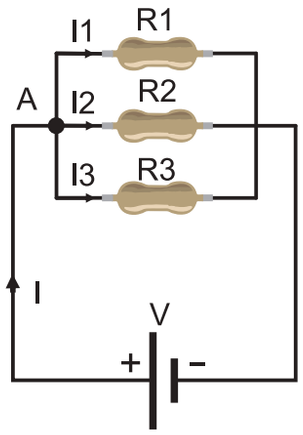
V1 = IxR1 = 2x6 = **12 volt**

V2 = IxR2 = 2x8 = **16 volt**

V3 = IxR3 = 2x4 = **8 volt**

1.2.5.2. Kirchhoff'un Akımlar Kanunu

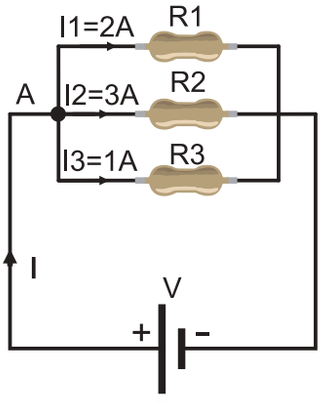
Seri devrede devre elemanları üzerinden geçen akım eşitken paralel devrede elemanlar üzerinden geçen akımların toplamı devre akımına eşittir. Buna **Kirchhoff Akımlar Kanunu** denir. Bir başka deyişle devrede bir noktaya giren akımlar toplamı aynı noktadan çıkan akımlar toplamına eşittir. Paralel devrede dirençler üzerine düşen gerilimler birbirine eşittir. Görsel 1.73'te A noktasına giren akım I, çıkan akımlar ise I1, I2, I3 tür. Bir noktaya giren akımlar çıkan akımlara eşit olduğuna göre **I = I1+I2+I3** olur.



Görsel 1.73: Kirchhoff Akımlar Kanunu

ÖRNEK

Görsel 1.74'teki devrenin akımını bulunuz.



Görsel 1.74: Kirchhoff Akımlar Kanunu hesaplama

ÇÖZÜM

I1=2A
I2=3A
I3=1A
I=I1+I2+I3 = 2+3+1 **= 6 A**

1.2.6. Kondansatörler ve Bağlantıları

Birbirine paralel iki iletken levha arasına bir yalıtkan malzeme konularak yapılan elektronik devre elemanlarına **kondansatör** denir (Görsel 1.69). Elektrik enerjisini depo etmek için kullanılan devre elemanıdır. Bu özelliğine **kapasite** denir. Kondansatör **kapasitör ve sığaç** olarak da adlandırılır.

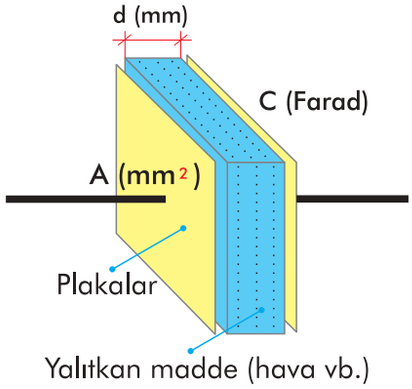
Devrelerde **C** harfi ile belirtilir ve birimi **Farad**'dır. Seramik, mika, elektrolit, tantal, trimer, süper kondansatör çeşitleridir (Görsel 1.75).



Görsel 1.75: Kondansatör çeşitleri

1.2.6.1. Kondansatör ve Özellikleri

Kondansatörler doğrultmaç, filtreleme, kompanzasyonve gerilim düzenleme amacıyla devrelerde kullanılır. Kondansatörün kapasitesini yapılışında kullanılan elemanlar ve onların arasındaki ortam belirler. Görsel 1.76'da görüldüğü gibi kondansatörün kapasitesini (C), plakaların yüzey alanını (A), plakalar arası mesafeyi (d) ve aradaki yalıtkan malzemenin (ortamın) dielektrik katsayısı (Ɛr) belirler.

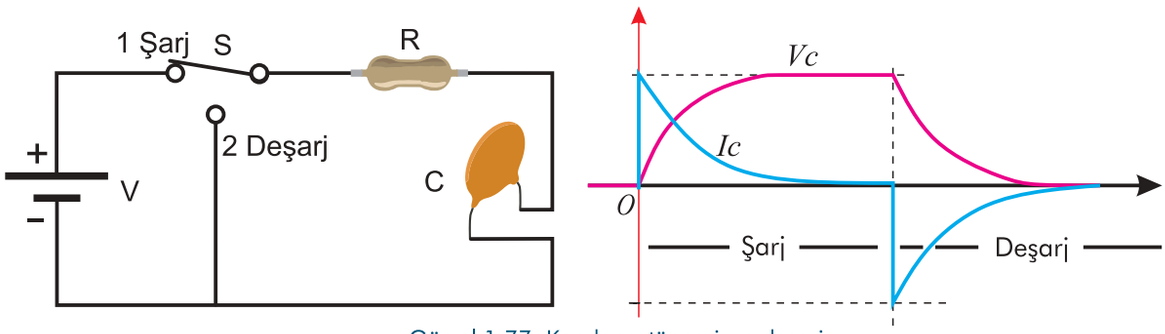


Görsel 1.76: Kondansatör kapasitesi

Kapasite $\mathbf{C\ (Farad) = Ɛx \frac{A\ (m^2)}{d\ (metre)}}$ şeklinde hesaplanır.

1.2.6.2. Kondansatör Şarjı ve Deşarjı

Direnç ile seri bağlı kondansatör Görsel 1.77'deki gibi bağlandığında anahtar 1 konumundayken kondansatör üzerinden akım geçmeye başlar. Kondansatör DC kaynağın maksimum değerine ulaşana kadar **şarj** olur. Maksimum değerine ulaşan kondansatör uçları ile DC kaynak uçlarındaki potansiyel fark sıfır olacağından akım akmamaya başlar. Anahtar 2 konumuna alındığında kondansatör R direnci üzerinden depoladığı enerjiyi boşaltarak **deşarj** olur. Görsel 1.77'de yer alan grafikten de anlaşılacağı üzere kondansatör şarj olurken Vc maksimum değere kadar artar, Ic akımı zamanla azalır.



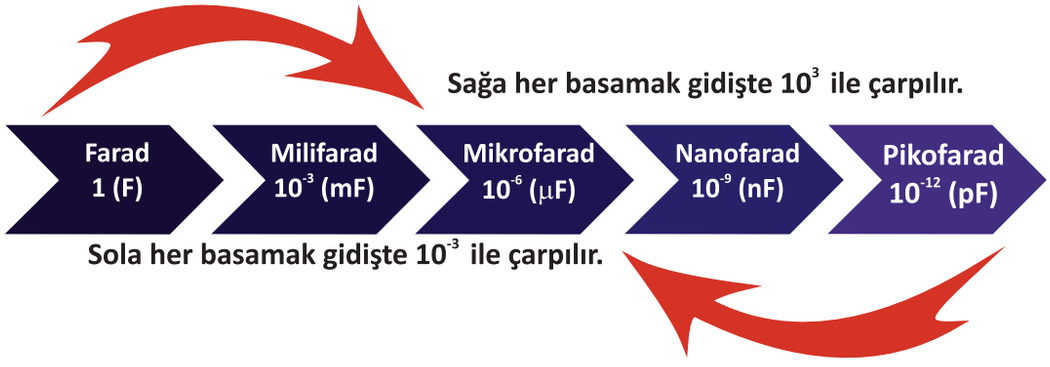
Görsel 1.77: Kondansatör şarjı ve deşarjı

BİLGİ KUTUSU

Kondansatör şarj olurken üzerindeki şarj geriliminin kaynak geriliminin 0,632'sine ulaşması için geçen süreye zaman sabitesi denir. τ ile gösterilir. $\tau = RxC$ formülü ile hesaplanır.

1.2.6.3. Kondansatörün Devre Bağlantılarındaki Kapasite Hesaplamaları

Elektronik devre elemanlarından kondansatörler seri, paralel ve karışık bağlanabilir. Kondansatör birimi Farad çok yüksek bir değer olduğu için genelde ast katları kullanılır (Görsel 1.78).



Görsel 1.78: Kondansatör ast katları

1.2.6.4. Kondansatörlerin Seri Bağlantısı

Kondansatörlerin uç uca eklenmesi ile seri bağlantısı oluşturulur (Görsel 1.79). Seri devrede toplam kapasite azalır, çalışma gerilimi artar.



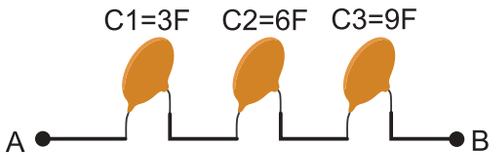
Görsel 1.79: Kondansatör seri bağlantısı

n tane kondansatörün seri bağlanması durumunda eş değer kapasite $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots\cdots \frac{1}{C_n}$ şeklinde hesaplanır.

Üç tane kondansatör (C1,C2,C3) seri bağlı ise eş değer kapasite $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ şeklinde hesaplanır. İki adet aynı değerde kondansatör seri bağlandığında eş değer kapasite kondansatörün yarısına eşittir. $C_{eş} = \frac{C}{2}$ şeklinde hesaplanır.İki adet farklı değerde kondansatör seri bağlandığında $C_{eş} = \frac{C_1 x C_2}{C_1 + C_2}$ şeklinde hesaplanır.

ÖRNEK

Görsel 1.80'de A-B noktaları arasındaki eş değer kapasite nedir?



Görsel 1.80: Kondansatör seri bağlantı hesaplaması

ÇÖZÜM

C1=3F, C2=6F, C3=9F $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

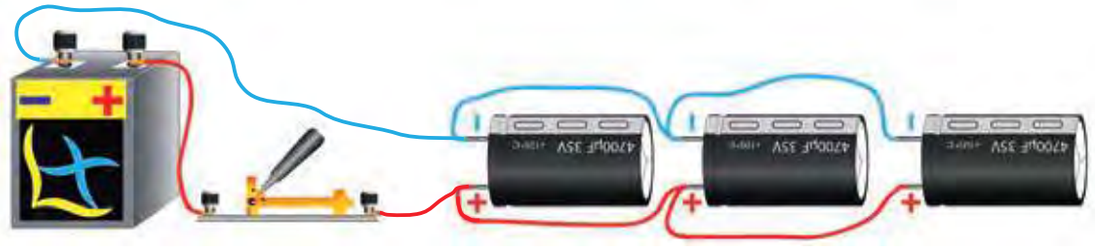
$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9} = \frac{6+3+2}{18} = \frac{11}{18} = \frac{18}{11} = \mathbf{1{,}63F}$

(6) (3) (2)

1.2.6.5. Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı

Kondansatör uçlarının karşılıklı birbirine bağlanması paralel bağlantıdır (Görsel 1.81). Paralel bağlı kondansatörlerin aritmetik toplaması ile eş değer kapasite bulunur. Uygulanacak gerilim en düşük gerilime sahip olan kondansatörün değeri kadar olur.

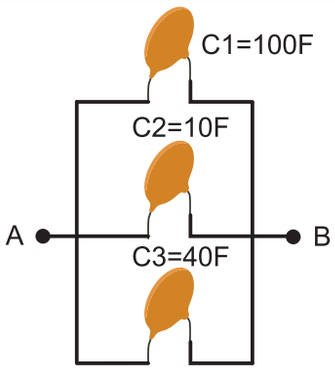
n adet paralel bağlı kondansatörün eş değer kapasite Ceş=C1+C2+C3+..+Cn şeklinde hesaplanır.
3 tane kondansatör (C1,C2,C3) paralel bağlı ise eş değer kapasite Ceş = C1+C2+C3 şeklinde hesaplanır.



Görsel 1.81 Kondansatör paralel bağlantısı

ÖRNEK

Görsel 1.82'de A-B noktaları arasındaki eş değer kapasite nedir?



Görsel 1.82: Kondansatör paralel bağlantı hesaplama

ÇÖZÜM

C1 = 100F, C2 = 10F, C3 = 40F

Ceş = C1+C2+C3

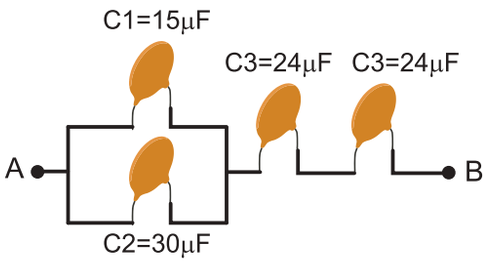
Ceş = 100+10+40 = **150 F**

1.2.6.6. Kondansatörlerin Karışık Bağlantısı

Kondansatörlerin hem seri hem de paralel bağlanmalarına **karışık bağlantı** denir.

ÖRNEK

Görsel 1.83'te A-B noktaları arasındaki eş değer kapasite nedir?



Görsel 1.83: Kondansatör karışık bağlantı hesaplama

ÇÖZÜM

C1 ve C2 paralel, C3 ve C4 seri bağlıdır.

Paralel bağlı C1 ve C2 eş değeri $C_{eş1}$ olsun,

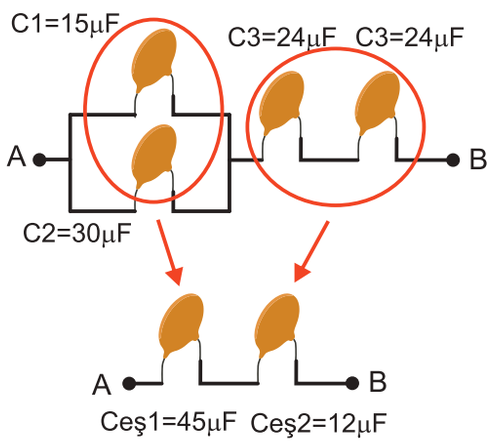
$C_{eş1}$ = C1+C2 = 15+30 =45 µF olur.

Seri bağlı kondansatörlerin eş değeri $C_{eş2}$ olsun,

$C_{eş2} = \frac{C}{2} = \frac{24}{2} = 12\mu F$ olur ve devre son durumda **Görsel 1.84**'teki hâle döner.

$C_{eş} = \frac{C_{eş1} x C_{eş2}}{C_{eş1}+C_{eş2}}$ $C_{eş} = \frac{45x12}{45+12}$

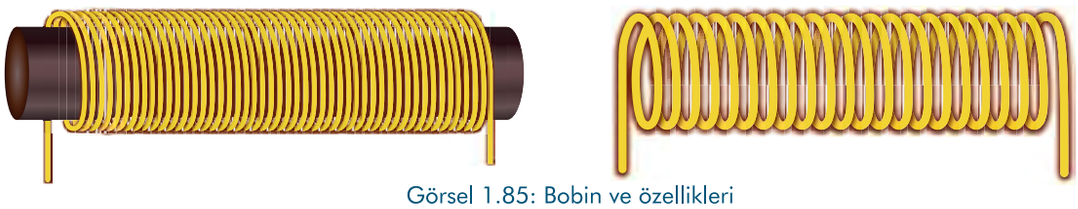
$C_{eş} = \frac{540}{57}$ **$C_{eş}$ = 9,473 µF**



Görsel 1.84: Kondansatör paralel bağlantı hesaplama

1.2.7. Bobinler ve Bağlantıları

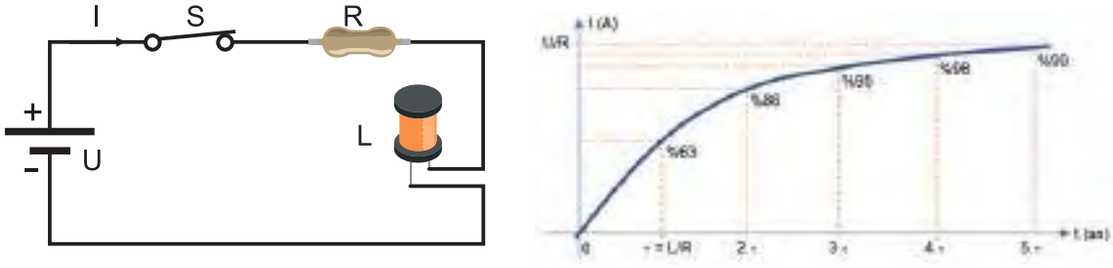
İzoleli iletken telin genellikle dayanıklı yalıtkan malzeme olan nüve üzerine üst üste ve yan yana sarılmasından oluşan devre elemanına **bobin** denir. Devrelerde **L** harfi ile gösterilir, birimi **henry**dir **[henri (H)]**. Bobin tellerinin her bir sarımına **sipir** denir (Görsel 1.85). Bir bobine DC akım uygulandığında bobin ilk anda büyük bir direnç gösterse de kısa süre sonra bu zorluk telin direncinden ibaret kalır.



Görsel 1.85: Bobin ve özellikleri

Bobin devreler —▬— veya —∿∿∿— şeklinde çizilir. DC'de bobin, elektrikte motor, elektromıknatıs, röle; elektronikte ise filtre ve regüle devrelerinde kullanılır. Bobinin DC'de dar bir kullanım alanı vardır. AC'de daha geniş bir kullanım alanına sahiptir. AC esasları kısmında bobin hakkında daha geniş bilgi verilecektir. Seri direnç ve bobinin bağlı olduğu devreye DC uygulandığında bobin ilk anda akımdaki değişikliğe karşı koyar. Bu yüzden akım yavaşça yükselir. Akım değişikliği ne kadar fazla olursa bobin o kadar fazla direnç gösterir.

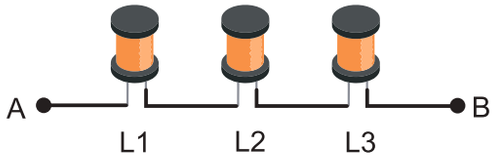
Akım, direncin tek başına alacağı değere kadar yükselir. Şayet akımda değişme olmazsa bobinin empedansı (eş direnç) yok demektir. Bu yükselme oranı $\tau = L/R$ zaman sabitesidir (Görsel 1.86).



Görsel 1.86: DC uygulanan seri R-L devresi

1.2.7.1. Bobinlerin Seri Bağlantısı

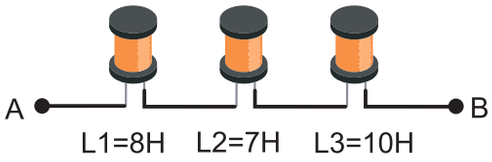
Seri bağlanmış bobinlerin aritmetik toplamı toplam endüktansı (eş değer bobin) verir. n adet bobinin seri bağlanmasında eş değer endüktans Leş= L1+L2+L3+....+Ln şeklinde hesaplanır.
Görsel 1.87'de A-B noktaları arasındaki eş değer endüktans Leş= L1+L2+L3 şeklinde hesaplanır.



Görsel 1.87: Bobinin seri bağlantısı

ÖRNEK

Görsel 1.80'de A-B noktaları arasındaki eş değer kapasite nedir?



Görsel 1.88: Bobin seri bağlantı hesaplaması

ÇÖZÜM

L1=8 H, L2=7 H, L3=10 H

Leş = L1+L2+L3

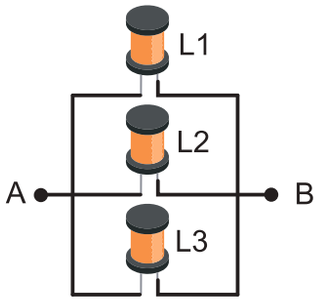
Leş = 8+7+10 **= 25 H**

1.2.7.2. Bobinlerin Paralel Bağlantısı

Paralel bağlantıda eş değer endüktans bobinlerin endüktans değerlerinin çarpmaya göre terslerinin toplamı ile bulunur. n adet bobinin paralel bağlı olduğu devrede eş değer endüktans

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \cdots\cdots\cdots + \frac{1}{L_n}$$ şeklinde hesaplanır.

Görsel 1.89'da A-B noktaları arasındaki eş değer endüktans $\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$ şeklinde hesaplanır.



Görsel 1.89: Bobin paralel bağlantısı

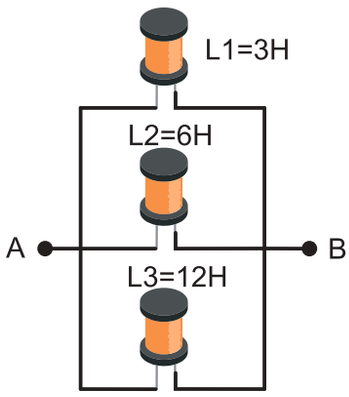
İki adet paralel bağlı bobinin eş değer endüktansı Leş = $\frac{L_1 x L_2}{L_1 + L_2}$

n adet aynı bobin paralel bağlandığında eş değer endüktans Leş = $\frac{L}{n}$

şeklinde hesaplanır.

ÖRNEK

Görsel 1.90'da A-B noktaları arasındaki eş değer endüktans nedir?



ÇÖZÜM

L1=3 H, L2=6 H, L3=12 H $\frac{1}{L_{eş}}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\frac{1}{L_3}$

$\frac{1}{L_{eş}}=\frac{1}{3}+\frac{1}{6}+\frac{1}{12}$ paydalar 12 de eşitlenir.

$\frac{1}{L_{eş}}=\frac{7}{12}$ $L_{eş}=\frac{12}{7}$ **Leş= 1,714 H**

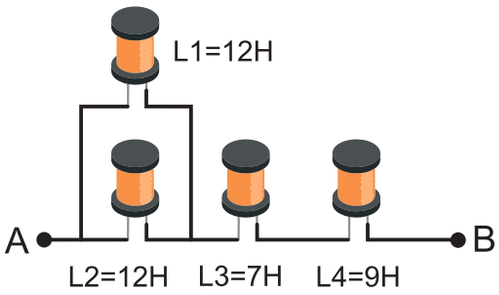
Görsel 1.90: Kondansatör paralel bağlantı hesaplaması

1.2.7.3. Bobinlerin Karışık Bağlantısı

Bobinlerin hem seri hem de paralel bağlanmalarına **karışık bağlantı** denir. Eş değer endüktansı bulurken seri ve paralel bağlantılar ayrı ayrı hesaplanır.

ÖRNEK

Görsel 1.91'de A-B noktaları arasındaki endüktans nedir?



Görsel 1.91: Bobinlerin karışık bağlantı hesaplanması

ÇÖZÜM

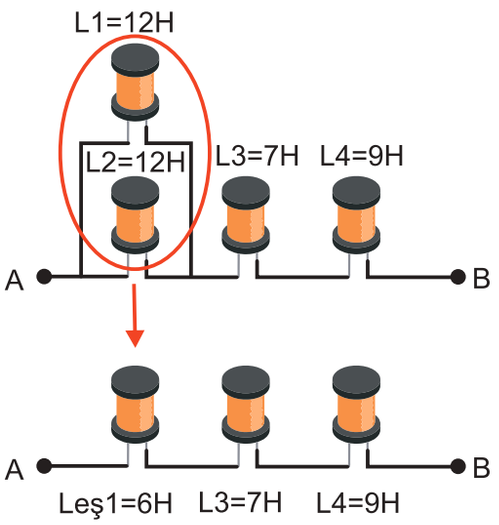
Paralel bağlı L1 ve L2 bobinlerinin eş değeri $L_{eş1}$ olsun,

değerleri eşit iki bobinin eş değeri

$L_{eş1}=\frac{12}{2}$ **$L_{eş1}$ =6 H**

devre Görsel 1.92'deki hâle döner.

Leş = $L_{eş1}$+L3+L4 Leş = 6+7+9 **Leş = 22 H**



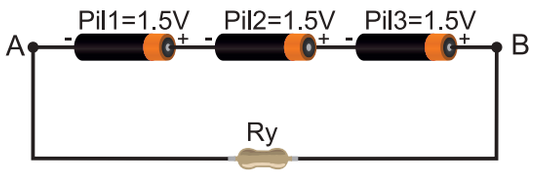
Görsel 1.92: Bobinlerin karışık bağlantı hesaplanması

TEMRİN ADI SERİ VE PARALEL DC GERİLİM / EMK ÖLÇME | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:1.4**

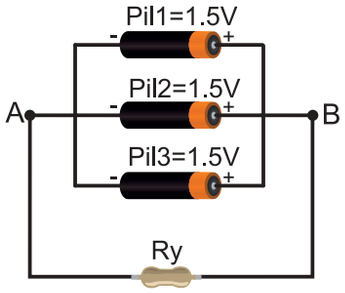
AMAÇ

Seri ve paralel DC kaynak bağlantılarını yapmak ve gerilim/EMK ölçmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 1.93: Pil seri bağlantı



Görsel 1.94: Pil paralel bağlantı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Pil		1,5 V 3 adet
Direnç		100 ohm, 10 ohm
Multimetre		1 adet
Kalem havya ve lehim teli		
Zil teli	0,5 mm kesitli	50 cm

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde görsel 1.93'teki şekle göre pillerin bağlantısını yapınız.
3. A-B noktaları arasındaki değeri multimetre ile ölçüp tabloda ilgili alana yazınız.
4. Ry 100 Ω direncini devreye bağlayarak A-B noktaları arasındaki değeri multimetre ile ölçüp tabloda ilgili alana yazınız.
5. Öğretmen kontrolünde görsel 1.94'teki şekle göre pillerin bağlantısını yapınız.
6. A-B noktaları arasındaki değeri multimetre ile ölçüp tabloda ilgili alana yazınız.
7. Ry 10 Ω direncini devreye bağlayarak A-B noktaları arasındaki değeri multimetre ile ölçüp tabloda ilgili alana yazınız.
8. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

R(y) direncinin durumu	Seri devre	Paralel devre
Ry devrede değil		
Ry devrede (10 ohm)		
Ry devrede (100 ohm)		

SORULAR

1. Gerilim ve EMK kavramlarını açıklayınız.
2. Seri ve paralel bağlı devrelere Ry direncinin etkisi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Pil bağlantılarının doğru yapılması	20	
Sınıfı :	Ry direncini devreye alma	20	
No. :	Ölçümleri doğru yapma	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI SERİ, PARALEL VE KARIŞIK DEVRE

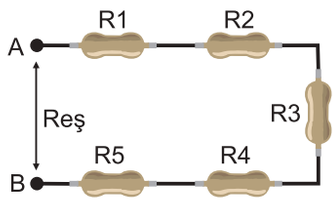
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.5

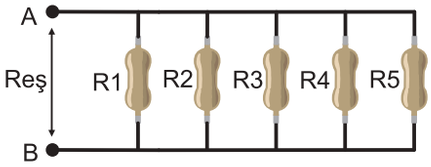
AMAÇ

Seri, paralel ve karışık devre uygulamalarını yapmak.

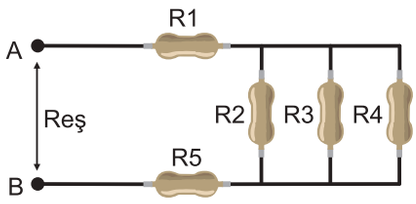
UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 1.95: Seri devre



Görsel 1.96: Paralel devre



Görsel 1.97: Karışık devre

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Multimetre		1 adet
Zil teli	0,5 mm² kesitli	50 cm
Direnç	Farklı değerlerde	5 adet
El aletleri	Yan keski, kargaburnu, cımbız	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde görsel 1.95'teki seri devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. Multimetre ile A-B noktaları arasındaki eş değer direnci ölçünüz.
4. Ölçtüğünüz değeri birimi ile birlikte tablodaki ilgili alana yazınız.
5. Öğretmen kontrolünde görsel 1.96'daki paralel devreyi breadboard üzerine kurunuz.
6. Multimetre ile A-B noktaları arasındaki eş değer direnci ölçünüz.
7. Ölçtüğünüz değeri birimi ile birlikte tablodaki ilgili alana yazınız.
8. Öğretmen kontrolünde görsel 1.97'deki karışık devreyi breadboard üzerine kurunuz.
9. Multimetre ile A-B noktaları arasındaki eş değer direnci ölçünüz.
10. Ölçtüğünüz değeri birimi ile birlikte tablodaki ilgili alana yazınız.

SORULAR

1. Multimetre ile direnç ölçerken ekranda görülen **0** ve **1** değerleri neyi belirtir? Açıklayınız.
2. Eş değer direnç değeri hangi devre bağlantısında azalır?

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Direnç isimleri		Direnç değerleri	
R1	R2		
R3	R4		
R5	R6		

Devreler	Ölçülen eş değer direnç
Görsel 1.95	
Görsel 1.96	
Görsel 1.97	

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Direnç değerlerinin doğru belirlenmesi	20	
Sınıfı :	Eş değer dirençlerin doğru ölçülmesi	20	
No. :	Multimetrenin doğru kademelerde kullanılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI OHM KANUNU

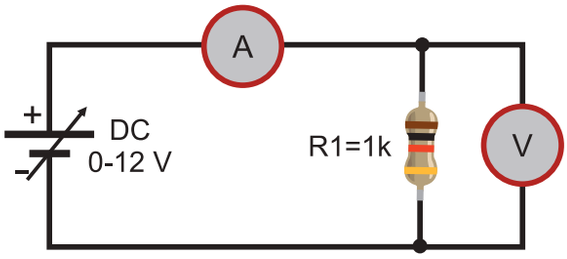
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.6

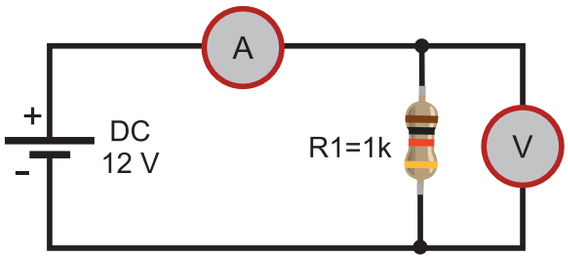
AMAÇ

Akım ve gerilim ölçme

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 1.98: Ayarlı gerilim kaynaklı direnç devresi



Görsel 1.99: Sabit gerilim kaynaklı direnç devresi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Direnç	1 k, 1,8 k, 3.3 k, 4,2 k, 10 k	5 adet
Multimetre		2 adet
DC güç kaynağı	0-12 V ayarlı	1 adet
Zil teli	0,5 mm²	50 cm
El aletleri	Yan keski, kargaburnu	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.98'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. DC gerilim değerini ilgili tabloda görüldüğü gibi ayarlayınız. Her bir gerilim değerine karşılık ampermetreden ve voltmetreden ölçtüğünüz değerleri ilgili tabloya yazınız.
4. DC gerilim kaynağını kapatarak enerjiyi kesiniz.
5. Görsel 1.99'daki devreyi breadbord üzerine kurarak devreyi çalıştırınız.
6. Ampermetreden ve voltmetreden ölçtüğünüz değerleri ilgili tabloya yazınız.
7. Devrenin enerjisini kesiniz.
8. Görsel 1.99'daki direnç değerini ilgili tabloya göre değiştirerek işlemleri tekrarlayınız.
9. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

DC Gerilim Değerleri	Ampermetreden Ölçülen Akım Değeri	Voltmetreden Ölçülen Gerilim Değeri
0V		
2V		
4V		
6V		
8V		
10V		
12V		

TEMRİN ADI OHM KANUNU

SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.6

DC Gerilim Değeri	Direnç Değerleri (R)	Ampermetrede Ölçülen Akım Değeri	Voltmetreden Ölçülen Gerilim Değeri
12 V	1 k		
12 V	1,8 k		
12 V	3,3 k		
12 V	4,2 k		
12 V	10 k		

SORULAR

1. Voltmetre devreye seri bağlanırsa devrede nasıl bir değişim olur?
2. Direnç değeri sabit kalıp, gerilim değeri değiştiğinde devre akımının değişimi nasıl olur?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrelerin kurulması	20	
Sınıfı :	Ampermetre ile ölçme yapılması	20	
No. :	Voltmetre ile ölçme yapılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI KİRCHHOFF'UN GERİLİMLER KANUNU

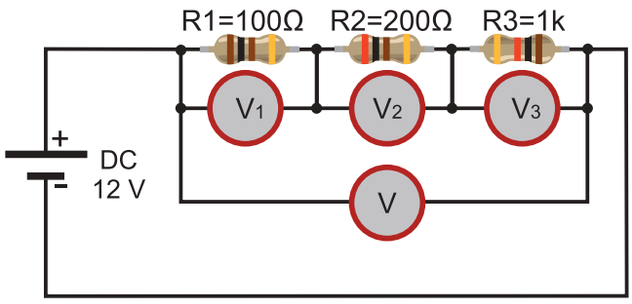
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.7

AMAÇ

Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu uygulamasını seri devre üzerinde gerçekleştirmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 1.100: Seri devrede gerilim değerlerinin ölçülmesi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Direnç	100 Ω, 200 Ω, 1 k	3 adet
Multimetre		1 adet
DC güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Zil teli	0,5 mm² kesitli	50 cm
El aletleri	Yan keski, kargaburnu	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.100'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. Öğretmen kontrolünde devreye enerji vererek devreyi çalıştırınız.
4. A-B arasındaki gerilimi (V1) ölçerek tabloya yazınız.
5. B-C arasındaki gerilimi (V2) ölçerek tabloya yazınız.
6. C-D arasındaki gerilimi (V3) ölçerek tabloya yazınız.
7. A-D arasındaki gerilimi (V) ölçerek tabloya yazınız.
8. V1+V2+V3 gerilimlerinin toplamının V gerilimine eşit olduğunu gözlemleyiniz.
9. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

V Voltmetresinde Ölçülen Gerilim	V_1 Voltmetresinde Ölçülen Gerilim	V_2 Voltmetresinde Ölçülen Gerilim	V_3 Voltmetresinde Ölçülen Gerilim
..... volt	..... volt	..... volt	..... volt

SORULAR

Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu'nu açıklayınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Voltmetreleri doğru bağlama	20	
No. :	Ölçümleri doğru yapma	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI KİRCHHOFF AKIMLAR KANUNU

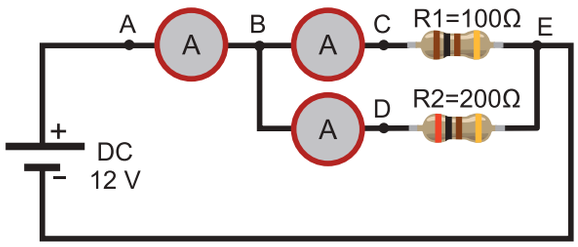
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.8

AMAÇ

Kirchhoff Akımlar Kanunu uygulamasını seri devre üzerinde gerçekleştirmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 1.101: Paralel devrede akım değerlerinin ölçülmesi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Direnç	100 Ω, 200 Ω	2 adet
Multimetre	Dijital	1 adet
DC güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Zil teli	0,5 mm² kesitli	50 cm
El aletleri	Yan keski, kargaburnu	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.101'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. Devreye enerji vererek devreyi çalıştırınız.
4. A-B arasındaki akımı (I) ölçerek tabloya yazınız.
5. B-C arasındaki akımı (I1) ölçerek tabloya yazınız.
6. B-D arasındaki akımı (I2) ölçerek tabloya yazınız.
7. I1 + I2 akımının toplamının I akımına eşit olduğunu gözlemleyiniz.
8. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

I Ampermetresinde Ölçülen Akım	I_1 Ampermetresinde Ölçülen Akım	I_2 Ampermetresinde Ölçülen Akım
..... amper	..... amper	..... amper

SORULAR

Kirchhoff'un Akımlar Kanunu'nu açıklayınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Ampermetreleri doğru bağlama	20	
No. :	Ölçümleri doğru yapma	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI KONDANSATÖRÜN ŞARJ VE DEŞARJI

SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.9

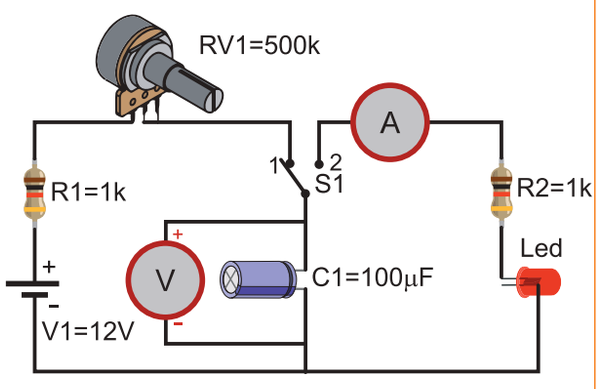
AMAÇ

Kondansatör şarj ve deşarj uygulamasını yapmak.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Kondansatör	100 µF 25 V	1 adet
1 k direnç		2 adet
Potansiyometre	500 k	1 adet
Anahtar	İki konumlu	1 adet
Led diyot	Kırmızı	1 adet
Multimetre	Dijital	2 adet
Güç kaynağı	DC	1 adet
Zil teli	05 mm² kesitli	50 cm
El aletleri		1 adet

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 1.102: Kondansatör şarj ve deşarj devresi

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.102'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. Multimetreleri görsel 1.102'deki gibi bağlayınız.
4. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Potansiyometreyi 2 yönünde çekerek minimum yapınız ve kondansatörün şarj olmasını ölçü aletinden gözlemleyiniz. Şarj işlemi tamamlandığında S1 anahtarı 2 konumuna çekiniz ve LED'in yandığını gözlemleyiniz. Bu durumda voltmetre ve ampermetre değerlerini tabloya yazınız.
6. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ölçüm	Potansiyometre değeri	V voltmetre değeri (V)	I ampermetre değeri (mA)
1	Minimum değer		
2	Ara değer		
3	Maksimum değer		

SORULAR

1. Kondansatörün şarj ve deşarj olma sürecini anlatınız.
2. Devredeki R1 direncinin görevi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Kondansatörün şarj ve deşarjını gözlemleme	20	
No. :	Ölçümlerin tabloya doğru aktarılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI DC MOTORUN DÖNÜŞ YÖNÜNÜ DEĞİŞTİRME

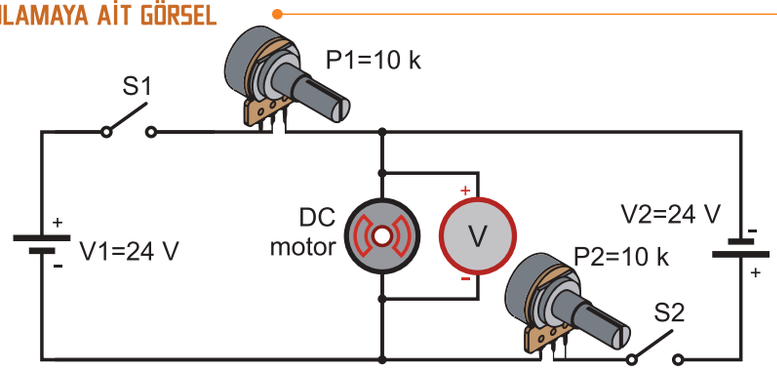
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.10

AMAÇ

DC motorun dönüş yönünü değiştirme uygulamasını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 1.103: DC motor devresi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Anahtar	On-off	2 adet
Potansiyemetre	10 KΩ	2 adet
DC motor veya fan	12 V veya 24 V	1 adet
DC gerilim kaynağı	12 V veya 24 V DC	2 adet
Zil teli	0,75 mm² tek telli	1 metre
El aletleri	Kargaburnu, kontrol kalemi vb.	
Multimetre		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.103'teki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz ve S1 anahtarını kapatınız.
4. P1 potansiyometresini ayarlayarak motorun ileri yönde dönüş hızını gözleyiniz.
5. S1 anahtarını açınız. Motorun ileri yönde dönmesinin durduğunu görünüz.
6. S2 anahtarını kapatınız. Motorun geri yönde döndüğünü görünüz.
7. P2 potansiyometresini ayarlayarak motorun geri yönde dönüş hızını gözleyiniz.
8. Enerjiyi kesiniz. Sonuçları karşılaştırınız.

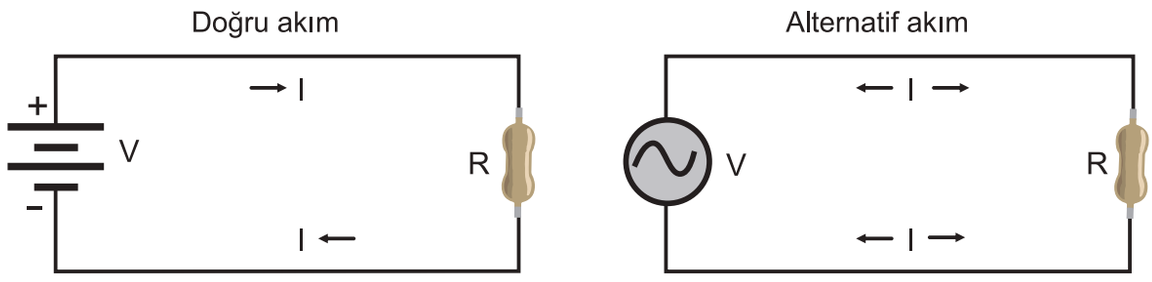
SORULAR

1. Devrenin çalışmasını açıklayınız.
2. S1 ve S2 anahtarları aynı anda kapatılıp çalıştırılırsa ne olur?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Ampermetreleri doğru bağlama	20	
No. :	Ölçümleri doğru yapma	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

1.3.1. Alternatif Akım ve Özellikleri

Birim zaman içerisinde yönü ve şiddeti belli bir düzen içerisinde değişen akıma **alternatif akım** denir. **AA** veya İngilizce **AC** şeklinde ifade edilir. En bilinen AC dalga biçimi şebeke voltajımızdaki sinüs dalgasıdır. DC gerilim kaynağı bulunan devrede akım, kaynağın (+) ucundan ve direnç üzerinden kaynağın (-) ucuna ulaşarak akar. AC gerilim kaynağında (-) ve (+) kutuplar yoktur. AC'de kutuplar sürekli değiştiği için direnç üzerinden geçen akımın yönü de değişir (Görsel 1.104).



Görsel 1.104: Doğru akım ve alternatif akım

Alternatif akım ile doğru akımın karşılaştırılması Tablo 1.2'de görülmektedir.

Tablo 1.2: Alternatif Akım İle Doğru Akımın Karşılaştırılması

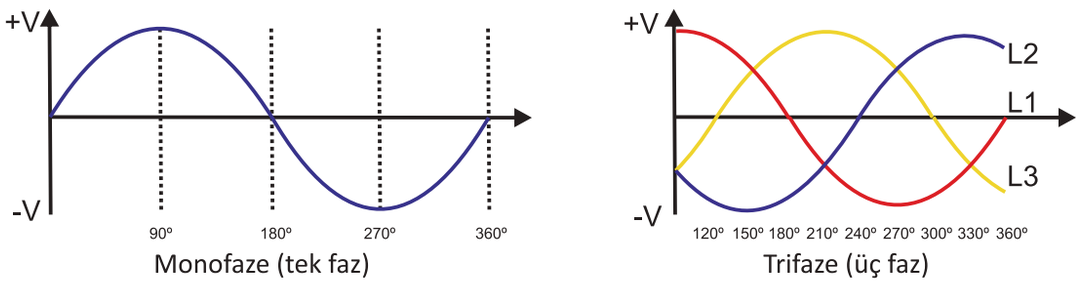
Özellikler	Alternatif akım (AC)	Doğru akım (DC)
Geliştiren	Nikola Tesla	Thomas Edison, Volta
Yönü (polaritesi)	Değişir	Değişmez
Şiddeti (genliği)	Değişir	Değişir
Frekans	Vardır	Yoktur
Elektron Akışı	Çift yönlü	Tek yönlü
Güç Faktörü	0~1 arası	1
Yük Direnci	Empedans	Saf direnç
Birbirlerine dönüşümleri	DC'ye kolay dönüşür	AC'ye dönüşümü karmaşık

BİLGİ KUTUSU

İlk olarak DC ile çalışan düşük voltajlı elektrik santrallerinin kurulmasıyla elektrik üretildi. DC'nin yüksek maliyetli olması nedeniyle elektriğin evlerde kullanımı yaygınlaşmadı. AC'nin keşfedilmesi ve bu prensiple çalışan santrallerin kurulmasıyla birlikte elektrik kullanım maliyeti düşmüş ve elektriğin kullanımı yaygınlaşmıştır.

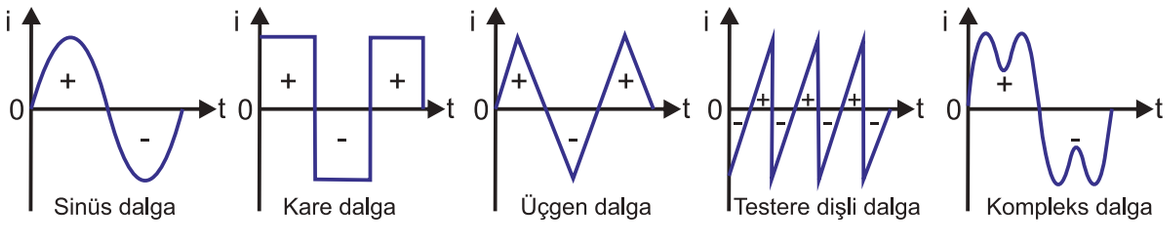
1.3.1.1. Alternatif Akım Çeşitleri

Alternatif akımın en çok kullanılan çeşitleri monofaze (tek faz) ve trifazedir (üç faz) (Görsel 1.105).



Görsel 1.105: AC akım çeşitleri monofaze (tek faz), trifaze (üç faz)

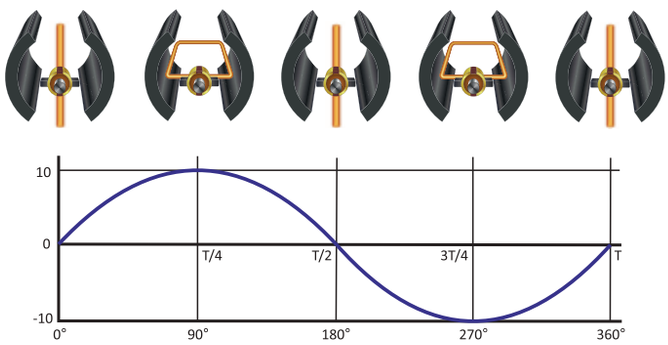
Farklı uygulamalarda Görsel 1.106'daki sinüsoidal, kare, üçgen, testere dişli ve kompleks gibi çeşitli dalga biçimleri kullanılır.



Görsel 1.106: AC dalga çeşitleri

1.3.1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi

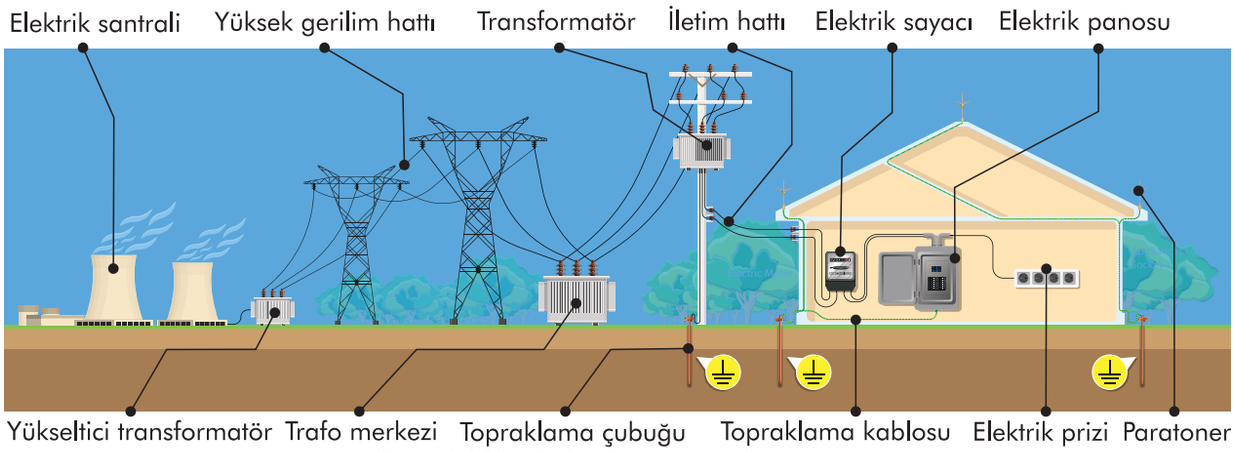
Genel anlamda alternatif akım üretebilmek için manyetik alan ve bir bobin grubunun bulunması gerekir. Manyetik alan ve bobin grubu ile alternatif akım iki şekilde elde edilir. Sabit bir manyetik alan içinde sabit bir eksende dönen iletkende alternatif EMK oluşur. Değişken bir manyetik alan içinde duran iletkende bir alternatif EMK oluşur. Alternatif akımın elde edilmesinde dönme hareketini enerjiye dönüştüren alternatör (AC jeneratör) kullanılır. Alternatörde sabit mıknatısların oluşturduğu manyetik alanın içerisinde dönen bir iletken tel çerçeve vardır. Dönen bu iletkenin bir tam devir yani 360˚lik dönüş yapması sonunda EMK sıfırdan başlayarak pozitif maksimum değere ulaşır. EMK'nin tekrar düşerek sıfıra ve negatif maksimum değere buradan da tekrar sıfıra ulaşmasıyla bir saykıl elde edilir. Akım bu esnada iki kez yön değiştirir (Görsel 1.107). Manyetik alan içerisindeki iletken ne kadar hızlı dönerse elde edilen EMK'nin frekansı da o kadar yüksek olur.



Görsel 1.107: AC elde etme modeli

1.3.1.3. Alternatif Akımın Kullanıldığı Yerler

Elektrik santrallerinde elde edilen alternatif akım, iletim hatlarında oluşan kayıpları azaltmak için transformatörler ile yükseltilir. Kullanım yerlerine geldiklerinde ise transformatörlerle düşürülerek konutlara, iş yerlerine ulaştırılır (Görsel 1.108). Endüstride üretim aşamalarında, cadde ve sokakların aydınlatılmasında, evlerde kullanılan (buzdolabı, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi vb.) cihazların çalışması gibi pek çok alanda alternatif akım kullanılır. Alternatif akımın bulunduğu bir ortamda doğru akıma ihtiyaç duyulması hâlinde alternatif akım transformatörler ve doğrultmaç devreleri ile doğru akıma dönüştürülerek kullanılır.



Görsel 1.108 AC'nin kullanım yerlerine ulaşması

1.3.2. Alternatif Akım Bileşenleri ve Vektörel Gösterimi

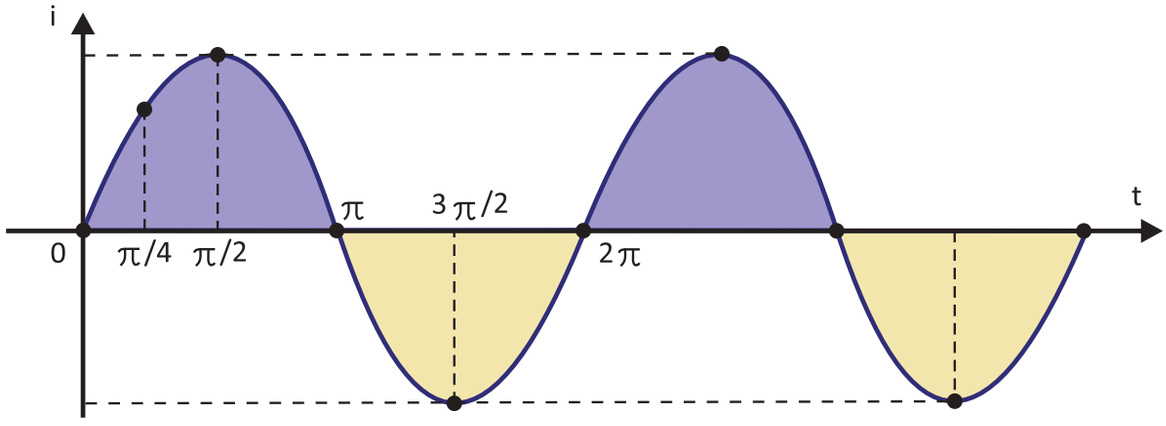
Alternatif akım dalga şeklinin çeşitli bileşenleri vardır.

1.3.2.1. Sinüs Dalgası (Sinüsoidal Sinyal)

Alternatör tarafından üretilen akım yönünün zamanın bir fonksiyonu olarak sürekli değişmesi ile oluşan AC şekline **sinüs dalgası (sinüsoidal sinyal)** denir (Görsel 1.109). Sinüs dalgası alternatörün dairesel dönme hareketi sonucu oluşur. Sinüs sinyalinin gösterildiği düzlemde **x** ekseni hareket açısını ya da açı zamanını, **y** ekseni ise oluşan alternatif akım ya da gerilimin genliğini gösterir. Birim çemberde vektörün konumu (x eksenindeki karşılığı) açı, zaman ya da radyan cinsinden belirtilir (Tablo 1.3). Sinüs dalgasının pozitif ve negatif kısımları aynı güçte ve şiddette etki yaratır.

Tablo 1.3: Açılar ve Radyan Karşılıkları

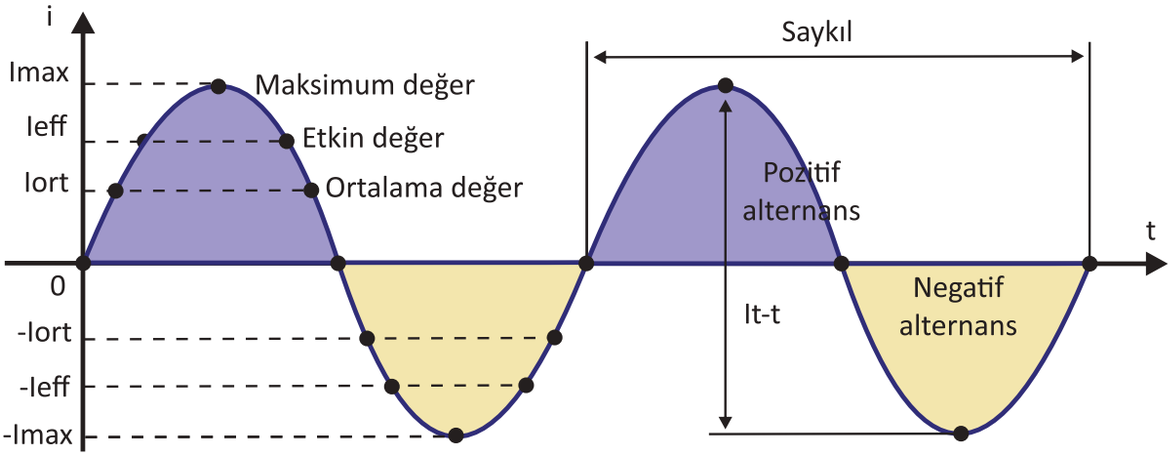
Açı Değerleri	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
Radyan Değerleri	0	π/6	π/4	π/3	π/2	π	3π/2	2π



Görsel 1.109: Sinüs dalgası

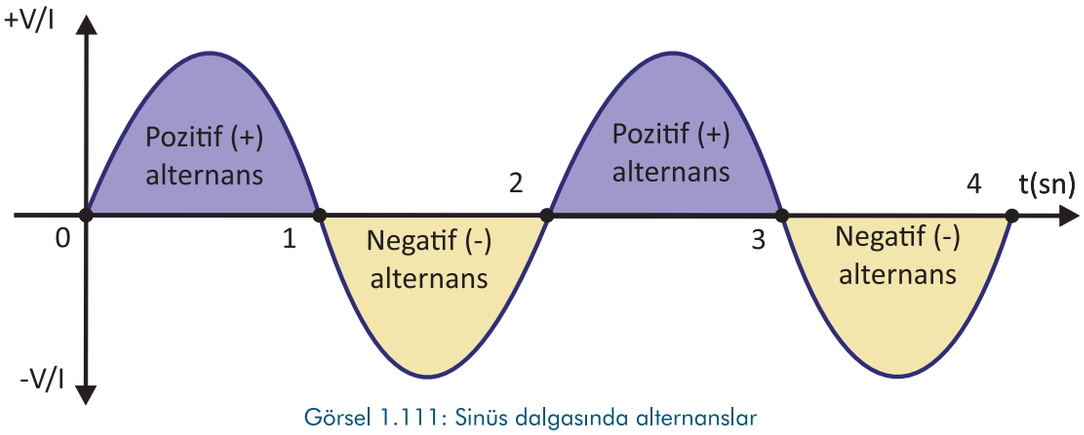
1.3.2.2. Alternatif Akım Bileşenleri ve Değerleri

Alternatif akım bileşenleri osiloskop cihazları ile ölçülür. Ayrıca sinyalin genlik ve frekans ayarları da osiloskop ile yapılabilir. Görsel 1.110'da alternatif akım bileşenleri görülür.



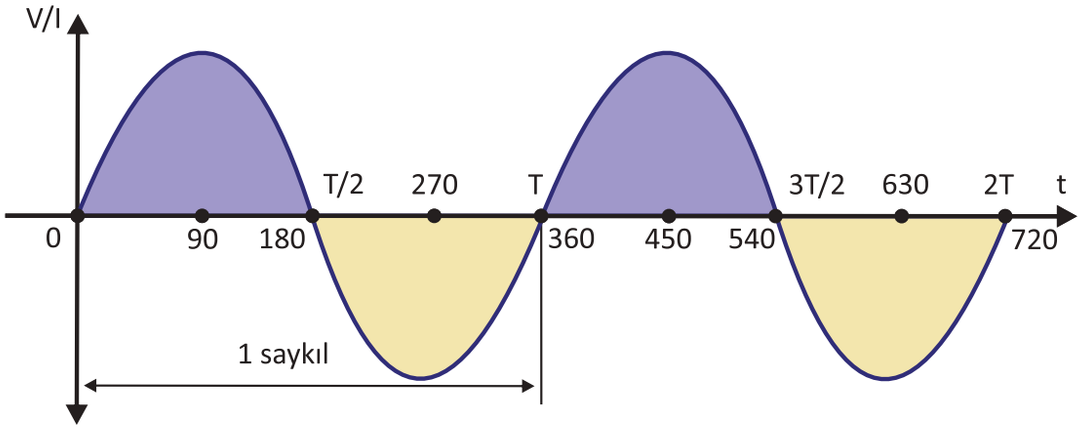
Görsel 1.110: AC bileşenleri

Alternans: Bir sinyalin x ekseninden başlayıp, pozitif maksimum değerine ulaşarak tekrar x eksenine gelmesine **pozitif alternans** denir. Sinyalin x ekseninden başlayıp, negatif maksimum değere ulaşarak tekrar x eksenine gelmesine de **negatif alternans** denir (Görsel 1.111).



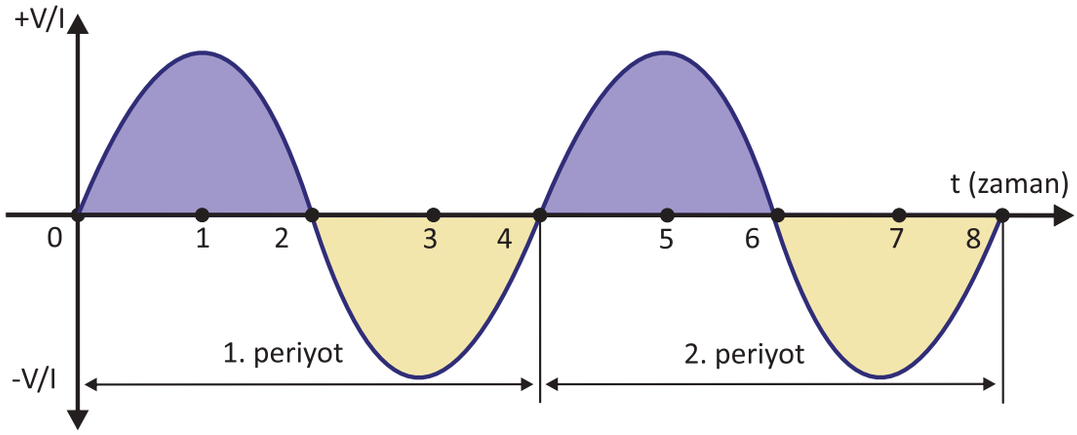
Görsel 1.111: Sinüs dalgasında alternanslar

Saykıl: Alternatif akım veya gerilimin sıfırdan başlayıp, maksimum değere ulaşarak tekrar sıfıra dönmesi ve aynı işlemi ters yönde de gerçekleştirip başlangıç noktasına dönmesine bir **saykıl** denir. Bir pozitif bir de negatif alternanstan oluşur (Görsel 1.112).



Görsel 1.112: Sinüs dalgasında saykıl

Periyot: Bir saykılın gerçekleşmesi için geçen zamana **periyot** denir. **T** harfi ile gösterilir, birimi **saniyedir (sn.).** Saykıl ile periyot arasındaki fark, saykıl bir tam dönme turuna verilen isimken periyot dönme turu için geçen süredir.
Örneğin Görsel 1.113'teki sinyalin her iki periyodu da dörder saniyedir.



Görsel 1.113: Sinüs dalgasında periyot

Frekans: Bir sinyalin saniyede tekrarlanan saykıl sayısına **frekans** denir. Birimi **Hertz'dir (Hz).** Ülkemizdeki şebeke frekansı bir saniyede elli kez tekrarlanan saykıla sahiptir.

Frekans ile periyot arasında $\mathbf{F} = \frac{1}{T}$ eşitliği vardır.

ÖRNEK

Bir sinyalin periyodu T = 0,05 saniye olduğuna göre bu sinyalin frekansı nedir?

ÇÖZÜM

$T = 0,05$ sn. $F = \frac{1}{T}$ $F = \frac{1}{0,05}$ $F = \frac{100}{5}$ **F=20 Hz**

Maksimum Değer: AC akımın alternans boyunca alabileceği en yüksek ani değere **maksimum değer** denir. Maksimum akım $\mathbf{I_m}$ ile maksimum gerilim $\mathbf{V_m}$ ile gösterilir.

$I_m = \sqrt{2}\, x I_{eff} = 1,41 x I_{eff}$ $\quad V_m = \sqrt{2} x V_{eff} = 1,41 x V_{eff}$

Tepeden Tepeye Değer: AC akımın pozitif ve negatif alternanslarda alabileceği maksimum değerler arasındaki değere **tepeden tepeye değer** denir. Akım $\mathbf{I_{tt}}$ ile gerilim $\mathbf{V_{tt}}$ ile gösterilir.

Etkin (Efektif) Değer: Ölçü aletlerinde ölçülen ve AC gerilimin bir alıcı üzerinde eşit iş yapan DC karşılığına sahip değere **etkin (efektif) değer** denir. Akım $\mathbf{I_{eff}}$ veya **I** ile gösterilir. Gerilim $\mathbf{V_{eff}}$ veya **V** ile gösterilir.

$I_{eff} = I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 x I_m$ $\quad V_{eff} = V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 x V_m$

Ortalama Değer: AC akımın alternans boyunca aldığı değerlerin aritmetik ortalamasına **ortalama değer** denir. Saf sinüs AC akımda bir saykıl boyunca ortalama değer sıfırdır. Akım $\mathbf{I_{ort}}$ gerilim $\mathbf{V_{ort}}$ ile gösterilir.

$I_{ort} = 0,636 x I_m$ $\quad V_{ort} = 0,636 x V_m$

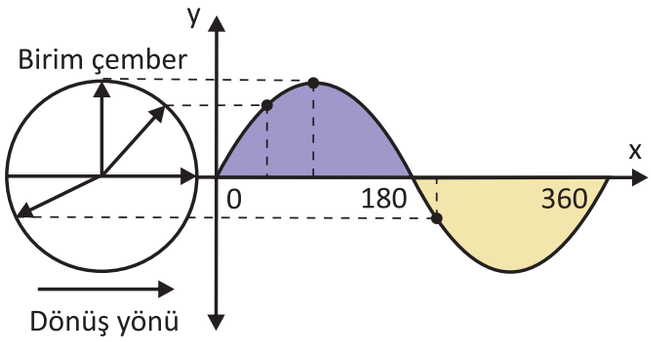
AC diyotlar yardımıyla doğrultulup maksimum değerde olursa ortalama değer şu şekilde hesaplanır:

$\mathbf{I_{ort}} = 0,318 \times I_m$ (yarım dalga doğrultmada)

$\mathbf{I_{ort}} = 0,636 \times I_m$ (tam dalga doğrultmada)

Ani Değer: Alternatif akım veya geriliminin herhangi bir anda aldığı değere **ani değer** denir (Görsel 1.114). Akım **i** ile gerilim ise **v** ile gösterilir.

$\mathbf{i} = I_m \sin(\omega x t) = I_m \sin(\pi x f x t)$ $\quad \mathbf{v} = V_m \sin(\omega x t) = V_m \sin(\pi x f x t)$



Görsel 1.114: Sinüs dalgasında çeşitli ani değerler

ÖRNEK

Ani değeri i = 20xsin(ωxt) (A) olan saf sinüs AC akımın maksimum, etkin ve ortalama değerlerini bulunuz.

ÇÖZÜM

i = 20xsin(ω xt) (A) ifadesi akımın ani değeridir.
Buna göre I_m = 20 A'dır. Saf sinüs AC akımdan dolayı I_{ort} = 0 A'dir

$I_{eff} = 0{,}707 x I_m = 0{,}707 x 20$ **= 14,14 A**

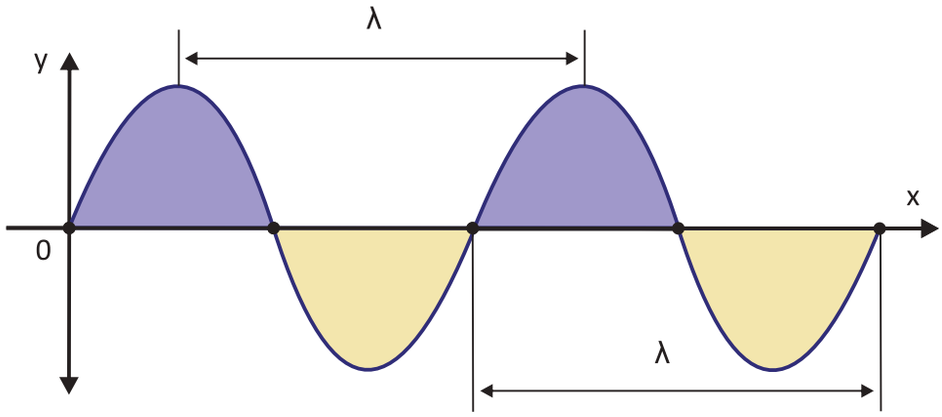
BİLGİ KUTUSU

Ölçü aletlerinde okunan değer, etkin (efektif) değerdir. Saf bir sinüs dalgasının pozitif ve negatif alternanslarının değeri aynı fakat ters işaretli olacağından sinüs dalgasının ortalama değeri $I_{ort} = 0$ olur.

Açısal Hız: Sinüs sinyalinde açısal hız, sinyalin saniyede radyan cinsinden kaç salınım yaptığını gösteren bir parametredir. Açısal hız, **ω (omega)** ile gösterilir. Birimi **rad/sn**.dir.

$$\omega = 2\pi x f \text{ (rad/sn.)}$$

Dalga Boyu: Sinüs sinyalinin iki saykılının birbirinin aynı olan iki noktası (saykıl başlangıçları gibi) arasındaki uzaklıktır (Görsel 1.115) **λ** ile gösterilir. Birimi **m**'dir.



Görsel 1.115: Sinüs dalga boyu

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Formüle göre
f : Sinyal frekansı (Hz)
v: Dalga hızı (m/sn.) ($3x10^8$ m/sn.)
λ: Dalga boyu (m)

ÖRNEK

10 MHz frekansa sahip elektromanyetik sinyalinin dalga boyu nedir?

ÇÖZÜM

f = 10 MHz v = $3x10^8$ m/sn. ise $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3x10^8}{10x10^6}$ **= 30 m**

ÖRNEK

v= 220xsin(120πxt + 45°) (V) ve i = 2xsin(120πxt) (A) değerinde saf bir AC gerilim kaynağının bileşenleri nelerdir?

ÇÖZÜM

v= 220xsin(120πxt + 45°) (V)

V_m =220V ve V_{ort} = 0V

$\omega = 2\pi xf = 120\pi \rightarrow f=\frac{120\pi}{2\pi} = \mathbf{60\ Hz}$

$V_m = \sqrt{2}\, V_{eff} \rightarrow V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{220}{1,41} = \mathbf{156\ V}$

φ = 45° (faz farkı)

i= 2xsin (120πxt) (A) Im=2A ve Iort=0A

$I_m = \sqrt{2}\, x I_{eff} \rightarrow I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{2}{1,41} = \mathbf{1,418\ A}$

1.3.2.3. Alternatif Akımda Faz ve Faz Farkı

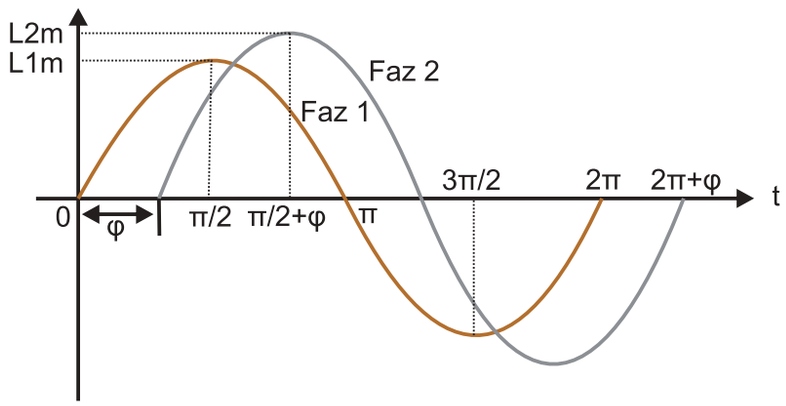
Elektrik yükü bulunan canlı, enerjili ve yüksek potansiyelli uca **faz** denir. Fazı tamamlayan ve elektriğin dönüş yapmasını sağlayan yüksüz uca **nötr** denir. Cihaz gövdelerinin toprağa iletildiği ve elemanların korunmasında kullanılan yüksüz uca **toprak** denir. Nötr ve toprak, fazın birer tamamlayıcısıdır. Tablo 1.4'te faz, nötr ve toprak özellikleri yer alır.

Tablo 1.4: Faz, Toprak ve Nötr

	Sembolü	İletken Renkleri	Yük Durumu
1 Faz	L (R)	Kahverengi	220 V AC
3 Faz	L1 (R)-L2 (S)-L3 (T)	Kırmızı	380 V AC
Nötr	N	Mavi	0 V
Toprak	0 (PE)	Yeşil sarı	0 V

Faz Farkı Tanımı

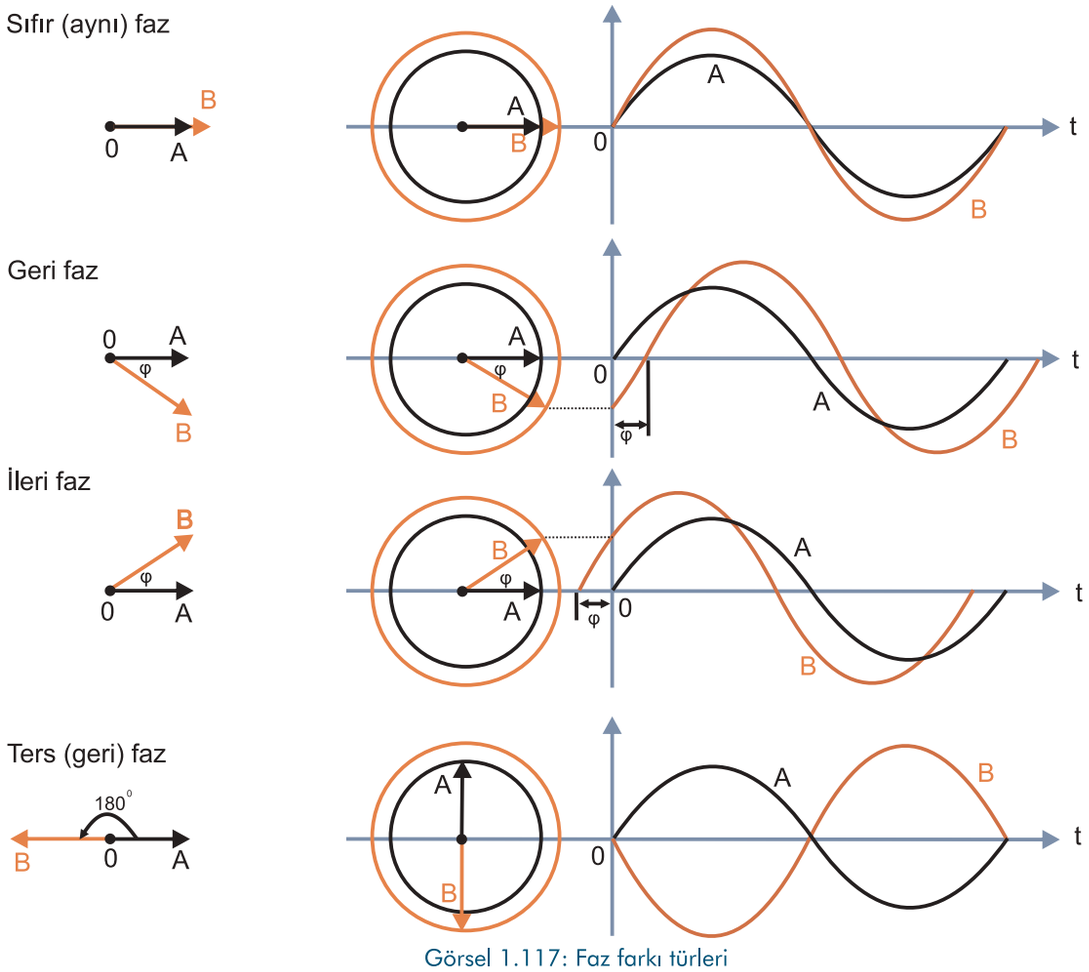
İki ya da daha çok sinyalin fazları arasındaki mesafeye **faz farkı** denir. **φ** ile gösterilir. Sinüs şekline sahip iki sinyalin faz farkından bahsederken iki sinyalden birinin diğerinden ileride ya da geride olduğu belirtilir. Bu fark açı, radyan veya zaman cinsinden ölçülendirilir (Görsel 1.116). Faz farkının olması için iki dalganın referans değerleri ile frekans değerlerinin aynı olması gerekir. Herhangi birisi farklı olduğunda faz farkı hesaplanamaz.



Görsel 1.116: Faz farkı

Faz Farkı Çeşitleri

Görsel 1.117'de iki faz arasında oluşan faz farkları görülür.



Görsel 1.117: Faz farkı türleri

Faz farkı çeşitleri şunlardır:

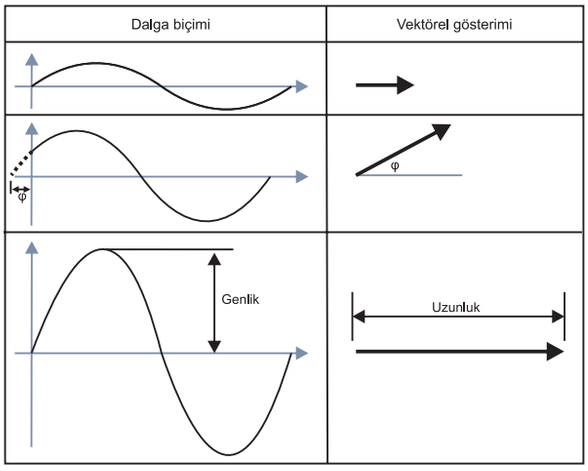
Sıfır Faz: Sinüs sinyali t=0 anında, x ekseni referans olmak üzere sıfır genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale **sıfır fazlı sinüs sinyali** denir. ω açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönünde dönen bir vektörün t=0 anında referans ekseni ile yaptığı açı sıfır ise bu vektöre **sıfır faz vektörü** denir.

İleri Faz: Sinüs sinyali t=0 anından önce x ekseni referans olmak üzere pozitif genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale **ileri fazlı sinüs sinyali** denir. ω açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönünde dönen bir vektörün t=0 anında referans ekseni ile yaptığı açı sıfırdan büyükse bu vektöre **ileri faz vektörü** denir. Görsel 1.117'de B fazı, A fazından φ açısı kadar ileridedir.

Geri Faz: Sinüs sinyali t=0 anından sonra x ekseni referans olmak üzere negatif genlik değerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa bu sinyale **geri fazlı sinüs sinyali** denir. ω açısal hızı ile saat ibresinin tersi yönünde dönen bir vektörün t=0 anında referans ekseni ile yaptığı açı sıfırdan küçükse bu vektöre **geri faz vektörü** denir. Görsel 1.117'de B fazı, A fazından φ açısı kadar geridedir.

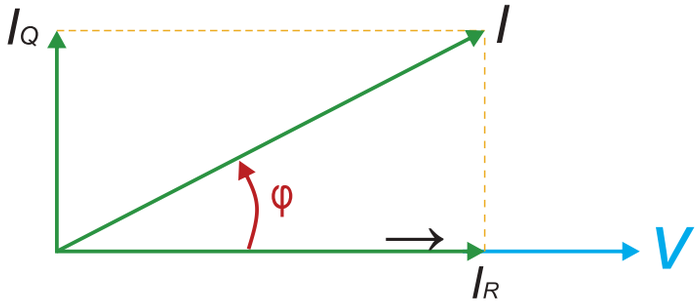
1.3.2.4. Alternatif Akımın Vektörel Gösterimleri

Bir yönü, doğrultusu ve şiddeti (genliği) olan büyüklüklere **vektörel büyüklükler** denir. Vektörel büyüklükler aritmetik olarak toplanamaz. DC bir gerilim kaynağının genlik değeri ya da bir direncin Ω cinsinden değeri birer skaler büyüklüktür. AC bir gerilim kaynağının genlik değeri ise hem büyüklük hem de yön gösterilmesi gerektiği için vektörel bir büyüklüktür (Görsel 1.118).



Görsel 1.118: Sinüs dalgası vektörel gösterimi

AC Akımın Vektörel Gösterimi



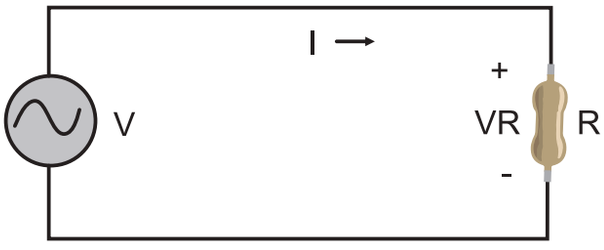
Görsel 1.119: Akım ve gerilimin vektörel gösterimi

AC akım reel (x) ekseninde omik (I_R) ve sanal eksende endüktif (I_Q) şeklinde oluşan etkilerin bileşiminden (I) meydana gelir (Görsel 1.119).

$$v = Vm \times \sin(\omega x t) = VR = |Vm| < (0°)$$

$$i = I_m \times \sin(\omega x t + \varphi) = IR + jxI_Q = |Im| < (\varphi°) = Ixcos(\varphi) + jxIxsin(\varphi)$$

Dirençli Alternatif Akım Devresinde Ohm Kanunu



$$v = v_R = ixR \rightarrow i = \frac{v}{R} = \frac{V_m}{R} \times \sin(2\pi x f x t)$$

Görsel 1.120: AC devrede Ohm Kanunu

ÖRNEK

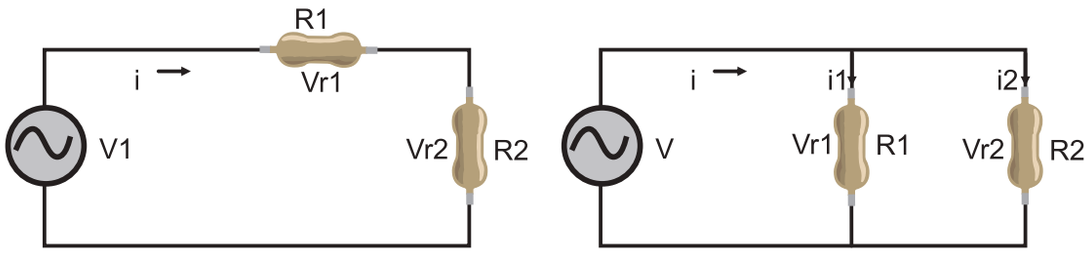
Görsel 1.120'deki devrede V=220 V, f=50 Hz olan AC gerilim değeri R=10 Ω olan yüke uygulanıyor. Buna göre devreden geçen akımın ani değeri nedir?

ÇÖZÜM

$$v = V_m \times \sin(2\pi \times f \times t)\ (V) = 220 \times \sin(2\pi \times 50 \times t)\ (V) = 220 \times \sin(100\pi \times t)\ (V)$$

$$i = \frac{v}{R} = \frac{220}{10} \times \sin(100\pi x t) = \mathbf{22xsin(100\pi xt)(A)}$$

Dirençli AC Akım Devresinde Kirchhoff Kanunları



Görsel 1.121: AC devresinde Kirchhoff Kanunları

Kirchhoff Gerilimler Kanunu'na göre (Görsel 1.121) V_1 kaynağın olduğu devre

$$v1 = v_{R1} + v_{R2} = ix(R_1+R_2) = I_m x \sin(2\pi x f x t) \times (R1+R2)\ (V)$$

Kirchhoff Akımlar Kanunu'na göre (Görsel 1.121) V_2 kaynağın olduğu devre

$$i = i1+i2 = \frac{v_2}{R_{eş}} = \frac{V_{2m} x \sin(2\pi x f x t)}{R1 // R2}\ (A)$$

ÖRNEK

6 kΩ paralel bağlı iki direnç üzerine 24xsin (2π x 50 x t) (V) gerilim uygulanıyor. Buna göre devreden geçen akımın değeri kaç A'dir?

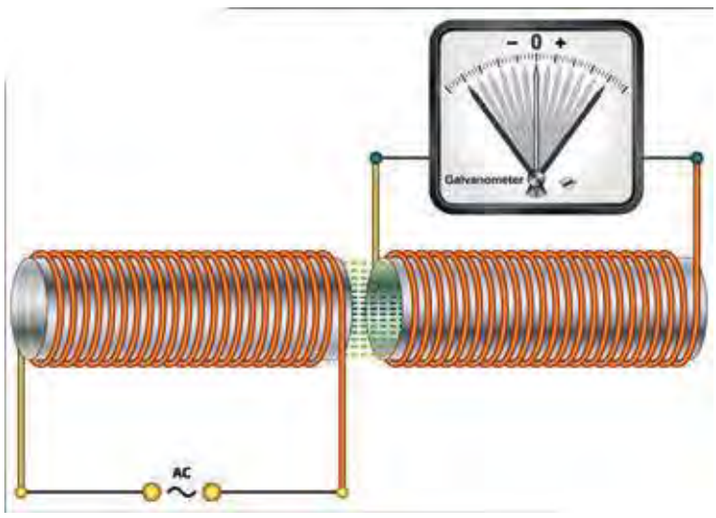
ÇÖZÜM

$v = V_m x \sin(2\pi x f x t)\ (V) = 24x\sin(2\pi x 50 x t)\ (V)$, $R1 = R2 = 4\Omega$

$$i = i_1+i_2 = \frac{v}{R_{eş}} = \frac{24x\sin(2\pi x 50xt)}{(6x6)/(6+6)} = \frac{24x\sin(2\pi x 50xt)}{3} = \mathbf{8x\sin(2\pi x 50xt)\ (A)}$$

1.3.3. Alternatif Akımda Bobinler

Bir bobinin uçlarına alternatif akım uygulandığında bobin uçlarında yönü ve şiddeti sürekli değişen bir manyetik alan oluşur. Manyetik alan bobin üzerinden geçen akım yönüne ters yönde bir akım geçirmek ister. Bu nedenle bobin uçlarında akım aniden yükselmez. Buna **telin endüktans etkisi (bobinin endüktansı)** denir (Görsel 1.122). Bobin, kullanıldığı devrelerde **indüktör** olarak da adlandırılır.



Görsel 1.122: Bobine AC uygulanması

Endüktans birimi **henry**dir **[henri (H)].** Uygulamada henrynin ast katları kullanılır.



Görsel 1.123: Henry ast katları

- $1\,H = 10^3\,mH = 10^6\,\mu H$
- $1\,mH = 10^{-3}\,H = 10^3\,\mu H$
- $1\,\mu H = 10^{-3}\,mH = 10^{-6}\,H$

Bobinden geçen akım sabit bir akım ise etrafında oluşan manyetik alanın şiddeti de sabittir. Bir bobinden geçen akım değişken ise oluşan alanın şiddeti de değişken olacaktır. Bir bobin değişken alanının etkisi ile kendi üzerinde bir **EMK (Elektromotor Kuvveti)** indükler. İndüklenen bu EMK'ye **zıt EMK** denir. Endüktans, bir bobinin fiziksel özellikleri ve üzerinden geçen akımın değişim hızına (A/sn.) bağlı olarak üzerinde enerji depolama ya da EMK indükleme kapasitesidir.

$$L = \frac{\mu x N^2 x A}{\ell} = \frac{\mu_o x \mu_r x N^2 x \pi x r^2}{\ell}$$

Formüle göre

L : Bobin endüktansı (H)
μ : Manyetik geçirgenlik (H/m)
μ_o : Havanın manyetik geçirgenliği ($1{,}256.\ 10^{-6}$ H/m)
μ_r : Nüvenin manyetik geçirgenliği
N : Sarım sayısı (sipir)
A : Bobin kesit alanı (m^2)
ℓ : Tel uzunluğu (m)

ÖRNEK

Nüvenin manyetik geçirgenliği 100 olan bobinin sarım sayısı 10 sipir, bobin kesit yarıçapı 1 cm ve tel uzunluğu 10 cm olduğuna göre bobinin endüktansı nedir?

ÇÖZÜM

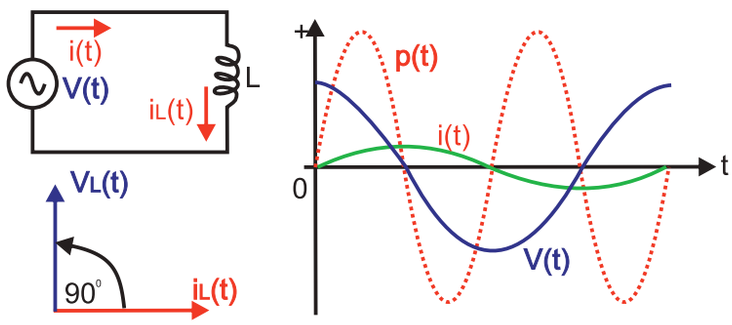
$\mu_r = 200$, N = 10 sipir, r = 1 cm = 0,01 m, ℓ = 10 cm = 0,1 m ve $\mu_0 = 1{,}256 x 10^{-6}$ H/m ise

$$L = \frac{\mu x N^2 x A}{\ell} = \frac{\mu_o x \mu_r x N^2 x \pi x r^2}{\ell}$$

$$L = \frac{1{,}256x10^{-6}\ x100x10^2x3{,}14x0{,}01^2}{0.1} = \mathbf{39{,}43\ \mu H}$$

1.3.3.1. Alternatif Akımda Bobinin Gösterdiği Özellikler

Bobin alternatif akımın değişimine karşı zorluk gösterir. Görsel 1.124'teki saf endüktif devrede bobin geriliminin devrenin gerilimine bobin akımının da devrenin akımına eşit olduğu görülür ancak bobin gerilimi ve akımı arasında faz farkı vardır. Görseldeki vektör diyagramda gösterildiği gibi bobin akımı bobin geriliminden 90^0 geridedir.



Görsel 1.124: Saf endüktif devrede akım, gerilim ve güç dalga şekilleri

Saf endüktif devrede akım ve gerilimin dalga şekilleri Görsel 1.124'te gösterilmiştir. Burada mavi renkli çizgi $\mathbf{v}_L$ bobinin ani gerilimini, yeşil renkli çizgi ise $\mathbf{i}_L$ bobinin ani akımını ifade eder. $\mathbf{i}_L$ bobin akımı $\mathbf{v}_L$ bobin geriliminden 90^0 geridedir. Saf endüktif devrede ani güç **p**, ani akım **i** ve ani gerilim **v** değerlerinin çarpımıyla **p = v x i** bulunur. Görselde ani akım ve ani gerilimin her ikisi de pozitif veya negatif olduğunda ani gücün pozitif, herhangi birinin negatif olduğunda ani gücün negatif, herhangi birinin sıfır olduğunda ise ani gücün sıfıra eşit olduğu görülür. Bobinin alternatif akım devrelerinde frekansla doğru orantılı olarak gösterdiği dirence **endüktif reaktans** denir. $\mathbf{X}_L$ ile gösterilir. Birimi **Ohm'dur (Ω).**

$$X_L = \omega x L = 2\pi x f x L = \frac{V}{i}$$

Formüle göre

- $\mathbf{X}_L$: Endüktif reaktans (Ω)
- **f** : Frekans (Hz)
- **L** : Endüktans (henry)
- ω : Açısal hız (rad/sn.)

ÖRNEK

10 mH endüktansa sahip bir bobin 20 V 50 Hz AC gerilim uygulandığında devreden geçen akımın ve bobinin endüktif reaktans değeri nedir?

ÇÖZÜM

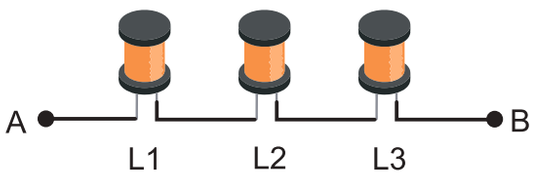
V=10V, f=50Hz, L=10m H=10x10^{-3}H ise

$XL = 2\pi x f x L = 2x3,14x50x10x10^{-3} = \mathbf{3,14\ \Omega}$

$XL = \frac{V}{i} \rightarrow i = \frac{V}{XL} = \frac{20}{3,14} = \mathbf{6,36\ A}$

1.3.3.2. Alternatif Akımda Bobin Bağlantıları ve Hesaplamaları

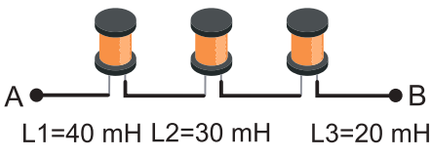
Bobinlerin eş değer endüktansları direnç devrelerindeki yapılan işlemlerle aynı şekilde hesaplanır. Görsel 1.125'te seri devrede eş değer endüktans $L_{eş}$=L1+L2+L3 tür.



Görsel 1.125: Bobinlerin seri bağlanması

ÖRNEK

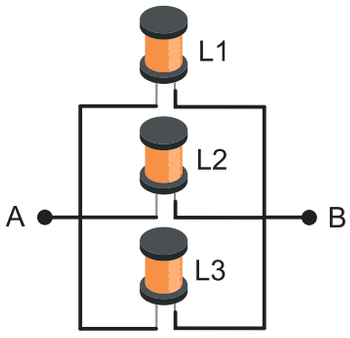
Görsel 1.126'da verilen devrenin A-B noktaları arasındaki eş değer endüktansı nedir?



Görsel 1.126: Bobinlerin seri bağlantı hesaplaması

ÇÖZÜM

$L_{eş} = L1+L2+L3+ = 40+30+20 = \mathbf{90\ mH}$



Görsel 1.127: Bobin paralel bağlantısı

n adet bobinin paralel bağlı olduğu devrede

eş değer endüktans $\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + ... + \frac{1}{L_n}$

şeklinde hesaplanır.

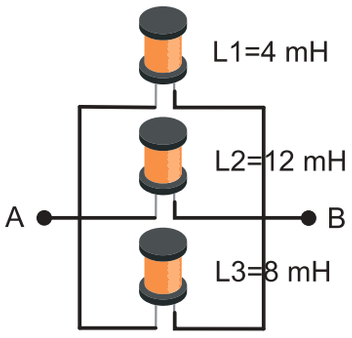
Görsel 1.127'de A-B noktaları arasındaki eş değer endüktans $\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$ şeklinde hesaplanır.

İki adet paralel bağlı bobinlerin eş değer endüktansı $L_{eş} = \frac{L_1 x L_2}{L_1 + L_2}$ şeklinde hesaplanır.

n adet aynı bobin paralel bağlandığında eş değer endüktans $L_{eş} = \frac{L}{n}$ şeklinde hesaplanır.

ÖRNEK

Görsel 1.128'de verilen devrenin A-B noktaları arasındaki eş değer endüktansı nedir?



Görsel 1.128: Bobin paralel bağlantı hesaplama

ÇÖZÜM

$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$

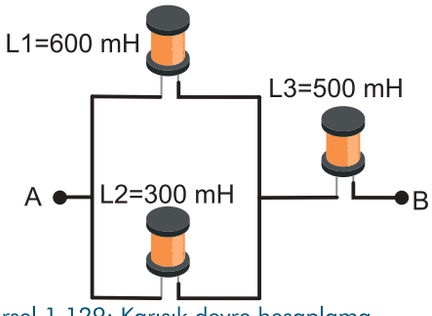
$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8}$ paydalar 24 e eşitlenir.

$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{4}_{(6)} + \frac{1}{12}_{(2)} + \frac{1}{8}_{(3)}$

$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{11}{24}$ $L_{eş} = \frac{24}{11} = \mathbf{2{,}18\ mH}$

ÖRNEK

Görsel 1.129'da verilen devrenin A-B noktaları arasındaki eş değer endüktansı nedir?



Görsel 1.129: Karışık devre hesaplama

ÇÖZÜM

$L_{eş} = \frac{L_1 x L_2}{L_1 + L_2} + L3$

$L_{eş} = \frac{600x300}{600+300} + 500 = 200+500 = 700\ mH = \mathbf{0{,}7\ H}$

1.3.3.3. Alternatif Akımda Nüvenin Endüktansa Etkileri

Üzerine bobin sarılan nüve, endüktansı etkileyen faktörlerden biridir. Nüvenin manyetik geçirgenliği artarsa bobin üzerinde oluşan manyetik alan şiddeti artacağından endüktans da artar. Örneğin yumuşak demir nüveye sarılan bir bobinin üzerinde oluşan manyetik alan çizgileri sayısı, nüvesi hava olan bir bobin üzerinde oluşan manyetik alan çizgileri sayısından daha fazladır. Nüvenin endüktansa etkisi manyetik geçirgenliği ile doğru orantılıdır (Görsel 1.130).



Görsel 1.130: Toroid nüvede bobin

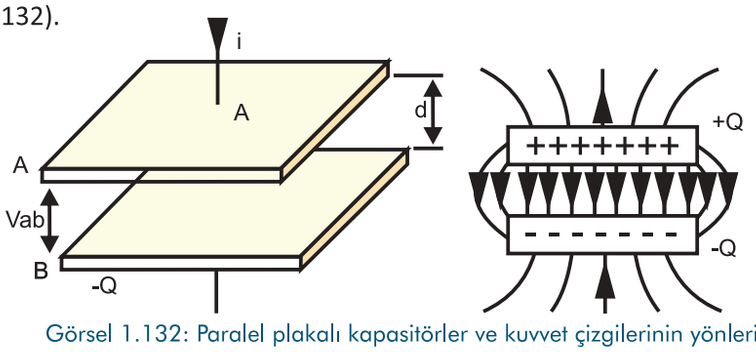
1.3.4. Alternatif Akımda Kondansatörler

Kapasitörlerde, DC akım devrelerinde akımı depolama özelliği bulunurken AC devrelerde akım yönünün ve şiddetinin sürekli değişmesinden dolayı kapasitör bu işlevde kullanılmaz. Kapasitörler; AC devrelerinde, kompanzasyon sistemlerinde, elektronikte, filtre ve seçici devrelerinde kullanılır. Elektrik enerjisini depolayabilme özelliği olan devre elemanlarına **kapasitör ya da kondansatör** denir. **C** ile gösterilir. Birimi **Farad**'dır. LCR metre ile kapasiteleri ölçülebilir (Görsel 1.131).



Görsel 1.131: Kondansatör kapasite ölçümü

Elektrik enerjisini depolayabilmenin en yaygın yöntemi birbirine paralel iki metal plaka kullanmaktır. Bu şekilde bir kapasitörde depolanan elektrik enerjisi plakaların yüzey alanı ile doğru orantılı, plakalar arası mesafe ile ters orantılıdır (Görsel 1.132).



Görsel 1.132: Paralel plakalı kapasitörler ve kuvvet çizgilerinin yönleri

$$C=\varepsilon x\frac{A}{d}=\varepsilon_0 x\varepsilon_r x\frac{\pi x r^2}{d}$$

Formüle göre

C : Paralel plakalı bir kapasitör için kapasitans değeri (F)

Ɛ : Plakalar arasındaki yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısı (F/m)

ε_0 : Havanın dielektrik katsayısı ($8{,}854.10^{-12}$ F/m)

ε_r : Yalıtkan elemanın dielektrik katsayısı

A : Plakanın alanı (m^2)

d : Plakalar arası mesafe (m)

ÖRNEK

Plakalar arası uzaklık 0,01 m, plaka alanı 0,1 m^2, plakalar arası dielektrik katsayısı 1 olan malzemenin kapasitans değeri nedir?

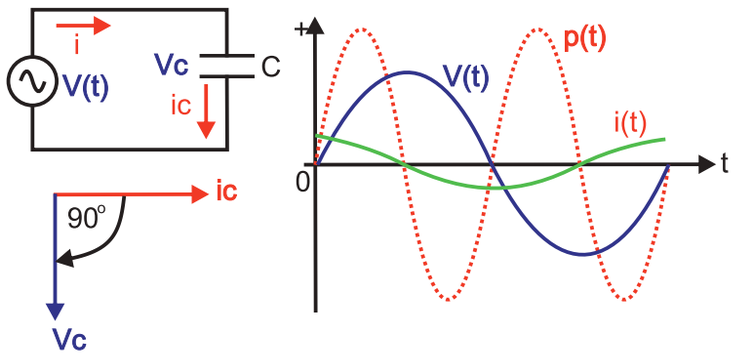
ÇÖZÜM

d = 0,01 m, A = 0,1 m^2, $\varepsilon_0 = 8{,}854x10^{-12}$ F/m, ε_r=1 ise

$$C=\varepsilon x\frac{A}{d}=\varepsilon_0 x\varepsilon_r x\frac{A}{d}=8{,}854x10^{-12}x1x\frac{0{,}1}{0{,}01}=8{,}854x10^{-11}$$ **F=88,54 pF**

1.3.4.1. Alternatif Akımda Kapasitörlerin Gösterdiği Özellikler

Kapasitörler AC gerilimin değişimine karşı zorluk gösterir. Görsel 1.133'teki saf kapasitif devrede kapasitör üzerindeki geçen akım toplam devre akımıdır. Kapasitör gerilimi kaynak gerilimine eşittir ancak kondansatör gerilimi devre akımı ile aynı fazda değildir. Gerilim, akımı 90°geriden takip eder.



Görsel 1.133: Saf kapasitif devrede akım, gerilim dalga şekilleri

Görsel 1.133'teki grafikte 0°de mavi renkli çizgi ile gösterilen geriliminin v pozitif alternans başlangıcında olduğu, yeşil renkli çizgi ile gösterilen akımın i aynı noktada maksimum tepe değerine ulaştığı görülür. Faz farkı=φ 90° dir ve gerilim akımdan geridedir. Saf kapasitif devrelerde akım, gerilim ve güç ilişkisi saf endüktif devrelerle aynıdır. Ani güç, ani akım ve ani gerilimin çarpımına eşittir **p = v x i**. Akım ve gerilimden herhangi birisi sıfır olduğunda güç sıfır, herhangi birisi negatif olduğunda güç negatif, her ikisi de pozitif olduğunda güç pozitif olur. Güç pozitifse kapasitör devreden güç çeker, negatifse devreye güç verir.

Kapasitörün AC akım devrelerinde frekansla ters orantılı değişerek gösterdiği dirence **kapasitif reaktans** denir. **X_c** ile gösterilir. Birimi **Ohm'dur (Ω).**

$$X_c = \frac{1}{\omega x C} = \frac{1}{2\pi x f x C} = \frac{V}{i}$$

Formüle göre

X_c : Kapasitif reaktans (Ω)
f : Frekans (Hz)
C : Kapasitans (Farad)
ω : Açısal hız (rad/sn.)

ÖRNEK

100 μF 35 V özellikli bir kondansatör 20 V, 50 Hz'lik AC gerilim kaynağına bağlandığına göre bu kondansatörün kapasitif reaktans değeri ve kondansatörden geçen akım değeri nedir?

ÇÖZÜM

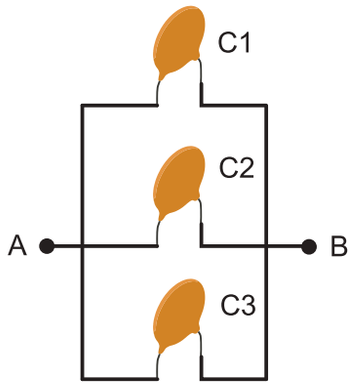
v =10 V, f =50 Hz, C =100 μF =100x10^{-6} F ise

$$X_c = \frac{1}{2\pi x f x C} = \frac{1}{2x3{,}14x50x100x10^{-6}} = \mathbf{31{,}84\ \Omega}$$

$$X_c = \frac{V}{i} \rightarrow i = \frac{V}{X_c} = \frac{20}{31{,}84} = \mathbf{628\ mA}$$

1.3.4.2. Kondansatör Bağlantıları ve Hesaplamaları

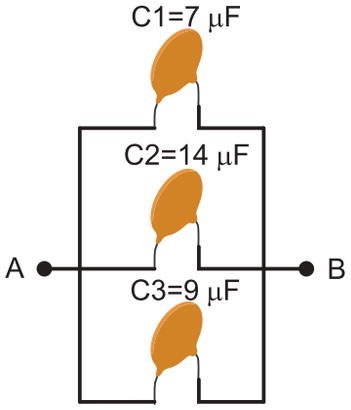
n adet paralel bağlı kondansatörün eş değer kapasitesi Ceş=C1+C2+C3+….+Cn şeklinde hesaplanır. Görsel 1.134'te eş değer kapasite Ceş= C1+C2+C3 şeklinde hesaplanır.



Görsel 1.134: Kondansatörlerin paralel bağlanması

ÖRNEK

Görsel 1.135'te verilen devrenin A-B noktaları arasındaki eş değer kapasitansı nedir?



Görsel 1.135: Kondansatörlerin paralel bağlanması hesabı

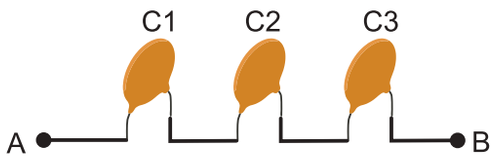
ÇÖZÜM

$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3 = 7 + 14 + 9 = \mathbf{30\ \mu F}$

n tane kondansatörün seri bağlanması durumunda eş değer kapasite $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + ... + \frac{1}{C_n}$ şeklinde hesaplanır.

Görsel 1.136'da A-B noktaları arasındaki eş değer kapasite $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ şeklinde hesaplanır.

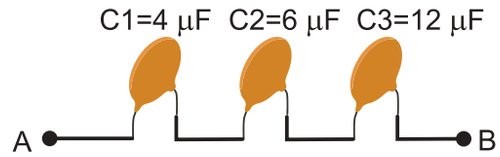
İki adet aynı değerde kondansatör seri bağlandığında eş değer kapasite kondansatörün yarısına eşittir. $C_{eş} = \frac{C}{2}$ şeklinde hesaplanır. İki adet farklı değerde kondansatör seri bağlandığında $C_{eş} = \frac{C_1 x C_2}{C_1 + C_2}$ şeklinde hesaplanır.



Görsel 1.136: Kondansatör seri bağlantısı

ÖRNEK

Görsel 1.137'de verilen devrenin A-B noktaları arasındaki eş değer kapasitansı nedir?



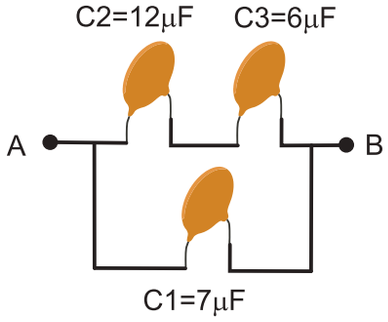
Görsel 1.137: Kondansatörlerin seri bağlanması hesabı

ÇÖZÜM

$$C_{eş} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}} = \frac{1}{\underset{(3)}{\frac{1}{4}} + \underset{(2)}{\frac{1}{6}} + \underset{(1)}{\frac{1}{12}}} = \frac{1}{\frac{3}{12} + \frac{2}{12} + \frac{1}{12}} = \frac{1}{\frac{6}{12}} = \frac{12}{6} = \mathbf{2\ \mu F}$$

ÖRNEK

Görsel 1.138'de verilen devrenin A-B noktaları arasındaki eş değer kapasitansı nedir?



Görsel 1.138: Kondansatörlerin karışık bağlanması hesabı

ÇÖZÜM

$$C_{eş} = C_1 + \frac{C_2 x C_3}{C_2 + C_3} = 7 + \frac{12x6}{12+6} = 7 + \frac{72}{18} = 7 + 4 = \mathbf{11\ \mu F}$$

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI ALTERNATİF AKIM ELDE ETME

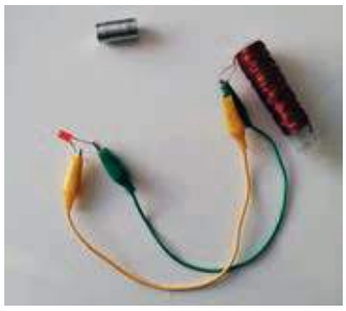
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:1.11

AMAÇ

Değişken manyetik alan içindeki iletkenden alternatif akım elde etmek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 1.139: Alternatif akım elde etme

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Bobin teli		20 metre
Enjektör (iğnesiz)	10 ml	1 adet
Kırmızı led diyot		1 adet
Mıknatıs	Enjektör içine sığacak çapta	6-7 adet
Multimetre		1 adet
Krokodil kablo		2 adet
El aletleri	Yan keski, kargaburun	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.139'daki gibi bobin telini iki uç çıkaracak şekilde enjektör etrafına sarınız.
3. Çıkarılan bobin uçları üzerindeki izole maddeyi maket bıçağı ile kazıyınız.
4. Sarılan bobinin iletken hâle getirilen uçlarına krokodil kablolar ile kırmızı led diyotu bağlayınız.
5. Enjektör içerisine mıknatısları bırakınız.
6. Başparmak ile enjektörü kapatıp hızla sallayınız.
7. Led diyotun belirli aralıkla yanıp söndüğünü gözlemleyiniz.
8. AC akımı multimetre ile ölçünüz.
9. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

SORULAR

1. Led diyotun sürekli yanmamasının nedeni nedir?

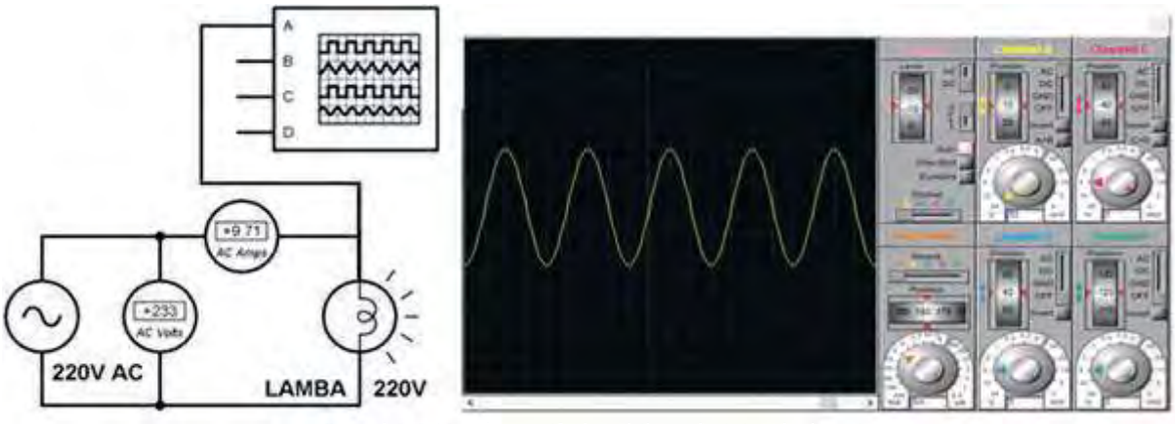
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	AC elde edilmesi	20	
No. :	Elde edilen AC'nin doğru ölçülmesi	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI ALTERNATİF AKIM BİLEŞENLERİ VE ÖLÇÜLMESİ | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:1.12**

AMAÇ

Osiloskop ile alternatif akım sinyal bileşenlerinin ölçümünü yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 1.140: Alternatif akım bileşenlerinin ölçülmesi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Osiloskop	Dijital	1 adet
Lamba	220 V/AC	1 adet
AC gerilim kaynağı	220 V/AC	1 adet
AC voltmetre	Dijital	1 adet
AC ampermetre	Dijital	1 adet
İletken tel	1,5 mm²	1 m
El aletleri	Yan keski, kontrol kalemi	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 1.140'taki devreyi masa üzerinde kurunuz ve ölçü aletlerini doğru şekilde bağlayınız.
3. Ölçü aletlerinin gerekli ayarlarını yapınız.
4. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Ölçü aletlerinden akım ve gerilim değerlerini okuyunuz ve not alınız.
6. Osiloskoptan gördüğünüz sinyal değerini çiziniz, gerekli parametreleri not alınız.
7. Enerjiyi kesiniz ve devreyi sökerek teslim ediniz.

SORULAR

1. Uygulamada osiloskopun kullanım amacı nedir?
2. Osiloskop **volt** ve **time** düğmeleri ne amaçla kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Osiloskopla sinyal ölçümü	20	
No. :	Akım ve gerilimin doğru ölçülmesi	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

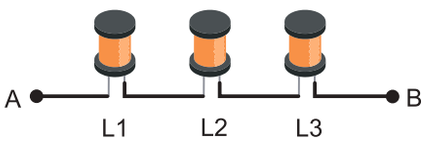
UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI BOBİN BAĞLANTILARI VE ÖLÇÜMLERİ | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:1.13**

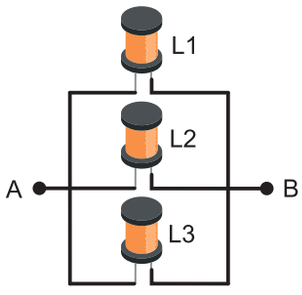
AMAÇ

Bobinin seri, paralel ve karışık devre uygulamalarını yapmak.

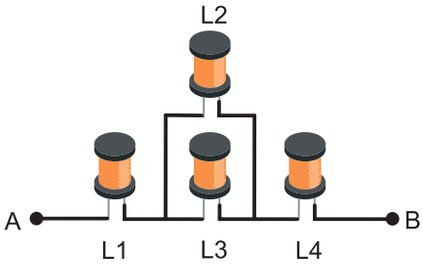
UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 141: Seri bağlama



Görsel 142: Paralel bağlama



Görsel 143: Karışık bağlama

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Bobin	Farklı değerlerde	4 adet
LCRmetre		1 adet
Zil teli	0,5 mm²	50 cm

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde görsel 1.141'deki seri devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. A-B noktaları arasındaki eş değer endüktansı hesaplayınız. LCR metre ile eş değer endüktansı ölçünüz. Değerleri karşılaştırıp tabloda ilgili kısma yazınız.
4. Öğretmen kontrolünde görsel 1.142'deki paralel devreyi breadboard üzerine kurunuz.
5. A-B noktaları arasındaki eş değer endüktansı hesaplayınız. LCR metre ile eş değer endüktansı ölçünüz. Değerleri karşılaştırıp tabloda ilgili kısma yazınız.
6. Öğretmen kontrolünde görsel 1.143'teki karışık devreyi breadboard üzerine kurunuz.
7. A-B noktaları arasındaki eş değer endüktansı hesaplayınız. LCR metre ile eş değer endüktansı ölçünüz. Değerleri karşılaştırıp tabloda ilgili kısma yazınız.

Devreler	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer	Karşılaştırma
Görsel 1.141			
Görsel 1.142			
Görsel 1.143			

SORULAR

1. LCR metre ile hangi ölçme işlemleri yapılır?
2. Bobin kullanım alanlarına örnek veriniz.

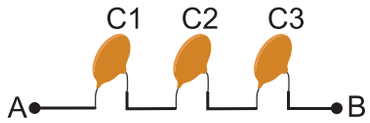
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Eş değer endüktansı doğru hesaplama ve ölçme	20	
No. :	LCR metrenin doğru kullanımı	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI KONDANSATÖR BAĞLANTILARI VE ÖLÇÜMLERİ | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:1.14**

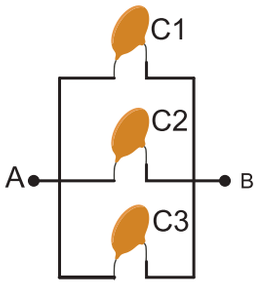
AMAÇ

Kondansatörün seri, paralel ve karışık devre uygulamalarını yapmak.

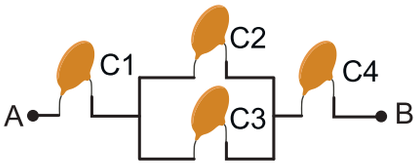
UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 144: Seri bağlama



Görsel 145: Paralel bağlama



Görsel 146: Karışık bağlama

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Breadboard		1 adet
Kondansatör	Farklı değerlerde	4 adet
LCRmetre		1 adet
Zil teli	0,5 mm²	50 cm

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde görsel 1.144'teki seri devreyi breadboard üzerine kurunuz.
3. A-B noktaları arasındaki eş değer kapasiteyi hesaplayınız. LCR metre ile eş değer kapasiteyi ölçünüz. Değerleri karşılaştırıp tabloda ilgili kısma yazınız.
4. Öğretmen kontrolünde görsel 1.145'teki paralel devreyi breadboard üzerine kurunuz.
5. A-B noktaları arasındaki eş değer kapasiteyi hesaplayınız. LCR metre ile eş değer kapasiteyi ölçünüz. Değerleri karşılaştırıp tabloda ilgili kısma yazınız.
6. Öğretmen kontrolünde görsel 1.146'daki karışık devreyi breadboard üzerine kurunuz.
7. A-B noktaları arasındaki eş değer kapasiteyi hesaplayınız. LCR metre ile eş değer kapasiteyi ölçünüz. Değerleri karşılaştırıp tabloda ilgili kısma yazınız.
8. Çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.

Devreler	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer	Karşılaştırma
Görsel 1.144			
Görsel 1.145			
Görsel 1.146			

SORULAR

Kondansatörlerde eş değer kapasiteyi yükseltmek için hangi bağlantı kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	Eş değer kapasitenin doğru ölçülmesi	20	
No. :	LCR metrenin doğru kullanımı	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	



A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümleler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin altına doğrularını yazınız.

1. (...) Jeotermal santral ve nükleer santraller türbini döndürme mekanizması bakımından termik santralle benzerlik gösterir.

.....

2. (...) Güneş panellerinden elde edilen gerilim DC'dir.

.....

3. (...) İletkenlik bakımından en iyi iletken altın sonra gümüş ve bakırdır.

.....

4. (...) Bakır hem iyi bir iletken hem de altın ve gümüşten daha dayanıklıdır.

.....

5. (...) Silisyum ve germanyum yarı iletken maddelerdir.

.....

6. (...) Bir devrenin gerilimi ampermetre ile ölçülür.

.....

7. (...) 70 kA, $7x10^7$ mA'e eşittir.

.....

8. (...) Şehir şebekesi akımı sinüsoidaldir.

.....

9. (...) Miliamper akımın üst katlarındandır.

.....

10. (...) Elektroliz düzeneğinde kaynağın eksi ucuna bağlı olan uç anottur.

.....

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

11. Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren ..... pil denir.

12. Bir elektrik devresinde akım, ...ve direnç arasındaki bağlantıyı veren kanuna Ohm Kanunu denir.

13. Hareket enerjisini içindeki mıknatıs ve bobin yardımıyla ..... enerjisine dönüştüren makinelere dinamo denir.

14. Devrelerde akımı ölçmek için devreye ..... bağlanan ölçü aleti ampermetredir.

15. Zamana göre yönü ve ..... değişen akıma alternatif akım denir.

16. Devre elemanlarının üzerinden aynı ..... geçecek şekilde uç uca eklenmesiyle oluşan devre seri devredir.

17. Son yörüngesinde .....bulunduran maddeler yarı iletkendir.

18. Bir saykılın gerçekleşmesi için geçen ..... periyot denir.

19. Alternatif akım veya geriliminin herhangi bir anda aldığı değere .....denir.

20. Fazı tamamlayan ve elektriğin dönüş yapmasını sağlayan ..... uca nötr denir.

C) Aşağıdaki sorulara uygun doğru seçeneği işaretleyiniz.

21. Aşağıdakilerden hangisi elektrik akımının ısı etkisi prensibi ile <u>çalışmaz</u>?
A) Elektrikli fırın
B) Tost makinesi
C) Buharlı ütü
D) Led lamba
E) Elektrikli ocak

22. Aşağıdaki tellerden hangisi elektrik akımını <u>iletmez</u>?
A) Bakır
B) Alüminyum
C) Gümüş
D) Altın
E) Naylon

23. Aşağıdakilerden hangisi paralel devrenin özelliklerinden biridir?
A) Paralel bağlantıda toplam direnç (Rt) azalır.
B) Birbirine bağlı dirençlerin aritmetik ortalaması alınır.
C) Dirençler uç uca eklenerek bağlantı yapılır.
D) Dirençler üzerinden tek bir akım geçer.
E) Devrenin toplam gerilimi artar.

24. Aşağıdakilerden hangisi Kirchhoff'un Akımlar Kanunu'nun özelliğidir?
A) Bir seri devreye uygulanan gerilim dirençler üzerine düşen gerilimlerin toplamına eşittir.
B) Devrede bir noktaya gelen akımların toplamı o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.
C) Paralel kollardaki gerilimlerin toplamı seri kollardaki gerilimlerin toplamına eşittir.
D) Devrede bir noktaya gelen akımların farkı o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.
E) Bir devreye uygulanan gerilim dirençler üzerine düşen gerilimlerin farkına eşittir.

25. Aşağıdakilerden hangisi doğru akım (DC) kaynaklarından biri <u>değildir</u>?
A) Akü
B) Dinamo
C) Doğrultmaç
D) Jeneratör
E) Pil

26. 10 µF'lik iki kondansatör birbirine seri bağlanırsa eş değer kapasite ne olur?
A) 10 µF
B) 9 µF
C) 8 µF
D) 6 µF
E) 5 µF

27. 3 mH ve 6 mH endüktansı olan iki bobin seri bağlanırsa eş değer endüktans ne olur?
A) 2 mH
B) 6 mH
C) 9 mH
D) 18 mH
E) 27 mH

28. Pozitif alternansını 0,1 msn. de tamamlayan alternatif akımın periyodu hangisidir?
A) 0,1 msn.
B) 0,2 msn.
C) 1 msn.
D) 2 msn.
E) 3 msn.

29. Periyodu 10 msn. olan alternatif akımın frekansı kaç Hertz'dir?
A) 10
B) 50
C) 100
D) 200
E) 300

30. Aşağıdakilerden hangisi Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu'nun özelliğidir?
A) Bir seri devreye uygulanan gerilim, dirençler üzerine düşen gerilimlerin toplamına eşittir.
B) Karışık devre çözümlerinde devrenin seri ve paralel bölümleri birlikte hesaplanır.
C) Devrede bir noktaya gelen akımların toplamı o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.
D) Bir seri devreye uygulanan gerilim, dirençler üzerine düşen gerilimlerin farkına eşittir.
E) Bir devreye uygulanan gerilim dirençler üzerine düşen gerilimlerin farkına eşittir.



2.
ÖĞRENME BİRİMİ

DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYONU

KONULAR

2.1. ELEKTRİK CER SİSTEMLERİ
2.2. DEMİRYOLU ELEKTRİFİKASYON SİSTEMLERİNDE
2.3. BESLEME ÇEŞİTLERİ
2.4. ELEKTRİFİKASYON SABİT TESİSLERİ
2.5. ELEKTRİKSEL İŞARET LEVHALARI VE ANLAMLARI

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

1. Demiryollarında kullanılan elektrifikasyon çeşitlerini ayırt etmeyi
2. Elektrifikasyon besleme çeşitlerini ve kullanım alanlarını ayırt etmeyi
3. Elektrifikasyon sabit tesislerini oluşturan temel sistemleri ayırt etmeyi
4. Elektriksel işaret levhaları ve anlamlarını

TEMEL KAVRAMLAR

elektrik cer sistemleri, DC besleme, AC besleme, istasyon postası, enerji iletim sistemi

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Trenlerin çalışmasında geçmişten günümüze hangi tür enerjilerden yararlanılmıştır?
2. Karayollarında ve demiryollarında uyulması gereken trafik işaretleri aynı mıdır? Tartışınız.
3. Şehir içinde ve şehirlerarası yolculukta kullanılan trenlerin farklı yönleri neler olabilir?

2.1.1. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri

Demiryolu taşıma sistemlerinde elektrikli işletmeciliğin yapılabilmesi için enerji iletim hatları, bu hattı besleyen trafo merkezleri ve bunların kumanda ve kontrol birimlerinden oluşan sisteme **demiryolu elektrifikasyon sistemi** denir (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Demiryolu elektrifikasyon sistemi

Elektrifikasyon sistemi genel olarak

- Katener tesisleri
- Trafo merkezleri
- Uzaktan kumanda ve kontrol (SCADA) sisteminden oluşur.

Bir demiryolu hattının elektrifikasyon tesisleri ile donatılması kadar o hattın işletmecilik açısından verimli ve etkin kullanılması da önemlidir. Elektrifikasyon tesislerinin hattaki bakım ve arıza durumlarında işletmeciliğin olumsuz etkilenmeyeceği bir şekilde tasarlanması ve elektriksel olarak bölümlere ayrılması gerekir. Bu ayrımın elektrifikasyon tesisi inşa edilecek hat kesimi için nasıl yapılacağı planlanır. İşletmecilik ve güvenlik koşulları ile yatırım maliyeti dikkate alınarak detaylar tespit edilir, yapılacak hattın tasarımı buna göre şekillenir.

Ülkemizde ilk elektrikli tren işletmeciliği, 1955 yılında Sirkeci-Halkalı hattı arasında banliyö hizmeti olarak başladı. Zamanla Halkalı-Çerkezköy, Haydarpaşa-Gebze-Arifiye-Adapazarı, Arifiye-Kayaş, Divriği-İskenderun hatlarında elektrikli tren işletmeciliğine geçildi. Son yıllarda yapılan atılımlarla tramvay, metro, hafif raylı sistemler gibi şehir içi taşımacılıkta elektrikli tren işletmeciliği yaygınlaştı. Ülkemizdeki demiryollarında demiryolu toplam hat uzunluğunun yaklaşık %20'sinde elektrikli tren işletmeciliği yapılmaktadır.

Ülkemizde hızlı trenler Mart 2009'da Ankara-Eskişehir hattında çalışmaya başlamıştır. Dört güzergâhta seferlerini sürdürmektedir. Bu hatlarda azami 250 km/h hız yapabilen altı vagonlu HT 65.000 hızlı tren setleri ve azami 300 km/h hız yapabilen sekiz vagonlu HT 80.000 hızlı tren setleri kullanılır. Hızlı tren hatlarının inşası hızlı bir şekilde devam etmektedir.

2.1.2. Elektrifikasyonun Faydaları

Son yıllarda dünyada ulaştırma sektörüyle ilgili hız, emniyet ve konfor gibi kaliteyi belirleyen faktörlerin ön plana çıktığı görülür. Ekonomik bir işletmecilik olanağı sağlayan elektrifikasyon sistemlerinin devreye girmesiyle hat kapasitesi arttırılan demiryolu taşımacılığı cazip hâle gelmiştir.

Elektrifikasyon sistemleri ile yapılan elektrikli işletmenin buharlı ve dizel sistemlere göre hangi yönlerden daha üstün ve avantajlı olduğu karşılaştırılarak anlatıldığında daha anlaşılır olacaktır.

2.1.2.1. Ülke Ekonomisine Faydaları

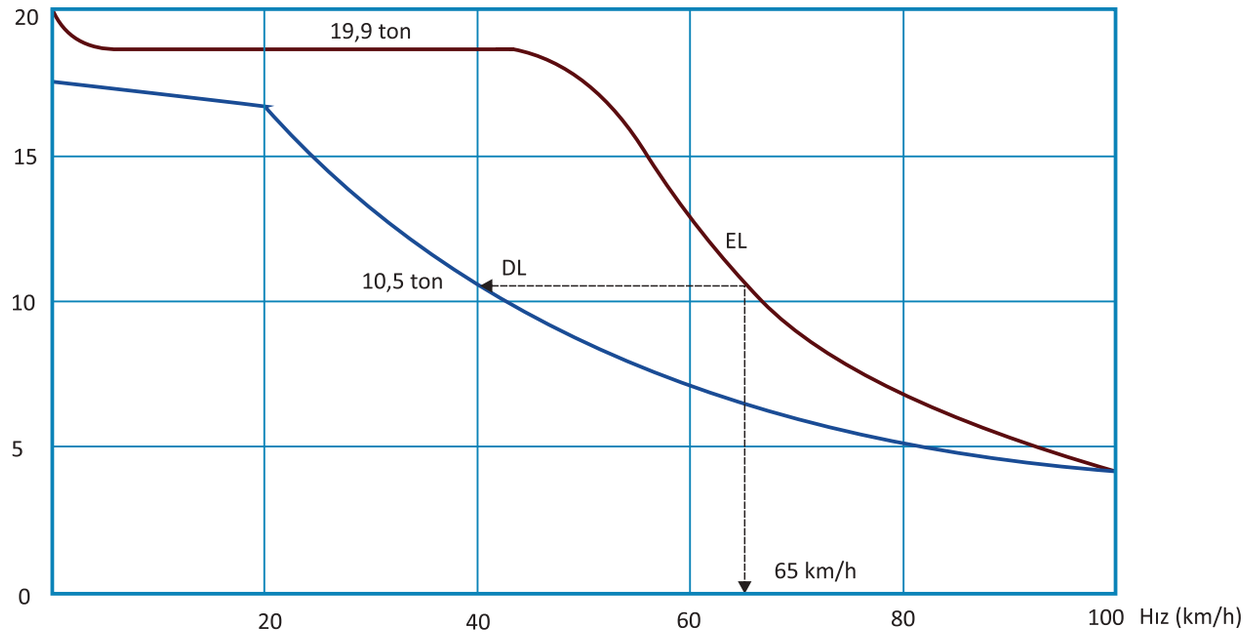
Demiryolları elektrifikasyonu gerekli enerjiyi elektrik santrallerinin (doğal gaz, termik, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve nükleer gibi) ürettiği enerjiden sağlar. Petrol ürünlerinde dışa bağımlı olan ülkemizde ithalata dayanmayan enerjinin üretilmesi ve kullanıma sunulması ülke ekonomisine katkı sağlar. Böylece ithal edilen petrole ödenen dövizden tasarruf edilir.

Son yıllarda ülkemizde güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji sitemlerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Raylı ulaşımda ilk kez şehir içinde yenilenebilir enerji kullanmak için Bursaray harekete geçmiştir. Bursaray toplu ulaşım işletmesi, güneş enerjisinden yararlanarak elektrik faturasını aylık ortalama 1/6 oranında düşürmeyi amaçlamıştır.

Elektrikli işletmede, dizel lokomotiflere mazot temin eden tesislere gerek yoktur. Ayrıca petrol nakliyesi için harcanan para ve zamandan da tasarruf edilir.

2.1.2.2. Teknik Faydaları

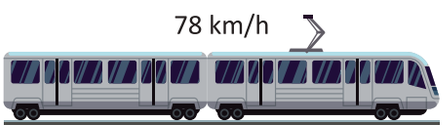
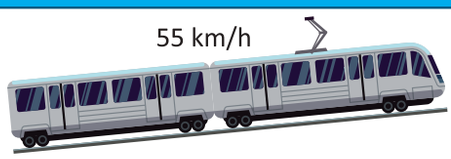
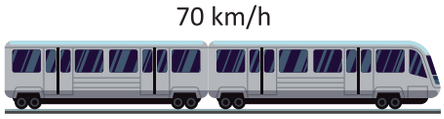
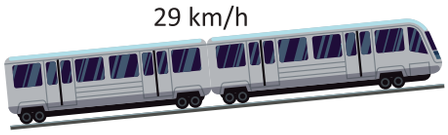
Güç Üstünlüğü ve Aşırı Yükleme İmkânı: Elektrikli ve dizel olmak üzere yaklaşık aynı beygir gücünde ve ağırlığında olan lokomotifler Görsel 2.2'de karşılaştırılmıştır. Kırmızı çizgi elektrikli lokomotifin mavi çizgi ise dizel lokomotifin performans eğrisini gösterir. Yatay eksende hız, düşey eksende ise çekiş gücü belirtilir. Grafikten de anlaşılacağı üzere 40 km/h hızla hareket eden elektrikli lokomotifin çekiş gücü aynı hızla hareket eden dizel lokomotifin çekiş gücünün yaklaşık iki katıdır. Lokomotifler aynı çekiş gücü ile işletmeye açıldığında, örneğin 10.000 tonluk dizel lokomotifin çekiş gücü 40 km/h hızla gitmesine olanak sağlarken elektrikli lokomotifin aynı çekiş gücü ile daha hızlı yani 67 km/h hızla gitmesi mümkündür.



Görsel 2.2. Elektrikli ve dizel lokomotiflerin çekiş özellikleri

1.000 ton yük ile hareket eden dizel ve elektrikli lokomotif Görsel 2.3'te karşılaştırılmıştır.

- Düz yolda elektrikli lokomotifin ortalama hızı 78 km/h olurken dizel lokomotifin ortalama hızı 70 km/h'tir.
- %10 eğimli bir güzergâhta ise elektrikli lokomotif için ortalama hız 55 km/h, dizel lokomotif için ise 29 km/h olur.

Eğim / Lokomotif	Düz yol	%10 Eğimli yol
Elektrikli lokomotif (1.000 ton)	78 km/h 	55 km/h 
Dizel lokomotif (1.000 ton)	70 km/h 	29 km/h 

Görsel 2.3: Lokomotiflarin performanslarının karşılaştırılması

Genel olarak elektrikli lokomotiflerin yaptığı iş iki adet dizel lokomotifin yaptığı işe eşit görülmekle birlikte bazı ülkelerde bu oran 2,5 dizele eşittir. Böylece daha az sayıda trenle daha çok yük taşınır.

2.1.2.3. İşletmeye Faydaları

Kapasite Artışı: Elektrikli lokomotiflerin güç üstünlüğünden dolayı aynı sayıda trenle en az iki kat yük taşımak mümkündür. Az sayıda tren ile daha çok yük, daha kısa sürede taşınabileceği için demiryolu hattının verimliliği de yüksek olacaktır (Görsel 2.4).



Görsel 2.4: DE 33000 Lokomotif

Dizilerin Teşkiline Sağladığı Kolaylık: Elektrikli lokomotiflerin çift kabinli olması nedeniyle dizi teşkili daha kolaydır. Elektrikli trenler anlık olarak çalışmaya hazır hâle getirilir. Dizel makinelerin ise sefere çıkmadan en az bir saat önce bakımlarının yapılması gerekir (Görsel 2.5).



Görsel 2.5: Dizel trenler

2.1.2.4. İktisadi Faydaları

Yakıt Tasarrufu: Elektrikli lokomotiflerin enerji sarfiyatı, dizel lokomotiflerin yakıt sarfiyatının %33'üne karşılık gelir. Elektrikli lokomotif dizel lokomotife göre yarıdan daha az bir yakıt tüketimi gerçekleştirir (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: HT 65.000 hızlı tren setleri

İşletim ve Bakım Kolaylığı: Dizel lokomotiflerin hareket etmesi için motor içerisinde bir yanma olması gerekir. Yanma sonucu oluşan yüksek ısı ve basınç pistonlar ile hareket enerjisine dönüşür. Bu enerji, aktarma organlarıyla şafta yani tekeri döndüren parçaya iletilir. Elektrikli lokomotifler ise enerjisini direkt olarak motorlardan alıp daha sonra basit bir aktarım sistemiyle şafta geçirir. Elektrikli lokomotiflerin yapısı dizel lokomotiflere göre daha basit olduğundan elektrikli lokomotifler daha az bakım gerektirir. Mevcut uygulamalara göre belli bir zaman diliminde elektrikli lokomotifin bakım masrafı dizel lokomotifin bakım masrafının yaklaşık yarısı kadardır.

Elektrikli trenlerin kurplarda daha yüksek hızda seyredebilmesi, daha yüksek güç ile yüksek eğimli yerlerde çalışabilmesi ve yolun akışına göre tren dizilerinin azaltılıp çoğaltılması işletmecilik bakımından büyük esneklik sağlar.

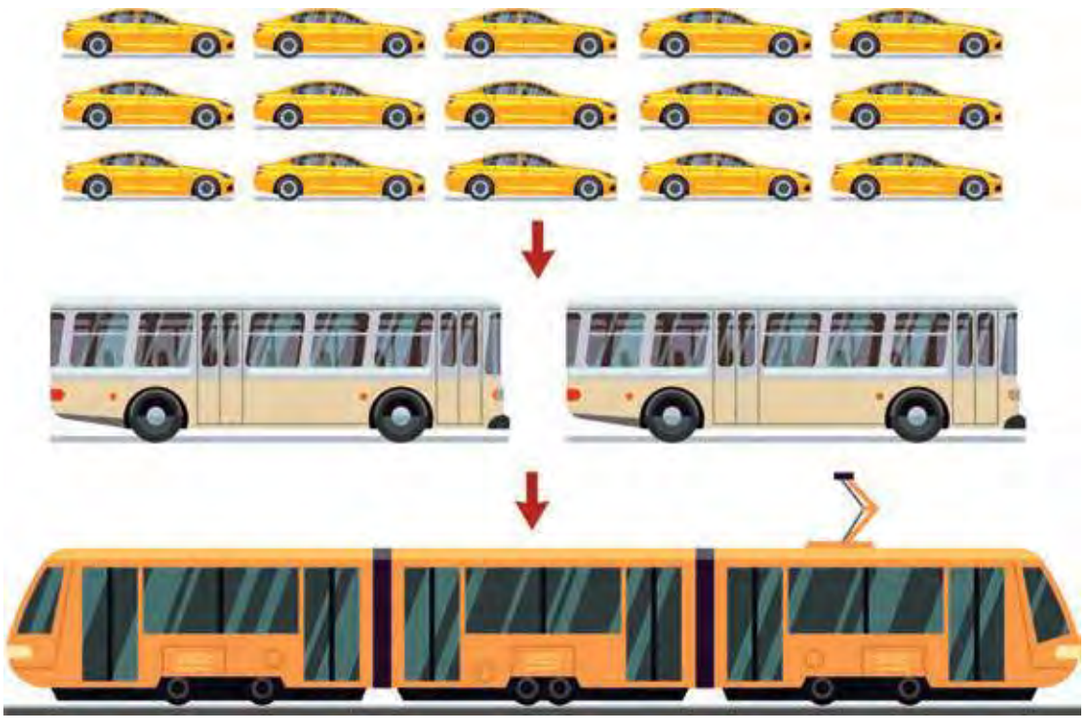
Personel Sayısının Azaltılması: İkiden fazla dizel lokomotifin yaptığı işin bir adet elektrikli lokomotif tarafından yapılması sonucu hem çalışan hem de bakım yapan personel sayısı azaltılmış olur.

Son yıllarda özellikle şehir içi raylı ulaşım sistemlerinde sürücüsüz metro araçlarının kullanılmaya başlanmasıyla birlikte bu hatlarda makinist ve personel ihtiyacı oldukça azalmıştır.

Lokomotif Sayısının Azalması: İkiden fazla dizel lokomotifin yaptığı işin bir adet elektrikli lokomotif tarafından yapılması kullanılan lokomotif sayısını azaltmıştır.

2.1.2.5. Çevreye ve Topluma Faydaları

Şehir içinde elektrik enerjisi kullanılarak verimli ve yüksek kapasiteli bir demiryolu taşımacılığının yapılması gerekir. Böylece trafikte otomobillerin neden olduğu kirlilik, otoyollara ve bireysel ulaşıma bağlılık azalacak, ana yollar arabaların park yeri olarak kullanılmayacaktır (Görsel 2.7).

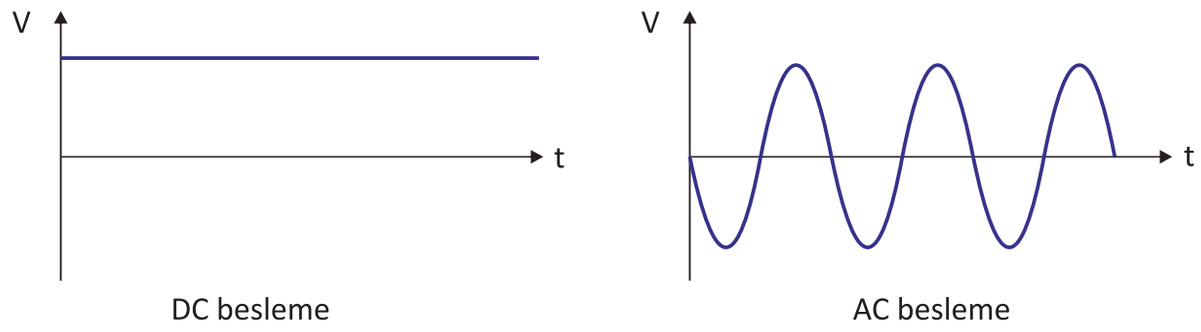


Görsel 2.7: Ulaşımdaki araç sayılarının karşılaştırılması

Trafikteki sıkışıklıklar, kazalar, kirli hava ve aşırı gürültü şehrin sağlığı ve refahı için ciddi bir tehdit oluşturur. Dizel lokomotife göre çevre kirliliğine yol açmayan elektrifikasyonun tünel ve metro gibi yer altı sistemlerinde kullanımı daha uygundur.

2.2.1. DC ve AC Besleme Sistemleri

Elektrik akımı zamana göre değişimi açısından ikiye ayrılır: DC (doğru akım) ve AC'dir (alternatif akım). Ulusal demiryollarında (uzak mesafelerde) yaygın olarak kullanılan elektrik besleme sistemi AC besleme sistemidir. Daha kısa mesafelerde ise (şehir içi ulaşım) DC besleme sistemi kullanılır (Görsel 2.8).



Görsel 2.8: AC ve DC besleme

2.2.1.1. DC Besleme

Genellikle şehir içi ulaşımda kullanılan DC enerji iletim sistemlerinde elektrik enerjisi 33 kV veya 11 kV olarak şebekeden alınıp, taşımacılık güzergâhı boyunca yerleştirilmiş indirici trafo merkezlerinde daha küçük bir gerilime dönüştürülür. İndirici merkezler, sistemin besleme ihtiyacına göre 3-7 km aralıklarla güzergâh boyunca kurulur. Bunlar sistemde gerilimin düşmesini engeller. İndiriciler tarafından değeri düşürülen gerilim, enerji iletim sistemine verilir.

2.2.1.2. AC Besleme

Genellikle uzak mesafe çalışan demiryollarında kullanılan AC sistemlerde şebekeden alınan gerilim (134 kV ya da daha üstü) indirici trafo merkezlerine gelir. Burada 25 kV'a indirilen gerilim enerji iletim hattına verilir. Besleme merkezlerinin arası 40-60 km mesafede olabilir. Enerji iletim hattındaki enerji tren üzerinde bulunan pantograf isimli kayar bir mekanizma tarafından alınarak trenin hareketini sağlayan cer (lokomotifin hareketini sağlayan motor) motoruna iletilir. Bu enerji, trenin içerisinde bulunan transformatörler aracılığıyla uygun değere indirilip doğrultularak DC çekiş motorlarına uygulanır.

2.2.1.3. AC ve DC Besleme Sistemlerinin Karşılaştırılması

AC ve DC elektriklendirme arasındaki temel fark, DC sistemde şebekeden alınan elektrik yol boyunca konumlandırılan transformatörler aracılığıyla indirilip doğrultularak DC'ye çevrilip enerji iletim hattına verilir. AC sistemde ise indirici ve doğrultucular tren üzerinde bulunur ve AC'den DC'ye dönüşüm burada yapılır.

BİLGİ KUTUSU

5-10 dakikalık aralıklarla sefer yapılabilen, duraklar arası mesafenin kısa olduğu, insan hayatının ve emniyetinin ön planda olduğu şehir içi hatlarda genellikle düşük gerilimli DC sistemleri tercih edilir. Şehirler arası çalışan, sefer sıklığı daha az olan yüksek hızlı ve güçlü trenlerde ise yüksek gerilimli AC besleme sistemleri tercih edilir.

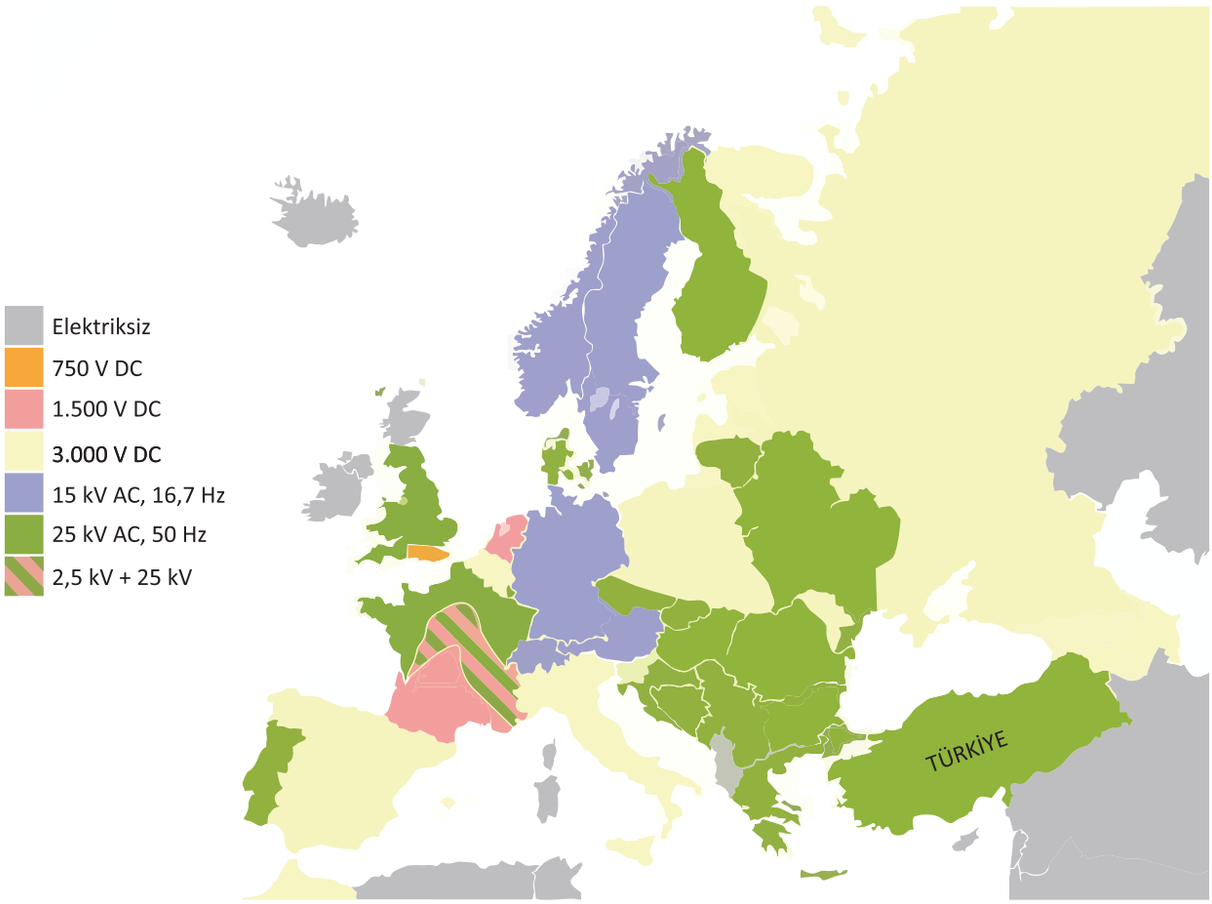
2.2.2. Demiryolu Elektrifikasyon Sistemleri ve Sınıfları

Elektrifikasyon sistemleri dünyanın her yerinde kullanılır. Kullanılan bu sistemler gerilim ve frekans değerleri açısından farklılıklar gösterir.

Tablo 2.1: Raylı Sitemlerde Kullanılan Elektrik Enerjisi Türleri

600 V DC	Eski tramvay hatlarında kullanılmıştır. Birçok ülkede terk edilmiştir.
750 V DC	Ülkemizde ve dünyada metro ve tramvay hatlarında kullanılır.
1500 V DC	Ülkemizde son yıllarda metro hattında kullanılmaktadır.
3000 V DC	Genellikle eski SSCB ülkelerinde kullanılmıştır.
15 kV 16 2/3 Hz AC	İskandinav ülkelerinde kullanılır.
25 kV 50-60 Hz AC	Birçok ülkede demiryolu hatlarında kullanılır.
25 kV 50 Hz AC	**Ülkemizde demiryolu hatlarında kullanılır.**
50 kV 50-60 Hz AC	Ağır yük nakliyatının yapıldığı hatlarda kullanılır.

Demiryolu alanında **Uluslararası İşletilebilirlik** kavramının dile getirildiği Avrupa'da kullanılan akım türleri aşağıdaki haritada yer almaktadır (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Avrupa ülkelerinin demiryolu elektrifikasyon türleri

Raylı sistemlerde kullanılan elektrik enerjisi, gerilim ve frekans değerlerine göre üç bölümde incelenir.

Az yüksek gerilimli (600-3000 V) DC sistemi

Özel frekanslı ve yüksek gerilimli AC sistemi

Ticari frekanslı ve yüksek gerilimli AC sistemi

2.2.2.1. Az Yüksek Gerilimli DC Sistem

Doğru akım ile beslenen seri karakteristikli elektrik motoru ideal cer motorudur. Hacmi az, imali kolay ve sağlamdır. Hızı kolaylıkla ayarlanabilir. Çevirme momenti ister demarajda (kalkma anı) ister tam hızda olsun büyüktür.

Lokomotifler için gerekli enerji, elektrik dağıtım şebekesinden alınan alternatif akımın doğru akıma çevrilmesi ile sağlanır. 600-3000 volt olan doğru akım güç dağıtım hattına verilir. Düşük gerilimde akım değerlerinin yüksek olması nedeniyle enerji hatlarında kullanılan iletkenlerin kesitleri büyüktür.

En önemli özelliği dar gabaride elektriki kleransları (açıklık) sağlamak kolay olduğundan DC sistemler daha çok metro ve şehir içi raylı taşımacılıkta kullanılır. Katener tesisinin bakım işlerinin bir kısmı gerilim altında da yapılabilir.

DC gerilimi uzak mesafelere taşımak trafo merkezlerinin çok sık kullanılması ile mümkündür. En büyük dezavantajı korozyon probleminin olmasıdır. Kaçak akımlar; yer altındaki petrol, doğal gaz ve su borusu hatları üzerinde malzeme kaybına neden olur.

2.2.2.2. Yüksek Gerilimli ve Özel Frekanslı AC Sistemi

Bu sistemde çekici cer enerjisinin üretimi, nakli ve lokomotiflerde kullanılışı alternatif akım şeklindedir. AC motorlarda normal frekanstan daha düşük frekansta 15 kV 16,7 Hz AC sistemleri Almanya, İsviçre ve İskandinav ülkelerinde inşa edilmiştir. Bu sistemle enerjinin üretimi ve enerji iletim hattına nakli kolay olup trafo merkezleri basit ve posta (elektriksel manevra alanları) adetleri azdır. Enerji iletim hattındaki gerilimin yüksek olması sebebiyle trafo merkezleri arasındaki mesafe fazladır. Enerji iletim hattından yüksek akım çekilmediği için gerekli bakır kesiti azdır.16 2/3 Hz'lik özel frekanslı akım sadece demiryollarında kullanıldığından ticari amacı yoktur, bu da sistemin dezavantajlarından biridir.

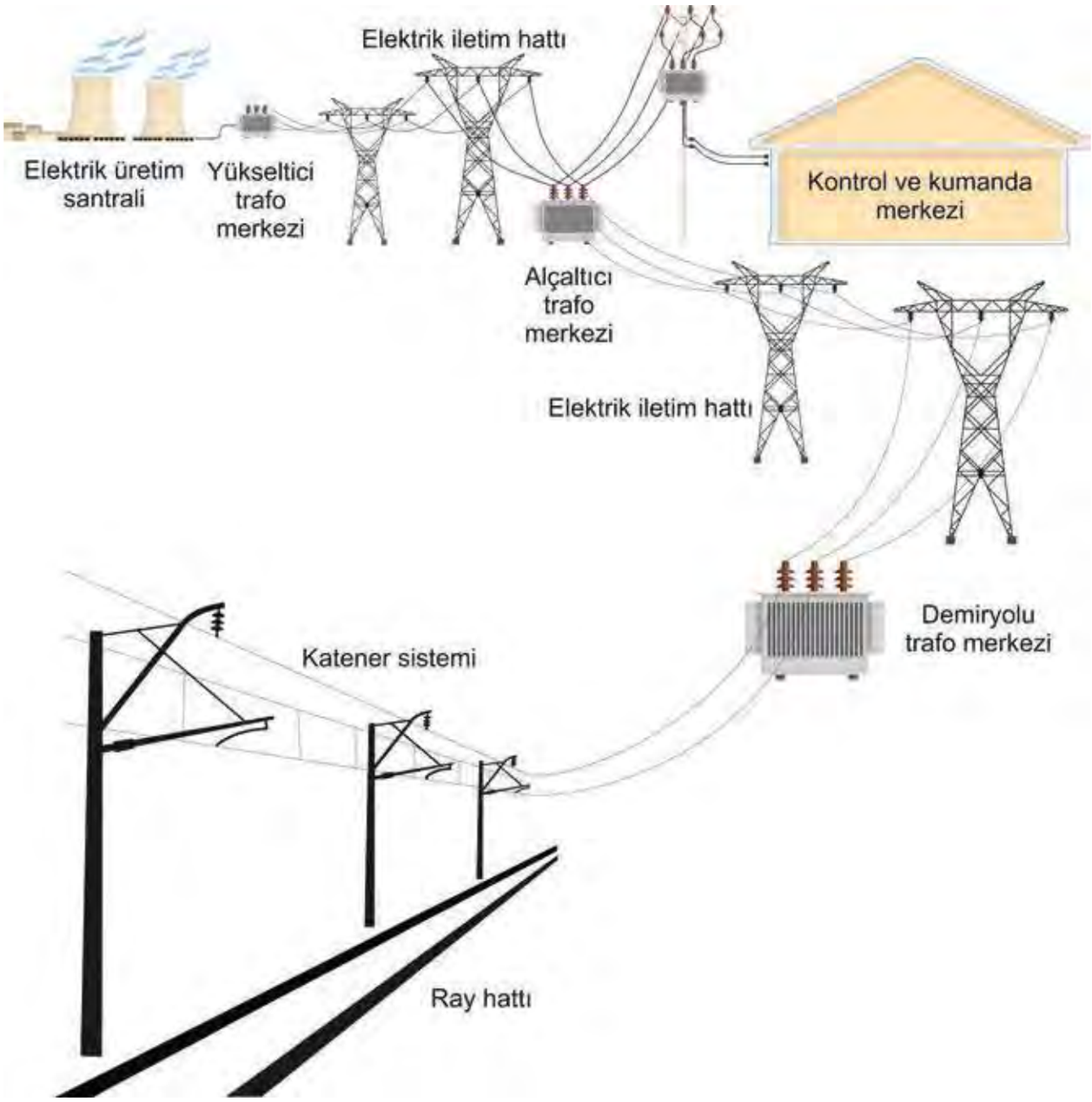
2.2.2.3. Ticari Frekanslı ve Yüksek Gerilimli AC Sistemi

25 kV, 50 Hz AC ile beslenen hatlara sahip olan demiryolları gerekli elektrik enerjisini ulusal elektrik şebekesinden alır. Kendisine ait elektrik santralleri ve hatları yoktur. Trafo merkezleri basitleşmiş ve hacimleri küçülmüştür. İki transformatör merkezi arasındaki mesafe 50 -70 km'dir. Lokomotif, 25 kV 50 Hz alternatif akımın doğru akıma çevrilerek seri doğru akım motorlarına verilmesi ile hareket eder. Diğer sistemlere göre ekonomiktir. Enerji kesilerek bakım yapılır.

2.3.1. Elektrifikasyon Sabit Tesisleri ve Bileşenleri

Demiryollarının elektrik ile işler hâle gelmesi için kurulan tesislere **elektrifikasyon sabit tesisleri** denir. Bu tesislerin amacı, raylar üzerinde hareket edecek demiryolu araçlarına uygun elektrik enerjisini iletmektir.

Demiryolu sabit tesisleri; trafo merkezleri, kontrol ve kumanda merkezleri, cer postaları, enerji iletim hatları ve haberleşme sistemlerinden oluşur (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Enerji iletim sistemi

2.3.1.1. Trafo Merkezleri

Transformatör merkezleri ulusal şebekeden aldığı elektrik enerjisini istenen işletme gerilimine dönüştürerek elektrik iletim hattını besler. Ayrıca istasyonlarda ve diğer gerekli noktalarda elektriksel manevrayı sağlamak amacıyla cer postalarından (hattın elektriksel kumandasını sağlayan şalt malzemelerinden oluşan sistem) oluşan sistemdir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: YHT hattı trafo merkezi

Gelen elektrik enerjisini istenen gerilim ve akım türüne çevirerek enerji iletim hatlarını besleyen tesislere **trafo merkezleri** denir. Her merkezde bir veya birden fazla trafo grubu (bazen de redresörler) vardır.

Güç dağıtım hatlarını besleyen trafo merkezleri, temel prensip olarak aynı işlevi yerine getirseler de farklı değerlere ve akım türlerine sahiptir. Bu sebeple ülkemizdeki demiryolu işletmelerini besleyen bu merkezler ulusal ve şehir içi olarak iki ana başlık altında ele alınacaktır.

2.3.1.2. Demiryolu Trafo Merkezleri ve Cer Postaları

Demiryolu hatlarında elektrikli tren işletmeciliğini sağlamak için elektrik dağıtım şebekesinden alınan 154 kV yüksek gerilim, güç transformatörleri vasıtasıyla 25 kV 50 Hz'lik tek faza düşürülerek katener (havai enerji iletim hattı) sistemini besler (Görsel 2.12).



Görsel 2.12: YHT hattı cer postası

BİLGİ KUTUSU

TEDAŞ'tan alınan 154 kV yüksek gerilim güç transformatörleri ile 25 kV'a dönüştürülür. Elektrik voltajı; elektrik şebekesinden alınan voltaj değerine, bulunulan noktanın trafo merkezine uzaklığına ve o bölgede çalışan tren sayısına bağlı olarak 20 kV ile 27,5 kV arasında değişiklik gösterir.

Enerji iletim hattının işletilmesi sırasında gereken elektriksel manevraları (enerji kesme ve enerji verme işlemleri) postalar yapar. Üç adet cer postası bulunur.

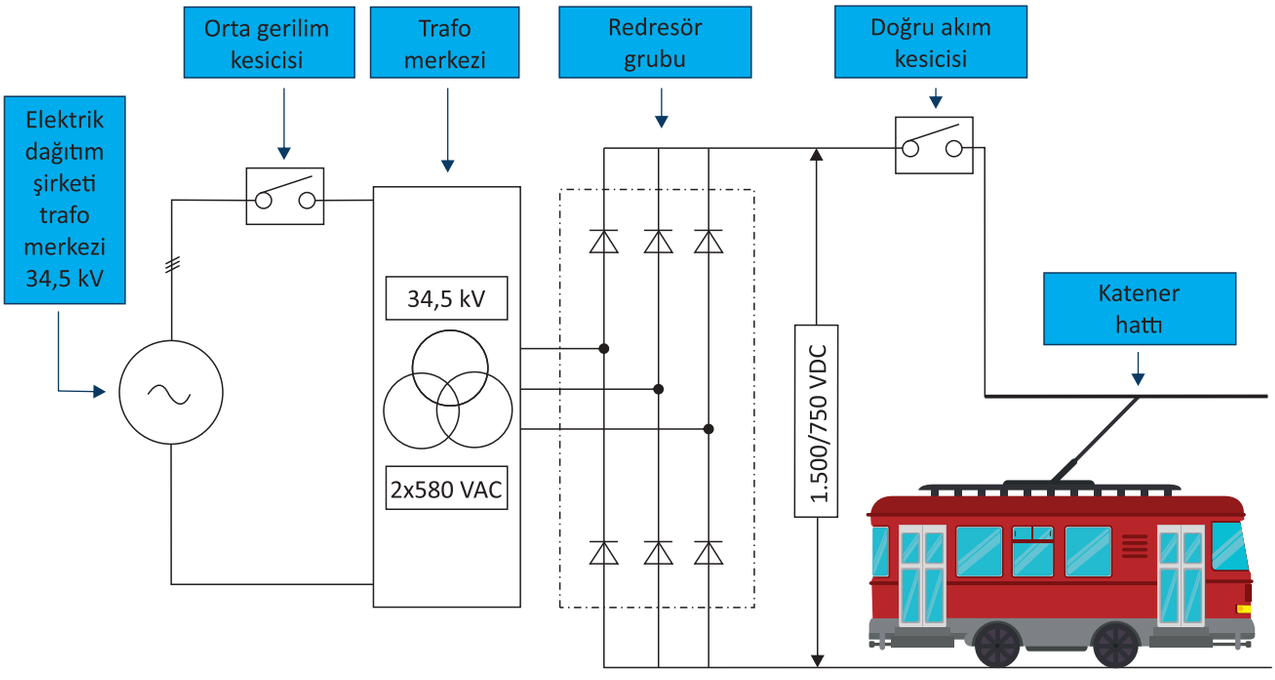
İstasyon Postası: İstasyon içerisindeki katener hatlarının elektriki manevrasını ve gerektiğinde istasyon yollarını bypas (köprüleme) ederek beslemenin devamlılığını sağlar.

Bölge Postası: İki komşu trafo merkezi arasındaki nötr (gerilimsiz) bölge olup gerektiğinde diğer bölgenin enerji aktarımını temin edecek şekilde teçhiz edilir.

Lokal Kumanda Paneli: Cihazların bulunduğu yerden kumanda ve kontrolünü temin eder.

2.3.1.3. Şehir İçi Raylı Sistemler Trafo Merkezleri

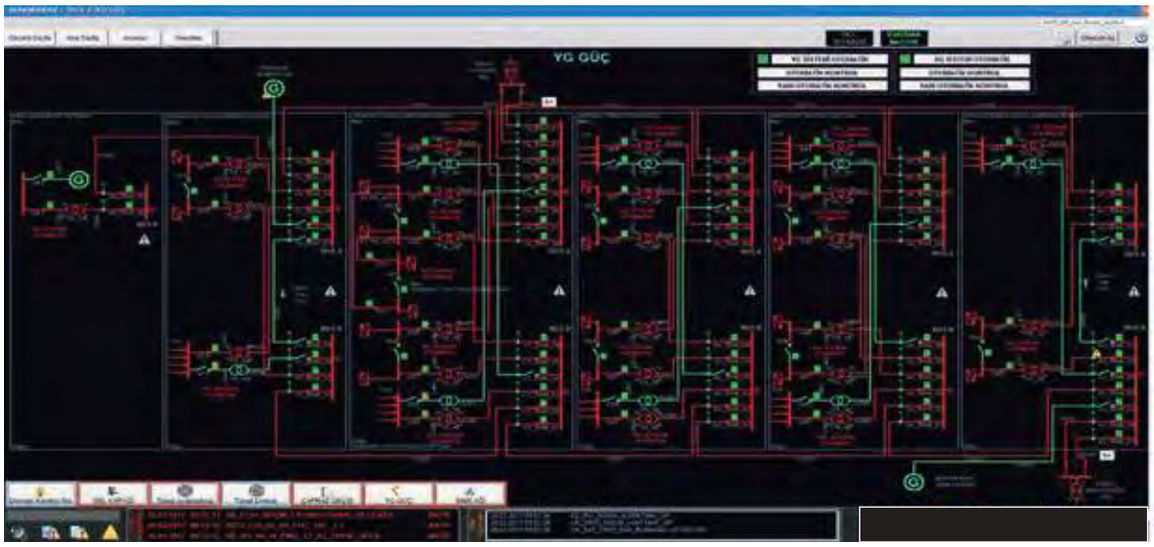
Enerji dağıtım şebekesinden 34,5 kV elektrik enerjisi alınır. Transformatörden 1220/580 V AC gerilim doğrultucu grubuna girer. Diyotlardan geçerek hattın çalışma değerlerine göre 1500 volt veya 750 volt DC gerilim şekline dönüştürülür. DC gerilim (+) ucu, DC panolardaki ortak bir barada (aynı gerilim ve frekanstaki elektrik enerjisinin toplandığı ve dağıtıldığı üniteler) toplanır. DC kesiciler üzerinden geçerek enerji iletim hattının bakım ayırıcılarına gider. Son olarak enerji iletim hattına bağlanır, enerji tren pantografının alabileceği duruma gelir. Negatif (-) kutuplu enerji taşıyıcı da ray üzerinden DC panolara geri döner ve devresini tamamlar (Görsel 2.13).



Görsel 2.13: Şehir içi raylı sistemler elektrifikasyon prensip şeması

2.3.1.4. Uzaktan Kumanda ve Kontrol Sistemleri

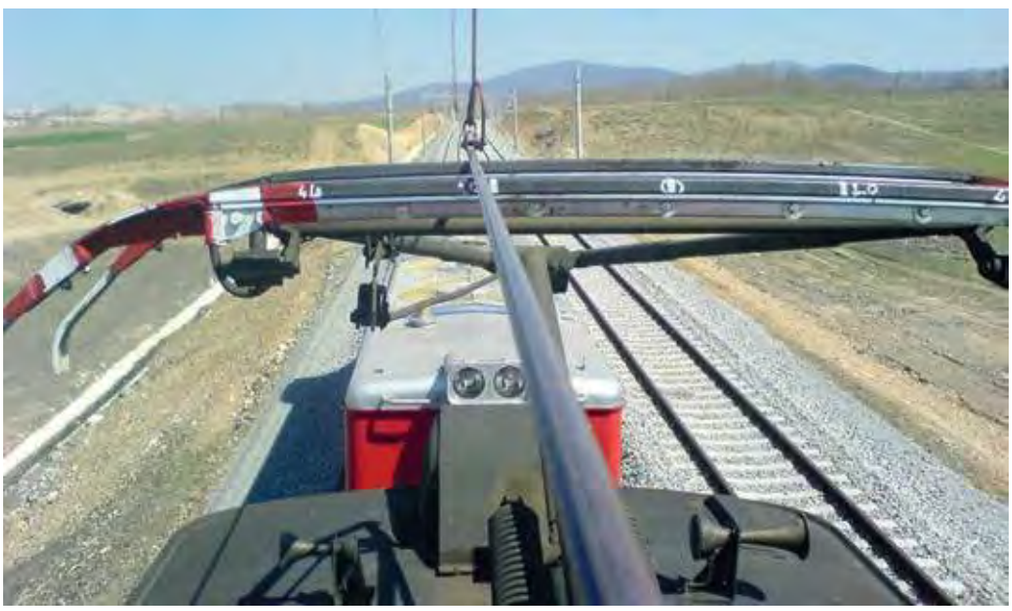
Telekomand (SCADA) merkezleri; bütün enerji sisteminin kontrol, denetleme ve olay kayıtlarının tutulduğu, uzaktan kumanda ile elektriksel manevralarının yapıldığı sistemdir. Bu merkezlerin amacı, sistemi uzaktan kumanda ederek arıza ve bakımlarda daha hızlı müdahale edilmesini sağlamaktır. Telekomand merkezleri kendisine bağlı trafo merkezlerinden gelen haberleşme veri sinyallerini alır. Bu sinyaller server (sunucu) odalarında düzenlendikten sonra operatörün önündeki bilgisayar ekranına ikaz olarak düşer. Operatörler bu ikazlara göre gerekli işlemi yapar. İkazlar kapı alarmı veya kesici açtı ikazı olabilir. Bilgisayarlar olayı kısa sürede değerlendirir arıza bölgesini tespit eder. Arıza bölgesindeki sorumlu kişi, ilgili elektrifikasyon şefliğine bilgi vererek gerekli yönlendirmeyi yapar (Görsel 2.14).



Görsel 2.14: Marmaray SCADA sistemi

2.3.1.5. Enerji İletim Sistemleri

Elektrik enerjisi iletim hatları, seyir hâlindeki elektrikli trenlere ihtiyacı olan elektrik enerjisini ileten hatlardır. TCDD hatlarında genellikle konvansiyonel katener hattı, Marmaray tünel bölgesinde ise rijit katener sistemi kullanılır. Şehir içi raylı sistemlerde tramvay hatlarında konvansiyonel katener sistemi, hafif metro ve metro hatlarında rijit katener ve üçüncü ray sistemi yoğun olarak kullanılır. APS sistemi ise son yıllarda gelişen ve yaygınlaşmaya başlayan bir sistemdir. Ülkemizde sadece İstanbul'da bulunan Alibeyköy-Eminönü Tramvay Hattı'nda kullanılır (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: Pantograf ile katener hattından elektrik alınması

2.3.1.6. Elektrifikasyon Haberleşme Sistemi

Elektrifikasyon haberleşme sistemi muhabere, alarm ve haricî telefonlardan oluşur.

Muhabere Telefonları: Elektrifikasyon işletmeciliğinin yapıldığı bölgelerdeki trafo merkezlerinin, cer postalarının, trafo, katener şefliklerinin ve uzaktan kumanda merkezlerinin birbiriyle haberleşmesini sağlar.

Alarm Telefonları: Elektrifikasyon işletmeciliğinin yapıldığı bölgelerde hat boyunca belirli mesafelere yerleştirilen telefon soketleri üzerinden seyyar telefon veya telsiz vasıtasıyla uzaktan kumanda merkeziyle haberleşmeyi sağlar.

Haricî Telefonlar: Uzaktan kumanda merkezinin özel durumlarda enerji temin eden kuruluşlarla veya iletim hattındaki sorun anında elektrifikasyonlu bölgedeki birimlerle görüşmesini bant kaydıyla sağlayan telefondur.

2.4.1. Demiryolu Uyarı İşaretleri

Demiryolu güzergâhının muhtelif noktalarına yerleştirilen bu işaretlere elektrikle çalışan tüm raylı sistem araç sürücülerinin riayet etmesi zorunludur. Gereksiz işaretler katener veya trafo şefleri tarafından kaldırılır (Görsel 2.16).



Görsel 2.16: Uyarı levhaları

Elektrifikasyon elektriksel işaret ve levhaları işletmecilik uyarı levhaları ve koruyucu uyarı levhaları olmak üzere ikiye ayrılır.

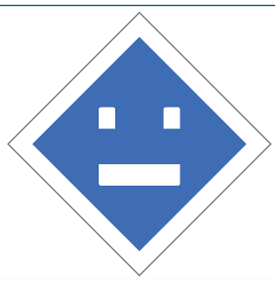
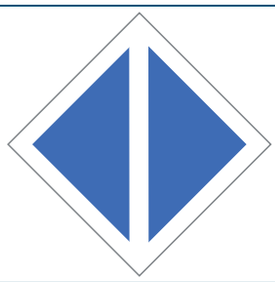
EL-1, EL-2 işaretleri süreklidir. Bölge postaları veya trafo merkezi önündeki nötr bölgelerde kullanılır.

EL-3, EL-4, EL-5 işaretleri; katener hasarları, kazalar, tabii afetler gibi olağan dışı durumlarda geçici olarak kullanılır.

EL-6 işareti kullanımı süreklidir. Enerjisiz kateneri veya katenerin bittiğini belirtir.

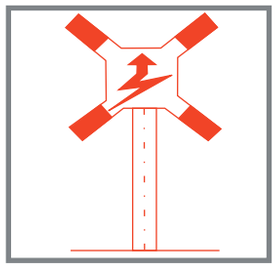
2.4.1.1. Elektriksel İşletmecilik ve Uyarı Levhaları

Mavi zemin üzerinde beyaz renkli kare işaret levhaları olup elektrikli işletmecilik yapılan yerlerde katener ve trafo şefliklerinin belirleyeceği katener direkleri üzerinde bulunur. Elektrikle cer edilen araçların sürücüleri bu işaretlere uymak zorundadır.

EL-1 Kesiciyi Aç: Nötr bölgelerin enerjisiz kısımlarındaki katener bölümünün girişine yerleştirilir. Lokomotifteki/dizideki kesici (disjönktör) açılır.	
EL-2 Kesiciyi Kapat: Nötr bölgelerin enerjisiz bölümünün sonlarına konur. Lokomotifteki/dizideki kesici (disjönktör) kapatılır.	
EL-3: Geçici olarak enerjisi kesilmiş katener bölümüdür. Pantograflı aracın geçmesini sağlamak amacıyla yerleştirilir. İşaret levhasını geçince kesici açılır ve pantograf indirilir.	
EL-4: EL-3'te belirtilen kesime gelmeden önce geçici olarak yerleştirilir. Bundan sonraki işaret levhasında kesicinin açılacağını ve pantografın indirileceğini bildirir.	
EL-5: Geçici olarak enerjisi kesilmiş katener bölümünü geçtikten sonra ve enerjili kesime gelince geçici olarak yerleştirilir. İşaret levhasını geçtikten sonra elektrikli lokomotiflerin pantografı kaldırıp kesiciyi kapayacaklarını bildirir.	
EL-6: Elektriklendirilmiş yolların sonuna, ketener bitim yerlerine veya topraklı ayırıcılı yükleme yollarının giriş ve çıkışlarına yerleştirilir. Yükseltilmiş pantograflı araçların girmesi yasaktır. Pantografın indirilerek veya özel olarak katener şefliği yetkilisinin gerekli önlemleri almasıyla girilebilir. Bu sinyalin altında ok veya oklar varsa yukarıda belirtilen durumlar o yöndeki yolların katener hattı için geçerlidir.	

2.4.1.2. Koruyucu Uyarı Levhaları

Bu işaretler; personeli, müşterileri, yolcuları ve üçüncü şahısları yüksek gerilimden korumak amacıyla tesis edilir. Dikdörtgen beyaz zemin üzerinde kırmızı şekil ve uyarı yazılarından oluşur. Hemzemin geçit, yükleme yol ve rampaları ile üçüncü şahısların kullandıkları demiryolu arazisi girişlerine konulur.

Yükleme yolları için uyarı işareti	
Seyir teli yüksekliği normal karayolu hemzemin geçitlerde uyarı levhası	
Yapılar üzerindeki uyarı levhası demiryolu araçları için uyarı levhası	
Trafo merkezleri ve odaların kapısındaki uyarı levhası	

UYGULAMA YAPRAĞI

SUNUM

TEMRİN ADI TRENLERİN ÖZELLİKLERİ

Temrin No.:2.1

AMAÇ

Demiryollarında kullanılan dizel ve elektrikli trenlerin özellikleriyle ilgili araştırma yaparak bir sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde ediniz.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlayınız.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanınız.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanınız.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarını kullanınız.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

SUNUM

Temrin No.:2.2

TEMRİN ADI ELEKTRİKSEL İŞARET LEVHALARI VE ANLAMLARI

AMAÇ

Demiryollarında ve şehir içi raylı sistemlerde kullanılan işaret levhaları ve anlamları ile ilgili araştırma yaparak sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde ediniz.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlayınız.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanınız.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanınız.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarını kullanınız.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

UYGULAMA YAPRAĞI

SUNUM

TEMRİN ADI TRENLERE ELEKTRİK ENERJİSİ TEMİNİ

Temrin No.:2.3

AMAÇ

Demiryollarında ve şehir içi raylı sistemlerde kullanılan trenlerin besleme çeşitleri ve besleme gerilimleri ile ilgili araştırma yaparak bir sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde ediniz.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlayınız.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanınız.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanınız.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarını kullanınız.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

SUNUM

TEMRİN ADI ELEKTRİFİKASYON SABİT TESİSLERİ

Temrin No.:2.4

AMAÇ

Demiryollarında ve şehir içi raylı sistemlerde kullanılan elektrifikasyon sabit tesisleri ile ilgili araştırma yaparak bir sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde ediniz.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlayınız.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanınız.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanınız.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarını kullanınız.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümleler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış cümlelerin altına doğrularını yazınız.

1. (...) Elektrikli lokomotiflerin güç üstünlüğünden dolayı aynı sayıda tren ile en az iki kat yük taşımak mümkündür.

.....

2. (...) Elektrikli lokomotiflerin tek kabinli olması nedeniyle dizi teşkili daha kolaydır.

.....

3. (...) Bütün enerji sisteminin gözlendiği, kontrol edildiği, olay kayıtlarının tutulduğu, uzaktan kumanda ile elektriksel manevralarının yapıldığı merkeze cer postası denir.

.....

4. (...) Transformatör merkezleri gerek elektrifikasyon sırasında gerekse inşaat devam ederken istenen yere en kısa zamanda ulaşılabilecek bir konuma sahip olmalıdır.

.....

5. (...) Bölge postası, iki komşu trafo merkezi arasındaki gerilimsiz (nötr) bölge olup gerektiğinde diğer bölgenin enerji aktarımını temin edecek şekilde donatılmıştır.

.....

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

6. Trafo merkezlerinin, istasyonların, cer postalarının UKM (Ulaşım Koordinasyon Merkezi) ve birbirleriyle haberleşmesini sağlayan muhabere ve alarm telefonlarının da bulunduğu sisteme ..... denir.

7. Demiryolu taşıma sistemlerinde elektrikli işletmeciliğin yapılabilmesi için enerji iletim hatları, trafo merkezleri ve bunların kumanda ve kontrol birimlerinden oluşan sisteme ..... denir.

8. Ulusal şebekeden aldığı elektrik enerjisini istenen gerilim seviyesine dönüştürerek katener tesisini besleyen merkeze ..... denir.

9. İstasyon içindeki katener hatlarının elektriki manevrasını ve gerektiğinde istasyon yollarını bypas ederek beslemenin devamlılığını ..... sağlar.

10. Ülkemizde ilk elektrikli tren işletmeciliği 1955 yılında ..... tren hattı arasında banliyö hizmeti olarak başlamıştır.

C) Aşağıdaki sorulara uygun doğru seçeneği işaretleyiniz.

11. Ülkemizde hızlı tren hatları kaç yılında hizmete açılmıştır?
A) 2006
B) 2009
C) 2011
D) 2013
E) 2015

12. Aşağıdakilerden hangisi elektrifikasyonun bileşenlerinden değildir?
A) Katener tesisleri
B) Trafo merkezleri
C) SCADA sistemi
D) Cer postaları
E) Sinyalizasyon sistemi

13. Aşağıdakilerden hangisi elektrifikasyonun iktisadi faydalarından değildir?
A) Yakıt tasarrufu
B) Güç üstünlüğü ve aşırı yükleme
C) İletişim ve bakım kolaylığı
D) Personel sayısının azaltılması
E) Lokomotif sayısının azaltılması

14. Ülkemizde genellikle tramvay hatlarında kullanılan besleme gerilimi kaç volttur?
A) 600V AC
B) 750V DC
C) 750V AC
D) 3000V DC
E) 25000V AC

15.  Yanda verilen levhanın anlamı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Nötr bölgelerin enerjisiz bölümünün sonlarına konur.
B) Nötr bölgelerin enerjisiz kısımlarındaki katener bölümünün girişine yerleştirilir.
C) Geçici olarak enerjisi kesilmiş katener bölümüdür.
D) Geçici olarak enerjisi kesilmiş katener bölümünü geçtikten sonra enerjili kesime gelince geçici olarak yerleştirilir.
E) Yükleme yolları için uyarı işaretidir.



3.
ÖĞRENME BİRİMİ

TRAFO MERKEZİ VE ELEMANLARI

KONULAR

3.1. TRAFO MERKEZLERİ
3.2. DAĞITIM VE GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ
3.3. ÖLÇÜ VE KORUMA TRANSFORMATÖRLERİ
3.4.AYIRICILAR VE KESİCİLER
3.5.PARAFUDRLAR
3.6.YÜKSEK GERİLİM (YG) SİGORTALARI
3.7.KORUMA RÖLELERİ
3.8.DEMİRYOLU TRANSFORMATÖR MERKEZLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Dağıtım transformatörlerinin bakım ve onarımını yapmayı
- Güç transformatörlerinin bağlantılarını yapmayı
- Akım ve gerilim transformatörünün montaj ve bağlantılarını yapmayı
- Ayırıcıların ve kesicilerin bakım ve onarımını yapmayı
- Parafudrların montaj ve bağlantılarını yapmayı
- Yüksek gerilim sigortalarının montaj ve bağlantılarını yapmayı
- Koruma rölelerinin bağlantılarını yapmayı

TEMEL KAVRAMLAR

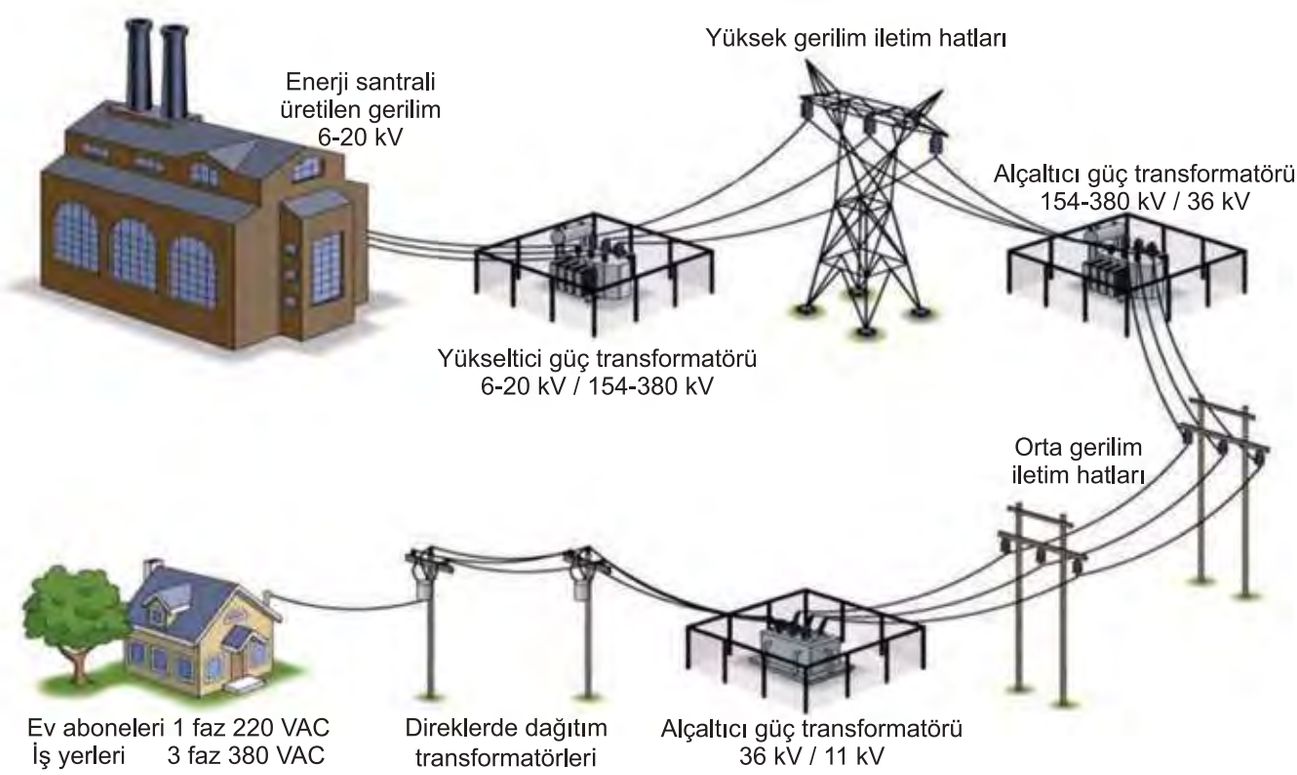
trafo merkezi, transformatörler, sekonder, primer, akım, gerilim, tek faz, ayırıcı, kesici, parafudr, koruma röleleri, kompanzasyon

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Elektromanyetik indüksiyon prensibi nedir? Araştırınız.
2. Gerilim, akım ve güç arasında nasıl bir ilişki vardır? Tartışınız.
3. Enerji nakil hatları ve trafo merkezlerini yıldırımdan korumak için ne gibi önlemler alınabilir?
4. Bilgisayar ve yazılım kullanımının raylı sistemlere ne gibi faydaları olabilir?

3.1.1. Enerji İletimi ve Trafo Merkezleri

Elektrik enerjisi, santrallerde üretilip ev ve iş yerlerine kadar ulaştırılan bir enerji türüdür. Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımı Görsel 3.1'de görüldüğü gibi çeşitli yükseltici ve alçaltıcı trafo merkezlerinin sayesinde gerçekleşir.



Görsel 3.1: Elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım prensip şeması

3.1.2. Trafo Merkezinin Tanımı

Elektrik enerjisinin elektrik santrallerinden kullanıcılara aktarılmasında gerilim değerinin istenen seviyelere dönüşmesini sağlayan çeşitli transformatör, ölçüm, kontrol ve kumanda elemanlarından oluşan merkezlere **trafo merkezleri** denir.

3.1.3. Trafo Merkezi Elemanları

Trafo merkezleri aşağıdaki devre elemanlarından oluşur:

- Dağıtım ve güç transformatörleri
- Ölçü ve koruma transformatörleri
- Ayırıcılar ve kesiciler
- Parafudr
- Yüksek gerilim sigortaları
- Koruma röleleri

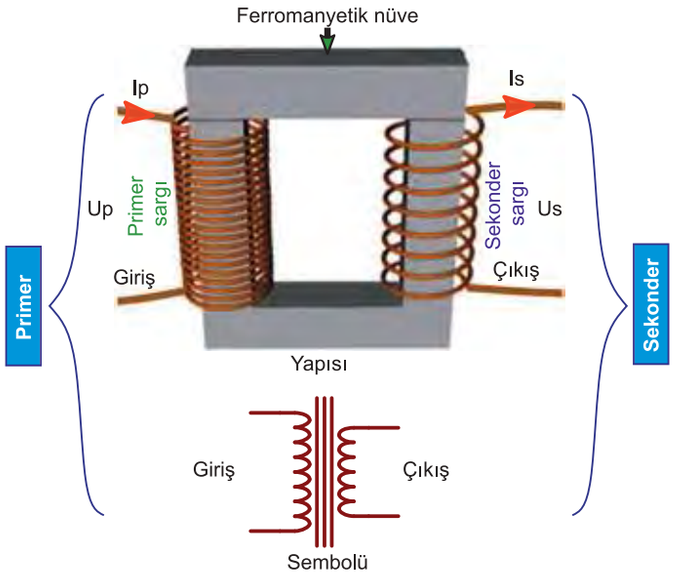
3.2.1. Transformatörlerin Tanımı

Transformatör diğer bir ifade ile trafo hareketli parçası bulunmayan elektromanyetik indüksiyon prensibi ile çalışan cihazlardır. Gücü ve frekansı sabit kalmak şartıyla alternatif akım ve gerilim değerlerini belirli bir oran dâhilinde alçaltıp yükselten elektrik makinelerine **transformatör** denir.

Farklı güçlerde birçok transformatör vardır. Küçük güçlüleri, cep telefonu şarj aletlerinden bilgisayar adaptörlerine kadar birçok yerde kullanılır. Büyük güçlüleri ise enerji iletimi ve dağıtımında kullanılmaktadır. Kullanım alanları ve güçleri farklı olsa da çalışma prensipleri aynıdır.

3.2.1.1. Transformatörlerin Yapısı ve Elemanları

Transformatörler, ince silisli saclardan oluşan kapalı bir manyetik gövde ile bunun üzerine sarılan yalıtılmış iletken sargılardan oluşur. Transformatörlerin primer ve sekonder sargıları birbirinden elektriksel olarak yalıtıldıkları gibi nüveden de yalıtılır. Yalıtkanlığı sağlamak için pres bant, kâğıt, mika, bazı plastik maddeler, çeşitli yağlar, pamuk reçine, ağaç takozlar ve pertinaks gibi maddeler kullanılır. Görsel 3.2'de transformatörün yapısı ve sembolü görülmektedir.



Görsel 3.2: Bir fazlı transformatörün yapısı ve sembolü

Manyetik Nüve

Transformatörlerin nüveleri 0,30-0,50 mm kalınlığında ve birbirinden yalıtılmış özel silisli sacların bir araya getirilip sıkıştırılması ile yapılır.

Transformatör Sargıları

Transformatörlerde iki sargı bulunur. Sargılardan birine primer, diğerine ise sekonder sargı adı verilir. Transformatöre alternatif gerilimin uygulandığı giriş sargısına **primer sargısı** denir. Transformatörün giriş geriliminden düşük, yüksek ya da eşit gerilimin alındığı çıkış sargısına da **sekonder sargı** denir.

Çıkış gerilimi giriş geriliminden küçük olan transformatörlere **alçaltıcı,** yüksek olan transformatörlere de **yükseltici transformatör** denir. Primer veya sekonder gerilimlerinden hangisi büyükse o sargı ince kesitli ve çok sipirli sarılır. Gerilim değeri küçük olan sargıysa kalın kesitli ve az sipirli sarılır. Düşürücü tip transformatörün primer gerilimi yüksek olacağından primer sargı ince kesitli ve çok sipirli sarılır. Sekonder sargıysa kalın kesitli ve az sipirli olarak sarılır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Sargıların Sarılmasında Kullanılacak Biçimler

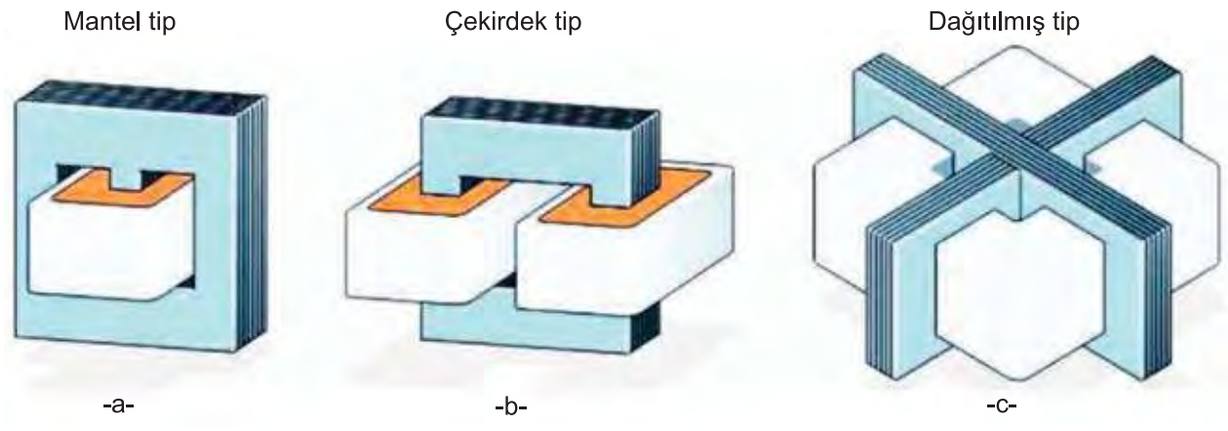
Sargı Biçimi	Primer Sargı		Sekonder Sargı	
	Kesit Tipi	Sipir Tipi	Kesit Tipi	Sipir Tipi
Düşürücü Trafo	İnce kesitli	Çok sipirli	Kalın kesitli	Az sipirli
Yükseltici Trafo	Kalın kesitli	Az sipirli	İnce kesitli	Çok sipirli

3.2.1.2. Transformatör Çeşitleri

Faz Sayısına Göre Transformatör Çeşitleri
Bir Fazlı Transformatörler: Tek fazlı transformatörlerde tek primer sargısı bulunur. Primer sargısı tek fazlı giriş içindir. Sekonder sargısı amaca göre bir veya daha fazla olabilir.

Üç (Çok) Fazlı Transformatörler: Çok fazlı transformatörlerde iki veya daha fazla primer sargısı bulunur. Sekonder sargısı amaca göre iki veya daha fazladır. Çok fazlı transformatörler çoğunlukla üç fazlı sarılır. Primer ve sekonder sargı sayılarına göre primer ve sekonderi aynı sayıda faza sahip olanlar, primer ve sekonderi aynı sayıda faza sahip olmayanlar olarak ikiye ayrılır.

Nüve Tipine Göre Transformatör Çeşitleri
Nüve tipine göre transformatörler şunlardır:



Görsel 3.3: a,b,c) Nüve tipine göre transformatör çeşitleri

Mantel Tip Transformatörler: Mantel tipi nüvede sargılar orta ayağa sarılmıştır. Bu tip nüvenin orta bacak kesiti, yan bacak kesitinin iki katıdır. Mantel tipi nüve alçak gerilimli küçük güçlü transformatörlerde kullanılır (Görsel 3.3: a).

Çekirdek Tip Transformatörler: Çekirdek tip nüveli transformatörlerde yalıtım için daha fazla yer ayrılmıştır. Bu tip transformatörler büyük güçlerde ve yüksek gerilimlerde kullanılır (Görsel 3.3: b).

Dağıtılmış Tip Transformatörler: (+) şeklinde görülür. Sargılar orta ayağa sarılmış olup dört dış ayak tarafından kuşatılmıştır (Görsel 3.3: c). Dağıtılmış tip nüvelerde kaçak akılar en düşük düzeyde olduğundan boş çalışma akımları düşüktür. Soğutulması daha kolaydır.

Çalışma Ortamına Göre Transformatör Çeşitleri
Transformatörler çalışma ortamlarına göre şu şekilde sınıflandırılır:

- Platform tipi transformatörler
- Yer altı tipi transformatörler
- Su altı tipi transformatörler
- İç mekân tipi transformatörler

3.2.1.3. Transformatörlerin Çalışması

Transformatörler Faraday Yasası'na göre çalışır. Buna göre bir iletkende gerilim oluşabilmesi için iletkenin sabit bir manyetik alan içerisinde hareket ettirilmesi ve iletkenin değişken bir manyetik alan içerisinde bulunması olmak üzere iki şart gereklidir.

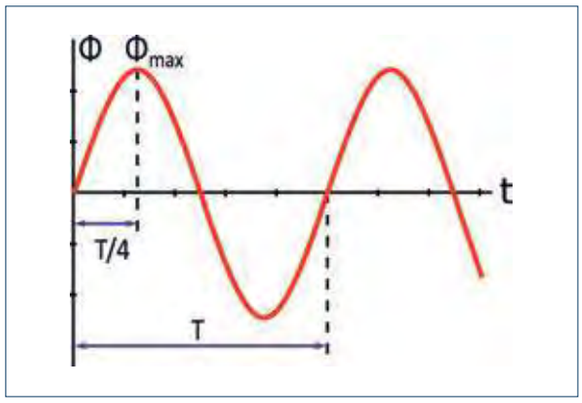
Transformatörler ikinci şarta göre çalışır. Sabit sarılmış üzeri çok ince bir yalıtkanla kaplı teller (bobin) değişken bir manyetik alana maruz bırakıldığında uçlarında gerilim oluşur. Gerilimin değeri bobin tellerinin sarım sayısı (sipir) ile doğru orantılıdır.

BİLGİ KUTUSU

Elektromanyetik prensibine göre ya manyetik alan içindeki iletkenler hareketli olmalı ya da manyetik alan değişken olmalıdır. DC'de bu iki şarttan birisi gerçekleşmediği için sekonder sargıda gerilim oluşmaz ancak DC gerilimin primer sargıya verilişi ve kesilişi sırasında sekonder sargıda kısa süreli de olsa bir gerilim görülebilir.

3.2.1.4. Transformatörde İndüklenen Gerilim Değerleri

Transformatörün primer sargısına uygulanan AC gerilim, zamana göre yönü ve şiddeti değişen manyetik alan oluşturur. Sekonder sargıları kesen bu alanın kuvvet çizgileri burada bir gerilim indükler. Lenz Kanunu'na göre aynı kuvvet çizgileri tarafından kesilen primer sargısı da sekonder sargıda indüklenen gerilim ile aynı fazda bir gerilim indükler. Primere uygulanan AC gerilimden dolayı meydana gelen değişken manyetik alanın bir periyotluk süre içerisindeki değişimi Görsel 3.4'te görülür. Şekilde manyetik alanın en büyük değerine $Ø_{max}$, bir periyodun 1/4'ü sürede T/4'e ulaşır.



Görsel 3.4: Manyetik alanın değişim eğrisi

$E_{ort}=4xNxfxØ_{max}x10^{-8}$ (volt)

(N sipirlik sarım için ve T=1/f)

$E=1,1xE_{ort}=4,44xNxfxØ_{max}x10^{-8}$ (volt)

(Gerilimin etkin değeri)

$U_1=4,44xfxN_1xØ_{max}x10^{-8}$ (volt)

(Primer gerilimi)

$U_2=4,44xfxN_2xØ_{max}x10^{-8}$ (volt)

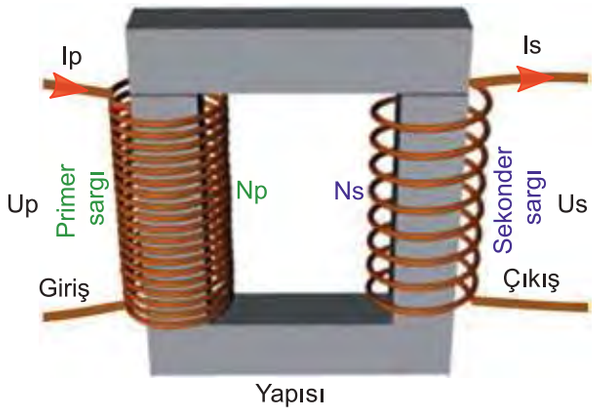
(Sekonder gerilimi)

3.2.1.5. Transformatör Dönüştürme Oranları

Transformatörlerde (Görsel 3.5) giriş geriliminin çıkış gerilimine oranına **dönüştürme oranı** denir. Genelde **K** harfi ile gösterilir. Aşağıda verilen denklem ile hesaplanır. Transformatörlerde gerilim, akım ve sarım sayısı hesaplamalarında kullanılır.

$$K=\frac{Up}{Us}=\frac{Is}{Ip}=\frac{Np}{Ns}$$

K : Dönüştürme oranı
Up : Primer giriş gerilimi
Us : Sekonder çıkış gerilimi
Is : Sekonder çıkış akımı
Ip : Primer giriş akımı
Ns : Sekonder sarım sayısı (sipir)
Np : Primer sarım sayısı (sipir)



Görsel 3.5: Transformatör (trafo)

Formüle dikkat edilirse trafo giriş çıkış gerilimi ve sipir sayıları doğru orantılı, akımları ise ters orantılı olmaktadır. Örneğin alçaltıcı bir trafoda primer gerilimi yüksek, sekonder gerilimi düşük olacaktır. Bu durumda güç sabit olduğundan primer akımı düşük, sekonder akımı yüksek olacaktır.

ÖRNEK

Dönüştürme oranı 10 olan bir transformatörün sekonder gerilimi 220 V olduğuna göre primer gerilimini bulunuz.

ÇÖZÜM

K=10 Us=220 V Up=?

$K=\frac{Up}{Us}$ $10=\frac{Up}{220}$ Up=**2200 Volt**

ÖRNEK

Giriş akımı 10 amper olan trafoda çıkış akımı 20 amper ise sarım sayılarının oranını bulunuz.

ÇÖZÜM

Ip=10 A Is=20 A $\frac{Np}{Ns}$=?

$K=\frac{Is}{Ip}=\frac{Np}{Ns}$ formülünden $\frac{Np}{Ns}=\frac{20}{10}=$ **2 dir.** Bu durumda primer sarım sayısı, sekonder sarım sayısının 2 katı olacaktır.

ÖRNEK

Bir transformatörün primer sipir sayısı 500, primer gerilimi 220 volt, sekonder gerilimi ise 110 volt olduğuna göre
a) Dönüştürme oranını bulunuz.
b) Sekonder sipir sayısını bulunuz.

ÇÖZÜM

Np=500 Up=220 V Us=110 V a) K=? b) Ns=?

a) $K=\frac{Up}{Us}=\frac{220}{110}$ **K=2 dir.** b) $K=\frac{Np}{Ns}$ $2=\frac{500}{Ns}$ **Ns=250 sipir**

3.2.1.6. Transformatörlerde Güç

İdeal bir transformatörde kayıplar olmadan primer sargısında bulunan enerjinin doğrudan sekonder sargısına aktarıldığı düşünülür. Yine kayıplar göz ardı edilip, transformatörün sekonder uçlarına bir yük bağlandığında aktarılan enerjinin tamamı yük üzerinde bir güç harcanmasına neden olur. Transformatörlerde güç; sekonder uçlarındaki yükün empedansına, yükün çektiği akıma ve sekonder uçlarındaki gerilim değerine bağlıdır. Enerjinin kayıpsız aktarılacağı düşünülürse

$$P_p=P_s \longrightarrow I_p x V_p = I_s x V_s$$

P_P primer gücünü, P_S sekonder gücünü ifade eder. Eşitlikten yararlanılarak sekonder uçlarına bağlanan bir yükün çekebileceği en yüksek akımın dolayısıyla harcayacağı en fazla gücün primer akımı ve gerilimine de bağlı olduğu anlaşılır. Primer geriliminin sabit şebeke gerilimi olduğu varsayılırsa primer akımı transformatör gücü için önemli bir değişken olacaktır.

ÖRNEK

Primer gerilimi 220 V, primer akımı 50 mA, sekonder gerilimi 24 V olan transformatörün sekonder akımı ve transformatörün gücü nedir?

ÇÖZÜM

V_p=220 volt, I_p = 50 mA = 0,05 A, V_s = 24 V ise

$$I_pxV_p = I_sxV_s \rightarrow I_s = \frac{I_pxV_p}{V_s} = \frac{0,05x220}{24} = \mathbf{0,46\ A}$$

$P_P = I_PxV_P$ = 0,05x220 = **11 VA**

$P_K = P_S - P_P$ = 11,04-11 = **0,04 VA**

$P_S = I_SxV_S$ = 0,46x24 = **11,04 VA**

3.2.1.7. Transformatörlerde Verim

Bir transformatörün verimi sekonder gücünün primer gücüne oranıdır. Kayıplar verimin yüzde yüz olmasını engeller. Verim **η (eta)** ile gösterilir ve birimi yoktur. Yüzde olarak verimlilik aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$\%\eta = \frac{P_s}{P_p} x100$$

ÖRNEK

100 wattlık bir transformatörde 4 watt kayıplara harcanıyorsa bu transformatörün yüzde verimliliği nedir?

ÇÖZÜM

Pp=100 watt $P_S = P_p - P_k$ = 100-4 = 96 watt ise

$$\%\eta = \frac{P_s}{P_p} x100 = \frac{P_s}{P_p} x100 = \frac{96}{100} x100 = \mathbf{\%96}$$

3.2.2. Dağıtım ve Güç Transformatörlerinin Özellikleri

Elektrik enerjisinin santrallerden kullanım alanlarına iletimi sırasında oluşan güç kaybı ve gerilim düşümünü asgariye indirmek için güç sabit tutulup gerilimin yükseltilmesi gerekir. Bu da akımın düşürülmesi demektir. Akım düşürüldüğünde iletim hattındaki ısı da düşürülmüş olur. Böylece hatlarda kullanılan iletkenlerin kesitleri küçülür, kayıplar azalır ve iletim maliyeti düşer. Elektrik enerjisini düşürme ve yükseltme işlemleri transformatörlerle gerçekleştirilir.

Enerjinin iletimi sırasında iki tip transformatör kullanılır. Bunlar güç ve dağıtım transformatörleridir. Çalışma prensibi ve yapısı bakımından büyük farklılıklar göstermeyen bu iki tip transformatörü birbirinden ayıran temel özellik ise elektrik enerjisini düşürmeleri ya da yükseltmeleridir.

3.2.2.1. Dağıtım Transformatörleri

Yüksek gerilimi alçak gerilime çeviren transformatörlere denir. Santrallerde üretilip yükseltilerek iletim hatlarıyla yerleşim yerlerine kadar gelen elektrik enerjisini ev ve iş yerlerinin ihtiyaç duyduğu alçak gerilime (220 VAC, 380 VAC) düşürmek amacıyla kullanılır (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Çeşitli tip ve güçteki dağıtım transformatörleri

3.2.2.2. Güç Transformatörleri

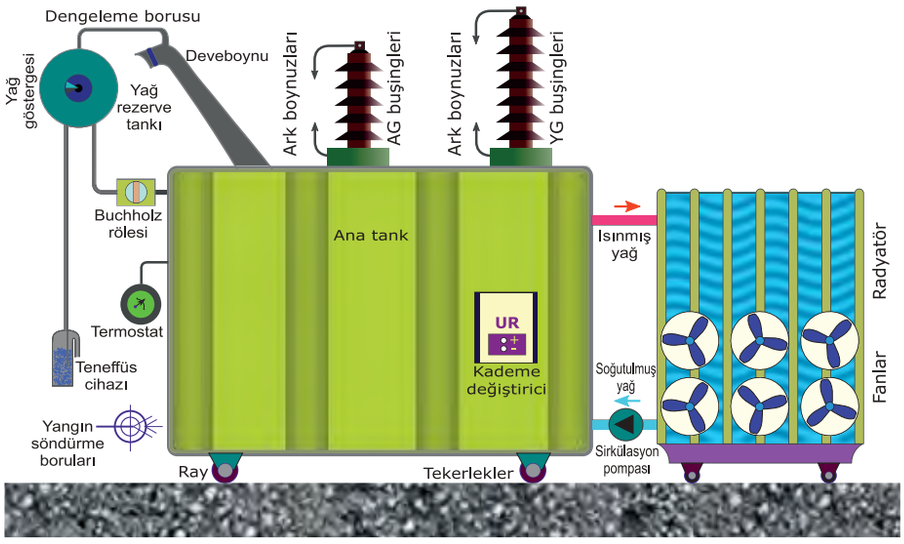
Yüksek gerilimi başka bir yüksek gerilime çeviren transformatörlere denir. Yüksek gerilim hatlarında gerilimi arttırıp düşürmek amacıyla kullanılır. Gerilim değerleri 36 kV-1500 kV ve güç değerleri genellikle 2,5 MVA-1000 MVA olan transformatörler bu sınıfa girer (Görsel 3.7).



Görsel 3.7: Güç transformatörü

3.2.2.3. Yağlı Tip Dağıtım ve Güç Transformatörünün Genel Yapısı

Yağlı tip transformatörü meydana getiren parçalar Görsel 3.8'de verilmiştir.



Görsel 3.8: Yağlı tip transformatör elemanları

Yağ Rezerve Tankı: Yağ genleşme tankıdır. Soğutma amacıyla koyulan yağın ısındığında hacmi genişler ve basıncı artar. Bu basıncı dengelemek için yağ rezerve tankı kullanılır.

Yağ Göstergesi: Rezerve yağ seviyesini göstermek için kullanılır.

Buchholz (Bakholz) Rölesi: Transformatörü aşırı ısınmayla oluşan iç basınçtan koruyan rölelerdir.

Termostat: Transformatörü aşırı ısıdan koruyan devre elemanıdır.

Teneffüs Cihazı: Transformatörün çalışması sırasında içinde ısı değişimleri olur. Isındığında içinde hava ve basınç, soğuduğundaysa vakum oluşur. Dış ortamdan hava alıp vermesini sağlamak amacıyla kullanılır. Havanın nemini almak için nem alıcı kullanılır.

Yangın Söndürme Boruları: Yangın çıkması durumunda karbondioksit taşıyarak yangının söndürülmesini sağlar.

Ray ve Tekerlek: Transformatörün kolay bir şekilde taşınması için kullanılır.

Ana Tank: İçinde yağ, nüve, sargılar ve kademe değiştiricisinin bulunduğu kısımdır.

Ark Boynuzları: Boynuz gibi çıkıntılar transformatör ve izolatörleri yüksek gerilimden korur.

Deveboynu: Sargılarda oluşabilecek arıza veya ısınma durumunda yağ basınç ve hacim artışını dengeleyecek olan emniyet tüpleridir.

Dengeleme Borusu: Yağ rezerve tankı ile deveboynu arasındaki yağın dengelenmesini sağlar.

AG Buşingleri: Alçak gerilim fazlarının bağlandığı yerdir.

YG Buşingleri: Yüksek gerilim fazlarının bağlandığı yerdir.

Kademe Değiştirici: Transformatör çıkış geriliminin ayarlanması için kullanılır.

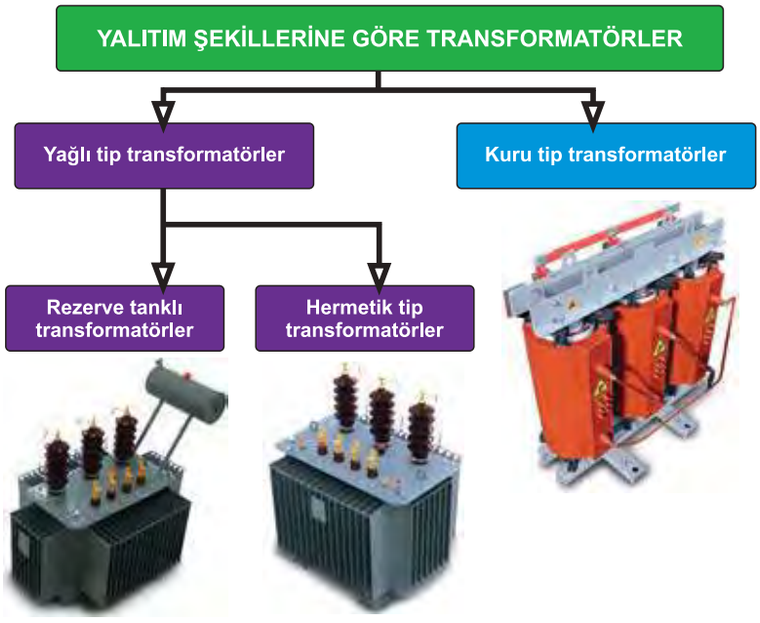
Sirkülasyon Pompası: Yağın ana tankla radyatörler arasında çevrimini sağlar.

Radyatör: Yağı soğutma amacıyla kullanılır.

Fanlar: Radyatörden geçirilen yağın hava ile soğutulmasını sağlar.

3.2.2.4. Yalıtım Şekillerine Göre Transformatörler

Transformatörler yalıtım şekillerine göre isimlendirilir (Görsel 3.9).



Görsel 3.9: Yalıtım şekillerine göre transformatörler

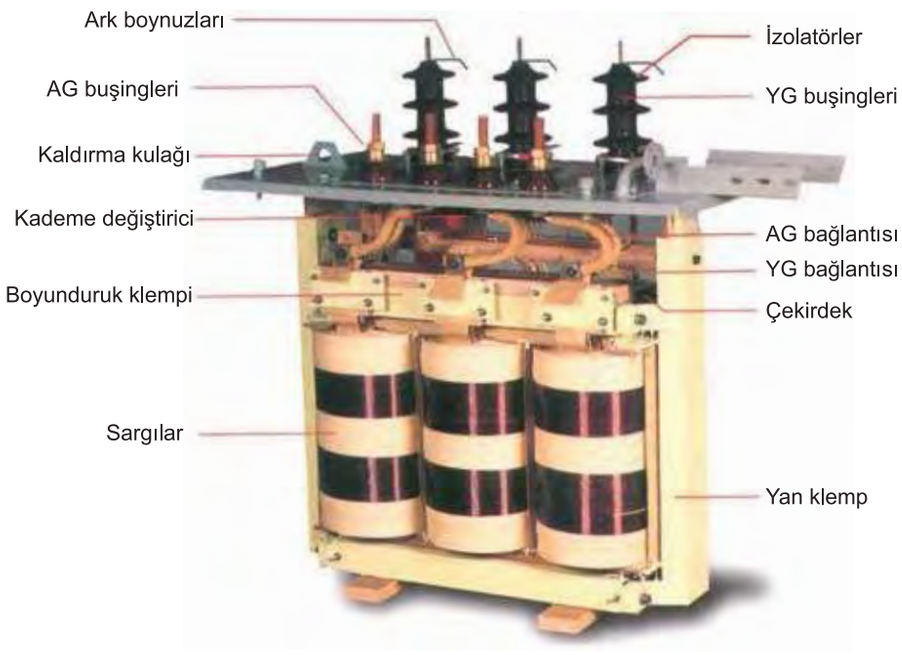
Yağlı Tip Transformatörler: Transformatörün çalışması sırasında istenmeyen enerji olarak ısı ortaya çıkar. Bu ısının transformatöre zarar vermemesi için ortamdan uzaklaştırılması ve transformatörün soğutulması gereklidir. Yağlı tip transformatörler soğutma işlemini içerisinden yağ geçirerek yapar. Transformatör içindeki yağın kesinlikle nemsiz olması gerekir. Nem, transformatör içinde korozyon ve buna bağlı olarak yağın izolasyonunun (yalıtım) zayıflamasına, transformatörün sargılarının delinmesine ve daha çabuk arızalanmasına neden olur.

Rezerve (Yağ Genleşme) Tanklı Yağlı Tip Transformatörler: Üç faz sargıları yağa daldırılmış ve genleşme depolu transformatörlerdir. Görsel 3.10'da yağlı tip transformatörlerin dış elemanları yer almaktadır. Bu tip transformatörler atmosfere açık olduğu için transformatör içindeki yağ belirli aralıklarla kontrol edilmeli ve gerektiğinde değiştirilmelidir.



Görsel 3.10: Rezerve (Yağ Genleşme) tanklı yağlı tip transformatör dış elemanları

Görsel 3.11'de yağlı tip transformatörün iç yapısı görülmektedir. Transformatörün iç kısmında çekirdek, sargılar ve iç bağlantı parçalarının tutturulmasını sağlayan klempler bulunmaktadır.



Görsel 3.11: Yağlı tip transformatör iç elemanları

Hermetik Tip Transformatörler: Tam kapalı tip transformatörlerdir. Fabrika ortamında vakumlanmış tanka yağ basılıp kapatılmıştır. İçindeki yağın hava ile teması olmadığından oksitlenme ve nem oluşmaz. Isınmadan dolayı oluşabilecek genleşme ve iç basınç uzayıp kısalabilen petek yapısı sayesinde dengelenir. Bundan dolayı transformatörün dayanım ömrü daha uzun olup bakım ihtiyaçları azdır (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Hermetik tip transformatör

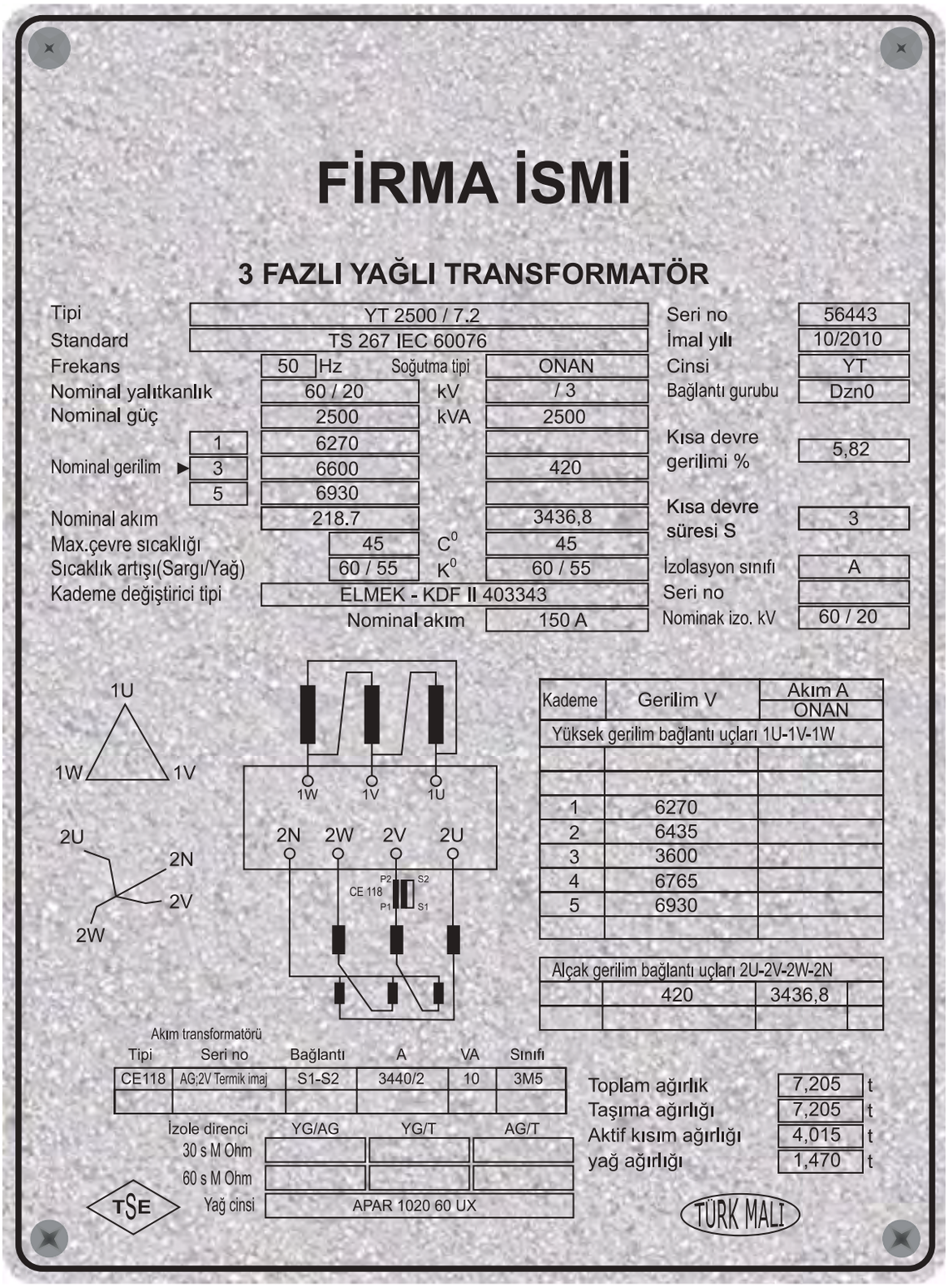
Kuru Tip Transformatörler: Manyetik devresi ve sargıları yalıtıcı bir sıvıya daldırılmamış olan transformatördür (Görsel 3.13). Sargılar cam elyaf takviyeli epoksi ile örtülmüş ve yalıtılmıştır. Soğutma ortamı havadır. Bu transformatörlerde yağ tankı ve radyatör olmadığı için daha az yer kaplar. Bakımları kolaydır. Yangın ve patlamaya karşı daha güvenlidir ayrıca arızalanan sargıları kolaylıkla değiştirilebilir.



Görsel 3.13: Kuru tip transformatör

3.2.2.5. Transformatör Etiket Bilgileri

Transformatör etiketi, transformatör gövdesine sabitlenmiş ve tüm teknik bilgilerin yazılı olduğu plakadır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: Transformatör etiketi

Etiket Bilgilerinin Açıklanması

Marka veya Firma İsmi: Transformatörü yapan firmanın ismidir.

Tip: Transformatörün üretim şeklini gösterir.

Standart: Hangi standarda göre üretildiğini gösterir.

Frekans: Transformatörün çalışma frekansını gösterir. Türkiye'de 50 Hz kullanılmaktadır.

Nominal Yalıtkanlık: Transformatörün dayanabileceği yüksek gerilim miktarını gösterir.

Nominal Akım: Primer / sekonderden devamlı çekilecek akımı belirtir.

Max Çevre Sıcaklığı: Transformatörün bulunduğu max ısı ortamını belirtir.

Seri No.: Transformatörün seri numarasıdır.

İmal Yılı: Transformatörün yapıldığı yıldır.

Nominal Güç: Çekilecek gücü ifade eder. Birimi **kVA**'dir.

Kademe Etiketi: Bulunduğu kademedeki gerilim değerini gösterir.

Bağlantı Grubu: Transformatörün primer ve sekonder sargılarının hangi bağlantı grubunda sarıldığını belirtir.

İzole Seviyesi: Test edilen YG izolasyon seviyesidir.

Nominal Kısa Devre Gerilimi: Transformatörün nominal % Uk kısa devre gerilimidir.

Max Kısa Devre Süresi: Transformatörün kısa devreye dayanma süresidir.

Soğutma Şekli: ONAN doğal soğutma, ONAF fanla soğutma, OFAF fan ve sirkülasyon pompası ile soğutmadır.

Boşta Akım I0: Yüksüzken çekebileceği % olarak akım değeridir.

İzolasyon Direnci Test Değerleri Tablosu: Transformatörün fabrikada yapılan test değerleridir.

Toplam Ağırlık: Transformatörün parçaları ile birlikte komple ağırlığıdır.

Yağ Ağırlığı: Transformatördeki toplam yağ ağırlığıdır.

Yağ Cinsi: Transformatörlerde kullanılan yağın markasını ve cinsini belirtir.

Kazandan Çıkarılan Kısmın Ağırlığı: Nüve ve sargıların ağırlığıdır.

3.2.2.6. Transformatörlerin Kademe Değişimi

Transformatörün beslediği sistem gerilimi olması gereken değerden farklıysa kademe değiştirici ayarı yapılarak istenen değerlere getirilir. Bu işlem iki şekilde yapılabilir.

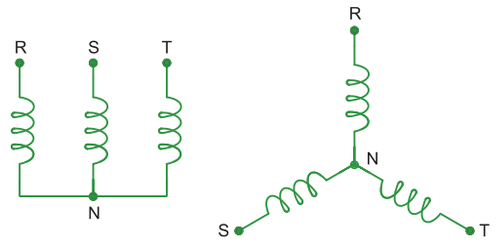
Yük Altında Kademe Değişimi: Transformatör etiketine bakılarak değiştirilmesi gereken kademe elle veya otomatik kumanda sistemleriyle değiştirilir.

Yüksüz Kademe Değişimi: Transformatörün enerjisi kesilerek etiket bilgilerinde yer alan kademe değişikliği yapılır.

3.2.2.7. Transformatörlerin Bağlantı Grupları

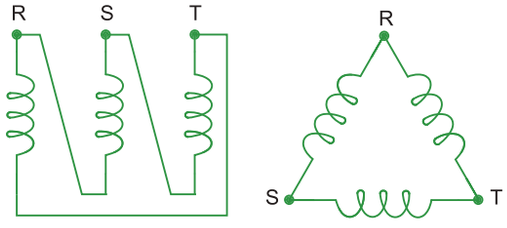
Transformatörlerde Bağlantı Şekilleri

Yıldız Bağlantı: Y veya **y** harfiyle gösterilir. Primer ve sekonder bu şekilde bağlanabilir. Her faz sargısının giriş veya çıkış uçları birleştirilerek orta nokta oluşturulur. Bu bağlantıya yıldız noktası denir. Şebekeyle bu nokta birleştirilerek boşta kalan uçlar üç fazlı gerilim hattına bağlanır. Bu bağlantı türünde ortak olan uç nötr ucudur (Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Yıldız bağlantı

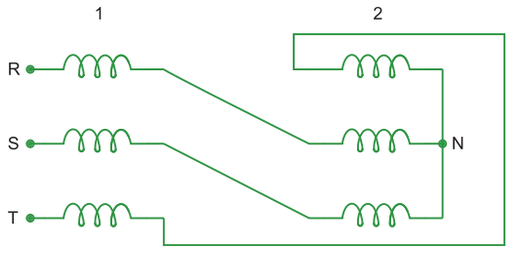
Üçgen Bağlantı: D veya **d** harfiyle gösterilir. Her faz sargısının giriş ucu, diğer sargının çıkış ucuyla birleştirilir. Bu bağlantı hem primer hem de sekonder uçlarında aynı şekilde yapılır. Bu bağlantı türünde ortak nötr ucu yoktur (Görsel 3.16).



Görsel 3.16: Üçgen bağlantı

Zikzak Bağlantı: Z veya **z** harfiyle gösterilir. Bu bağlantı transformatörün sadece sekonder bağlantısına uygulanır. Sekonderde aynı faza ait eşit gerilimli iki sargısı bulunmalıdır.

Primer sargılar yıldız veya üçgen bağlanır. Transformatör fazları eşit yüklenmediği zaman fazlar arası güç dengesi bozulabilir. Bu bağlantıyla denge sağlanmaya çalışılır. Yıldız bağlantı özelliğini taşıdığı için nötr ucu vardır (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Zikzak bağlantı

Grup Açısı: Bir transformatörde primer sargının bir fazına gerilim verildiğinde aynı fazın sekonder gerilimi ile primer gerilimi arasında oluşan faz açısına denir. Bu açı değeri 30^0'ye bölünerek bir katsayı oluşturulur.

Katsayı	Açı
0 (katsayı)x(grup açısı)	0x30°=0°
1 (katsayı)x(grup açısı)	1x30°=30°
5 (katsayı)x(grup açısı)	5x30°=150°
6 (katsayı)x(grup açısı)	6x30°=180°
7 (katsayı)x(grup açısı)	7x30°=210°
11 (katsayı)x(grup açısı)	11x30°=330°

Genellikle güç trafoları bağlantı şekilleri iki harf ve bir rakamla belirtilir.

1. harf büyük ve primer sargı bağlantısını (Y, D, Z gibi) gösterir.
2. harf küçük ve sekonder sargı bağlantısını (y, d, z gibi) gösterir.
3. rakam grup açı sabitini verir.

ÖRNEK

Yd1 grup bağlantı bilgilerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Yd1
1. harf **Y** primer bağlantı sargısı yıldız
2. harf **d** sekonder bağlantı sargısı üçgen
3. rakam 1 ise grup açı sabiti yani 1x30= 30^0 olarak bulunur.

ÖRNEK

Yz11 grup bağlantı bilgilerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Yz11
1. harf **Y** primer bağlantı sargısı yıldız
2. harf **z** sekonder bağlantı sargısı zikzak
3. rakam 11 ise grup açı sabiti yani 11x30= 330^0 olarak bulunur.

3.2.2.8. Transformatörlerde Soğuma Şekilleri

Transformatörler çalışma sırasında kayıplardan dolayı ısınır. Hareketli parçası olmadığı için soğutulması gerekir. En çok kullanılan soğutma yöntemleri dört harf ile gösterilip bu harflerin yan yana gelmesiyle isimlendirilir.

(O) OIL Yağla soğutma	**(N) N**ATURAL Doğal soğutma	**(A) A**IR Havayla soğutma	**(F) F**ORCED Zorlanmış soğutma

ONAN (Oil Natural Air Natural) Soğutma

Bu soğutma için ayrıca enerji harcanmaz. Transformatör içinde oluşan ısı soğuk ve sıcak yağın kendiliğinden (doğal) yer değiştirmesiyle radyatörlere transfer edilir. Burada soğuyan yağ tekrar transformatör içine girerek sürekli bir döngüyle soğutma işlemi gerçekleşir (Görsel 3.18).

ONAF (Oil Natural Air Forced) Soğutma

Yağın doğal yer değiştirmesi ile ısı transferi yapmasının yanında radyatörlerde bulunan fanlara enerji verilerek daha hızlı soğumaları sağlanır. Enerji kullanıldığı için zorlanmış soğutmadır (Görsel 3.19).

OFAF (Oil Forced Air Forced) Soğutma

Yağın transferinin daha hızlı sağlanması için yağ pompası ve radyatörlerde fanlar kullanılır. Hem yağ pompası hem de fanlara enerji verilir. Enerji kullanıldığı için zorlanmış soğutmadır (Görsel 3.20).



Görsel 3.18: ONAN soğutmalı transformatör



Görsel 3.19: ONAF soğutmalı transformatör



Görsel 3.20: OFAF soğutmalı transformatör

3.2.2.9. Transformatörlerin Paralel Bağlantısı

Transformatörün beslediği yük miktarı artıp verebileceği güç, nominal gücünü geçerse ya daha büyük güçlü bir transformatörle değiştirilmeli ya da bu gücü paylaşacak ikinci bir transformatör paralel bağlanarak kullanılmalıdır. Paralel bağlantı tercih edilecekse aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir.

- Transformatörlerin bağlantı grupları aynı olmalıdır. Örneğin Dy5 bağlantı grubu yine Dy5 bağlantı grubuna sahip diğer transformatör ile paralel bağlanabilir.
- Her iki transformatörün de dönüştürme oranları ve primer sekonder gerilimleri aynı olmalıdır. Dönüştürme oranlarında fark olan transformatörlerde kısa devre empedans gerilim değerleri %10'dan küçükse kabul edilir.
- Transformatörlerin nominal güçleri eşit olmalıdır. Gerekli görüldüğü zaman bu oran 1/3 yapılabilir. 60 MVA bir güç için transformatörlerden biri 50 MVA diğeri 20 MVA veya 40 MVA-20 MVA olarak seçilebilir.
- Transformatörlerin faz sıralaması aynı olmalıdır. İlk transformatör primer-sekonder-RST fazı ile diğer transformatörün primer-sekonder-RST faz sıralaması aynı olmalıdır.
- Kısa devre gerilimleri ($\%U_k$) aynı veya %10'dan büyük olmamalıdır. Bu şartın sağlanması transformatörlerin aşırı yüklenmesini engeller. Farklı güçteki transformatörler paralel çalıştığında küçük güçlü olan transformatörün aşırı yüklenmesini engellemek için kısa devre geriliminin daha büyük olması gerekir.

3.2.2.10. Transformatörlerde Yapılan Testler

Transformatörler olumsuz etkilere karşı dayanımlarının ve çalışma performanslarının kontrolü için bir dizi teste tabi tutulur. Yapılacak testlerin metotları, kabul kriterleri, izlenebilirliği ve üretici firma tarafından garanti edilen değerlerin uygunluğu önceden belirlenmiş, resmî makamlarca onaylanmış ve belgelendirilmiş olmalıdır.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE), TS 267 standardı ile güç ve dağıtım transformatörleri için yapılacak testleri üç ana başlık altında toplamıştır.

Rutin Test: Üretilen her transformatöre ayrı ayrı yapılması gereken testlerdir.

Tip Test: Üretilen transformatörlerden rastgele seçilen biri üzerinde yapılan testlerdir. Tip testin yapılacağı transformatörün yapısal özellikleri ve üretici firma tarafından beyan edilen değerleri (güç, gerilim, akım vb.) üretilen transformatörlere eş değer olmak zorundadır.

Özel Test: Rutin ve tip test gibi zorunluluğu olmayan ancak alıcı firma tarafından önceden talep edildiğinde yapılan testlerdir.

Tablo 3.2'de transformatörlerde yapılan testlerin detayları görülmektedir.

Tablo 3.2: Transformatörlerde Yapılan Testler

	Yapılan Bazı Rutin Testler	Açıklama
1	**Çevirme Oranı Ölçümü ve Bağlantı Grubu Kontrolü**	Sargıların boştaki gerilimleri ölçülür. Dönüştürme oranı hesaplanıp etiket değerleri ile doğrulaması yapılır. Bağlantı grupları ve sargıların kontrolü yapılır.
2	**Sargı Dirençlerinin Ölçümü**	Bu ölçüm iki şekilde yapılabilir. a) Sargılara DC gerilim verilerek gerilim düşümü ve direnci hesaplanabilir. b) Transformatör AG sargısı düşük olacağı için mikroohmmetre ile ölçülebilir.
3	**Kısa Devre Empedansı ve Yükteki Kaybın Ölçümü**	Test transformatörü ve güç analizörü ile ölçülür. Transformatörün yük altındaki performansının ölçülmesidir.
4	**Boştaki Kayıp ve Akımın Ölçümü**	Transformatörün sekonder uçları açık devre olarak bırakılır. Primer sargıya anma gerilim ve frekansı uygulanır. Bu aşamada çekilen akım boştaki akım, harcanan güç de boştaki kayıp güçtür.
5	**Şebeke Frekanslı Yalıtım Testi**	Transformatörün etiketinde yer alan yalıtım seviyesine uygun test gerilimleri, yüksek gerilim test transformatörleri ile test edilecek transformatörün primer ve sekonder tarafına ayrı ayrı uygulanır. Test öncesi primer terminaller kendi aralarında kısa devre edilir. Sekonder terminaller ve kazan kendi aralarında kısa devre edilerek topraklanır. Bu testin amacı, üretici firmanın beyan ettiği yalıtım seviyesini doğrulamaktır.
6	**Uygulanan Gerilim Testi**	Transformatörlerde bulunan sargıların birbirlerine ve diğer tüm bileşenlerine (nüve, tank ve tüm metal kısımlar) göre yapılan yüksek gerilim izolasyon testidir.

	Yapılan Tip Testler	Açıklama
1	**Sıcaklık Artış Testi**	Değişik yük değerlerine göre soğutma sisteminin yeterliliği ölçülür. Transformatörün içinde çeşitli yerlere termometreler yerleştirilir. Sekonder kısa devre edilip, primer sargısına anma akımından biraz fazla akım verilerek ısınması sağlanır. Bu ısıdaki artış belirli aralıklarla kontrol edilip hesaplanarak bulunan sonuçlar etiket değerleriyle karşılaştırılır.
2	**Yıldırım Darbe Testi**	Yıldırım etkisi oluşturması için şok jeneratöründen transformatör terminallerine çok yüksek gerilim uygulanarak dayanımları ölçülür.

	Yapılan Bazı Özel Testler	Açıklama
1	**Açma-Kapama (Manevra) Darbe Ölçümü**	Transformatör yalıtımının manevra sırasında oluşan aşırı gerilimlere karşı dayanımını doğrulamak amacıyla uygulanır.
2	**Sıfır Empedans Ölçümü**	Transformatörün farklı yükler karşısındaki özelliklerinin ölçülmesi ve buna uygun hesaplamaların yapılabilmesi için uygulanır.
3	**Gürültü Seviyesi Ölçümü**	Transformatörün oluşturduğu ses seviyesinin ölçülmesidir.
4	**Akım ve Gerilim Harmoniklerinin Ölçümü**	AC enerji üretiminde harmonik akım veya gerilim değerinin saf sinüs eğrisinden uzaklaşarak kalitesiz bir eğri oluşturmasıdır. Bu durum hassas elektronik cihazların arızalanmasına neden olabilir. İstenen seviyede olup olmadığı enerji analizörleri ile ölçülür.
5	**Yalıtkanlık Direnci Ölçümü**	Bu ölçümde yalıtım ölçen cihaz **megaohmmetre** ya da kısaca **megger** cihazı kullanılır. Bu cihaz 500-15000 VDC gerilim üretebilir. Bu sayede sargılar, gövde veya diğer bileşenler arasındaki akım geçişi ile yalıtım direnci ölçülür.

Transformatörlerde Yağ İzolasyon Testi

Yağ, transformatörde soğutma işlevini gerçekleştirirken, aynı zamanda yalıtım sağlar ve diğer iç ekipmanların hava ile temasını keserek korozyon etkisini azaltır. Periyodik bakım ve onarım zamanlarında transformatör içindeki yağın kontrol edilmesi gerekir. Yağın saydamlığı, rengi gibi fiziksel kontrollerin yanında izolasyon durumunun da ne düzeyde olduğuna bakılmalıdır. Yağ izolasyon testi, yağın elektriksel geçirgenliği hakkında bilgi verecektir.

İzolasyonu azalmış bir yağ, transformatörün ömrü için ciddi bir risk oluşturur. Standartlara göre yağın delinme gerilimi 2,5 mm elektrot aralığında 50 kV olmalıdır. Daha aşağı gerilimlerde yağ delinmesi gerçekleşiyorsa yağın tamamen temizlenmesi veya tümüyle değiştirilmesi gerekir. Yağ izolasyon cihazları bu amaç için kullanılır (Görsel 3.21).



Görsel 3.21: Transformatör yağ izolasyon test cihazı

3.2.2.11. Transformatörlerde Bakım ve Kontroller

Transformatörlerin bakım ve kontrolleri Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Transformatörlerde Bakım Aralıkları ve Kontrol Noktaları

Transformatör Bakım Önerileri ve Kontrol Noktaları			
Ana Tank Üzerinde	**Bakım Aralığı**	**Koruma ve İzleme Elemanları**	**Bakım Aralığı**
Yağ sıcaklık kontrolü	1 ay	Termometrelerin kontrolü	1 yıl
Nem alıcı kontrolü	1 ay	Yağ seviye göstergeleri kontrolü	1 yıl
Yağ seviye kontrolü	1 ay	Akım transformatörleri sağlamlık kontrolü	1 yıl
Yağ kaçak kontrolü	1 ay	Topraklama sıkılık kontrolü	1 yıl
Boya ve yüzey temizlik kontrolü	1 yıl	Kazan yüzeyi boya ve temizlik kontrolü	1 yıl
Topraklama sistemi kontrolü	1 yıl	Buchholz rölesi kontrolü	1 yıl
Yağ analizi	2 yıl	Basınç giderme ventili kontrolü	1 yıl

Tablo 3.4: Transformatörlerin Genel Kontrolü, Arızaları ve Yapılacak İşlemler

Genel Kontrol ve Arızalar	Yapılacak İşlemler
YG ve AG buşingleri kırık veya çatlak olabilir.	Kırık veya çatlaklar yenisi ile değiştirilir.
Hava kurutucusunda (silicagel kabı) bulunan silicagelin rengi, miktarı ve pembeleştiği kısım kontrol edilir.	Silicagelin rengi normalde **mavi** olup **pembe** hâle gelmişse kurutulur veya yenisiyle değiştirilir.
Transformatör YG ve AG buşing diplerinden yağ kaçağı kontrol edilir.	Yağ kaçağı var ve buşing contaları sağlamsa buşing somunları sıkılır, değilse yenisi ile değiştirilir.
Ark boynuzlarının düzgün ve standarda uygun olup olmadığı kontrol edilir.	Düzgün değilse atlama aralığı standart ölçüsüne göre ayarlanır.
Yağ ve sargı ısı göstergeleri varsa bunların kontrolü yapılır.	Isı ayarları uygun değilse standart ölçülere göre ayarlanır.
Buchholz rölesi varsa yağ seviyesi ve elektriksel bağlantısı kontrol edilir.	Yağ eksikse tamamlanır, Buchholz rölesi elektriksel bağlantıları düzeltilir.
Çift kadranlı termometre varsa elektriksel bağlantı ve temizlik kontrolü sağlanır.	Bağlantılar gevşekse düzeltilir.
Yağ seviye göstergesi sağlamlık ve gösterge seviyesinin kontrolü yapılır.	Gösterge camı kırıksa değiştirilir. Yağ eksikse tamamlanır.
Transformatör yağının izolasyon seviyesi periyodik olarak test edilir.	Test değeri düşükse yenisi ile değiştirilir. Yağ eksikse aynı özellikteki (marka) yağ ilave edilir.
Transformatör yağ boşaltma vanası ve tapası kontrol edilir.	Yağ kaçağı varsa giderilir.
Transformatörün yüzey temizliği kontrol edilir.	Gerekli görülürse transformatör temizlenir. Radyatörlerde yağ kaçağı varsa giderilir. Boya gerekiyorsa boya yapılır.
YG ve AG buşinglerindeki somun ve kablo pabuçları kontrol edilir.	Gevşekse sıkılır.
Transformatörün koruma topraklaması cıvata ve somunları kontrol edilir.	Gevşekse sıkılır.
Transformatörün frenleme saplamaları kontrol edilir.	Gevşekse sıkılır.
Kademe değiştirici kontrol edilir.	Arızalıysa değiştirilir.

Dağıtım Transformatörü Gerilim Seviyelerinin Kontrol Edileceği Noktalar

- YG sigortası gerilim kontrolü yapılır.
- Transformatör YG buşingleri gerilim kontrolü yapılır.
- Transformatör AG buşingleri gerilim kontrolü yapılır.
- AG pano otomatik (termik manyetik) şalter giriş terminallerinden gerilim kontrolü yapılır.
- AG pano baralarından gerilim kontrolü yapılır.

Dağıtım Transformatörlerinin Sekonder Devrelerinde Dengesiz Yüklerin Doğurabileceği Sonuçlar

- Transformatörlerin fazla akım çekilen sekonder sargılarında ısınma oluşur.
- Aynı faz üzerinde uç noktalardaki abonelerde gerilim düşümleri oluşur.

- Aynı fazdan beslenen abonelerde gerilim düşmesi sonucunda fazla akım çekilir.
- Aynı fazdan beslenen abonelerin elektrik ile beslenen cihazlarında arızalar oluşabilir.
- Çekilen akım, termik manyetik şalterin termik ayarının üzerine çıkarsa bu şalterin açılmasına ve abonelerin elektriksiz kalmasına neden olur.
- Aşırı yüklenen faz, faz kaymasından dolayı geriliminin düşmesine ve diğer fazların gerilimlerinin yükselmesine neden olur.
- Dengesiz yüklenmeden dolayı şebeke nötr hattında istenmeyen gerilim oluşur.

Bakım ve onarımlarda gerekli iş güvenliği malzemeleri kullanılmalıdır. Bazı iş güvenliği malzemeleri Görsel 3.22'de verilmiştir.



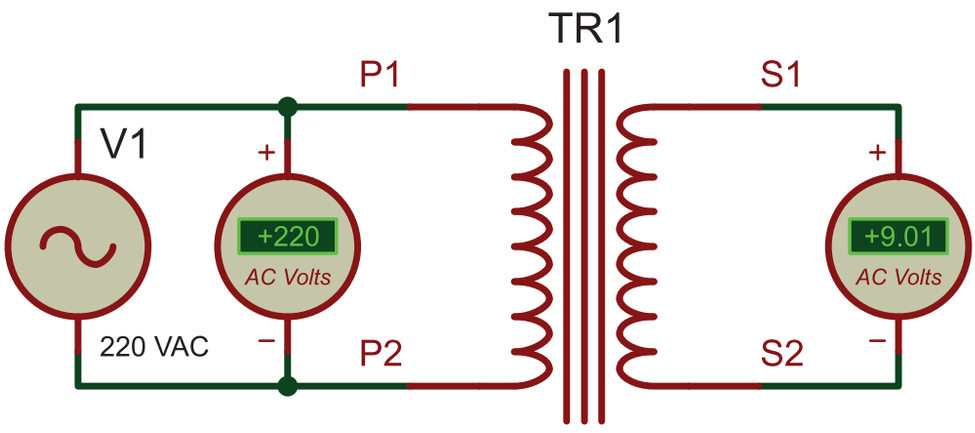
Görsel 3.22: Bazı yüksek gerilim iş güvenliği malzemeleri

TEMRİN ADI TEK FAZ TRANSFORMATÖR DÖNÜŞÜM ORANINI HESAPLAMA | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.1**

AMAÇ

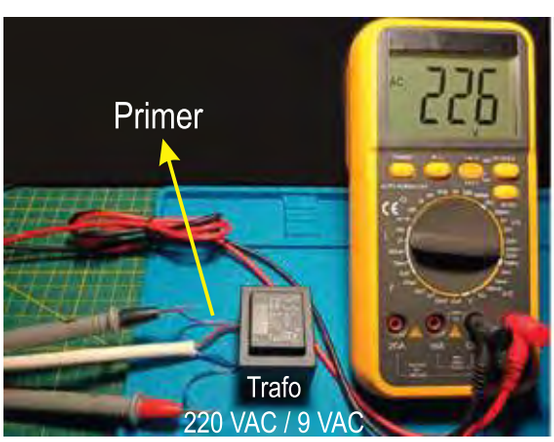
Tek faz transformatör dönüşüm oranını hesaplamak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



220 VAC / 9 VAC

- a -



- b -



- c -

Görsel 3.23: a,b,c) Tek faz transformatör dönüşüm oranı hesaplama devresi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Transformatör	220 VAC / 9-12 VAC	1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

TEMRİN ADI	TEK FAZ TRANSFORMATÖR DÖNÜŞÜM ORANINI HESAPLAMA	SÜRE:40 Dakika
		Temrin No.:3.1

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde Görsel 3.23: a'daki devreyi kurunuz.
3. Multimetreyi AC (V~) gerilim en yüksek kademesine alınız.
4. Görsel 3.23: b'deki gibi bağlantıları yapıldıktan sonra öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Multimetrede ölçtüğünüz primer gerilim değerini tablodaki ilgili alana yazınız ve devre enerjisini kesiniz.
6. Görsel 3.23: c'deki gibi bağlantıları yapıldıktan sonra öğretmen kontrolünde enerji veriniz.
7. Multimetrede ölçtüğünüz sekonder gerilim değerini tablodaki ilgili alana yazınız.
8. Devre enerjisini keserek çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.
9. Aldığınız ölçüm sonuçlarına göre dönüşüm oranını hesaplayıp tablodaki ilgili alana yazınız.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ölçülen primer gerilimi	.....VAC
Ölçülen sekonder gerilimi	.....VAC
Dönüşüm oranı	.....

SORULAR

1. Primer gerilimi olarak AC yerine DC gerilim verilmiş olsaydı sonuç nasıl olurdu?
2. Dönüşüm oranı hesaplanan veya bilinen transformatörlerde sekonder geriliminin ölçülmesi ile primer gerilim değeri bulunabilir mi?

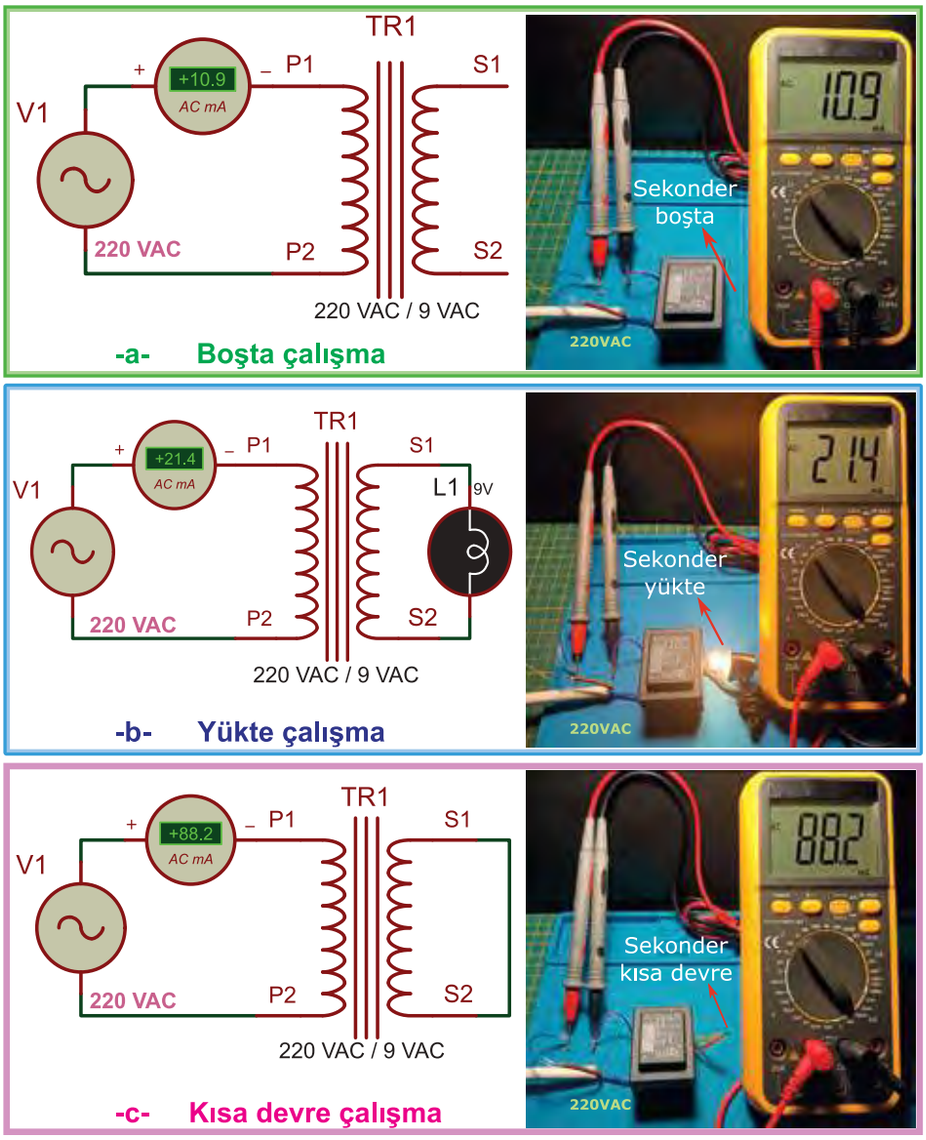
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin kurulması ve bağlantılarının yapılması	20	
Sınıfı :	Multimetre ile gerilimlerin ölçülmesi	20	
No. :	Dönüşüm oranının hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI	TEK FAZ TRANSFORMATÖR, PRİMER DEVRESİ (BOŞTA-YÜKTE-KISA DEVRE) ÇALIŞMA UYGULAMASI	SÜRE:40 Dakika	Temrin No.:3.2

AMAÇ

Tek faz transformatör primer devresinin çalışmasını gözlemlemek.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.24: a,b,c) Tek faz transformatör çalışma durumları

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Transformatör	220 VAC / 9-12 VAC	1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet
Lamba	9-12 volt	1 adet

TEMRİN ADI	TEK FAZ TRANSFORMATÖR, PRİMER DEVRESİ (BOŞTA-YÜKTE-KISA DEVRE) ÇALIŞMA UYGULAMASI	SÜRE:40 Dakika Temrin No.:3.2

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde Görsel 3.24: a'daki devreyi kurunuz.
3. Multimetreyi AC (A~) akım en yüksek kademesine alınız (Daha sonra ölçebileceğiniz kademeye kadar indirebilirsiniz.) ve Görsel 3.24: a'daki gibi bağlayınız.
4. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz multimetrede ölçülen akım değerini tablodaki **transformatör boşta çalışma akımı** kısmına yazınız.
5. Devre enerjisini kesip Görsel 3.24: b'deki devreyi kurunuz. Sekonder uçlarına yük oluşturacak lambayı bağlayınız. (Kullandığınız lamba geriliminin transformatörün sekonder geriliminden küçük olmamasına dikkat ediniz.)
6. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz ve multimetrede ölçülen akım değerini tablodaki **transformatör yükte çalışma akımı** kısmına yazınız.
7. Devre enerjisini kesip Görsel 3.24: c'deki devreyi kurunuz. Sekonder uçlarını (S1-S2) kısa devre ediniz.
8. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz ve multimetrede ölçülen akım değerini tablodaki **transformatör kısa devre çalışma akımı** kısmına yazınız. (Kısa devre çalışmada transformatöre zarar vermemek için ölçüm süresini kısa tutunuz.)
9. Devre enerjisini keserek çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.
10. Aldığınız ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Transformatör boşta çalışma akımı	.....
Transformatör yükte çalışma akımı	.....
Transformatör kısa devre çalışma akımı	.....

SORULAR

1. **Transformatörün boşta çalışırken çektiği akımın olumsuz tarafı nedir?**
2. **Yaptığınız uygulama sonuçlarını ideal transformatör ile karşılaştırınız.**

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin kurulması ve bağlantılarının yapılması	20	
Sınıfı :	Multimetre ile akımların ölçülmesi	20	
No. :	Ölçümlerin yorumlanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜ ARK BOYNUZLARI İLE NEM ALICI GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI

SÜRE:80 Dakika

Temrin No.:3.3

AMAÇ

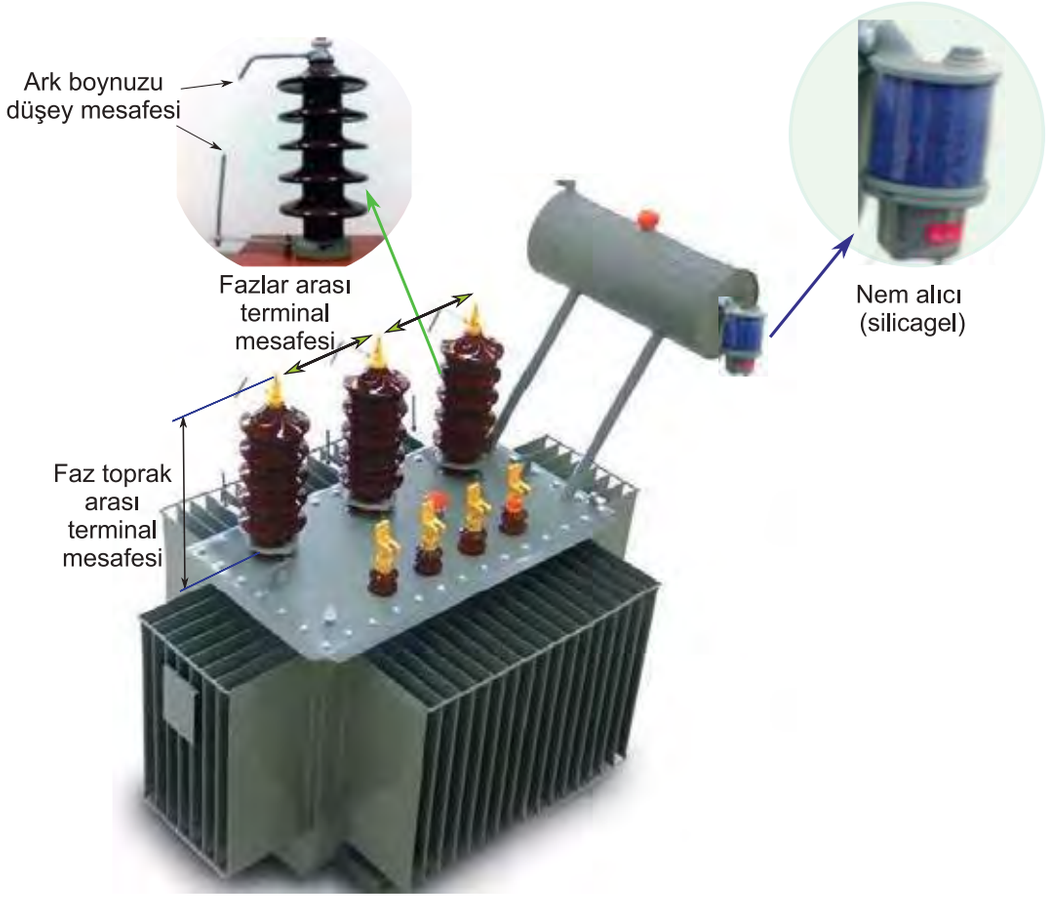
YG transformatörlerinde ark boynuzları ile nem alıcı kontrol ve bakımını yapmak.

GİRİŞ: Ark boynuzları, transformatör girişlerinde oluşabilecek yüksek gerilimin transformatör girişlerine ulaşmadan toprağa aktarılmasını sağlar. Tablo 3.5'te ark boynuzları standart mesafe değerleri verilmiştir. Nem alıcı ise transformatör yağının içinde oluşan nemi almak için kullanılır. Kuru olduğunda rengi mavi, ortam nemlenmeye başladıkça pembeye döner. Görsel 3.25'te ark boynuzları ve nem alıcı görülmektedir.

Tablo 3.5: Ark Boynuzları Standart Mesafeleri

Ark Boynuzlarında Olması Gereken Mesafe ve Aralıklar			
Anma Gerilimi	Ark Boynuzu Düşey Mesafe	Terminal Mesafeleri	
		Fazlar Arası	Faz Toprak Arası
(kV)	(mm)	(mm)	(mm)
10	85	110	115
15	115	150	160
30	220	280	325

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.25: YG transformatör ark boynuzları ve nem alıcı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Cetvel	50 cm cetvel	1 adet
Multimetre	AC gerilim ölçme	1 adet
YG-OG transformatörü	YG veya OG transformatörü	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Transformatör enerjisini kontrol merkezi tarafından kestiriniz ve multimetreyle kontrolünü yapınız.
3. Transformatör YG, AG girişleri ve ana gövdeyi güvenlik amaçlı topraklayınız.
4. Transformatörün etiketinden okuyacağınız anma gerilim değerini tablodaki ilgili alana yazınız.
5. Tablo 3.5'te bulunan değerlere göre transformatörün ark boynuz mesafelerini cetvelle kontrol edip tablodaki ilgili alana yazınız.
6. Transformatörün nem alıcı (silicagel) rengini kontrol ediniz. Tablodaki ilgili alana yazarak yorumlayınız.
7. Nem alıcının rengi pembe veya pembeye yakınsa değiştiriniz.
8. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz ve transformatör topraklamalarını kaldırınız.
9. Kontrol merkezine bakım ve onarımların bitirildiğini bildiriniz.
10. Malzemeleri teslim ederek, transformatör kabininden çıkıp kabini kilitleyiniz.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Transformatör anma gerilimi	V		
1.Ark boynuzu düşey mesafesi	.....mm	**1.Faz-2.faz arası mesafe**	.....mm
2.Ark boynuzu düşey mesafesi	.....mm	**2.Faz-3 faz arası mesafe**	.....mm
3.Ark boynuzu düşey mesafesi	.....mm	**Nem alıcı (silicagel) rengi**	.....

SORULAR

1. Bakım öncesi transformatörün tüm bağlantı uç ve gövde topraklaması neden yapılır?
2. Ark boynuz mesafelerinin birbirine yakın veya uzak olmasının ne gibi sonuçları olur?
3. Nem alıcının rengi neden önemlidir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Transformatör uçlarının topraklamasını yapmak	20	
Sınıfı :	Ark boynuz mesafelerini standarda göre ayarlamak	20	
No. :	Nem alıcı rengi gözlemleyip yorumlamak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI TRANSFORMATÖR YAĞ İZOLASYON TESTİ UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.4**

AMAÇ

YG transformatörlerinde yağ izolasyon testini yapmak.

GİRİŞ: Yağ izolasyon testi, transformatör kazanı içinde bulunan yağın yüksek gerilime ne kadar dirençli olduğunu ölçen bir testtir. Alınan yağ numunesinin delinme gerilimi 2,5 mm elektrotlar arası mesafe de en az 50 kV olmalıdır. İzolasyon test cihazı bu amaçla kullanılır (Görsel 3.26).

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.26: Yağ izolasyon test cihazı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Numune kabı	Koyu renkli, kapaklı cam veya plastik	1 adet
Multimetre	AC gerilim ölçme	1 adet
YG-OG transformatörü	YG veya OG transformatörü	1 adet

TEMRİN ADI	TRANSFORMATÖR YAĞ İZOLASYON TESTİ UYGULAMASI	SÜRE:80 Dakika
		Temrin No.:3.4

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Transformatör enerjisini kontrol merkezi tarafından kestiriniz ve multimetreyle kontrolünü yapınız.
3. Transformatör YG, AG girişleri ve ana gövdeyi güvenlik amaçlı topraklayınız.
4. Numune almadan önce yağ vanasını temizleyip açınız, kirli olan yağın bir miktarını kirli yağ kabına akıtınız.
5. Numune kabını üst kısmında 1,5-2 cm kalıncaya kadar doldurunuz ve kapağı sızdırma yapmayacak şekilde kapatınız.
6. Numune aldığınız transformatörde yağ seviyesinin düşüp düşmediğini kontrol ediniz ve aldığınız yağ numunesine tanıtma kartı hazırlayınız.
7. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz ve transformatör topraklamalarını kaldırınız.
8. Bakım ve onarımların bitirildiğini kontrol merkezine bildiriniz.
9. Malzemeleri teslim ederek, transformatör kabininden çıkıp kabini kilitleyiniz.
10. Aldığınız yağ numunesini, ilgili tanıtma kartıyla birlikte yağ izolasyon test cihazının bulunduğu laboratuvara test edilmesi için veriniz.
11. Yaptığınız işlemleri tablodaki ilgili alanlara yazınız.
12. Test sonuçlarına göre ilgili transformatör yağının değişip değişmeyeceğine karar veriniz.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Transformatör Yağı Numune Alma İşlemleri	Yapılan işlem
Transformatör yağ vanası temizliği	.....
Numune kabına yağ numunesinin alımı	.....
Transformatör yağ vanası kontrolü	.....
Transformatör yağ seviyesi kontrolü	.....
Numune tanıtma kartı hazırlama	.....

SORULAR

1. **Transformatörlerde yağ izolasyon testi neden önemlidir?**
2. **İzolasyonu bozulmuş yağın ne gibi zararları olabilir?**

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Transformatör uçlarının topraklamasını yapmak	20	
Sınıfı :	Transformatör yağ vanasından yağ numunesi almak	20	
No. :	Yağ numunesine göre karar vermek	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.5**

AMAÇ

Dağıtım transformatörlerinde belirli aralıklarla yapılması gereken kontrol ve bakımları yapmak.

GİRİŞ: Kontrol ve bakımlar, transformatörlerin daha güvenli ve uzun ömürlü olmaları açısından önemlidir. Dağıtım transformatörlerinin belirli aralıklarla kontrol ve bakımlarının yapılması gerekir.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Alet takımı	Gerekli lokma takımı, el aletleri, cetvel vb.	1 adet
Multimetre	AC gerilim ölçme	1 adet
YG-OG transformatörü	YG veya OG transformatörü	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Transformatör enerjisini kontrol merkezi tarafından kestiriniz ve multimetreyle kontrolünü yapınız.
3. Transformatör YG, AG girişleri ve ana gövdeyi güvenlik amaçlı topraklayınız.
4. YG ve AG buşinglerini kontrol ediniz.
5. Nem alıcı rengini kontrol ediniz. Rengi pembeyse kurutunuz veya değiştiriniz.
6. Ark boynuzlarının standarda uygun olup olmadığını kontrol ediniz. Uygun değilse uygun ölçülere getiriniz.
7. Buchholz rölesi varsa yağ seviyesi ve elektriksel bağlantılarını kontrol ediniz. Yağı eksikse tamamlayınız. Elektriksel bağlantıları düzeltiniz.
8. Transformatör yağ seviyesi ve yağ izolasyon seviyesinin kontrol periyodu gelmişse numune alıp teste gönderiniz.
9. Transformatör yağ boşaltma vanası ve tapasını kontrol ediniz, yağ kaçağı varsa gideriniz.
10. Transformatörün yüzey temizliğini kontrol ediniz, kirliyse temizleyiniz. Radyatörlerde yağ kaçağı varsa gideriniz. Boya gerekiyorsa boya yapınız.
11. YG ve AG buşinglerindeki somun ve kablo pabuçlarını kontrol ediniz. Gevşekse gerekli aletleri kullanarak sıkınız.
12. Transformatörün koruma topraklaması, fren saplamaları, cıvata ve somunlarını kontrol ediniz. Gevşekse gerekli aletleri kullanarak sıkınız.
13. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz ve transformatör topraklamalarını kaldırınız.
14. Kontrol merkezine bakım ve onarımların bitirildiğini bildiriniz ve yapılan tüm bakım ve kontrol işlemlerini tablodaki ilgili alanlara yazınız.
15. Malzemeleri teslim ederek, transformatör kabininden çıkıp kabini kilitleyiniz.

TEMRİN ADI	DAĞITIM TRANSFORMATÖRÜ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI	SÜRE:80 Dakika
		Temrin No.:3.5

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kontrol ve Bakım İşlemi	Yapılan İşlem
YG ve AG buşing kontrolü	.....
Nem alıcı kontrolü	.....
Ark boynuzlarının kontrolü	.....
Buchholz rölesi kontrolü	.....
Yağ izolasyon seviyesi kontrolü	.....
Yağ boşaltma vana ve tapası kontrolü	.....
Transformatörün yüzey temizliği	.....
Buşing somun ve kablo pabuçları kontrolü	.....
Koruma topraklaması, frenleme saplamaları cıvata ve somunları kontrolü	.....

SORULAR

1. Transformatörlerde periyodik bakımlar neden yapılır?
2. Gevşek bağlantıların oluşturabileceği sorunlar nelerdir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Transformatörün mekanik bakımını yapmak	20	
Sınıfı :	Transformatörün elektriksel bakımını yapmak	20	
No. :	Transformatörün yüzey temizliğini yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

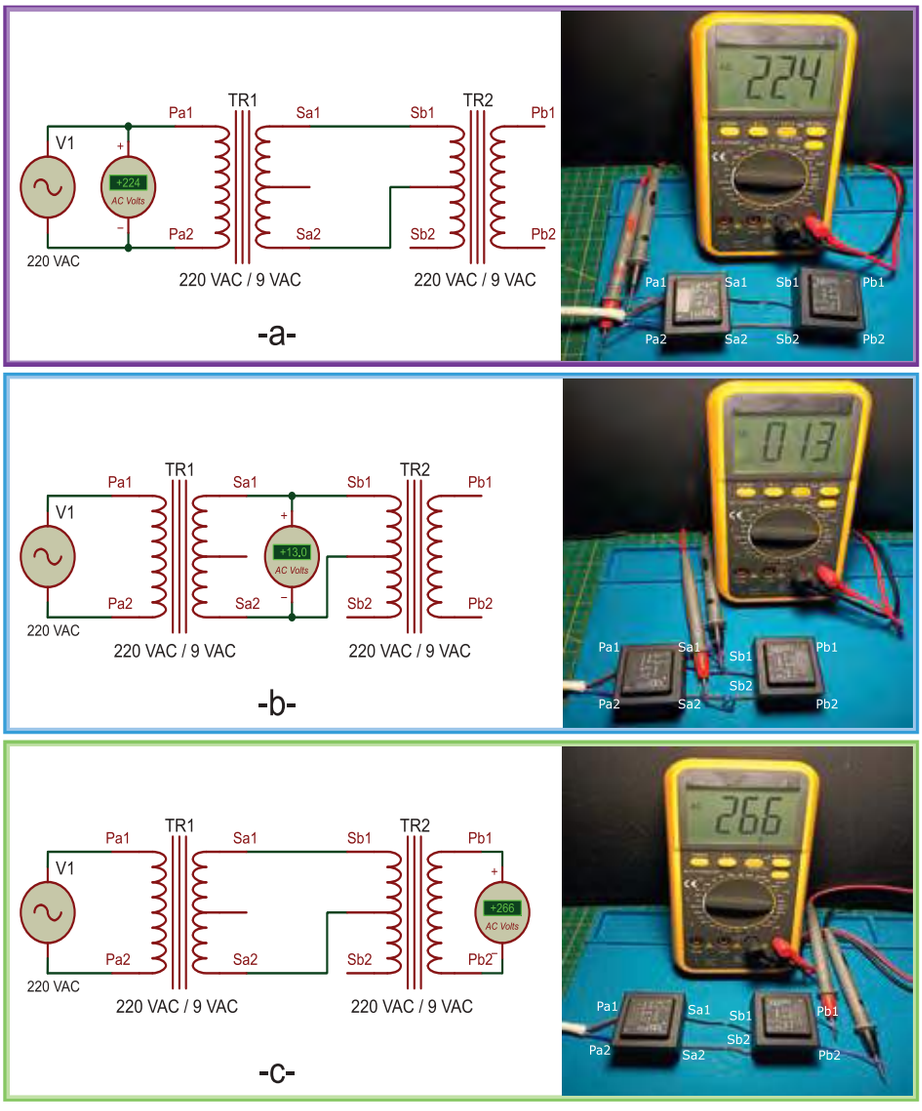
TEMRİN ADI TEK FAZ, YÜKSELTEN TRANSFORMATÖR UYGULAMASI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.6**

AMAÇ

Tek faz transformatör kullanarak yükselten transformatör devresi yapmak.

GİRİŞ: Yüksek gerilim transformatörlerinin çalışmasını daha iyi anlayabilmek için iki adet 220 VAC girişli, 3-5-9-12-15 VAC çıkışlı tek faz transformatörle bu uygulama gerçekleştirilebilir. Transformatörler peş peşe bağlanarak, gerilim yükseltici olarak kullanılacaktır. Birinci transformatör sekonder çıkış gerilimi, ikinci transformatör sekonder çıkış geriliminden büyük seçilmelidir.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.27: a,b,c) Tek faz yükselten transformatör uygulaması

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Transformatör	220 VAC / 9-12 VAC	1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

TEMRİN ADI	TEK FAZ, YÜKSELTEN TRANSFORMATÖR UYGULAMASI	SÜRE:40 Dakika
		Temrin No.:3.6

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 3.27: a'daki devreyi hazırlayınız. Birinci transformatör **primer** (Pa1-Pa2) uçları 220 VAC şebekeye, **sekonder** uçları (Sa1-Sa2) ise ikinci transformatör **sekonder** (Sb1-Sb2) uçlarına bağlamayı unutmayınız.
3. Multimetreyi AC (V~) gerilim en yüksek kademesine alınız.
4. Multimetreyi birinci transformatör primer uçlarına (Pa1-Pa2) paralel bağlayınız ve öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Multimetrede ölçülen gerilim değerini **birinci transformatör giriş gerilimi** olarak tablodaki ilgili alana yazınız.
6. Devre enerjisini kesip Görsel 3.27: b'deki devreyi kurunuz.
7. Multimetreyi birinci transformatör sekonder uçlarına (Sa1-Sa2) paralel bağlayınız ve öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
8. Multimetrede ölçülen gerilim değerini **birinci transformatör çıkış gerilimi** olarak tablodaki ilgili alana yazınız.
9. Devre enerjisini kesip Görsel 3.27: c'deki devreyi kurunuz.
10. Multimetreyi ikinci transformatör primer uçlarına (Pb1-Pb2) paralel bağlayınız ve öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
11. Multimetrede ölçülen gerilim değerini ikinci **transformatör çıkış gerilimi** olarak tablodaki ilgili alana yazınız.
12. Devre enerjisini keserek çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.
13. Birinci transformatör girişinden verilen gerilim ile ikinci transformatör çıkışından alınan değerlere göre dönüştürme oranını bularak tablodaki ilgili alana yazınız. Yapılan ölçümlerin sonuçlarını yorumlayınız.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Birinci transformatör giriş gerilimi	..... VAC
Birinci transformatör çıkış gerilimi	..... VAC
İkinci transformatör çıkış gerilimi	..... VAC
Dönüştürme oranı	.....

SORULAR

1. **Enerji nakil hatlarında gerilim neden yükseltilir?**
2. **İkinci transformatörün primer ve sekonder uçları yer değiştirilseydi ne olurdu?**

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin kurulması ve bağlantılarının yapılması	20	
Sınıfı :	Multimetre ile gerilimlerin ölçülmesi	20	
No. :	Ölçümlerin yorumlanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

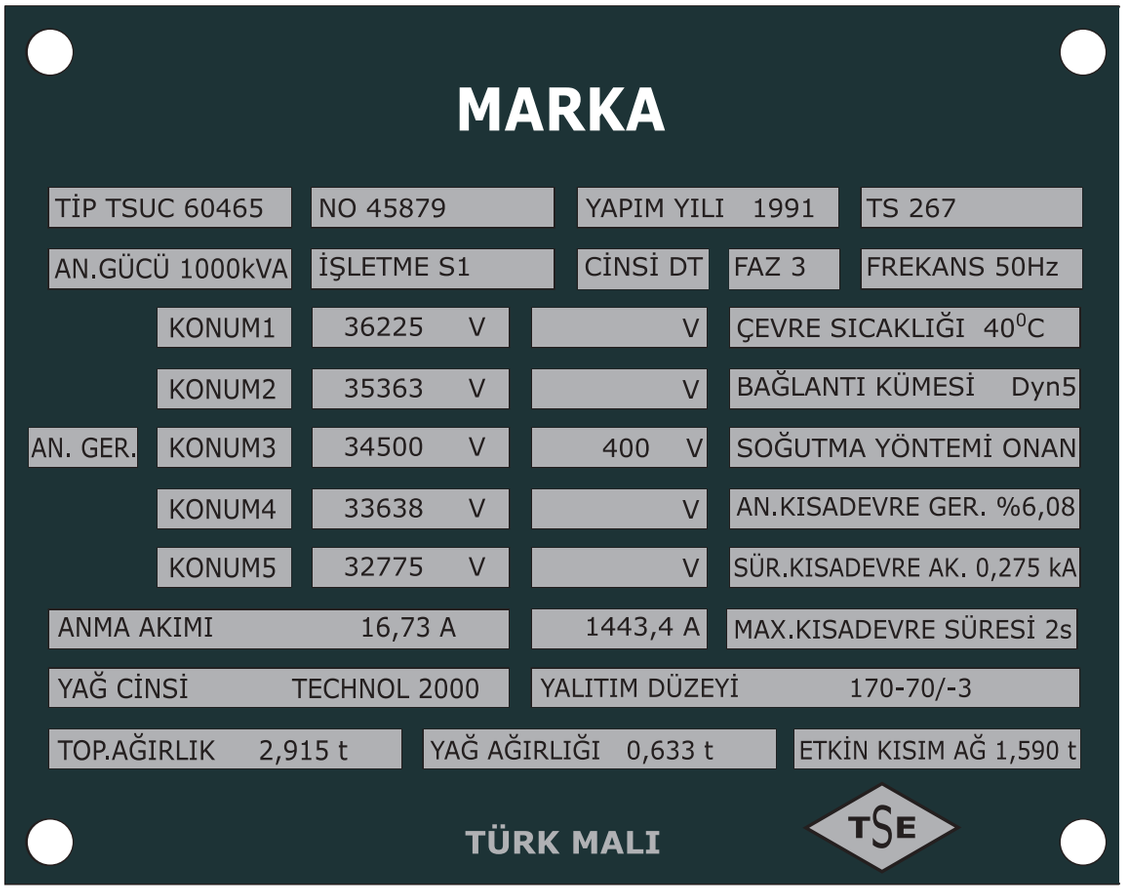
TEMRİN ADI YÜKSEK GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ ETİKET BİLGİLERİ OKUMA | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.7**

AMAÇ

Yüksek gerilim transformatörü etiketinde bulunan teknik bilgileri çıkarmak.

GİRİŞ:Yüksek gerilim transformatör etiket bilgilerinde o transformatöre ait teknik bilgiler yer almaktadır.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 3.28: Yüksek gerilim transformatörü etiket bilgileri

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Yüksek gerilim transformatörü etiketi	YG trafosu etiketi	1 adet

TEMRİN ADI YÜKSEK GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ ETİKET BİLGİLERİ OKUMA | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.7**

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 3.28'deki yüksek gerilim transformatörü etiket değerlerini okuyunuz.
3. Okuduğunuz değerlere göre ilgili tabloyu doldurunuz.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

YG Transformatör Etiket Bilgileri	Değerler
Anma gücü	.....
Soğutma sistemi	.....
Sekonder gerilim kademesi	.....
Primer gerilim kademeleri	.....
Bağlantı grubu	.....
Çalışma frekansı	.....
Transformatörün yapım standardı	.....
Sekonder anma akımı	.....
Primer anma akımı	.....
Yalıtım düzeyi	.....
Kısa devre gerilimi	.....
Maksimum kısa devre süresi	.....
Transformatör toplam ağırlığı	.....
Cinsi	.....
Faz sayısı	.....

SORULAR

1. Transformatör etiket bilgileri hangi amaçla kullanılır?
2. ONAN soğutma tipi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Transformatörün akım ve gerilim değerlerini okumak	20	
Sınıfı :	Transformatörün yalıtım düzeyini açıklamak	20	
No. :	Soğutma yöntemini açıklamak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI	YÜKSEK GERİLİM TRANSFORMATÖRLERİNDE MEGGER İLE YALITKANLIK DİRENCİ ÖLÇÜMÜ	SÜRE:40 Dakika
		Temrin No.:3.8

AMAÇ

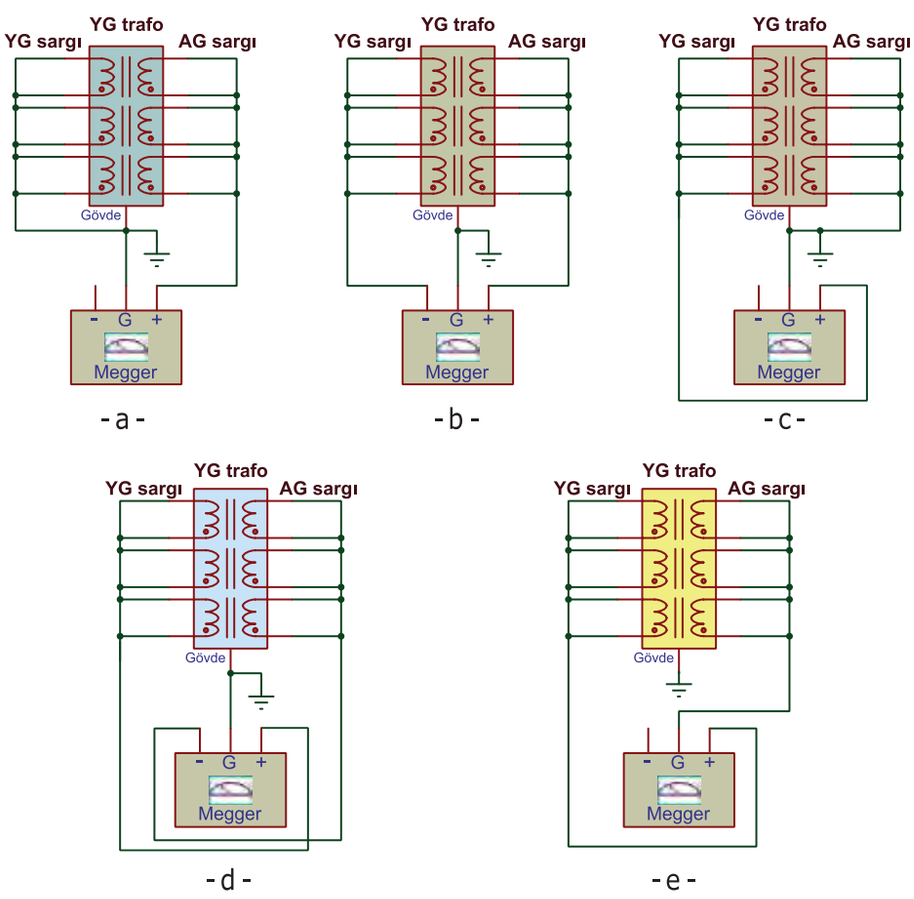
Yüksek gerilim transformatörlerinde izolasyon (yalıtkanlık) direnci ölçmek.

GİRİŞ: Hem gerilim bulunan hem de bulunmayan bölümler arasında yalıtım olmalıdır. Yalıtımın zayıfladığı durumlarda istenmeyen noktalarda da gerilim oluşmaya başlar. Bu durum can ve mal güvenliği açısından tehlike oluşturur. Multimetrelerle büyük direnç değerleri ölçülebilir fakat bunlar yalıtım direnci ölçümünü yapamaz. Ölçümün yapılabilmesi için sisteme yüksek gerilim verilerek, gerilimin ne kadarının geçip geçmediği belirlenir. Sonuç olarak MΩ veya daha büyük dirençler ölçülmelidir. Bu ölçümü yapan cihazlara **megger** (megaohmmetre) denir.

Megger cihazında ölçüm için gerilim kademeleri bulunur. 500-15.000 V şeklinde kademeli olarak DC gerilim üretebilir. Ölçümde, megger hangi DC voltaj kademesine alınmışsa uygulanan bu voltajın her 1000 V değeri için 1 MΩ yalıtkanlık direnç değerinin altına **düşmemelidir**. Örneğin ölçülecek sistemde megger 5000 V DC kademesine alınmışsa ölçülecek en küçük direnç değeri 5 MΩ'dan büyük olmalıdır.

Megger cihazında (+) uç Line, (-) uç Quard ve (G) ucu Earth (toprak) olarak da isimlendirilir.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.29: a,b,c,d,e) Megger ile yalıtkanlık direnci ölçümü

TEMRİN ADI YÜKSEK GERİLİM TRANSFORMATÖRLERİNDE MEGGER İLE YALITKANLIK DİRENCİ ÖLÇÜMÜ

SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:3.8

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Magger cihazı	Yalıtım seviyesi ölçme	1 adet
Multimetre	AC gerilim ölçme	1 adet
YG-OG transformatörü	YG veya OG transformatörü	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Transformatör enerjisini kontrol merkezi tarafından kestiriniz ve multimetreyle kontrolünü yapınız.
3. Transformatör YG ve AG girişleri ve ana gövdeyi güvenlik amaçlı topraklayınız.
4. Buşinglerden YG ve AG hatlarını ayırınız. YG sargıları ile AG sargılarını kendi aralarında kısa devre ediniz. Transformatör YG ve AG giriş topraklamasını kaldırınız.
5. Meggeri ölçüm için belirlediğiniz değere alınız.
6. Görsel 3.29: a'daki ölçüm işlemini yapınız. İlgili tabloda **YG sarımı, AG sarımı ve toprak arası yalıtkanlık** kısmına yazınız.
7. Görsel 3.29: b'deki ölçüm işlemini yapınız. İlgili tabloda **YG sarımı ile toprak arası yalıtkanlık** kısmına yazınız.
8. Görsel 3.29: c'deki ölçüm işlemini yapınız. İlgili tabloda **AG sarımı, YG sarımı ve toprak arası yalıtkanlık** kısmına yazınız.
9. Görsel 3.29: d'deki ölçüm işlemini yapınız. İlgili tabloda, **AG sarımı ile toprak arası yalıtkanlık** kısmına yazınız.
10. Görsel 3.29: e'deki ölçüm işlemini yapınız. İlgili tabloda **YG sarımı ile AG sarımı arası yalıtkanlık** kısmına yazınız.
11. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz ve transformatör topraklamalarını kaldırınız.
12. Kontrol merkezine bakım ve onarımların bitirildiğini bildiriniz.
13. Malzemeleri teslim ederek, transformatör kabininden çıkıp kabini kilitleyiniz.

TEMRİN ADI	YÜKSEK GERİLİM TRANSFORMATÖRLERİNDE MEGGER İLE YALITKANLIK DİRENCİ ÖLÇÜMÜ	SÜRE:40 Dakika	Temrin No.:3.8

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Ölçümler	Yalıtkanlık Direnci	Megger Ölçüm Gerilimi
YG sarımı, AG sarımı ve toprak arası yalıtkanlık	.....MΩ	..... DCV
YG sarımı ile toprak arası yalıtkanlık	.....MΩ	..... DCV
AG sarımı, YG sarımı ve toprak arası yalıtkanlık	.....MΩ	..... DCV
AG sarımı ile toprak arası yalıtkanlık	.....MΩ	..... DCV
YG sarımı ile AG sarımı arası yalıtkanlık	.....MΩ	..... DCV

SORULAR

1. İzolasyon direnci, neden yüksek gerilim ile ölçülür?
2. İzolasyon direncinin yüksek olması neden önemlidir?
3. Ortam ısısı izolasyon ölçümlerini etkiler mi?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin kurulması ve bağlantılarının yapılması	20	
Sınıfı :	Megger ile ölçümlerin yapılması	20	
No. :	Ölçümlerin yorumlanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

3.3.1. Ölçü Ve Koruma Transformatörlerinin Görevleri

Yüksek gerilim veya akımın ölçülmesini sağlayan, koruma rölelerine bağlandıklarında sistemi koruma görevi üstlenen transformatörlere **ölçü ve koruma transformatörleri** denir. Bu transformatörler akım ve gerilim transformatörleri olarak ikiye ayrılır.

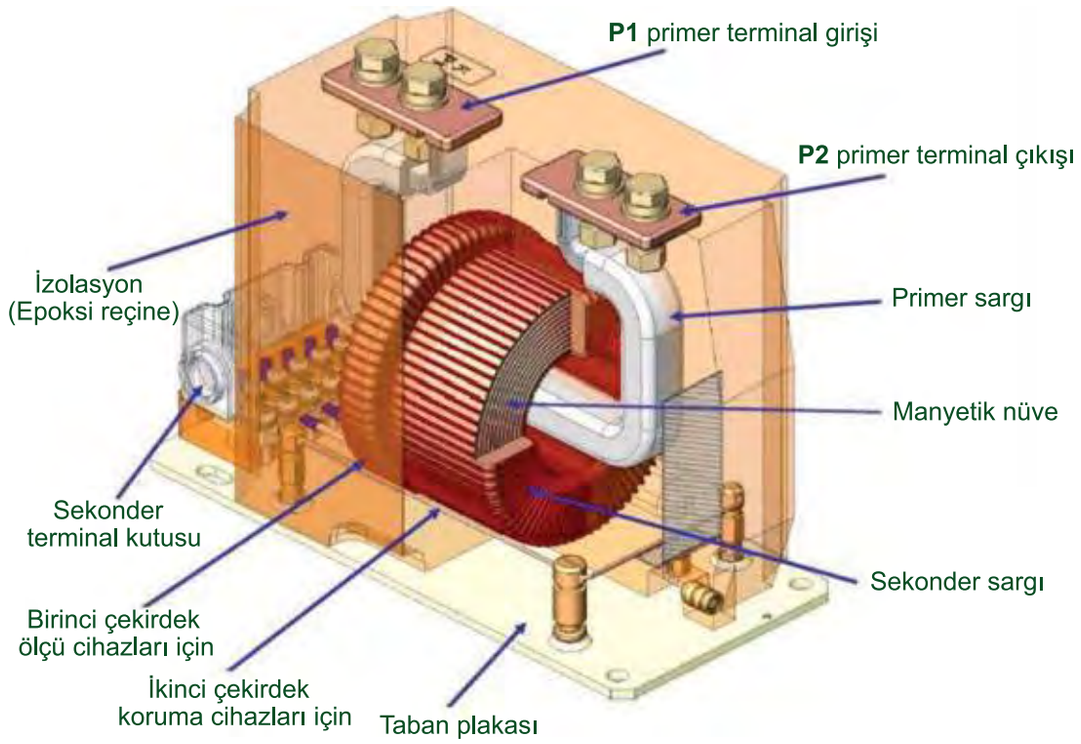
3.3.2. Akım Transformatörleri

Akım trafoları devreden geçen akımı ölçmek için kullanılan transformatörlerdir.

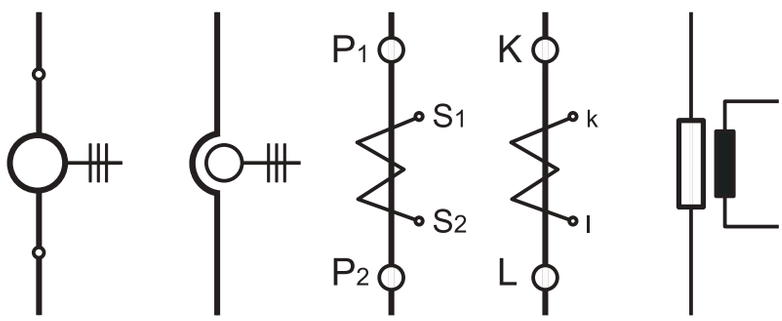
3.3.2.1. Akım Transformatörlerinin Yapısı ve Çalışma Prensibi

Yüksek akımın doğrudan ölçü aletleriyle ölçülmesi hem tehlikeli hem de uygulanması zor bir durumdur. Bu nedenle transformatörlerin alçaltıcı özelliği kullanılır.

Akım trafosu ölçülmek istenen akım değerini ölçü ve koruma cihazlarının güvenle ölçebileceği seviyeye düşürür. Görsel 3.30'da kuru tip akım transformatörünün iç yapısı görülmektedir.



Görsel 3.30: Kuru tip akım transformatörünün iç yapısı



Görsel 3.31: Akım transformatörü sembolleri

Akım transformatörleri primerden geçen yüksek akımı, dönüştürme oranı kadar düşürüp sekondere aktarır. Görsel 3.31'de elektriksel sembolleri görülmektedir.

Primer sargılarından yüksek akım geçeceği için bu sargılar kalın kesit ve az sipirli, sekonder sargılar ise ince kesit ve çok sipirli olarak üretilir.

Akım transformatörlerinin primer akımları 5-10-15-30-40-50-75-100-125-150-250-300-400-500-600-800-1000-1200-1500-2000-2500-3000-4000 A gibi geniş ölçekte standart değerler olarak imal edilirken sekonder akımları 1-2-5-10 A olarak belirlenmiştir. Primer akımlarını ölçülecek değerlere yakın seçmek hem ölçüm hassasiyeti hem de maliyet açısından önemlidir.

Dönüştürme oranları akım ve primer sekonder sargı oranlarıdır. Örneğin 400/5 A akım transformatörü primer sargısından en yüksek 400 A akıtırken sekonderinden 5 A akıtabilir. Kısaca primerden 0-400 A arası akım, sekonderden 0-5 A arası akıma dönüşerek ölçü ve koruma cihazlarının ölçebileceği düzeye indirilmiş olur.

Dönüştürme oranı $K=\frac{Ip}{Is}=\frac{Ns}{Np}$

Ip : Primer akımı
Is : Sekonder akımı
Np: Primer sarım sayısı
Ns : Sekonder sarım sayısı

ÖRNEK

Dönüştürme oranı 1000/5 A olan bir akım transformatöründe ölçü aletinden okunan değer 2 A ise gerçekte sistemin çektiği akımı bulunuz.

ÇÖZÜM

K=1000/5 Is=2 A Ip=? $K=\frac{Ip}{Is}$ $K=\frac{Ip}{2}=\frac{1000}{5}$ **Ip= 400 amper**

ÖRNEK

Bir sistemin çektiği akım 600 A ve dönüştürme oranı 800/10 A olan bir akım transformatöründe ölçü aletinden okunan değeri bulunuz.

ÇÖZÜM

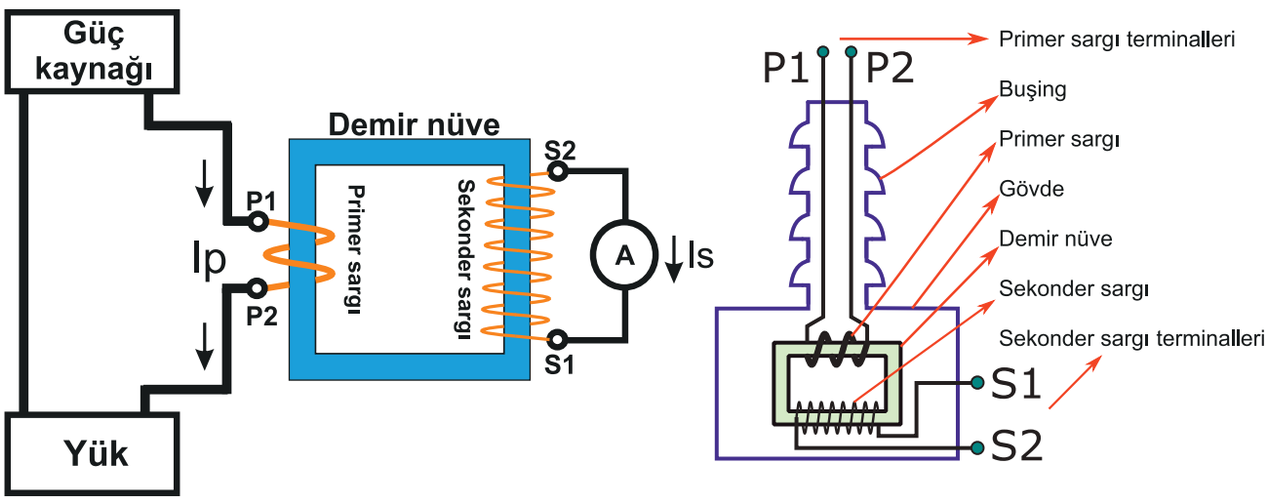
K=800/10 Ip=600 A Is=? $K=\frac{Ip}{Is}$ $K=\frac{600}{Is}=\frac{800}{10}$ **Is= 7,5 amper**

ÖRNEK

Bir YG sisteminde en yüksek 2800 A ölçülmek isteniyor. Ölçüm cihazının en yüksek ölçüm değeri 8 A ise 1500/5 A, 3000/5 A, 3000/10 A, 4000/10 A, oranlarına sahip seçilebilecek **en küçük** akım transformatörü bilgilerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Ölçülmek istenen 2800 A'den büyük olan değerler 3000 A- 4000 A arasıdır. En küçük istendiği için 3000 A seçilir. Ölçüm cihazı en fazla 8 A ölçebildiğine göre 10 A seçilemez. Bu durumda 5 A seçilir. Bu değerlere göre en küçük transformatör bilgileri 3000/5 A olarak bulunur.



Görsel 3.32: Akım transformatörünün yapısı

Akım transformatörlerinin çalışma prensibi transformatörlerle aynıdır. Görsel 3.32'de akım transformatörünün prensip şeması ile bir akım transformatörünün kesit yapısı görülmektedir.

Yük tarafında oluşabilecek yüksek akım, kısa devre, izolasyonun delinmesi veya enerji altındayken sekonder uçlarının açık devre bırakılması hâlinde sekonder sargılarında yüksek gerilim oluşabilir. Bu durum ölçü aletleri ve elektrik çarpması bakımından risk oluşturacağı için polarite olmayan sekonder uçları **topraklanır.** Akım transformatörleri kullanılmasalar bile **sekonder uçları daima kısa devre** durumunda olmalıdır.

3.3.2.2. Akım Transformatörlerinin Çeşitleri

Kullanıldıkları Gerilime Göre Akım Transformatör Çeşitleri

- Yüksek gerilim akım transformatörü
- Alçak gerilim akım transformatörü

İzolasyon ve Soğutma Şekline Göre Akım Transformatör Çeşitleri

- Yağlı tip akım transformatörü
- Kuru tip akım transformatörü

Çalışma Ortamına Göre Akım Transformatör Çeşitleri

- Dâhilî tip akım transformatörü
- Haricî tip akım transformatörü

Montaj Şekline Göre Akım Transformatörü Çeşitleri

- Geçit tipi akım transformatörü
- Bara tipi akım transformatörü
- Kablo tipi akım transformatörü
- Manyetik devresi açılabilen akım transformatörü
- Mesnet tipi akım transformatörü

Kullanıldıkları Gerilime Göre Akım Transformatör Çeşitleri

Yüksek Gerilim Akım Transformatörü: Yüksek gerilim şebekelerinde kullanılır. Ölçüm yapılacak devreye baralarla seri şekilde bağlanır (Görsel 3.33).

Alçak Gerilim Akım Transformatörü: Genellikle kuru tip olarak alçak gerilim şebekelerinde kullanılır. Bu tip transformatörlerin primer devresinin olmadığı durumlarda ölçümü yapılacak hat, akım transformatörünün içinden geçirilmelidir (Görsel 3.34).



Görsel 3.33: YG akım transformatörü



Görsel 3.34: AG akım transformatörü

İzolasyon ve Soğutma Şekline Göre Akım Transformatör Çeşitleri

Yağlı Tip Akım Transformatörü: Genellikle yüksek gerilimde kullanılır. İzolasyon ve soğutma işleminde yağ kullanıldığı için bu ismi alır. Yağ sızıntısı olma ihtimali dezavantajlarından biridir (Görsel 3.35).

Kuru Tip Akım Transformatörü: Genellikle alçak gerilimde kullanılır. Sargıları ve iletken malzemeleri birbirinden yalıtmak için akışkan olmayan zift, epoksi ve reçine kullanıldığından bu ismi alır (Görsel 3.36).



Görsel 3.35: Yağlı tip akım transformatörü



Görsel 3.36: Kuru tip akım transformatörü

Çalışma Ortamına Göre Akım Transformatör Çeşitleri

Dâhilî Tip Akım Transformatörü: Dış etki ve ortam şartlarına **dayanımı az** olan trafolardır. Kapalı ortamlarda kullanılması uygundur (Görsel 3.37).

Haricî Tip Akım Transformatörü: Dış etki ve ortam şartlarına **dayanımı güçlü** olan trafolardır. Yüksek gerilim şalt sahalarında çoğunlukla bu tip trafolar kullanılır (Görsel 3.38).



Görsel 3.37: Dâhilî tip akım transformatörü



Görsel 3.38: Haricî tip akım transformatörü

Montaj Şekline Göre Akım Transformatör Çeşitleri

Geçit Tipi Akım Transformatörü: Bir geçit izolatörü gibi kullanılacak şekilde imal edilir (Görsel 3.39).

Bara Tipi Akım Transformatörü: Primer sargısını faz iletkeninin kendisi oluşturur. Bazı tiplerinde primer sargı orta kısma yerleştirilmiş bir iletken şeklinde olur. Bazılarında ise boş olan orta kısmın içinden faz iletkeni geçirilerek primer sargı oluşturulur (Görsel 3.40).

Kablo Tipi Akım Transformatörü: Primer iletkeni olmayan yalıtımlı kablo içinden geçirilerek kablonun kendisinin primer sargısına dönüştüğü transformatörlerdir (Görsel 3.41).

Manyetik Devresi Açılabilen Akım Transformatörü: Kendi primer iletkeni ve primer yalıtımı bulunmayan manyetik devresi iki bölüme ayrılmış ve açılabilir yapıdadır. Böylece, enerji sistemindeki baraların bağlantılarına dokunmadan kolaylıkla monte edilmesini ve akımın ölçülmesini sağlar (Görsel 3.42).

Mesnet Tipi Akım Transformatörü: Primer devre iletkeni mesnet (taşıyıcı) görevi yapacak şekilde imal edilmiş transformatörlerdir (Görsel 3.43).



Görsel 3.39: Geçit tipi akım transformatörü



Görsel 3.40: Bara tipi akım transformatörü



Görsel 3.41: Kablo tipi akım transformatörü



Görsel 3.42: Manyetik devresi açılabilen akım transformatörü



Görsel 3.43: Mesnet tipi akım transformatörü

Elektronik Akım Algılayıcıları

Oldukça düşük gerilim ürettikleri için güvenlik açısından daha az risk oluşturur. Analog ya da dijital çıkış verdikleri için kontrol ve koruma rölelerinde kullanılır (Görsel 3.44: a).

Bu tip akım algılayıcılarında (sensör) primer sargı yoktur. Akımı algılanacak iletken toroid (halka) nüve içinden geçirilerek primer sargı görevi yapar. Çalışma prensibi diğer akım transformatörlerinde olduğu gibidir (Görsel 3.44: b,c). Akım sensörünün sekonder sargısında primerde oluşan gerilimden bağımsız olarak geçen akıma göre doğrusal, küçük, güçlü bir akım ve gerilim oluşur. Bu akım ve gerilim bir şönt direnci ile standart olarak 100 A primer akımına karşılık 22,5 mV sekonder gerilimi olacak şekilde kalibre edilir.

Bu durumda

Primer akımı	Sekonder gerilimi
0 amper	0 V
100 amper	22,5 mV
1000 amper	225 mV

olacak şekilde doğrusal değerler üretir. Herhangi bir yüksek akımda örneğin primerden normalde 100 A geçerken kısa devre anında bunun 1000 katı geçtiği varsayıldığında sekonder tarafında oluşacak gerilim, 1000x22,5 mV=22,5 V olacak ve bu değer risk oluşturmayacak kadar küçüktür.



-a-
Elektronik akım algılayıcı ve kontrol ünitesi



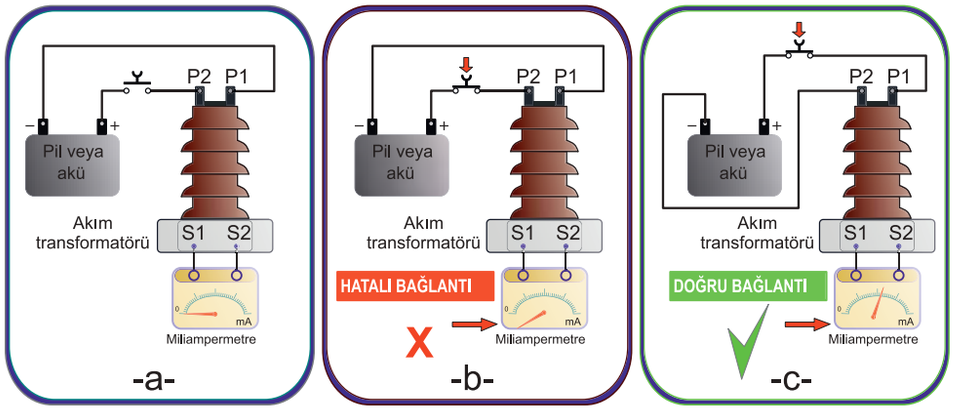
-b-
Elektronik akım sensörü



-c-
Üç faz elektronik akım sensörleri

Görsel 3.44: a,b,c) Elektronik akım algılayıcı ve kontrol ünitesi

3.3.2.3. Akım Transformatörlerinin Devreye Bağlanışı



Görsel 3.45: a,b,c) Akım transformatörü polarite tayini

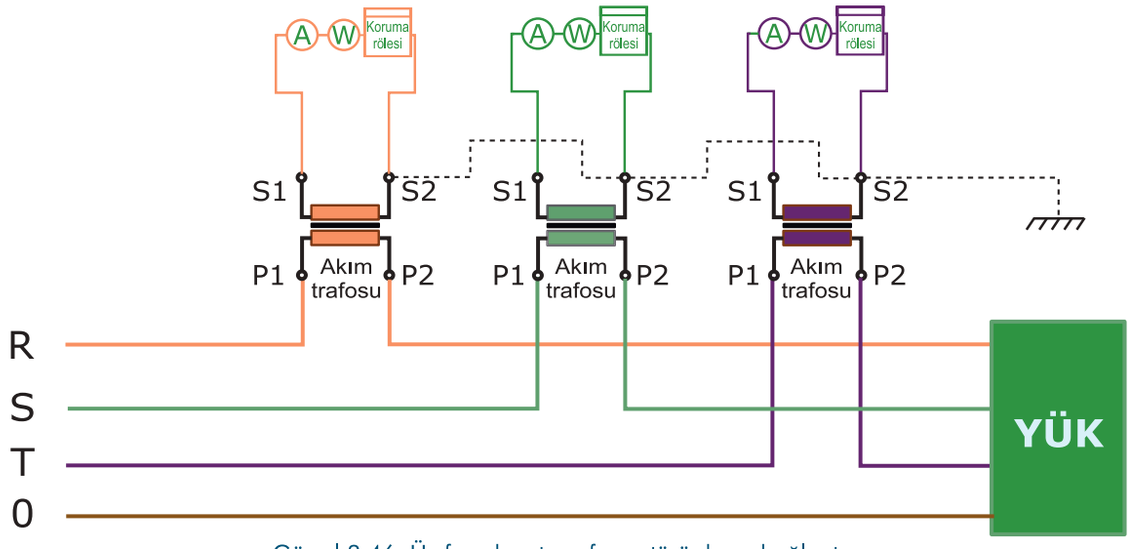
Akım transformatörlerinin devreye bağlanmadan önce polarite (yön) tayini yapılmalıdır. Sekondere bağlanan ölçü aletleri ve koruma röleleri için polarite yapılmadan bağlanan akım transformatörlerinde ölçüm sonuçları yanlış çıkabilir. Ölçü aletlerinin doğru göstermesi için giriş-çıkış bağlantılarının doğru yapılması gerekir. Bu testle akım transformatör sargılarının test işlemi de yapılmış olur.

Yapılan işlemler şu şekildedir:

- Polarite tayini için Görsel 3.45: a'da verilen basit devre düzeneği kurulur.

- Butona basılıp bırakılır.
- Özellikle butona **basıldığında** ampermetre gözlenir.
- Ampermetre negatif yönde sapıyor veya değer gösteriyorsa (Görsel 3.45: b) akünün akım transformatörüne bağlanan P1 ve P2 uçları yer değiştirilerek, tekrar butona basılıp bırakılır.
- Görsel 3.45: c'deki gibi ampermetre pozitif yönde sapıyor veya değer gösteriyorsa akünün (+) ucuna bağlı olan primer ucu **P1**, (-) ucuna bağlı uç **P2** olarak isimlendirilir.
- Ampermetrenin **(+)** ucu **S1**, (-) ucu ise **S2** olarak doğru bağlantı bulunmuş ve uçların doğru polarite tayini yapılmış olur.

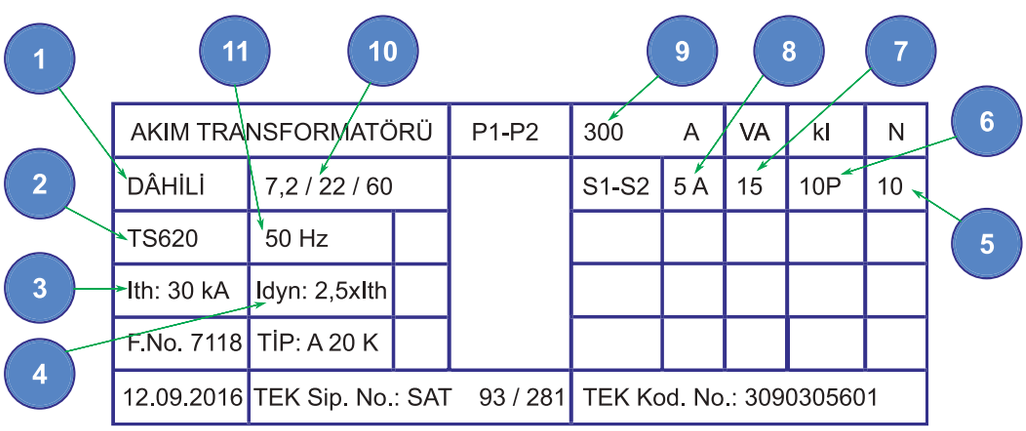
Bu yöntemle uçları belli olmayan akım transformatörünün de uçları bulunabilir.



Görsel 3.46: Üç faz akım transformatörü devre bağlantı şeması

Akım transformatörlerinin primer sargıları, akımı ölçülecek devreye seri şekilde bağlanır. Görsel 3.46 'da üç fazlı bir sistemde akım transformatörlerinin primer sargılarının kaynak ile yük arasına seri şekilde bağlantısı görülmektedir. Bu şekilde her bir fazın çektiği akımlar ayrı ayrı ölçülebilir. Sekonder sargılarına bağlanacak ölçü aletleri ve koruma röleleri de birbirlerine seri bağlanmalıdır. Özellikle güvenlik açısından akım transformatörlerinin polarite olmayan S2 uçları Görsel 3.46'daki gibi **kesinlikle topraklanmalıdır.**

3.3.2.4. Akım Transformatörlerinin Etiket Değerleri



Görsel 3.47: Akım transformatörü etiket bilgileri

Görsel 3.47'de en çok kullanılan akım transformatörü etiket bilgileri yer almaktadır.

Görsel 3.47'deki etiket bilgilerinin açıklamaları aşağıdaki gibidir.

1	**Transformatör Çalışma Ortamı**	Dâhilî veya haricî kullanım yerini belirtir.
2	**Standart**	Hangi standarda göre imal edildiğini belirtir.
3	**Termik Anma Akımı (Ith)**	Bir akım transformatörünün 1 saniye süreyle hasar görmeden dayanabileceği primer akımın efektif değeridir. Bu değer, primer akımının kırk katından düşük olamaz.
4	**Dinamik Anma Akımı (Idyn)**	Primer hattında bir kısa devre oluşması durumunda mekanik kuvvetler açısından ilk periyotta geçecek maksimum darbe akımına dayanma değeridir. Bu değer, termik anma akımının 2,5 katından az olamaz. Idyn= Ithx2,5
5	**Doyma Katsayısı (n)**	Sistemde meydana gelebilecek arızalar sonucu oluşan büyük arıza akımları aynı oranda sekondere de yansır. Sekonderden büyük akımlar geçerek bağlı olduğu ölçü aletleri ve koruma rölelerine zarar verir. Bunu önlemek için sekonder akımının sınırlandırılması gerekir. Akım oranının bozulmaya başladığı noktadaki primer akımına **doğruluk sınırı** sekonder akımın sabit kalmaya başladığı noktaya ise **doyma sınırı** denir. Genellikle ölçü aletleri için 5 P, koruma röleleri için 10 P şeklinde gösterilir.
6	**Hata Sınıfı (kl)**	Ölçü transformatörleri kayıplardan dolayı bir hata oluşturur. Primerden akan akımın, sekondere hangi oranda doğru yansıdığı yüzde (%) olarak en fazla ne kadar sapabileceğini ifade eder. Genellikle kl, cl gibi işaretlerle ve **0,1-0,2-0,5-1-3-5** şeklinde ifade edilir. Örneğin 10 P 5, ifadesindeki 10 P koruma rölesi olduğunu, 5 ise ± %5 hata toleransı olduğunu belirtir.
7	**Transformatör Gücü (VA)**	Akım transformatörünün anma gücüdür. Standart olarak anma güçleri 2,5 - 5-10-15-30-60-100 VA'dir. Kullanılacak akım transformatörü seçiminde transformatör gücünün, sekondere bağlanacak ölçü ve koruma cihazlarının gücüne yakın olmasına dikkat edilmelidir.
8	**Sekonder Anma Akımı**	Akım transformatörünün primer sargısından etiketinde yazılı primer anma akımı geçtiğinde sekonder kapalı devre hâlindeyken (kısa devre veya nominal yük bağlıyken) geçmesi gereken akım değerini ifade eder.
9	**Primer Anma Akımı**	Akım transformatörlerinin bağlanabileceği nominal primer devre akımını ifade eder. **5-10-15-20-25-30-40-50-60-75-100** sayılarının 5 ve 10 katları akım değerinde imal edilir.
10	**Anma Yalıtım Seviyeleri**	Akım transformatörünün nominal işletme koşullarında çalışabileceği faz-faz arası gerilim değeri ile sistemdeki gerilim yükselmelerine karşı dayanabileceği en yüksek izolasyon gerilim değerleridir. 7,2 / 22 / 60 etiket örneğinde Birinci değer sistemin en yüksek çalışma gerilimi (7,2 kV) İkinci değer 1 dakika süreli şebeke frekanslı dayanım gerilimi (22 kV) Üçüncü değer anlık darbe dayanım gerilimidir (60 kV).
11	**İşletme Frekansı**	Çalışma frekansını gösterir.

3.3.2.5. Akım Transformatörleri Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

- En yüksek işletme gerilimi (Örneğin 36 kV)
- Primer ve sekonder anma akımları (Örneğin 300/5 5 A)
- Hangi amaçla kullanılacağı
  - Ölçü için ölçü emniyet katsayısı (Örneğin 5 veya n<5)
  - Koruma için doğruluk sınır katsayısı (Örneğin 10 veya n>10)
- Hata sınıfı
  - Ölçü için (Örneğin cl: 0,5)
  - Koruma için (Örneğin 10)
- Gücü (Örneğin 15 VA)
- Kullanılacağı yer (Örneğin dâhilî veya haricî)
- Termik anma akımı (Örneğin Ith: 400 In)
- Dinamik anma akımı (Örneğin Idyn: 2,5 Ith)
- Frekansı (Bazı ülkelerde 60 Hz, ülkemizde ise 50 Hz kullanılmaktadır.) gibi özelliklere dikkat edilmelidir.

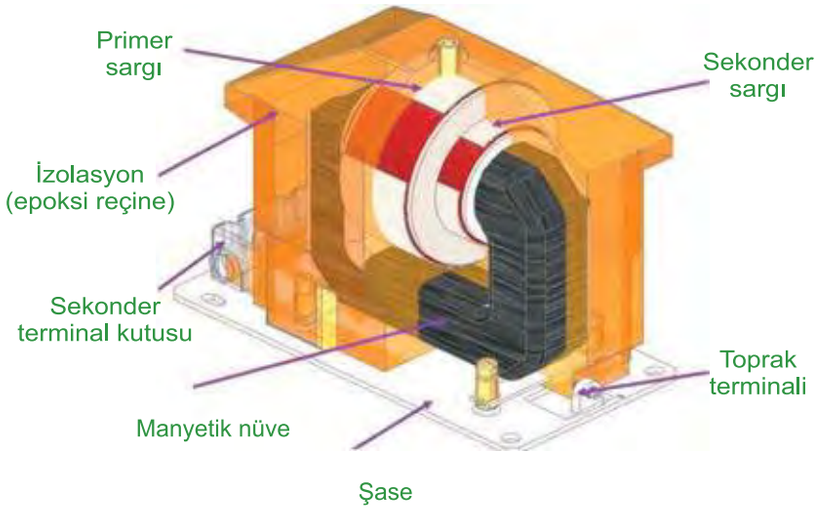
3.3.2.6. Akım Transformatörlerinde Oluşabilecek Arızalar

- Sekonder sargı arızalarında sargılarda kısa devre, kopukluk veya izolasyon arızası olabilir.
- Primer ve sekonder sargılar arasında kaçak veya hata akımları oluşabilir.
- Primer veya sekonder sargı ile nüve arasında kaçak veya hata akımları oluşabilir.
- Primer veya sekonder terminal bağlantı hataları veya temassızlık oluşabilir.
- Gövde veya kaidede bozulma, çatlak ve kırıklar olabilir.

3.3.3. Gerilim Transformatörleri

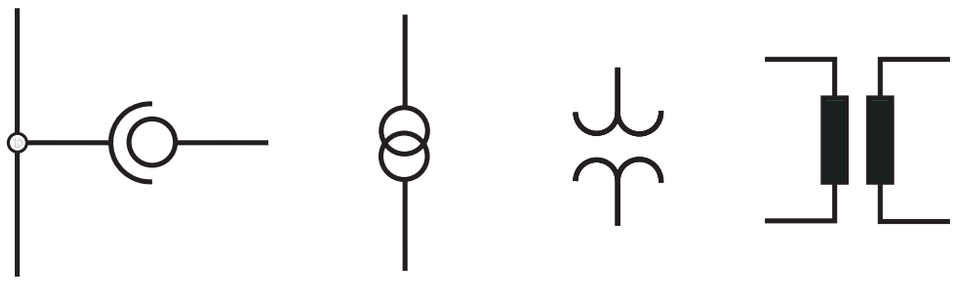
Primer gerilimini dönüştürme oranında düşürerek sekonder terminallerine bağlı ölçü ve koruma cihazlarını besleyen ve yüksek gerilimden izole eden özel transformatörlere **gerilim transformatörleri** denir. Görsel 3.48'de kuru tip gerilim transformatörü iç yapısı görülmektedir.

3.3.3.1. Gerilim Transformatörlerinin Yapısı ve Çalışma Prensibi



Görsel 3.48: Kuru tip gerilim transformatörü iç yapısı

Gerilim transformatörleri, paketlenmiş ince silisli saclardan imal edilen manyetik nüve üzerine sarılmış primer, sekonder sargılar ve yalıtkan malzemelerden oluşur. Primer sargılar ince kesitli iletkenden çok sipirli olarak yapılır. Sekonder sargılar ise primere göre daha kalın kesitli iletkenden ve daha az sipirli olarak imal edilir. Yalıtım malzemesi olarak sentetik (epoksi) reçine veya yağ kullanılır. Gerilim transformatörünün çalışma prensibi normal transformatörlerle aynıdır. Görsel 3.49'da gerilim transformatörünün elektriksel sembolleri verilmiştir.



Görsel 3.49: Gerilim transformatörü sembolleri

Gerilim transformatörlerinde primer ve sekonder uçları, üretildikleri standarda bağlı olarak değişik harflerle isimlendirilir. En yaygın kullanıma göre

- Faz-toprak gerilim transformatörlerinde primer (A-N), sekonder (a-n) kullanılır.
- Faz-faz gerilim transformatörlerinde primer (A-B), sekonder (a-b) kullanılır.

Gerilim transformatörlerinde polarite ve giriş-çıkış uçlarının bulunması gerekir. Uçların bulunması akım transformatör polarite tayini ile aynıdır. Akım transformatörlerinin aksine gerilim transformatörlerinin sekonder uçları kesinlikle **kısa devre edilmemeli** ve polarite olmayan uçları **topraklanmalıdır**.

3.3.3.2. Gerilim Transformatörlerinin Çeşitleri

İzolasyon Şekline Göre Gerilim Transformatör Çeşitleri

- Yağlı tip gerilim transformatörü
- Kuru tip gerilim transformatörü

Çalışma Ortamına Göre Gerilim Transformatör Çeşitleri

- Dâhilî tip gerilim transformatörü
- Haricî tip gerilim transformatörü

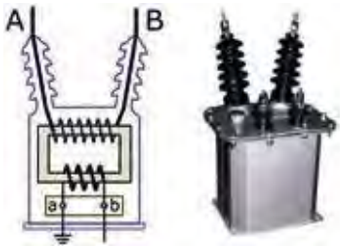
Bağlantı Şekline Göre Gerilim Transformatör Çeşitleri

- Faz- toprak arası gerilim transformatörü
- Faz- faz arası gerilim transformatörü

İzolasyon Şekline Göre Gerilim Transformatör Çeşitleri

Yağlı Tip Gerilim Transformatörü: Genellikle yüksek gerilim ve haricî tip olarak kullanılır. İzolasyon işleminde yağ kullanıldığı için bu ismi alır (Görsel 3.50).

Kuru Tip Gerilim Transformatörü: Genellikle orta ve alçak gerilimde dâhilî tip olarak kullanılır. Sargıları ve iletken malzemeleri birbirinden yalıtmak amacıyla akışkan olmayan zift, epoksi ve reçine kullanıldığı için bu ismi alır (Görsel 3.51).



Görsel 3.50: Yağlı tip gerilim transformatörü



Görsel 3.51: Kuru tip gerilim transformatörü

Çalışma Ortamına Göre Gerilim Transformatör Çeşitleri

Dâhilî Tip Gerilim Transformatörü: Dış etki ve ortam şartlarına dayanımı azdır. Kapalı ortamlarda kullanılır (Görsel 3.52).

Haricî Tip Gerilim Transformatörü: Dış etki ve ortam şartlarına dayanımı güçlüdür. Yüksek gerilim için izolatör ve buşingleri mevcuttur. Şalt sahalarında sıkça kullanılır (Görsel 3.53).



Görsel 3.52: Dâhilî tip gerilim transformatörü



Görsel 3.53: Haricî tip gerilim transformatörleri

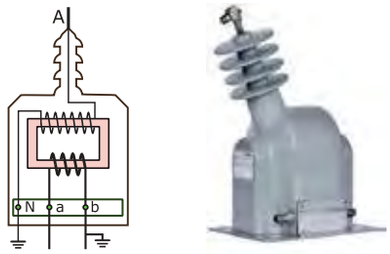
Bağlantı Şekline Göre Gerilim Transformatör Çeşitleri

Faz-Toprak Arası Gerilim Transformatörü

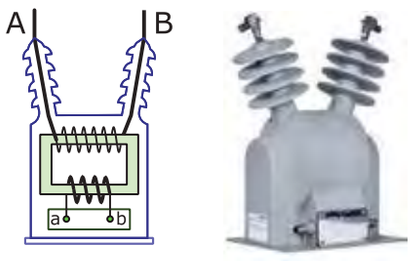
Tek izolatörlü gerilim transformatörüdür. Primer sargının (A) giriş ucu şebeke fazına, (N) çıkış ucu toprağa bağlanır. Sekonder çıkış uçlarından (b) ucu toprağa, (a) ucu da ölçü aletlerine bağlanır (Görsel 3.54).

Faz Arası Gerilim Transformatörü

Primer sargı uçları şebekede iki faz arasına bağlanır. Bu yüzden bağlantı uçlarında iki tane izolatörle dışarıya çıkarılır. Gerilim transformatörleri, genel olarak dengeli bir şekilde yük çeken OG şebeklerinde üç tane **faz-toprak** arası gerilim trafosu kullanmak yerine iki tane **faz-faz** kullanarak gerilimi belli bir oranda düşürür. Bu elektrik trafoları **V** harfine benzer, **V** tipi gerilim trafoları da denir (Görsel 3.55).



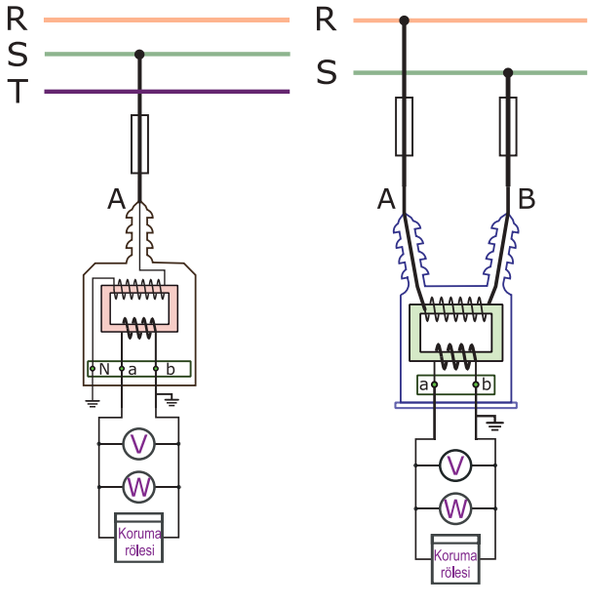
Görsel 3.54: Faz-toprak arası gerilim transformatörü



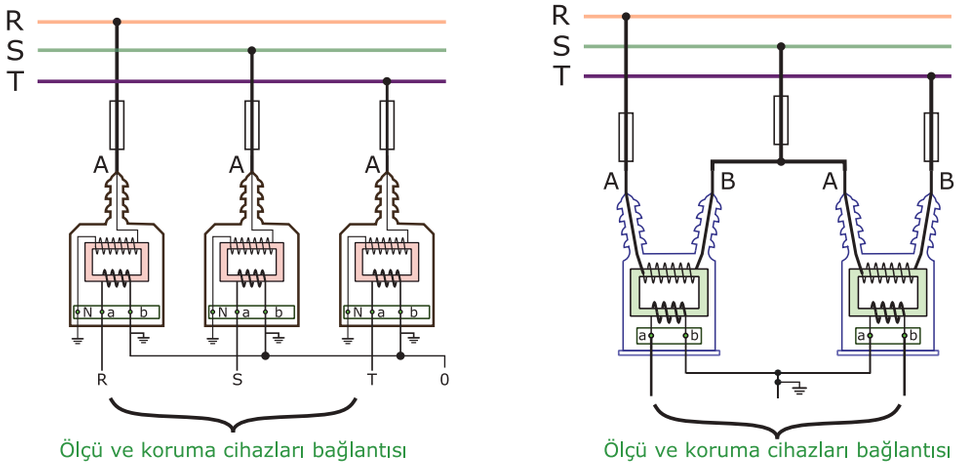
Görsel 3.55: Faz-faz arası gerilim transformatörü

3.3.3.3. Gerilim Transformatörlerinin Devreye Bağlanma Şekli

Primer sargı uçları şebeke hattına, ölçü ve koruma cihazlarıysa sekonder sargı uçlarına **paralel** bağlanır. Ölçü ve koruma cihazlarının bağlanabilmesi için transformatörlerin polarite tayininin yapılması ve polarite uçlarının bulunması gerekir. Primer gerilim giriş ve sekonder gerilim çıkış uçlarına **polarite uçları** denir. Bu bağlantıda polarite olmayan uçların (N-b) topraklanması gerekir. Primer sargı uçları için işaretlenmiş olan (A) ucu ile sekonder (a) uçları polarite uçlarıdır. Görsel 3.56'da faz-toprak, faz-faz arası gerilim transformatörü ve ölçü koruma cihazlarının devreye nasıl bağlanacağı verilmiştir. Görsel 3.57'de üç faz şebekeye faz-toprak, faz-faz arası gerilim transformatörü ve ölçü koruma cihazlarının bağlantısı görülmektedir.



Görsel 3.56: Gerilim transformatörü ve ölçü koruma cihazlarının devreye bağlantısı



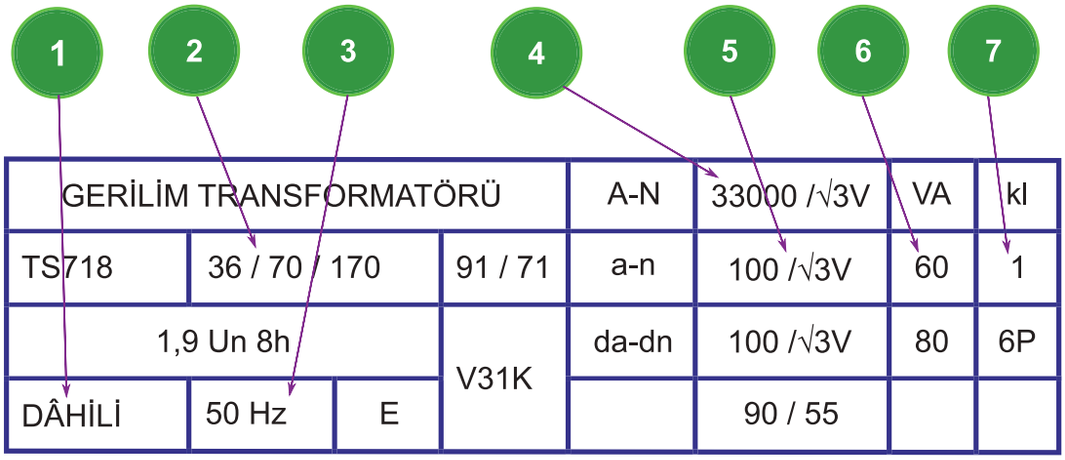
Görsel 3.57: Üç faz şebekeye gerilim transformatörü ve ölçü koruma cihazlarının bağlantısı

3.3.3.4. Gerilim Transformatörlerinin Kullanım Amaçları

Kesici ölçü kabinleri gibi alçak gerilimi bulunmayan binaların aydınlatma, redresör ve kesici açma-kapama bobin beslemeleri için gerekli olan gerilimi üretir. Ayrıca ölçü cihazlarının ölçemeyeceği derecede yüksek olan gerilimi düşürüp izole ederek ölçülebilir düzeye indirme amacıyla kullanılır.

3.3.3.5. Gerilim Transformatörlerinin Etiket Değerleri

Görsel 3.58'de en çok kullanılan gerilim transformatörü etiket bilgileri yer almaktadır.



Görsel 3.58: Gerilim transformatörü etiket bilgileri

1	**Transformatör Çalışma Ortamı**	Dâhilî veya haricî kullanım yerini belirtir.
2	**Anma Yalıtım Seviyeleri**	Gerilim transformatörünün nominal işletme koşullarında çalışabileceği faz-faz arası gerilim değeri ile sistemdeki gerilim yükselmelerine karşı dayanabileceği en yüksek izolasyon gerilim değerleridir. 36 / 70 / 170 etiket örneğinde Birinci değer sistemin en yüksek çalışma gerilimi (36 kV) İkinci değer 1 dakika süreli şebeke frekanslı dayanım gerilimi (70 kV) Üçüncü değer anlık darbe dayanım gerilimidir (170 kV).
3	**İşletme Frekansı**	Çalışma frekansını gösterir.
4	**Primer Anma Gerilimi**	Transformatörün imalatı sırasında belirtilen nominal primer gerilimidir. Primer gerilimi, her ülkenin standartlarında belirtilir. Faz-faz arası primer gerilimleri **3,3-6,3-10,5-15,8-31,5-33-34,5-36-154-380 kV**'tur. Faz-toprak arası gerilim transformatörleri, faz-faz arası verilen gerilimlerin √3'e bölümü olarak isimlendirilir.
5	**Sekonder Anma Gerilimi**	Transformatörün imalatı sırasında belirtilen nominal sekonder gerilimidir. Faz-faz arası sekonder gerilimleri **100-110-220-380 V**'tur. Faz-toprak arası gerilim transformatörleri, faz-faz arası verilen gerilimlerin √3'e bölümü olarak isimlendirilir. Sekondere bağlanacak olan ölçü ve koruma cihazları gerilimleri bu standarda göre imal edilir ve en çok kullanılan gerilim değeri 100 V'tur.
6	**Gücü (VA)**	Sekondere bağlanacak olan ölçü ve koruma cihazlarını beslemek için gerekli olan güçtür. Daha yüksek güçteki transformatörler, **kök** (kesici ölçü kabinleri) binalarında aydınlatma ve gerilim ihtiyacını karşılamada kullanılır.
7	**Hata Sınıfı (kl)**	Ölçü transformatörleri kayıplardan dolayı belli bir hata oluşturur. Hata sınıfı, primere uygulanan gerilim sonucu dönüştürme oranında sekonderden % cinsinden ne kadar gerilim sapması olduğunun bir ölçüsüdür. 6P ± %6 hata anlamındadır.

3.3.3.6. Gerilim Transformatörleri Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

- En yüksek işletme gerilimi (Örneğin 36 kV)
- Primer ve sekonder anma gerilimleri (Örneğin 33000 V / 100 V)
- Hangi amaçla kullanılacağı (Örneğin ölçü, koruma)
- Hata sınıfı
  - Ölçü için (Örneğin cl: 0,5-1)
  - Koruma için (Örneğin 3 P)
- Gücü (Örneğin 15 VA-800 VA)
- Kullanılacağı yer (Örneğin dâhilî ya da haricî)
- Çalışma frekansı (Örneğin 50 Hz) gibi özelliklere dikkat edilmelidir.

3.3.3.7. Gerilim Transformatörlerinde Oluşabilecek Arızalar

- Primer sargı arızalarında sargılarda kısa devre, kopukluk veya izolasyon arızası olabilir.
- Sekonder sargı arızalarında sargılarda kısa devre, kopukluk veya izolasyon arızası oluşabilir.
- Primer ve sekonder sargılar arasında kaçak veya hata akımları oluşabilir.
- Primer veya sekonder sargı ile nüve arasında kaçak veya hata akımları oluşabilir.
- Primer veya sekonder terminal bağlantı hataları veya temassızlık oluşabilir.
- Gövde veya kaidede bozulma, çatlak ve kırıklar olabilir.
- Topraklamada oluşabilecek topraklama iletken kopukluğu ve bağlantı arızaları olabilir.

TEMRİN ADI TEK FAZ AKIM TRANSFORMATÖRÜ UYGULAMASI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.9**

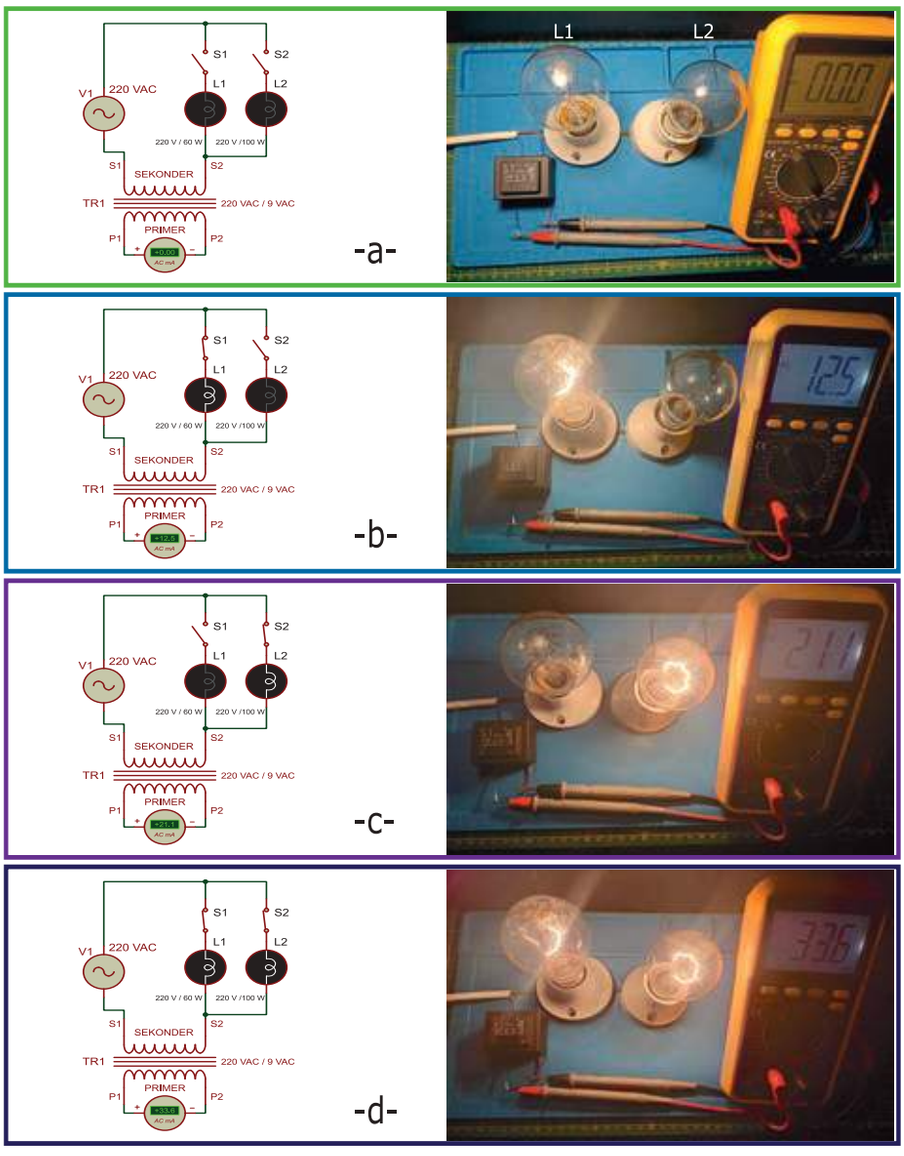
AMAÇ

Tek faz transformatörü akım transformatörü yerine kullanmak.

GİRİŞ: YG akım transformatörlerinin çalışma prensibinin anlaşılması ve atölye ortamında uygulanması açısından tek faz düşürücü transformatör, akım transformatörü yerine kullanılabilir. Akım ölçme işleminde transformatör kullanıldığı için girişteki yüksek akım ve gerilimden izolasyon sağlanmış olur.

Düşürücü tip tek faz transformatörlerde sekonder kalın kesitli az sarımlı, primer ince kesitli çok sarımlıdır. Uçları yer değiştirilirse akım transformatörü gibi kullanılabilir. Bu amaçla, herhangi bir 220 VAC girişli, 3-5-9-12-15 VAC çıkışlı tek faz düşürücü transformatör ile bu uygulama gerçekleştirilebilir.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.59: a,b,c,d) Tek faz akım transformatör uygulama devresi

TEMRİN ADI TEK FAZ AKIM TRANSFORMATÖRÜ UYGULAMASI **SÜRE:40 Dakika**

Temrin No.:3.9

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Transformatör	220 VAC / 3-15 VAC	1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet
Lamba (yük)	220 VAC 60 W ve 100 W	2 adet
Anahtar	220 VAC adi anahtar	2 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Öğretmen kontrolünde Görsel 3.59: a'daki devreyi kurunuz.
3. Multimetreyi AC (A~) akım en yüksek kademesine alınız. (Daha sonra ölçebileceğiniz kademeye kadar indirebilirsiniz).
4. Görsel 3.59: a'da anahtarlar S1(açık)-S2(açık) olacak şekilde öğretmen kontrolünde enerji veriniz. Ölçtüğünüz akım değerini tablodaki ilgili alana yazınız.
5. Görsel 3.59: b'de anahtarlar S1(kapalı)-S2(açık) olacak şekilde ölçtüğünüz akım değerini tablodaki ilgili alana yazınız.
6. Görsel 3.59: c'de anahtarlar S1(açık)-S2(kapalı) olacak şekilde ölçtüğünüz akım değerini tablodaki ilgili alana yazınız.
7. Görsel 3.59: d'de anahtarlar S1(kapalı)-S2(kapalı) olacak şekilde ölçtüğünüz akım değerini tablodaki ilgili alana yazınız.
8. Devre enerjisini keserek çalışmayı sonlandırınız ve kullandığınız malzemeleri teslim ediniz.
9. Yaptığınız ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Anahtarlar S1 (açık)-S2 (açık)	..... AC A ölçülen akım değeri
Anahtarlar S1 (kapalı)-S2 (açık)	..... AC A ölçülen akım değeri
Anahtarlar S1 (açık)-S2 (kapalı)	..... AC A ölçülen akım değeri
Anahtarlar S1 (kapalı)-S2 (kapalı)	..... AC A ölçülen akım değeri

SORULAR

1. **Yüksek gerilim sistemlerinde akım veya gerilim neden doğrudan ölçülemez?**
2. **Uygulamada kullanılan düşürücü transformatörün primer uçları yüksek gerilime bağlanırsa ne olur?**
3. **Ölçü aleti ile ölçülen akım değeri, lambaların gerçekte çektiği akım değerinden neden farklıdır ve düzeltme için ne yapılır?**

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin kurulması ve bağlantılarının yapılması	20	
Sınıfı :	Multimetre ile akımların ölçülmesi	20	
No. :	Sonuçların yorumlanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI AKIM TRANSFORMATÖRÜ SEÇİM UYGULAMASI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.10**

AMAÇ

Akım transformatörlerinin kullanılacağı ortama göre seçimini yapmak.

GİRİŞ: Akım transformatörü seçimi için kullanılacağı ortam ve transformatörün teknik bilgileri önemlidir. Bu amaçla transformatörün kullanılacağı ortam ve etiket bilgilerinden faydalanıp ilgili transformatörün seçimi yapılır.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Kalem ve kâğıt	Kullanılacak ortam seçimi	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız
2. Akım transformatörünün kullanılacağı ortamı gezerek dâhilî veya haricî seçimini yapınız.
3. En yüksek işletme gerilimini tabloda ilgili alana yazınız.
4. Primer ve sekonder anma akımlarını tabloda ilgili alana yazınız.
5. Hangi amaçla kullanılacağını tabloda ilgili alana yazınız.
6. Hata sınıfını belirleyip tabloda ilgili alana yazınız.
7. Akım transformatörünün gücünü tabloda ilgili alana yazınız.
8. Termik anma akımını ve dinamik anma akımını tabloda ilgili alana yazınız.
9. Frekansını tabloda ilgili alana yazınız.
10. Malzemeleri teslim ederek akım transformatör seçimini yapınız.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Seçim İçin Gerekli Bilgiler	Alınan Notlar
Akım transformatörünün kullanılacağı ortam	.....
En yüksek işletme gerilimi	..... kV
Primer ve sekonder anma akımları	Primer.....A / Sekonder .....A
Kullanım amacı, ölçü veya koruma	.....
Hata sınıfı	.....
Akım transformatörünün gücü	.....VA
Termik anma akımı	Ith: .....
Dinamik anma akımı	Idyn:.....
Frekansı	.....Hz

SORULAR

Ölçü transformatörlerinde ölçü veya koruma cihazlarının bağlandığı (polarite olmayan) uçlardan biri neden topraklanmalıdır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Akım trafosunun kullanılacağı ortam bilgilerini almak	20	
Sınıfı :	Akım transformatör elektriksel bilgilerini almak	20	
No. :	Akım transformatörünün seçimini yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.11**

AMAÇ

Gerilim transformatörlerinin kontrol ve bakımlarını yapmak.

GİRİŞ: Kontrol ve bakımlar transformatörlerin daha güvenli ve uzun ömürlü olmaları açısından önemlidir. Gerilim transformatörlerinin belirli aralıklarla kontrol ve bakımlarının yapılması gerekir.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Alet takımı	Gerekli lokma takımı, cetvel vb.	1 adet
Multimetre	AC gerilim ölçme	1 adet
Gerilim transformatörü	YG veya OG transformatörü	1 adet
Megger	İzolasyon direnci ölçümü	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Transformatör enerjisini kontrol merkezi tarafından kestiriniz ve multimetreyle kontrolünü yapınız.
3. Transformatör YG ve AG girişleri ve ana gövdeyi güvenlik amaçlı topraklayınız.
4. Buşinglerden YG ve AG hattını ayırınız.
5. YG ve AG buşinglerini, buşinglerin somun ve kablo pabuçlarını kontrol ediniz.
6. Transformatör YG ve AG buşing diplerinden yağ kaçağı kontrolünü yapınız.
7. Gövde ve bağlantı yerlerini kontrol ediniz. Bozulma çatlak veya kırıklar varsa değiştiriniz.
8. Transformatörün yüzey temizliğini yapıp koruma topraklaması cıvata ve somunlarını kontrol ediniz.
9. Güvenlik topraklamasını megger ölçümü için uygun duruma getiriniz.
10. Primer ve sekonder sargıları ile gövde arasında izolasyon testini megger ile yapınız.
11. Primer ve sekonder elektriksel bağlantı terminallerini kontrol ediniz.
12. Buşinglerden YG ve AG hattını bağlayınız.
13. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz ve transformatör topraklamalarını kaldırınız.
14. Kontrol merkezine bakım ve onarımların bitirildiğini bildiriniz ve yapılan işlemleri tablodaki ilgili alanlara yazınız.
15. Malzemeleri teslim ederek, transformatör kabininden çıkıp kabini kilitleyiniz.

TEMRİN ADI	GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI	SÜRE:80 Dakika
		Temrin No.:3.11

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kontrol ve Bakım İşlemi	Yapılan İşlem
YG ve AG buşingler ve buşing somun ve kablo pabuçları kontrolü	.....
YG ve AG buşing yağ kaçağı kontrolü	.....
Gövde ve bağlantı yerleri kontrolü	.....
Transformatörün yüzey temizliği ve koruma topraklaması cıvata ve somunları kontrolü	.....
Megger ile izolasyon direnci kontrolü	.....
Primer ve sekonder elektriksel bağlantı kontrolü	.....

SORULAR

1. Koruma topraklaması neden yapılır?
2. Transformatörlerde yağ kaçağının sonuçları nelerdir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Transformatörün mekanik bakımlarını yapmak.	20	
Sınıfı :	Transformatör elektriksel bakımları yapmak.	20	
No. :	Transformatörün yüzey temizliğini yapmak.	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

3.4. AYIRICILAR VE KESİCİLER

3.4.1. Ayırıcı ve Kesicilerin Görevi

Ayırıcı ve kesiciler yüksek gerilim sistemlerinde açma-kapama işlemi yapan şalt cihazlarıdır.

3.4.2. Ayırıcılar

Yüksek gerilim sistemlerinde devre **yüksüz** iken açma-kapama işlemi yapılabilen ve açık konumu fiziksel olarak gözle görülebilir bir ayırma aralığı oluşturan şalt cihazlarına **ayırıcı** (seksiyoner) denir.

3.4.2.1. Ayırıcıların Yapısı ve Çalışması

Ayırıcılar tesis bölümlerini birbirinden ayırıp bakım ve kontrol işlemlerinin güvenli bir şekilde yapılmasını sağlar (Görsel 3.60). Ayırıcılarla devreden akım geçerken yani devre yüklüyken açma-kapama işlemi yapılırsa ayırıcı ve ayırıcıyı açıp kapatan kişi zarar görebilir.
Ayırıcı yapısındaki parçalar şunlardır:

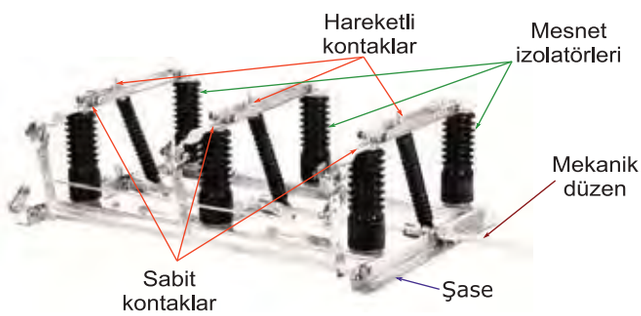
Şase: Ayırıcı malzemelerinin monte edildiği profil malzemedir.

Mekanik Düzen: Hareketli kontakların açılıp kapanmasını sağlayan kısımdır.

Mesnet İzolatörü: Hareketli ve sabit kontakların şase ve diğer malzemeler arasında elektriksel yalıtımını sağlar.

Sabit Kontak: Açma-kapama işleminde hareketli olmayan, üzerinden akım geçen, bakırdan yapılan kontaklardır.

Hareketli Kontak: Hareket mekanizması ile hareket eden, kapatma sırasında sabit kontaklarla temas ederek devreyi kapatan genellikle gümüş kaplı bakır kontaklardır.



Görsel 3.60: Ayırıcı yapısı

3.4.2.2. Ayırıcıların Çeşitleri

Kullanıldığı Ortama Göre Ayırıcılar

- Dâhilî ayırıcılar
- Haricî ayırıcılar

Yapılarına Göre Ayırıcılar

- Normal ayırıcı
  - Dâhilî tip normal ayırıcı
  - Haricî tip normal ayırıcı
- Sigortalı ayırıcı
  - Dâhilî tip sigortalı ayırıcı
  - Haricî tip sigortalı ayırıcı
- Toprak ayırıcısı
- Normal topraklı ayırıcılar
- Sigortalı topraklı ayırıcılar
- Adi ayırıcılar
- Yük ayırıcıları
  - Kuru tip yük ayırıcıları
  - SF_6 gazlı yük ayırıcıları
- Otomatik ayırıcılar (sectionalizer)

Kumanda Şekillerine Göre Ayırıcılar

- Elle kumandalı ayırıcılar
- Elektrik motoruyla kumandalı ayırıcılar
- Basınçlı havayla kumandalı ayırıcılar

Görevlerine Göre Ayırıcılar

- Hat ayırıcısı
- Bara arayıcısı
- Toprak ayırıcısı
- Bypass ayırıcısı
- Transfer ayırıcı
- Kuplaj ayırıcı (bara bölümleyici)

Kullanıldığı Ortama Göre Ayırıcılar

Dâhilî Ayırıcılar: Bina içerisinde kullanıma uygun olarak imal edilen ayırıcılardır (Görsel 3.61).

Haricî Ayırıcılar: Bina dışında kullanıma uygun olarak imal edilen ayırıcılardır. Direk üzerinde veya açık şalt sahalarında kullanılır (Görsel 3.62).



Görsel 3.61: Dâhilî ayırıcılar



Görsel 3.62: Haricî ayırıcılar

Yapılarına Göre Ayırıcılar

Normal Ayırıcı: En çok kullanılan ayırıcı çeşididir. Hareket eden kısımları bıçak şekline benzediği için bıçaklı ayırıcı olarak da isimlendirilir. Görsel 3.63'teki dâhilî tip normal ayırıcı bina içerisinde kullanıma uygundur. Görsel 3.64'te görülen haricî tip normal ayırıcı ise dış ortamda kullanıma uygun olup hava şartlarına dayanıklı olarak imal edilmiştir.



Görsel 3.63: Dâhilî tip normal ayırıcı



Görsel 3.64: Haricî tip normal ayırıcı

Sigortalı Ayırıcı: Herhangi bir aşırı akım veya kısa devre durumunda devresini açarak sistemi koruyan ayırıcıdır. Görsel 3.65'te dâhilî, Görsel 3.66'da haricî tip sigortalı ayırıcı örnekleri görülmektedir. Genellikle köy ve özel transformatörlü işletmelerde, direk tipi transformatör girişlerinde, gerilim ve ölçü transformatör girişlerinde ve modüler hücrelerde kullanılır.

Toprak Ayırıcısı: Dâhilî veya haricî tip olarak enerji nakil hatlarının giriş veya çıkışına kurulur. Hattın enerjisi kesildiğinde hat üzerinde kapasitif etkiden dolayı birikmiş olan elektriğin toprağa boşaltılması için kullanılır. Böylece, enerji hattında emniyetli çalışma ortamı hazırlanmış olur (Görsel 3.67).

Normal Topraklı Ayırıcılar: Normal ayırıcılara toprak ayırıcısı eklenerek oluşturulan ayırıcılardır (Görsel 3.68).

Sigortalı Topraklı Ayırıcılar: Sigortalı ayırıcılara toprak ayırıcısı eklenerek oluşturulan ayırıcılardır (Görsel 3.69).



Görsel 3.65: Dâhilî tip sigortalı ayırıcı



Görsel 3.66: Haricî tip sigortalı ayırıcı



Görsel 3.67: Toprak ayırıcısı



Görsel 3.68: Normal topraklı ayırıcı



Görsel 3.69: Sigortalı topraklı ayırıcı

Adi Ayırıcılar: Metal muhafazalı modüler hücrelerde kullanılır. Bunlar, Görsel 3.70'te SF_6 gazlı adi ayırıcılar (İzolasyon ve ark söndürme amaçlı kapalı kutu içine SF_6 gazı doldurulmuştur.) ve hava izoleli döner adi ayırıcılardır (Görsel 3.71).

Sf_6 (Sülfür Hekza Florür veya Kükürt Hekza Florid) Gazının Özellikleri

- Renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir gazdır.
- İyi bir yalıtkan özelliği taşır.
- Yanıcı değildir.
- Normal atmosferik koşullarda gaz hâlinde bulunur. 1 bar basınç ve 200 ^{0}C'de havadan beş kat daha ağırdır.
- Metallerle kimyasal tepkimeye girmez.

Bu özelliklerinden dolayı ayırıcı ve kesicilerde sıkça kullanılır.



Görsel 3.70: SF_6 gazlı adi ayırıcı



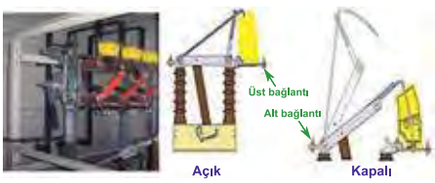
Görsel 3.71: Hava izoleli döner adi ayırıcı

Yük Ayırıcıları: Yüklü devrelerin açılıp kapatılmasını sağlar. Kesicilere göre daha basit ve ekonomik olduğu için tercih edilir. Kuru tip ve SF_6 gazlı olmak üzere iki çeşidi vardır.

Kuru Tip Yük Ayırıcıları: Kumandası elle veya uzaktan elektrik motoru vasıtasıyla yapılır. Ark söndürme hücreleri kuru olduğu için genel temizlik dışında bakım gerektirmez (Görsel 3.72).

Sf_6 Gazlı Yük Ayırıcıları: İçinde bulunan SF_6 gazı ve yapısındaki yay mekanizması sayesinde yük altında açma-kapama işlemlerini güvenli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirir (Görsel 3.73).

Otomatik Ayırıcılar (Sectionalizer)
İçinde Sf_6 gazı bulunan, kendisine önceden tanımlanmış değerlere göre otomatik olarak açma-kapama yapabilen ayırıcılardır (Görsel 3.74).



Görsel 3.72: Kuru tip yük ayırıcı


Görsel 3.73: SF_6 gazlı yük ayırıcı


Görsel 3.74: Otomatik ayırıcı

Kumanda Şekillerine Göre Ayırıcılar

Elle Kumandalı Ayırıcılar: Mekanik olarak kumanda kolu yoktur. Bunun yerine ıstanka (yalıtkan uzun çubuk şeklindeki güvenlik malzemesi) ile açma-kapama işlemi gerçekleştirilen ayırıcıdır (Görsel 3.75).

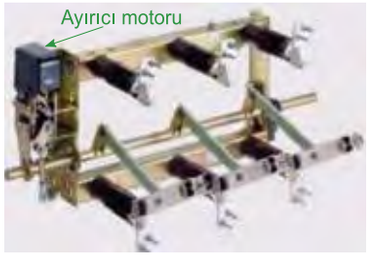
Mekanik Kumandalı Ayırıcılar: Açma-kapama işlemi galvanizli çelik boru yardımıyla elle yapılan ayırıcılardır. Direklerdeki ayırıcı kontrolü buna örnektir (Görsel 3.76).

Elektrik Motoru İle Kumandalı Ayırıcılar: Uzaktan açma-kapama işlemi için elektrik motorundan yararlanılır. Elektrik motoru bir yönde döndüğünde açma, diğer yönde döndüğünde ise kapama işlemini yapar (Görsel 3.77).

Basınçlı Hava İle Kumandalı Ayırıcılar: Havayla çalışan (pnömatik) sistemlerin hava yönü değiştirilerek uzaktan açma-kapama işlemi yapılan ayırıcılardır.


Görsel 3.75: Elle kumandalı ayırıcı


Görsel 3.76: Mekanik kumandalı ayırıcılar



Görsel 3.77: Elektrik motoru ile kumandalı ayırıcı

Görevlerine Göre Ayırıcılar

Hat Ayırıcısı: Enerji nakil hatlarının giriş ve çıkışında kesici ile hat arasına bağlanan ayırıcılardır.
Bara Arayıcısı: Enerji nakil hatlarının giriş ve çıkışında kesici ile ana bara arasına bağlanır.
Toprak Ayırıcısı: Enerjisi kesilmiş hatlarda çalışan personelin ve sistemin güvenliği için kullanılır.
Bypass Ayırıcısı: Tek bara sisteminin enerjisiz kalmaması için kesici hücresine paralel bağlanan yük ayırıcısıdır.
Transfer Ayırıcı: Transfer bara sisteminde ana bara ile transfer barayı bağlar.
Kuplaj Ayırıcı (Bara Bölümleyici): Aynı gerilimli baraların birleştirilmesinde veya ayrılmasında kullanılır.

3.4.2.3. Ayırıcılarda Aranan Özellikler

Dâhilî ve haricî tip ayırıcıların seçiminde ayırıcıya ait anma gerilimi, anma kısa devre akımı, tipi ve kullanma yeri gibi teknik bilgilerin bilinmesi gereklidir. Görsel 3.78'de bir ayırıcı etiketi üzerinden bu bilgiler Tablo 3.6'da verilmiştir.



Görsel 3.78: Ayırıcı etiket bilgileri

Tablo 3.6: Ayırıcı Teknik Bilgileri

<table>
<tr><td>Tip</td><td>Belirli harf veya rakamlardan oluşur ayrıca ayırıcının cinsini ve yapısını belirler.
<table>
<tr><th>Ayırıcı Özellik Harf</th><th>Ayırıcı Özellik Rakam</th></tr>
<tr><td>T Trifaze</td><td>4 Nominal akımı 400 A</td></tr>
<tr><td>A Ayırıcı</td><td>6 Nominal akımı 630 A</td></tr>
<tr><td>H Haricî</td><td>12 Nominal akımı 1250 A</td></tr>
<tr><td>D Dâhilî</td><td>10 Anma gerilimi 10 kV</td></tr>
<tr><td>S Sigortalı</td><td>15 Anma gerilimi 17,5 kV</td></tr>
<tr><td>T Topraklı</td><td>30 Anma gerilimi 30 kV</td></tr>
<tr><td></td><td>45 Anma gerilimi 52 kV</td></tr>
<tr><td>Örnek: TADS 12 / 30
T: Trifaze
A: Ayırıcı
D: Dâhilî
S: Sigortalı
12: Nominal akımı 1250 A
30: Anma gerilimi 30 kV</td><td>Örnek: TADST 6 / 15
T: Trifaze
A: Ayırıcı
D: Dâhilî
S: Sigortalı
T: Topraklı
6: Nominal akımı 630 A
15: Anma gerilimi 17,5 kV</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Nominal Gerilim (U nom)</td><td>Çalışabileceği normal gerilimdir.</td></tr>
<tr><td>Anma Gerilimi (kV)</td><td>Çalışabileceği en yüksek gerilimdir.</td></tr>
<tr><td>İzolasyon Gerilimi (kV)</td><td>Dayanabileceği en yüksek gerilimdir.</td></tr>
<tr><td>Anma Frekansı (Hz)</td><td>Çalışabileceği en yüksek frekanstır.</td></tr>
<tr><td>Nominal Akım (I nom)</td><td>Çalışabileceği normal akımdır.</td></tr>
<tr><td>Dinamik Dayanma Akımı (Idyn)</td><td>Kısa süreli dinamik dayanma akımıdır.</td></tr>
<tr><td>Termik Dayanma Akımı (I th)</td><td>Kısa bir süre dayanabileceği en yüksek akımdır.</td></tr>
</table>

3.4.2.4. Ayırıcılarda Montaj Aşamaları

Ayırıcıların montajında vinç veya kaldırma araçları, lokma takımı, anahtar takımı, boru anahtarları, su terazisi, demir testeresi, eğe takımı, eğme ve bükme araçları, matkap vb. araç gereç kullanılır. Ayırıcının direk üzerine, şalt sahasına veya başka bir yere montajına göre kullanılan araç gereç değişiklik gösterir.

Ayırıcıların montaj yapıldıkları yere göre işlem basamakları değişiklik gösterir. Direklere ayırıcı montajı, genellikle direk dikilmeden önce yerde yapılır. Bazen ayırıcıların değiştirilmesi gereken yerlerde veya direkleri dikilmiş tesislerde, ayırıcı montajının direğe çıkılarak yapılması gerekebilir. Ayırıcılar, modüler hücre sistemlerinde monte edilmiş şekilde üretilir.

3.4.2.5. Ayırıcılarda Bakım Onarım İşlemleri

Bakım ve onarım yapılırken şunlara dikkat edilmelidir:

- İş güvenliği tedbirlerine uyulmalıdır.
- Bağlantı cıvataları iyi sıkılmış olmalıdır.
- Kontak yüzeyleri temiz olmalıdır.
- Kontaklar aynı hizada olacak şekilde birbirini karşılamalıdır.
- İzolatörlerinde çatlak, kırık bulunmamalı ve kaplaması sağlam olmalıdır.
- Ayırıcı kollarının düzgün çalıştığından emin olunmalıdır.
- Topraklama bağlantıları iyi yapılmış olmalıdır.
- Ayırıcı, monte edildiği yere iyi ve sağlam şekilde sabitlenmiş olmalıdır.
- Tespit cıvataları sıkılırken şalter şasesi hiçbir şekilde zorlanmamalı ve gerdirilmemelidir.
- Ayırıcı kumanda kolunun ayırıcı açık konumdayken aşağıda olmasına dikkat edilmelidir.
- Kontaklar yağ veya yağ benzeri maddelerle kesinlikle temas etmemelidir. Daima temiz ve kuru olmalıdır.
- Bütün yatak ve mafsallar yağlanarak ayırıcının rahat hareket etmesi sağlanmalıdır.
- İzolatörleri temiz ve kuru olmalıdır.
- Kontak parçaları üzerindeki toz ve yağ artıkları varsa kuru bir bezle iyice temizlenmelidir.
- Mafsal ayırıcı mekanizması, açma-kapama mekanizmasının tam ortasına monte edilmelidir.
- Bara veya kablo iletkenleri bağlanırken bağlantı kontakları kesinlikle çekme, itme veya döndürme kuvvetine maruz bırakılmamalıdır.
- Bağlantı noktalarına montaj yapılırken dairesel kesitli iletken kullanılıyorsa mutlaka özel klemens kullanılmalıdır.
- Ayırıcı giriş-çıkış bağlantıları yapılırken kullanılan iletkenlerin montajında emniyet mesafelerine dikkat edilmelidir.

3.4.2.6. Ayırıcıları Devreye Alma ve Devreden Çıkarma İşlemleri

Ayırıcı kontaklarında, temassızlık sonucu kontaklar arasında oksitlenme ve buna bağlı olarak ark meydana gelir. Ark, aynı zamanda kontak direncini artırarak büyür ve aşırı ısınma oluşur. Bunun sonucunda, kontakları bağlayan malzemeler kullanılamaz hâle gelerek iş güvenliği açısından da büyük risk oluşturur.
Ayırıcıları devreye alma ve çıkarma işlemleri için şunlar yapılır:

- İş güvenliği tedbirleri alınarak kişisel koruyucu malzemeler kullanılmalıdır.
- Ayırıcının bulunduğu yere yaklaşmadan önce iletkenler ile ayırıcının monte edildiği zemin arasında elektriksel irtibat olup olmadığı gözle kontrol edilmelidir.
- Açma-kapama yapılacak ayırıcının **kesinlikle yüksüz** olduğundan emin olunmalıdır.

- Ayırıcı açma işlemi ani ve tek hamlede yapılarak oluşabilecek arkın kısa sürede sönmesi sağlanmalıdır.
- Ayırıcı açıldıktan sonra hareketli kontakların üçünün de sabit kontaklardan yeterince ayrılıp ayrılmadığı gözle kontrol edilmelidir (34,5 kV'ta 45 cm ,15 kV'ta 20 cm civarı).
- Açılan ayırıcının kontrolsüz olarak kapatılmasını önlemek için gerekli kilitlemeler yapılıp güvenlik kartları asılmalıdır.
- Ayırıcı kapatma işlemi, güvenlik kartları ve kilitler kaldırılıp hızlıca ve tek hamlede yapılmalıdır.
- Ayırıcı kontaklarının iyice temas ettiğinden emin olunmalıdır.

3.4.3. Kesiciler

Yüksek gerilim şebekelerinde yük akımı ve kısa devre akımlarını kesmeye yarayan elemanlara **kesici (disjonktör)** denir.

3.4.3.1. Kesicilerin Yapısı ve Çalışması

Ev ve iş yerlerinde alçak gerilimli cihazları açmak ve kapatmak için anahtar ve şalter kullanıldığında sorun oluşturmaz ancak yüksek gerilimde enerji kesmek tehlikeli olabilir. Hem tehlikeyi azaltmak hem de canlıları, cihazları yüksek gerilim ve kısa devreden korumak, oluşacak hasarı önlemek için kesicilerden yararlanılır.

Kesicileri ayırıcılardan ayıran en temel nokta **yük altında** kesme işlemi yapabilmeleridir. Yüklü bir devre kesilmeye çalışıldığında yüksek gerilim ve akımdan dolayı kontaklar arasında ark oluşur. Oluşacak arkın küçük olması, kontakların tam iletimi veya yalıtımı kesiciler sayesinde hızlı bir şekilde yapılır.

Görsel 3.79'da gazlı kesici yapısı görülmektedir.

Alt ve Üst Terminal: Kesici yüksek gerilim giriş-çıkış yerleridir.

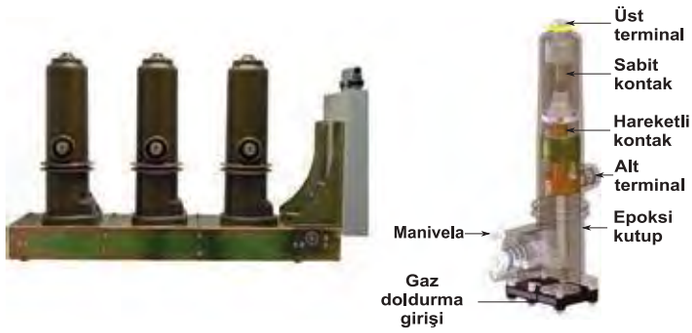
Sabit Kontak: Açma-kapama işleminde hareketli olmayan, üzerinden akım geçen kontaklardır.

Hareketli Kontak: Hareket mekanizmasıyla hareket eden kapatma sırasında sabit kontaklarla temas ederek devreyi kapatan kontaklardır.

Manivela: Hareket mekanizmasını sağlayan koldur.

Gaz Doldurma Girişi: Ark söndürme ve izolasyon sağlamak için gaz doldurma girişidir.

Epoksi Kutup: Epoksi yalıtkan gövdeye denir.



Görsel 3.79: Gazlı kesici yapısı

3.4.3.2. Kesicilerin Çeşitleri

Kullanıldıkları Ortama Göre Kesiciler

- Dâhilî kesiciler (Bina içi ortamlarda kullanılır.)
- Haricî kesiciler (Bina dışı ortamlarda kullanılır.)

Yapılarına Göre Kesiciler

- Az yağlı kesiciler
- SF_6 gazlı kesiciler
- Vakumlu kesiciler
- Otomatik tekrar kapatmalı kesiciler (recloser)

Yapılarına Göre Kesiciler

Az Yağlı Kesiciler: Kesici kutuplarının içinde ark söndürme amacıyla yağ kullanılır. Kısa devre oluştuğunda bakım yapılıp yağın değiştirilmesi gerekir. Bu nedenle yeni sistemlerde kullanılmamaktadır (Görsel 3.80).

Sf_6 Gazlı Kesici: İçerisinde basınçlı olarak SF_6 gazı bulunmaktadır. Bu gazın ark söndürme ve iyi yalıtım özelliğinden faydalanılır. Açma veya kapatma durumunda piston ile sıkıştırılan SF_6 gazı kontaklar arasına verilerek oluşan ark hızlıca ortamdan uzaklaştırılır. Dağıtım sistemlerinde sıkça bu tip kesiciler kullanılır (Görsel 3.81).

Vakumlu Kesiciler: İçerisindeki hava vakumlanarak alınmıştır. Bu nedenle içinde ark söndürme maddesi bulunmaz. Kesme hücresinde hareketli ve sabit kontaklar vardır. Ark metal buharı şeklinde olduğundan kontaklar ayrılırken ark üzerinden akan akım sıfır noktasına kadar akar ve söner. Metal buharı kontaklar üzerinde yoğunlaşır. Kontak bölgesi yüksek vakum etkisinde olduğundan metal buharı hızla kontakların dışına çekilerek yüksek yalıtım düzeyi sağlar (Görsel 3.82).

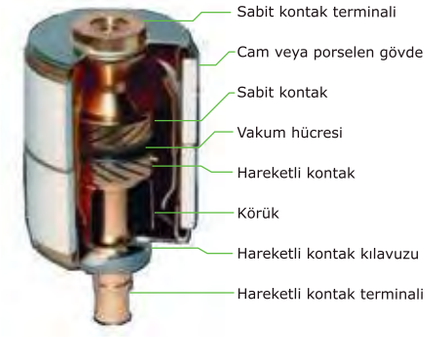
Otomatik Tekrar Kapatmalı Kesiciler (Recloser)
Devre akımını ve sistemde meydana gelen kısa devre akımını otomatik olarak kesebilen ve belirlenen süre sonunda tekrar kapatma yapabilen kesicilerdir (Görsel 3.83).



Görsel 3.80: Az yağlı kesiciler



Görsel 3.81: SF_6 gazlı kesici



Görsel 3.82: Vakumlu kesici



Görsel 3.83: Otomatik tekrar kapatmalı kesici

3.4.3.3. Kesicilerde Aranan Özellikler

- Açma anında meydana gelen ark hızlı bir biçimde söndürülmelidir.
- Tekrar tekrar açma-kapama yapabilmelidir.
- Açma-kapama işlemini çok hızlı bir biçimde yapmalıdır.
- Kontakları, kısa devre akımlarını bir müddet taşıyabilmelidir.

Kesici etiketinde bulunması gereken değerler vardır. Bu değerler şu şekilde sıralanabilir:

- İmalatçının adı
- Tip ve seri numarası
- Üretim tarihi (ay ve yıl)
- Anma gerilimi (kV)
- Anma yıldırım darbe dayanım gerilimi (kV)
- Anma frekansı (Hz)
- Anma nominal akımı (A)
- Anma kısa devre süresi (s)
- Anma kısa devre kesme akımı (kA)
- Anma kısa devre kapatma akımı (kA)
- Sf_6 gazı anma doldurma basıncı (bağıl), (bar) ,(SF6 gazlı kesicilerde)
- Yardımcı devre gerilimleri (V)
- Yay kurma motoru gerilimi
- Açma bobini gerilimi
- Kapatma bobini gerilimi
- Anma çalışma çevrimi
- Ağırlık
- Ortam sıcaklığı sınıfı

3.4.3.4. Kesicilerde Montaj Aşamaları

Kesicilerin montaj yüksekliği, atmosferik basınç değişiminden dolayı 1000 m'yi geçmemelidir. Farklı çalışma şartları ve boyutlarına sahip kesicilerin genel boyutları ile montaj tasarımı için gerekli bilgiler imalatçı firma tarafından verilmelidir. Montaj aşamaları bu bilgiler dikkate alınarak yapılmalıdır.

Kesicilerin Montaj Aşamaları
Kesicinin İşletme Yerine Taşınması ve Sabitlenmesi: Görsel 3.84'te görülen kaldırma kancaları yukarı doğru çekilip ilgili taşıma aparatları bağlanarak hücreler montaj alanına getirilir. Bağlantı ayakları montaj yapılacak yere sıkıca sabitlenir.
Kesicinin Terminal Bağlantılarının Yapılması: Bağlantı cıvataları düz ve yaylı rondela ile aşırı zorlama olmadan sıkıştırılmalı, esnek yapıda iletken kablo kullanılmalıdır (Görsel 3.85).
Kesici Toprak Bağlantılarının Yapılması: Kesici işletmeye alınmadan önce şase üzerinde bulunan topraklama bara ve cıvatası tesisin genel topraklamasına bağlanmalıdır (Görsel 3.86).



Görsel 3.84: Kesicinin sabitlenmesi



Görsel 3.85: Kesici terminal bağlantısı



Görsel 3.86: Kesici toprak bağlantısı

3.4.3.5 Kesicilerde Bakım İşlemleri

Gazlı ve Havalı Kesiciler İçin Bakımlar

Mekanik ve hareketli bölümlerin tüm bağlantıları gözden geçirilir. Oksitlenmiş olan parçalar (somun, rondela, cıvata, yay vb.) değiştirilir. Gevşemiş bağlantılar gerekli aletlerle sıkılır. Gaz ve hava basıncı kontrol edilir. Yeterli miktarda basınç yoksa üretici firmadan destek alınarak uygun düzeye getirilir.

Kesici kontaklarının geçiş direnci, mikroohmmetre veya bu işlem için özel üretilmiş ölçü aletleriyle ölçülür. A faz, B faz ve C faz kontak dirençleri sırasıyla ölçülmeli, üretici firmanın normlarında belirtilen değerler görülmelidir. Genellikle 30-40 μΩ civarı ölçüm alınmalı, fazla olursa üretici firmadan destek alınmalıdır.

Kesici kontaklarının açma-kapama süreleri, kronometre veya bu işlem için uygun olan zaman ölçer ile ölçülür. A faz, B faz ve C faz kapatma süreleri üretici firmanın normlarında belirtilen değerlerden büyük olmamalıdır. Açma için genellikle 20 msn., kapatma için 60 msn. civarı olmalıdır.

Kesicinin her faz arası ve her faz gövde arasında yüksek gerilim ve izolasyon testi yapılır. Gazlı ve havalı kesicilerin açma-kapama sayıları yaklaşık 3000-5000 arasındadır. Gazlı ve havalı kesicilerin ömrüne, kontak geçiş dirençlerine göre karar verilir.

Az Yağlı Kesiciler İçin Bakımlar

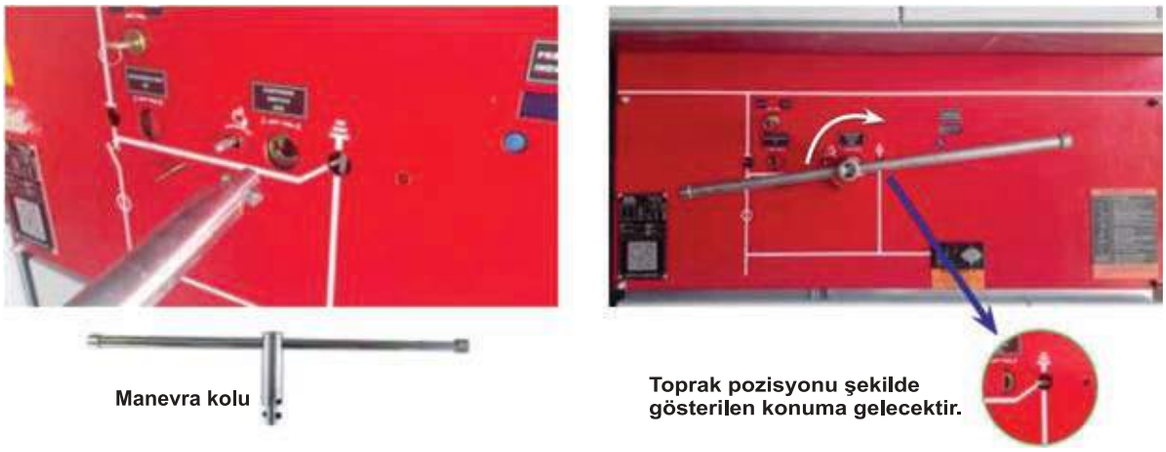
Mekanik ve hareketli bölümlerin tüm bağlantıları kontrol edilir. Faz kontaklarının içinde bulunan tüpün yağı boşaltılır. Hareketli ve sabit kontaklar (benzin, mazot, zımpara, eğe, bez vb.) temizlenir. Hareketli ve sabit kontakların bozuk olan parçaları yenileriyle değiştirilir, kontaklardan aşınanlar gümüş kaynağı ile doldurulur. Kaynak elektrotu kontağı açma-kapama sırasında yapışma özelliği olmayan elektrotla yapılmalıdır. Kontağın yapısına göre yeniden tesviye edilir.

Kesicinin her faz arasında, her faz ve gövde arasında yüksek gerilim ve izolasyon testi yapılır. Kesicinin eski yağı boşaltılıp yenisi koyulur. Yeni koyulan yağ, kesicinin çalışma gerilimine uygun olmalıdır. Kesici açma-kapama zamanı ile kontak direnç ölçümleri gazlı ve havalı kesicilerle aynıdır.

3.4.3.6. Kesicileri Devreye Alma ve Devreden Çıkarma İşlemleri

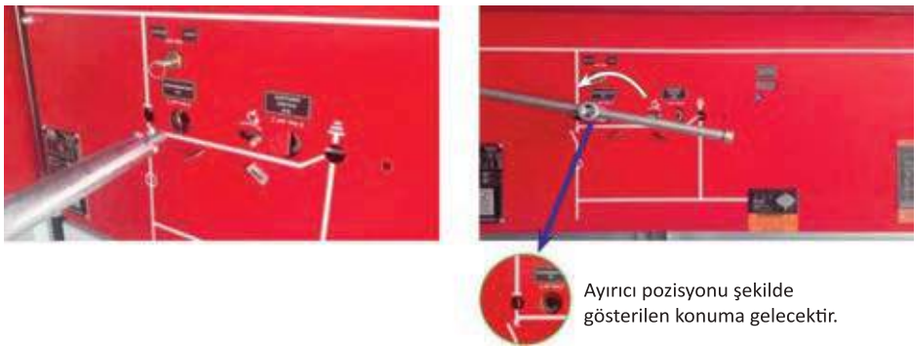
Kesicili Hücrenin Devreye Alınma İşlem Basamakları

1. Kesicili hücrenin kablo bağlantı kapağı açık ise **kapatınız**.
2. Manevra kolunu topraklayıcı manevra yuvasına **takınız**, saat yönünde çevirerek topraklama ayırıcısını **açınız** (Görsel 3.87).



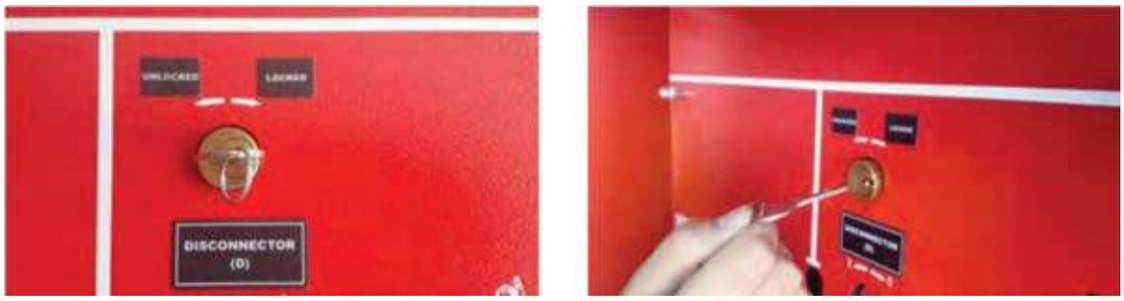
Görsel 3.87: Topraklama ayırıcısının açılması

3. Manevra kolunu ayırıcı manevra yuvasına **takınız**, saat yönünün tersi yönde çevirerek ayırıcıyı **kapatınız** (Görsel 3.88).



Görsel 3.88: Ayırıcının kapatılması

4. Kilit üzerinde takılı olan anahtarı saat yönünde çevirerek, ayırıcı mekanizmasını kilitleyip anahtarı yuvasından **çıkarınız** (Görsel 3.89).



Görsel 3.89: Ayırıcı mekanizmasının kilitlenmesi

5. Ayırıcı mekanizmasından çıkarılan anahtarı kesici mekanizması üzerindeki kilide takıp, anahtarı saat yönünün tersine çevirerek mekanizma kilidini **açınız** (Görsel 3.90).



Görsel 3.90: Kesici mekanizma kilidinin açılması

6. Kesicinin kapatma yayını motorla elektriksel olarak veya kurma kolunu kullanarak elle **kurunuz** (Görsel 3.91).

7. Kesici kumanda paneli üzerindeki kapatma butonuna basarak kesiciyi **kapatınız** (Görsel 3.92).



Görsel 3.91: Kurma kolunun kurulması



Görsel 3.92: Kesicinin kapatılması

Kesicili Hücrenin Devreden Çıkarılma İşlem Basamakları

1. Kesici kumanda paneli üzerindeki açma butonuna basarak kesiciyi **açınız** (Görsel 3.93).



Görsel 3.93: Kesicinin açılması

2. Kapasitif gösterge üzerindeki ışıkların söndüğünü görünüz. Gösterge ışıklarının söndüğünü görmeden işlem **yapmayınız** (Görsel 3.94).

3. Kesici mekanizması üzerindeki anahtarı saat yönünde çevirerek mekanizmayı **kilitleyiniz**, anahtarı yuvasından **çıkarınız** (Görsel 3.95).

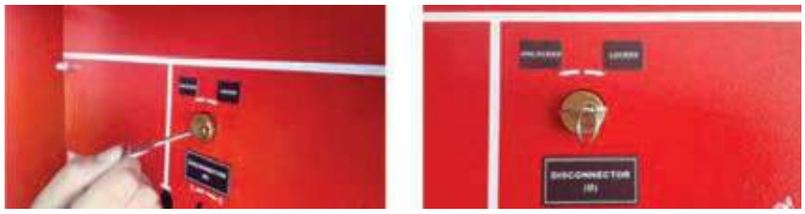


Görsel 3.94: Kapasitif gösterge ışıkları



Görsel 3.95: Kesici mekanizmasının kilitlenmesi

4. Kesici mekanizmasından çıkarılan anahtarı ayırıcı mekanizmasındaki kilide **takınız**, saat yönünün tersine çevirerek kilidi **açınız** (Görsel 3.96).



Görsel 3.96: Ayırıcı kilidinin açılması

5. Manevra kolunu ayırıcı manevra yuvasına **takınız**, saat yönünde çevirerek ayırıcıyı **açınız** (Görsel 3.97).
6. Manevra kolunu topraklayıcı manevra yuvasına **takınız**, saat yönünün tersine çevirerek topraklama ayırıcısını **kapatınız** (Görsel 3.98).



Görsel 3.97: Ayırıcının açılması



Görsel 3.98: Topraklama ayırıcısının kapatılması

TEMRİN ADI AYIRICILARDA GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.12**

AMAÇ

Ayırıcıların kontrol ve bakımlarını yapmak.

GİRİŞ: Ayırıcı kontrol ve bakımlarının yapılması, güvenli ve daha uzun ömürlü olmaları açısından önemlidir. Bakımlar mekanik ve elektriksel olarak yapılır.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Alet takımı	Gerekli lokma takımı, el aletleri, cetvel vb.	1 adet
Multimetre	AC gerilim ölçme	1 adet
Ayırıcı		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Kontak parça ve yüzeylerinin temizliğini kontrol ediniz. Kirli ve yağlıysa temizleyiniz.
3. Kontakların hizalarını kontrol ediniz.
4. İzolatörleri kontrol ediniz.
5. Ayırıcı kollarını ve montaj sağlamlığını kontrol ediniz.
6. Topraklama bağlantılarını kontrol ediniz.
7. Kumanda kolu konumunu kontrol ediniz.
8. Kontaklar harici hareket eden mekanizmaların yağlamasını yapınız.
9. Bara veya kablo iletken bağlantılarını kontrol ediniz.
10. Ayırıcı giriş-çıkış bağlantılarından emniyet mesafesini kontrol ediniz. Emniyet mesafesi dışındaysa belirlenen konuma getiriniz.
11. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz.
12. Kontrol merkezine bakım ve onarımların bitirildiğini bildiriniz ve yapılan işlemleri tablodaki ilgili alanlara yazınız.
13. Malzemeleri teslim ediniz.



TEMRİN ADI AYIRICILARDA GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.12**

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kontrol ve Bakım İşlemi	Yapılan İşlem
Kontak parça ve yüzeylerinin temizlik kontrolü	.....
Kontakların hizalarının kontrolü	.....
İzolatörlerin kontrolü	.....
Ayırıcı kollarının ve montaj sağlamlığının kontrolü	.....
Topraklama bağlantılarının kontrolü	.....
Kumanda kolu konumunun kontrolü	.....
Kontaklar harici hareket eden mekanizmaların kontrolü	.....
Bara veya kablo iletken bağlantılarının kontrolü	.....
Ayırıcı giriş-çıkış bağlantılarından emniyet mesafesinin kontrolü	.....

SORULAR

1. Ayırıcı kontaklarının temizliği neden önemlidir?
2. Ayırıcılarda yük altında açma işlemi niçin tehlikelidir?
3. Ayırıcı giriş-çıkış bağlantılarında emniyet mesafesinin önemi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Ayırıcı mekanik bakımlarını yapmak	20	
Sınıfı :	Ayırıcı elektriksel bakımlarını yapmak	20	
No. :	Ayırıcı yüzey temizliğini yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI AYIRICIYI DEVREYE ALMA VE DEVREDEN ÇIKARMA İŞLEMLERİ

SÜRE:80 Dakika

Temrin No.:3.13

AMAÇ

Ayırıcıları devreye alma ve devreden çıkarma işlemini yapmak.

GİRİŞ: Ayırıcıyı devreden çıkarmak ve almak riskli bir işlemdir. Oluşabilecek arkın kısa sürede sönmesi için bu işlemin çok hızlı ve tek hamlede yapılması gerekir.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Alet takımı	Gerekli lokma takımı, el aletleri, cetvel vb.	1 adet
Ayırıcı		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Ayırıcıyla montaj ve zemin arasında elektriksel temas olup olmadığını kontrol ediniz.
3. Açma-kapama yapılacak ayırıcının **kesinlikle** yüksüz olduğundan emin olunuz. Yüklüyse enerjisini kestiriniz.
4. Ayırıcı kolunu kavrayarak açma işlemini tek hamlede ve hızlıca yapınız.
5. Ayırıcının hareketli kontaklarının üçünün de sabit kontaklarından yeterince ayrılıp ayrılmadığını kontrol ediniz.
6. Ayırıcının kontrolsüz olarak açılmasını engellemek için kilitleme işlemini dikkatle yaparak güvenlik kartlarını asınız.
7. Ayırıcı kapatma işlemini yapmak için güvenlik kartlarını ve kilitleri kaldırınız. Ayırıcı kolunu kavrayarak tek hamlede ve hızlıca yapınız.
8. Çalışma ortamında sarkan kablo vb. el aletleri olmadığından emin olunuz.
9. Yapılan işlemleri tablodaki ilgili alanlara yazınız.
10. Malzemeleri teslim ediniz.

TEMRİN ADI AYIRICILARDA GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.13**

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kontrol ve Bakım İşlemi	Yapılan İşlem
Ayırıcının montaj ile zemin arasındaki elektriksel irtibatının kontrolü	.....
Açma-kapama yapılacak ayırıcının yüklü olup olmadığının kontrolü	.....
Ayırıcı açma işleminin tek hamlede ve hızlıca yapılması	.....
Ayırıcı hareketli kontaklarının sabit kontaklarından ayrıldığının kontrolü	.....
Ayırıcının kilitlemelerinin kontrolü	.....
Güvenlik kartlarının asılması	.....
Ayırıcı kapatma işlemi için gerekli güvenlik tedbirlerinin alınması	.....
Güvenlik kartlarının ve kilitlerin kaldırılmasının kontrolü	.....
Ayırıcı kapatma işleminin tek hamlede ve hızlıca yapılması	.....
Kontak temaslarının kontrolü	.....
Ortamda tehlike oluşturacak nesnelerin kontrolü	.....

SORULAR

1. Ayırıcı açma-kapama işlemi neden hızlıca ve tek hamlede yapılır?
2. Kontakların hepsinin teması neden önemlidir?
3. Kilitleme ve güvenlik kartları niçin kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Ayırıcı genel kontrolleri yapmak	20	
Sınıfı :	Ayırıcı açma işlemini yapmak	20	
No. :	Ayırıcı kapatma işlemini yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI KESİCİ ETİKET BİLGİLERİ OKUMA | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.14**

AMAÇ

Kesici etiket bilgilerini okumak.

GİRİŞ: Yüksek gerilim cihazlarında olduğu gibi kesici etiket bilgilerinde de o kesiciye ait teknik bilgiler yer almaktadır. Kesici seçiminde bu özelliklere dikkat edilmelidir. Bir kesici etiketi temin edilerek okunmalıdır.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Kâğıt ve kalem		1 adet
Gazlı veya gazsız kesici etiketi	Kesici etiketi	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Temin ettiğiniz kesici etiketindeki üretim tarihini tip ve seri numarası bilgilerini tablodaki ilgili alanlara yazınız.
3. Anma gerilimini, anma frekansını ve anma nominal akımını tablodaki ilgili alanlara yazınız.
4. Anma yıldırım, darbe dayanım gerilimini tablodaki ilgili alana yazınız.
5. Anma kısa devre süresini tablodaki ilgili alana yazınız.
6. Anma kısa devre kesme ve kapatma akımını tablodaki ilgili alanlara yazınız.
7. Sf_6 gazlı kesiciyse anma doldurma basıncını tablodaki ilgili alana yazınız.
8. Açma bobini gerilimini tablodaki ilgili alana yazınız.
9. Kapatma bobini gerilimini tablodaki ilgili alana yazınız.
10. Anma çalışma çevrimini tablodaki ilgili alana yazınız.
11. Ağırlığını ve çalışma ortamı sıcaklık sınıfını tablodaki ilgili alana yazınız.

TEMRİN ADI KESİCİ ETİKET BİLGİLERİ OKUMA | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.14**

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kesici Etiket Bilgileri	Değerler
Üretim tarihi (ay ve yıl)	.....
Tip ve seri numarası	.....
Anma gerilimi (kV)	.....
Anma yıldırım darbe dayanım gerilimi (kV)	.....
Anma frekansı (Hz)	.....
Anma nominal akımı (A)	.....
Anma kısa devre süresi (s)	.....
Anma kısa devre kesme akımı (kA)	.....
Anma kısa devre kapatma akımı (kA)	.....
Sf_6 gazlı kesici anma doldurma basıncı (bar)	.....
Açma bobini gerilimi	.....
Kapatma bobini gerilimi	.....
Anma çalışma çevrimi	.....
Ağırlık	.....
Ortam sıcaklığı sınıfı	.....

SORULAR

1. Kesici ve ayırıcı arasındaki farklar nelerdir?
2. Gazlı kesicilerde gaz kullanılmasının temel sebebi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Kesici akım değerlerini okumak	20	
Sınıfı :	Kesici gerilim değerlerini okumak	20	
No. :	Gazlı kesiciyi açıklamak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI GAZLI VE HAVALI KESİCİ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.15**

AMAÇ

Gazlı kesicilerde belirli aralıklarla yapılması gereken kontrol ve bakımları yapmak.

GİRİŞ: Kontrol ve bakımlar kesicilerin daha güvenli ve uzun ömürlü olmaları açısından önemlidir. Gazlı kesicilerin belirli aralıklarla kontrol ve bakımlarının yapılması gerekir. Bu amaçla genel kontrol ve bakım işlemleri uygulanacaktır.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Alet takımı	Gerekli lokma takımı, el aletleri, cetvel vb.	1 adet
Mikroohmmetre	Kontak direnç ölçümü	1 adet
Gazlı kesici	YG veya OG gazlı kesici	1 adet
Gaz basınçölçer cihazı	Kesici gazın basıncının ölçülmesi	1 adet
Açma-kapama süreölçer	Hassas süreölçer	1 adet
Megger cihazı	İzolasyon direnci ölçümü	1 adet
Temizleme malzemeleri	Benzin, mazot, zımpara, eğe, bez vb.	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Bakım ve kontrolü yapılacak kesicinin enerjisini kestiriniz.
3. Mekanik ve hareketli bölümlerin tüm bağlantılarını kontrol ediniz.
4. Gaz ve hava basıncını kontrol ediniz. Yeterli basınç değerini üretici firmadan destek alarak uygun düzeye getiriniz.
5. Kesici kontaklarının geçiş dirençlerini mikroohmmetre ile ölçünüz. Standart dışı ise üretici firmadan destek alarak uygun düzeye getiriniz veya değiştiriniz.
6. Kesici kontaklarının açma-kapama sürelerini bu işlem için uygun süreölçer ile ölçünüz. Standart dışı ise üretici firmadan destek alarak uygun düzeye getiriniz veya değiştiriniz.
7. Kesicinin her faz arası, faz gövde arası izolasyon testini megger cihazı ile yapınız.
8. Yapılan işlemleri tablodaki ilgili alanlara yazınız.
9. Malzemeleri teslim ederek kontrol ve bakım işlemlerini bitiriniz.

TEMRİN ADI GAZLI VE HAVALI KESİCİ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.15**

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kontrol ve Bakım İşlemi	Yapılan İşlem
Mekanik ve hareketli bölümlerin bağlantılarının kontrolü	.....
Gaz ve hava basıncı kontrolü	.....
Kesici kontaklarının geçiş dirençlerinin mikroohmmetre ile ölçülmesi	.....
Kesici kontaklarının açma-kapama sürelerinin ölçülmesi	.....
Megger cihazı ile kesicinin her faz arası izolasyon direnci ölçümü	.....
Megger cihazı ile kesicinin faz toprak arası izolasyon direnci ölçümü	.....

SORULAR

1. Kesicilerde açma-kapama süreleri neden önemlidir?
2. Gazlı kesicilerde gaz basıncının düşük olmasının oluşturabileceği sorunlar nelerdir?
3. Kontaklarda oluşan direnç değerinin kesicinin çalışmasına etkisi nasıldır? Açıklayınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Gazlı, havalı kesicilerin mekanik bakımlarını yapmak.	20	
Sınıfı :	Gazlı, havalı kesicilerin elektriksel bakımlarını yapmak.	20	
No. :	Gazlı, havalı kesicilerin izolasyon testini yapmak.	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI AZ YAĞLI KESİCİ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.16**

AMAÇ

Az yağlı kesicilerde belirli aralıklarla yapılması gereken kontrol ve bakımları yapmak.

GİRİŞ: Kontrol ve bakımlar kesicilerin daha güvenli ve uzun ömürlü olmaları açısından önemlidir. Gazlı kesicilerin belirli aralıklarla kontrol ve bakımlarının yapılması gerekir. Bu amaçla genel kontrol ve bakım işlemleri uygulanacaktır.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Çelik burunlu bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Alet takımı	Gerekli lokma takımı, el aletleri, cetvel vb.	1 adet
Mikroohnmmetre	Kontak direnç ölçümü	1 adet
Az yağlı kesici	YG veya OG gazlı kesici	1 adet
Gaz basınçölçer cihazı	Kesici gazın basıncının ölçülmesi	1 adet
Açma-kapama süreölçer	Hassas süreölçer	1 adet
Megger cihazı	İzolasyon direnci ölçümü	1 adet
Temizleme malzemeleri	Benzin, mazot, zımpara, eğe, bez vb.	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Bakım ve kontrol yapılacak kesicinin enerjisini kestiriniz.
3. Mekanik ve hareketli bölümlerin tüm bağlantılarını kontrol ediniz.
4. Faz kontaklarının içinde bulunan tüpün yağını boşaltınız.
5. Kesiciye çalışma gerilimine uygun yeni yağ koyunuz.
6. Hareketli ve sabit kontakları temizleme malzemeleriyle temizleyiniz.
7. Hareketli ve sabit kontaklarda baskı yaylarının bozuk olanlarını yenileriyle değiştiriniz.
8. Hareketli ve sabit kontaklardan aşınanları gümüş kaynağı ile doldurunuz.
9. Kesici kontaklarının geçiş dirençlerini mikroohmmetre ile ölçünüz. Standart dışı ise üretici firmadan destek alarak uygun düzeye getiriniz veya değiştiriniz.
10. Kesici kontaklarının açma-kapama sürelerini bu işlem için uygun süreölçerle ölçünüz. Standart dışıysa üretici firmadan destek alarak uygun düzeye getiriniz veya değiştiriniz.
11. Kesicinin her faz arası, faz ve gövde arası izolasyon testini megger cihazı ile yapınız.
12. Yapılan işlemleri tablodaki ilgili alanlara yazınız.
13. Malzemeleri teslim ederek kontrol ve bakım işlemlerini bitiriniz.

TEMRİN ADI AZ YAĞLI KESİCİ GENEL KONTROL VE BAKIM UYGULAMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.16**

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Kontrol ve Bakım İşlemi	Yapılan İşlem
Mekanik ve hareketli bölümlerin bağlantılarının kontrolü	.....
Faz kontaklarının içinde bulunduğu tüpün içindeki yağın boşaltılması	.....
Kesiciye çalışma gerilimine uygun yeni yağ koyulması	.....
Hareketli ve sabit kontakların temizleme malzemeleri ile temizlenmesi	.....
Hareketli ve sabit kontaklarda baskı yaylarının bozuk olanlarının yenileriyle değiştirilmesi	.....
Hareketli ve sabit kontaklarda aşınan kısımların gümüş kaynağı ile doldurulması	.....
Kesici kontaklarının geçiş dirençlerinin mikroohmmetre ile ölçülmesi	.....
Kesici kontaklarının açma-kapama sürelerinin ölçülmesi	.....
Megger cihazı ile kesicinin her faz arası izolasyon direncinin ölçümü	.....
Megger cihazı ile kesicinin faz toprak arası izolasyon direncinin ölçümü	.....

SORULAR

1. Az yağlı kesicilerde yağ kullanılmasının amacı nedir?
2. Kesicinin kontaklarında neden gümüş kaynağı kullanılır?
3. Kesicilerde izolasyon direnci testi niçin yapılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Az yağlı kesicilerin mekanik bakımlarını yapmak.	20	
Sınıfı :	Az yağlı kesicilerin elektriksel bakımlarını yapmak.	20	
No. :	Az yağlı kesici izolasyon testini yapmak.	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

3.5. PARAFUDRLAR

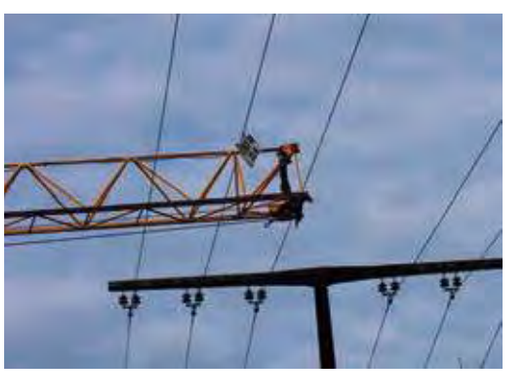
Enerji iletim ve nakil hatlarında meydana gelen iç ve dış aşırı gerilim darbelerine karşı elektriksel sistemi koruyan ve yükü toprağa deşarj eden koruma elemanına **parafudr** denir.

3.5.1. İletim ve Dağıtım Hatlarında Oluşan Yüksek Gerilim Nedenleri

İletim ve dağıtım hatlarında meydana gelen arızaların büyük bir bölümü tehlikeli yüksek gerilim nedeniyle oluşur. Yüksek gerilimler iç aşırı gerilimler ve dış aşırı gerilimler olmak üzere ikiye ayrılır.

İç Aşırı Gerilimler: Hattın iç yapısından dolayı oluşan yüksek gerilimdir. Alternatör yükünün kalkması, kapasitif devrenin açılması, fazlar arası kısa devre, devre açma-kapama vb. sebeplerden oluşan yüksek gerilimlerdir. Vincin çalışması esnasında iletim hattında kısa devreye sebep olması bu gerilim türüne örnek verilebilir (Görsel 3.99).

Dış Aşırı Gerilimler: Atmosferik sebeplerden oluşan yüksek gerilimlerdir. İletim dağıtım hattına veya şalt tesislerine yıldırım düşmesi veya yoğun bulutların yük etkisiyle iletim hatlarında oluşturdukları harmonik gerilimlerdir (Görsel 3.100).



Görsel 3.99: İç aşırı gerilimler



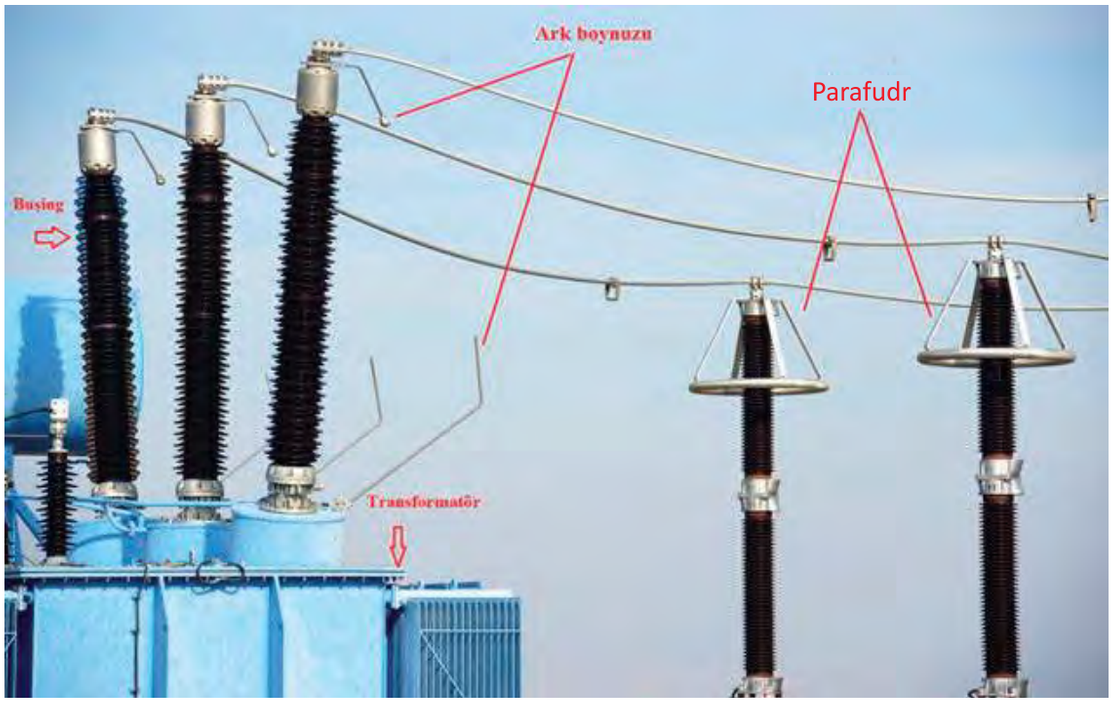
Görsel 3.100: Dış aşırı gerilimler

Koruma İletkeni: Yıldırım ve yoğun bulutların yükünü toprağa aktarmak için direklerin en uç kısmına konulan iletkene **koruma iletkeni** denir. Koruma iletkeni, 60 kV'un üzerindeki enerji nakil hatlarında ve şalt sahalarında kullanılır. 60 kV'un altındaki sistemlerde kullanılmaması gerekir. 60 kV'un altında kullanılması durumunda izolatörlerin yalıtım özelliğinin bozulmasına neden olur (Görsel 3.101).



Görsel 3.101: Koruma iletkeni

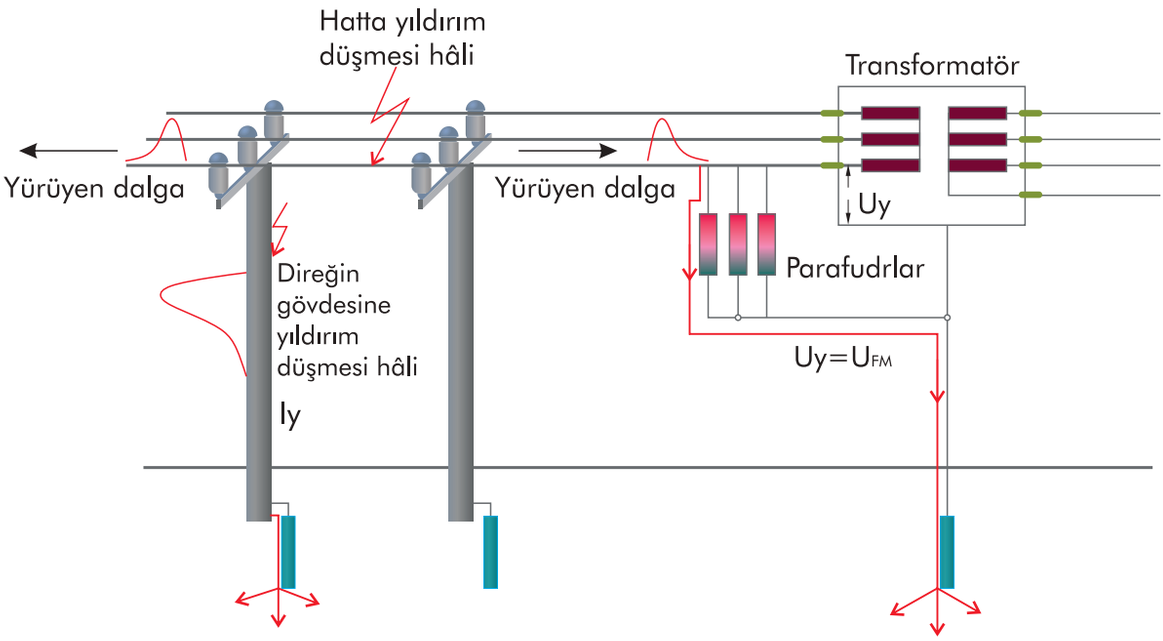
Buşing: Transformatörlerin üzerinde bulunan izolatörlerdir (Görsel 3.102).



Görsel 3.102: Ark boynuzu, parafudr ve buşing

3.5.2. Parafudrun Yapısı ve Çalışma Prensibi

Enerji iletim hattı ile toprak arasına paralel bağlanır. İletim hattına bağlı olduklarında herhangi bir yüksek gerilim yokken pasif durumdadır. Çalışma prensibi varistör (VDR) ile aynıdır. Gerilim değeri çalışma gerilimini geçtiğinde parafudr direncini hızlı bir şekilde düşürerek yüksek gerilimi toprağa boşaltır. Boşaltma anında gerilim değeri düştükçe içindeki direnç değerini artırarak gerilimi sınırlar ve pasif konuma geçer. Üç fazlı sistemlerde her faza bir parafudr bağlanır (Görsel 3.103).



Görsel 3.103: Parafudrun yapısı ve çalışma prensibi

3.5.3. Parafudr Seçimi

Parafudr seçimi yapılırken öncelikle parafudrun devrenin özelliğine uygun olması gerekir. Devre özelliğine göre seçilmesi hem uzun ömürlü olmasını hem de sistemin daha sağlıklı çalışmasını sağlar. Parafudrlar gerilim, darbe akımı ve kısa devre dayanımına göre seçilir. Bu özelliklere göre seçilirken topraklama direncini de hesaba katmak gerekir.

3.5.3.1. Nominal Akım Değerinin Seçilmesi

Parafudrun çalışma akım değerine **darbe boşaltma akımı** denir. Parafudrlar boşaltma akımına göre 5 kA ve 10 kA olarak imal edilir. Atmosferik olayların yoğun olduğu dağıtım hatlarında, yüksek gerilim kablolarının olduğu hatlarda ve dağıtım transformatörlerinin olduğu yerlerde 10 kA'lik parafudr kullanılır. Atmosferik olayların az olduğu yerlerde ise 5 kA'lik parafudr kullanılır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: 36 kV'a Kadar Dağıtım Sistemlerinde Parafudr Seçimi

Anma Gerilimi (kV)	Parafudr Gerilimi (kV) Sistemin Durumu		Parafudr Darbe Boşalma Akımı (KA)		Parafudr Kısa Devre Akımı (KA)		
	Doğrudan Topraklı	Direnç ile Topraklı ve Üçgen Bağlı	5	10	10	20	40
3,3	3	3,3	5	10	10	20	40
7,2	6,3	7,2	+	+	+	+	+
12	10,5	12	+	+	+	+	+
17,5	15	18	+	+	+	+	+
36	30	36	+	+	+	+	+

3.5.3.2. Nominal Gerilim Değerinin Seçilmesi

Parafudr üzerinde yazılı olan ve hat ucu ile toprak ucu arasında bulunmasına izin verilen yüksek alternatif gerilimin etkin değerine **nominal gerilim değeri** denir.

Parafudr nominal gerilimi uygun değerde seçilmelidir. Normal değerin üzerinde seçilirse yük boşalma olayı erken kesileceği için sistemdeki yalıtımın ve parafudrun zarar görmesine neden olur. Normal değerin altında seçilirse yük boşaltma olayını geç keseceğinden parafudrun patlamasına sebep olur.

Nominal gerilim değerinin seçiminde besleme kaynağının yıldız noktasının topraklı veya yalıtılmış olması gerekir. Yıldız veya üçgen bağlantı nötr yalıtılmışsa topraklama katsayısı **e=1** alınır. Nötr yani yıldız orta noktası topraklanmışsa topraklama katsayısı **e=0,8** alınır.

BİLGİ KUTUSU

Maksimum işletme gerilimi (Um), işletme geriliminin (Ui) 1,1 katıdır.
Um= Uix1,1 Nominal parafudr gerilimi (Up)=Umxe

ÖRNEK

Sekonder gerilimi 30 kV olan transformatörün yıldız noktası direnç üzerinden topraklanmıştır. Transformatörün çıkışına konulacak parafudr nominal gerilimini ve kullanılacak parafudr değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Doğrudan topraklandığından e=0,8 alınır.
Um=uix1,1 Um=30x1,1 = 33 kV bulunur. e= 0,8 olduğundan Up= Umxe = 33x0,8 = **26,4 kV**
Tablo 3.7'den doğrudan topraklı olduğundan 30 kV'luk parafudr seçilir.

3.5.3.3. Kısa Devre Akım Değerinin Seçilmesi

Enerji iletim ve dağıtım hatlarında faz-faz veya faz-toprak temasından kaynaklanan kısa devreler, yüksek akımların oluşmasına ve sistemin zarar görmesine neden olur. Kısa devrelerde seçilecek parafudrun kısa devre akımı, kendisine en yakın olan kesici veya ayırıcının kısa devre akımına veya bir üst değerdeki akıma eşit olmalıdır. Kısa devre akımı için seçilen değer düşük olursa parafudrun parçalanmasına ve çevresine büyük zarar vermesine sebep olur. Parafudrların kısa devre akımı 10-20-40 kA düzeyinde imal edilir.

3.5.4. Parafudr Çeşitleri

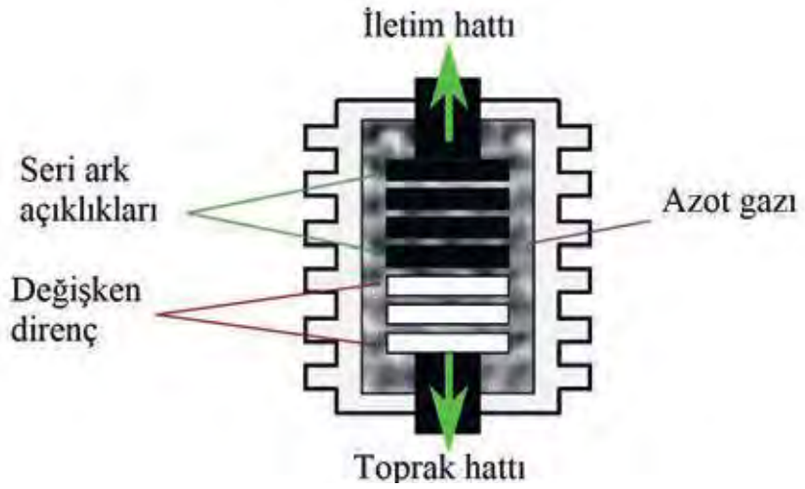
Parafudrlar yapılışlarına, gerilimlerine ve tesisat özelliğine göre üçe ayrılır.

PARAFUDR ÇEŞİTLERİ	
Yapılışlarına Göre Parafudrlar	Değişken dirençli parafudrlar
	Metal oksit parafudrlar
	Borulu parafudrlar
	Deşarj tüplü parafudrlar
Gerilimlerine Göre Parafudrlar	Alçak gerilim parafudrları
	Yüksek gerilim parafudrları
Tesisat Özelliğine Göre Parafudrlar	Faz parafudrlar
	Yıldız noktası parafudrlar

3.5.4.1. Yapılışlarına Göre Parafudrlar

Değişken Dirençli Parafudrlar

Gerilime göre değeri değişen bir dirençten ve dirence seri bağlı ark söndürme eklatöründen oluşmuştur. Ark söndürme eklatörü, birbirine seri olarak yerleştirilmiş metal parçalardan ve bu metal parçalar arasındaki hava veya söndürücü bir gazdan meydana gelir. Yüksek bir gerilim anında ark boynuzu vazifesi görüp, atlama yaparak yüksek gerilimin güvenli bir şekilde toprağa aktarılmasını sağlar. Değişken dirençli parafudrun faz ve toprak arasına bağlantısı yapılmıştır. Yüksek bir gerilim değerinde iletim hattına bağlı direnç değerini düşürüp, seri atlama aralığındaki izolasyonu geçerek yükü toprağa aktarır. Deşarj anında aşırı gerilim değeri düştüğünde, direnç değerini yükselterek akımı sınırlar. Birkaç mikro saniyeden sonra seri atlama aralıkları arasındaki ark sönerek yalıtıma geçer. Değişken dirençli parafudr, genellikle porselenden yapılmış içi boş bir silindirden oluşur. Silindir içinde çok bölmeli bir ark odası, gerilim değerine göre değişen direnç diskleri ve bu direnç disklerine bağlı bir eklatör vardır (Görsel 3.104).



Görsel 3.104: Değişken dirençli parafudr

Değişken Direnç: Anma gerilimi seviyesinde sonsuz direnç özelliği gösterdiği için yalıtkan, anma gerilimi seviyesinin üzerindeki gerilimlerde ise iletkendir. Üzerine düşen gerilimle ters orantılıdır. Gerilim değeri arttıkça direnci azalan, gerilim değeri azaldıkça direnci artan bir elemandır (Görsel 3.105).



Görsel 3.105: Değişken dirençler

Metal Oksit Parafudrlar

Metal oksit parafudrların içerisi değişken bir direnç yerine büyük bir miktarı çinko oksitten oluşan yarı iletken bir malzemeden oluşmuştur. Yarı iletken malzeme içerisinde çinko oksit, manganez, bizmut, baryum, titanyum, silisyum ve kadmiyum gibi maddeler bulunur. Yarı iletken malzemenin içeriğindeki bileşiğin miktarı üreticiye göre değişir. Metal oksit parafudrlar, içinde ayarlı bir direnç olmadığı, seri bir eklatöre de ihtiyaç bulunmadığı için daha basit ve güvenilirdir (Görsel 3.106).



Görsel 3.106: Metal oksit parafudrlar

Metal oksit parafudrların dış muhafaza kısımları porselen veya polimer (silikon) tip olarak imal edilir (Görsel 3.107). Günümüzde polimer muhafazalı parafudrlar fiyatlarının aşağı çekilmesi, dış darbelere karşı daha dayanıklı olması ve ebatlarının küçük olması nedeniyle daha çok kullanılır. Ayrıca dış yüzeylerin kirlenmesi sonucu oluşan yüksek gerilim atlamalarına karşı daha dayanıklıdır.



Görsel 3.107: Porselen ve polimer parafudrlar

Borulu Parafudrlar
İletim veya dağıtım hatlarındaki aşırı gerilim yükünü ark yardımı ve dirençsiz bir bağlantıyla toprağa deşarj eder. Ark akımı, boru içerisindeki basınçlı gaz ile kesilir.

Ark akımı: Şebeke gerilimi altında parafudrdan geçen akımdır.

Deşarj Tüplü Parafudrlar
İletim veya dağıtım hatlarındaki aşırı gerilim yükünü ark yardımı ve dirençsiz bir bağlantıyla toprağa deşarj eder. Borulu parafudrdan farkı ark akımının kesilmesinin şebeke gerilimine bağlı olmasıdır.

3.5.4.2. Gerilimlerine Göre Parafudrlar

Alçak Gerilim Parafudrları
Kullanılacak alçak gerilim parafudrlarını öncelikle nerede kullanılacaksa ona uygun seçmek gerekir. Üretici firmaların yaptığı ve farklı bir şekilde sınıflandırdıkları alçak gerilim parafudrları şunlardır:

B Sınıfı (Tip 1): Elektrik sayacından önce kullanılır. Enerji hattının binaya verildiği yerde kullanılır.

C Sınıfı (Tip 2): Elektrik sayacından sonra her bir dağıtım panosunda kullanılır.

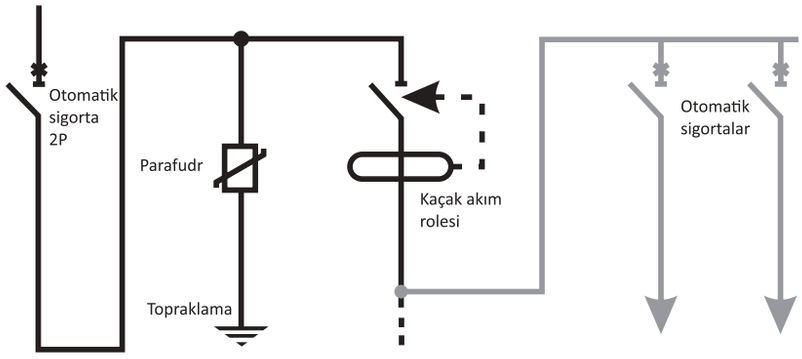
D Sınıfı (Tip 3): Elektronik cihazları (televizyon, bilgisayar ve buzdolabı gibi) korumak için kullanılır.

B+C Sınıfı (Tip 1+2): B ve C sınıfı alçak gerilim parafudrların ortak özelliklerini taşır. Dağıtım panosu ve tali dağıtım panoları arasındaki mesafenin uzun olduğu yerlerde kullanılır. Aşağıdaki görselde alçak gerilim parafudrların sınıf tipine göre kullanım yerleri gösterilmiştir (Görsel 3.108).



Görsel 3.108: Alçak gerilim parafudr tipine göre kullanım yerleri

Alçak Gerilim Parafudrların Dağıtım Kutusuna Montajı



Görsel 3.109: Alçak gerilim parafudrun şeması

Parafudrun olduğu bir dağıtım panosuna öncelikle 20 amperlik otomatik bir sigorta yerleştirilir. Yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra parafudr bağlantısı yapılarak kaçak akım koruma rölesi yerleştirilir ve montajı yapılır. Kaçak akım koruma rölesinin uçlarından otomatik sigortalara bağlantılar yapılır (Görsel 3.109).

Yüksek Gerilim Parafudrları

Yüksek gerilimin olduğu havai hatlarda, enerji nakil hatlarında ve şalt sahalarında kullanılır. Yüksek gerilim parafudrları, kullanılan sistemdeki gerilimin büyüklüğüne göre farklı boyutlarda imal edilir. Gerilimin değeri arttıkça kullanılan parafudrun büyüklüğü de artar (Görsel 3.110).



Görsel 3.110: Yüksek gerilim parafudrları

3.5.4.3. Tesisatın Özelliğine Göre Parafudrlar

Tesisatın özelliğine göre parafudr seçimi yapılırken etiket değerlerine uygun bir şekilde kullanılması gerekir. Tesisatın özelliğine göre faz parafudrlar ve yıldız noktası parafudrlar olmak üzere ikiye ayrılır.

Faz Parafudrlar

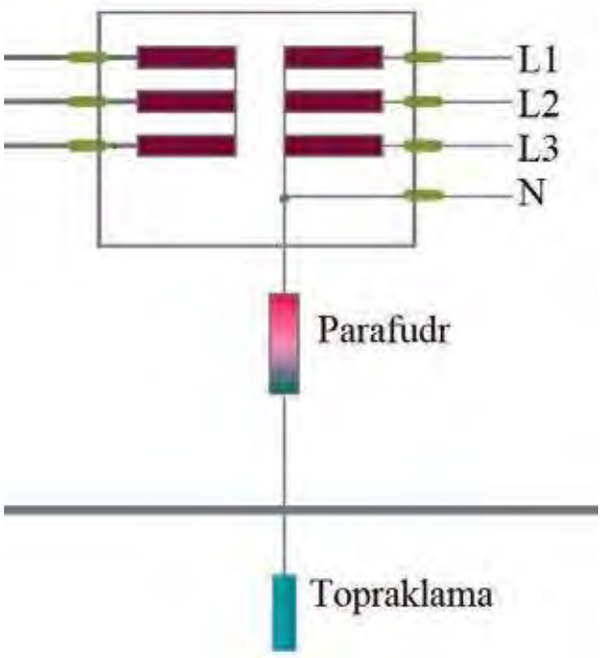
Faz ve nötr arasına bağlanan parafudrlardır. Her faza ayrı bir parafudr bağlanır ve toprak kısımları birleştirilerek tek bir iletkenle de topraklanabilir. Faz parafudrlarında, parafudrların topraklamasının işletme topraklamasından ayrı yapılmış olmasına dikkat edilmelidir. Parafudrlar için çekilecek topraklama direncinin 4 ohm'dan küçük olması gerekir (Görsel 3.111).



Görsel 3.111: Faz parafudru

Yıldız Noktası Parafudrlar

Transformatörün sargı uçlarının yıldız bağlantı ucu ile toprak arasına bağlanan parafudrlardır (Görsel 3.112).



Görsel 3.112: Yıldız noktası parafudr

3.5.4.4. Parafudr Toprak Direncinin Belirlenmesi

Topraklama direnci, toprağın elektrik akımını geçirmesi için gösterdiği tepkidir. Topraklama direnci şu şekilde hesaplanır:

$$R_{DA} = \frac{U_{DA}}{I_{DA}}$$

Formüle göre

R_{DA} : Direk ya da dayanak topraklama tesisinin darbe topraklama direnci (R)

U_{DA} : Yalıtkanın darbe dayanım gerilimi (V)

I_{DA} : Direk ya da dayanaktan geçen yıldırım akımının tepe değeri (A)

U_{DA} yalıtkanın darbe dayanım gerilimi International Electrotechnical Commission [İnterneyşınıl Elektroteknıkıl Komişın (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)] standardı olan IEC 76'da 1,2 / 50 msn. değerleri için

- 36 kV anma geriliminde U_{DA}: 170 kV
- 1 kV anma geriliminde U_{DA}: 20 kV olarak verilir.
- 1,2 msn. darbe geriliminin anma cephe süresini gösterir.
- 50 msn. darbe geriliminin anma sırt yarı değer süresini gösterir.

ÖRNEK

36 kV anma gerilim değerinde olan tesislerde geri atlama olmaması için parafudrun topraklama direnci yıldırım akımlarının 20-60 kA değerleri için ne olur?

ÇÖZÜM

36 kV anma geriliminde U_{DA}: 170 kV olmaktadır. Buna göre

$$R_{DA} = \frac{U_{DA}}{I_{DA}} = \frac{170}{20} = \mathbf{8,5\ \Omega} \qquad R_{DA} = \frac{U_{DA}}{I_{DA}} = \frac{170}{60} = \mathbf{2,8\ \Omega}$$

20 kA değerinde bir yıldırım akımının %80'inin 20 kA'i aşmadığı belirtilmiştir. Birbirlerine 20 m'den daha yakın olmaları durumunda parafudrun topraklama direnci en az 8,5 Ω olmalıdır.

ÖRNEK

1 kV anma gerilim değerinde olan tesislerde geri atlama olmaması için parafudrun topraklama direnci yıldırım akımlarının 20-60 kA değerleri için ne olur?

ÇÖZÜM

36 kV anma geriliminde U_{DA}: 20 kV olmaktadır. Buna göre

$$R_{DA} = \frac{U_{DA}}{I_{DA}} = \frac{20}{20} = \mathbf{1\ \Omega} \qquad R_{DA} = \frac{U_{DA}}{I_{DA}} = \frac{20}{60} = \mathbf{0,33\ \Omega}$$

1 kV anma gerilim değerindeki tesisler için bu değer 1 olmak zorundadır.

3.5.5. Parafudr Ayırıcısı

Parafudrların arızalanması sonucu oluşabilecek aksaklıkları önlemek ve kısa sürede sökülüp değiştirilmesi için kullanılan aparata **parafudr ayırıcısı** denir (Görsel 3.113). Parafudr ayırıcısı, parafudrun toprak ucuna seri bağlanır. Farklı renkteki tasarımı sayesinde arızalı parafudrun yer seviyesindeki değişikliğinden dolayı kolaylıkla fark edilmesini sağlar.



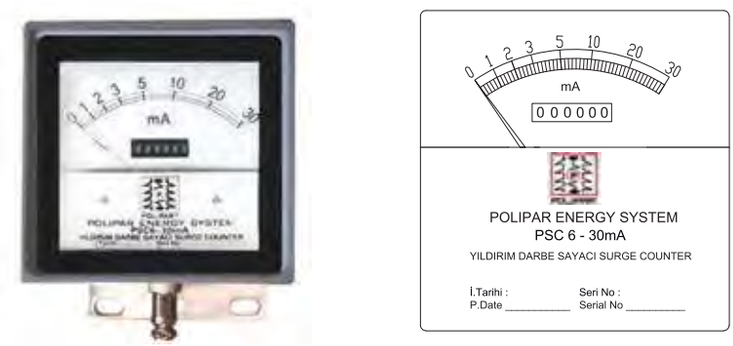
Görsel 3.113: Parafudr ayırıcısı

3.5.5.1. Parafudr Ayırıcısının Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Kullanılacak parafudr ayırıcısının sağlam olup olmadığı kontrol edilir.
- Enerji kesilmeden parafudr ayırıcı bağlantısı yapılmamalıdır.
- Değiştirilecek parafudr ayırıcısına enerji kesildikten ve iletkenlerdeki enerji yükü toprağa deşarj edildikten sonra müdahale edilmelidir.
- Parafudr ayırıcısının değişimi veya montajı yüksekteyse mutlaka emniyet kemeri takılmalıdır.
- Parafudr ayırıcısının montajında veya değişiminde kesinlikle yüksek gerilim eldiveni kullanılmalıdır.
- Montaj vidaları uygun şekilde sıkılmalıdır.
- Parafudr, parafudr ayırıcısının üzerine monte edilmelidir.
- Kullanılacak her parafudr için parafudr ayırıcısı kullanılmalıdır.
- Parafudr ayırıcısı, parafudrun toprak ucuna bağlanmalıdır.

3.5.6. Parafudr Darbe Sayıcısı

Sisteme bağlı bir parafudrdan deşarj edilen aşırı gerilim darbelerinin sayısını kaydeden cihaza **parafudr darbe sayıcısı** denir (Görsel 3.114). Parafudr darbe sayıcıları aynı zamanda sızıntı akımını ölçen ve gösteren bir cihazdır. Cihazın ön kısmında cam bir ekran olup dış kısmı bir metal kılıf ile korunmuştur. Parafudr darbe sayıcısının üzerinde anahtarlama amaçlı yardımcı röle kontağı bulunur. Bu yardımcı röle kontağına osiloskop bağlanarak kaçak akım izlenebilir.



Görsel 3.114: Parafudr darbe sayıcısı

3.5.7. Parafudrun Kullanıldığı Yerler

Havai hatlar ve yer altı kablolarının birleştiği noktalara parafudr yerleştirilerek hatlar korunmalıdır (Görsel 3.115). Havai hat ile yer altı kabloları arka arkaya bağlanıyorsa kabloların havai hatla birleştiği yerlere parafudrlar yerleştirilerek havai hattan yansıyacak dış aşırı gerilimlere karşı kablolar korunmalıdır.



Görsel 3.115: Yer altı kablosunun havai hatta bağlantısında parafudr kullanımı

Parafudrun kullanıldığı yerler şunlardır:

- Transformatör merkezleri
- Şalt sahaları
- Transformatör direkleri
- Yer altı kablolarının havai hatlarla birleştirildiği yerler (Görsel 3.115)
- Uzun hatların belirli noktaları
- Uzun branşman hatlarının ayrım noktası
- Alçak gerilim şebekelerinde ana bara üzeri
- Ana panolar
- Tali panolar
- Otomasyon ve haberleşme hatları
- Yangın alarm sistemleri
- Elektronik cihazların olduğu (televizyon, bilgisayar ve buzdolabı gibi)

3.5.8. Parafudr Montaj İşlem Sırası

- Öncelikle parafudr montajında kullanılacak araç gereçleri temin ediniz.
- Cıvatalar ve onlara uygun somunları temin ediniz. Cıvata ve somunlar paslanmaz tipte olmalıdır.
- Somunlara uygun anahtar takımlarını temin ediniz.
- Parafudru direğe sabitlemek için kullanılacak lama demirini hazır bulundurunuz.
- Parafudrun yalıtkan dış kısmının zarar görmemesi için montaj yerine kadar dışındaki ambalaj sökülmemelidir.

- Kullanılacak parafudrun üzerinde herhangi bir çatlak veya kırık olup olmadığı incelenmeli, çatlak veya kırık parafudrlar kesinlikle kullanılmamalıdır.
- Montajı yapılacak parafudrun proje ve şemasını inceleyerek yerini ve kullanılacak parafudr tipini tespit ediniz.
- Kullanılacak parafudrun yerine göre tipi ve montajı değişir.
- Mesnet tipi parafudrun direk zeminine montajını yapınız.
- Parafudru demir lama üzerine monte ediniz.
- Lama üzerine her faz için bir tane parafudr monte ediniz.
- Parafudr montaj vidalarını uygun aletleri kullanarak sıkınız.
- Vidaları uygun tork ile sıkınız. Gevşek veya aşırı sıkı olmamasına dikkat ediniz.
- Parafudrun iletkenini hazırlayınız.
- Parafudr için ayrı bir topraklama hattı çekiniz.
- Topraklama hattının tesisisin topraklama hattından ayrı olmasına dikkat ediniz.
- Parafudrun topraklama bağlantılarını, galvaniz metal dikdörtgen kesitli iletken veya yalıtılmış 50 mm^2 kesitinde iletkenle yapınız.
- Parafudrların şebekeye bağlantılarını daire kesitli bakır iletken veya havai hat iletkeni (çelik, alüminyum) ile yapınız.
- Parafudr bağlantısı yapılırken öncelikle şebeke tarafını bağlayınız.
- Parafudrun toprak bağlantı çıkışlarını (yıldız bağlantı) birbirine bağladıktan sonra topraklama iletkenini bağlayınız.
- Şebekeye enerji veriniz.

BİLGİ KUTUSU

Parafudr ve Paratonerin Karşılaştırılması

Parafudr, enerji iletim hatlarını ve tesisteki elektronik alıcıları yüksek gerilime karşı korur. Paratoner ise yapı ve binaları yüksek gerilimden korur. Paratonerler, yapılardaki elektronik cihazları koruyamazken parafudr elektronik cihazları da korur. Bir binadaki paratonere yıldırım düşmesi durumunda bütün aşırı gerilimi toprağa aktararak binayı koruyacaktır. Yıldırım, paratonere değil de binanın ilerisine düşerse bu durumda binadaki tüm elektronik cihazların zarar görmesine neden olur.

Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği

Elektrik tesislerinde topraklamalar yönetmeliğinde aşağıdaki tanımlar yer alır.

Koruma Topraklaması: İnsanları tehlikeli dokunma gerilimlerine karşı korumak için işletme akım devresinde bulunmayan iletken bir bölümün topraklanmasıdır.

İşletme Topraklanması: İşletme akım devresinin bir noktasının, cihazların ve tesislerin normal işletilmesi için topraklanmasıdır. Topraklama iki şekilde yapılır.

Dirençsiz (Doğrudan Doğruya) İşletme Topraklaması: Topraklama yolu üzerinde normal topraklama empedansından başka hiçbir direnç bulunmaz.

Dirençli İşletme Topraklaması: Bu durumda ek olarak omik, endüktif ya da kapasitif dirençler bulunur.

Fonksiyon Topraklaması: Bir iletişim tesisinin veya işletme elemanının istenen fonksiyonu yerine getirmesi amacıyla yapılan topraklamadır. Fonksiyon topraklaması toprağa dönüş iletkeni olarak kullanılan iletişim cihazlarının işletme akımlarını da taşır.

Fonksiyon ve Koruma Topraklaması: Fonksiyon topraklamasının aynı topraklama iletkenini kullanarak ve aynı zamanda koruma topraklaması olarak da kullanıldığı topraklamadır.

Yıldırıma Karşı Topraklama: Yıldırım düşmesi durumunda işletme gereği gerilim altında bulunan iletkenlere atlamaları (geri atlamalar) geniş ölçüde önlemek ve yıldırım akımını toprağa iletmek için işletme akım devresine ilişkin olmayan iletken bölümlerin topraklanmasıdır.

TEMRİN ADI PARAFUDR VE DONANIMLARININ SEÇİMİ | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:3.17**

AMAÇ

Parafudr ve donanımlarının seçimlerini yapmak.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Parafudr kataloğu	Görsel materyal	1 adet
Parafudr ayırıcı kataloğu	Görsel materyal	1 adet
Parafudr darbe sayıcı kataloğu	Görsel materyal	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. İş önlüğünüzü giyiniz.
3. Kullanım gerilimlerine göre parafudrları seçiniz.
4. Yapılışlarına göre parafudrları seçiniz.
5. Parafudr ayırıcısını seçiniz.
6. Parafudr darbe sayıcıyı seçiniz.
7. Bulduğunuz değerleri öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

SORULAR

1. Parafudr seçiminde nelere dikkat etmek gerekir?
2. Parafudr ayırıcısı ne işe yarar?
3. Parafudr darbe sayıcısı niçin kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Uygun parafudr seçimini yapmak	20	
Sınıfı :	Uygun parafudr ayırıcı seçimini yapmak	20	
No. :	Uygun parafudr darbe sayıcı seçimini yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI PARAFUDR VE ELEMANLARININ MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.18**

AMAÇ

Parafudrların montajını, iletken bağlantılarını, topraklama bağlantılarını, parafudr ayırıcısı ve darbe sayıcısının montajını yapmak.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Parafudr	Metal oksit dirençli tip	1 adet
Parafudr ayırıcısı	Seçilen parafudra uygun ayırıcı	1 adet
Parafudr darbe sayıcısı	8/20 msn. 200 A	1 adet
Topraklama elemanı	Çubuk	1 adet
İletken tel	2,5 mm^2	10 m
El aletleri çantası	Gerekli lokma takımı, el aletleri vb.	1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. İş önlüğünüzü giyiniz.
3. Tesisin proje ve şemalarını inceleyiniz.
4. Parafudr bağlantısı yapılacak yeri tespit ediniz.
5. Parafudr ayırıcısını monte ediniz.
6. Parafudru, parafudr ayırıcısına monte ediniz.
7. Parafudr darbe sayıcısı bağlantısını yapınız.
8. Bağlantılarınızı öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

SORULAR

1. Parafudr nedir?
2. Parafudr bağlantısında nelere dikkat etmek gerekir?

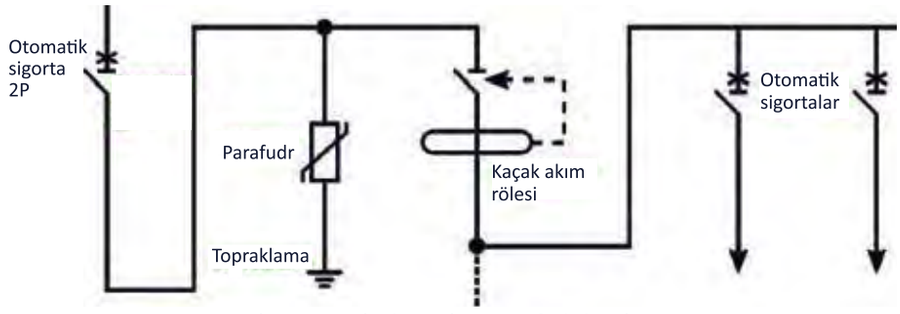
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Devrenin kurulması ve bağlantılarının yapılması	20	
Sınıfı :	Multimetre ile gerilimlerin ölçülmesi	20	
No. :	Dönüşüm oranının hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI ALÇAK GERİLİM PARAFUDR VE ELEMANLARININ MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.19**

AMAÇ

Alçak gerilim parafudrlarının iletken bağlantılarını, topraklama bağlantılarını ve montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 3.116: Alçak gerilim parafudr bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Otomatik sigorta (otomat)	2P, 20 A	1 adet
Alçak gerilim parafudru bir fazlı	C sınıfı (tip 2)	1 adet
Kaçak akım koruma rölesi	30 mA	1 adet
Otomatik sigorta	20 A	2 adet
İletken	2,5 mm^2	2m
Kontrol kalemi-tornavida takımı		1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. İş önlüğünüzü giyiniz.
3. Devre bağlantılarını Görsel 3.116'daki gibi kurunuz.
4. Otomatı parafudra bağlayınız.
5. Parafudrun çıkış ucunu toprağa bağlayınız.
6. Kaçak akım rölesinin uçlarını parafudra bağlayınız.
7. Otomatik sigortaları kaçak akım rölesine bağlayınız.
8. Öğretmen gözetiminde devreyi kontrol ediniz.

SORULAR

1. Alçak gerilim parafudrun görevi nedir?
2. Kaçak akım koruma rölesinin görevi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	AG parafudr bağlantısını uygun şekilde yapmak	20	
Sınıfı :	Kaçak akım koruma rölesinin bağlantısını yapmak	20	
No. :	Otomatik sigorta ve topraklama bağlantısını yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

Yüksek gerilim hatlarında oluşan aşırı akımların sistemdeki aygıtlara zarar vermesini engellemek amacıyla kullanılan koruma elemanıdır.

3.6.1. Yüksek Gerilimde Aşırı Akımın Oluşma Nedenleri

Yüksek gerilimlerde aşırı akımların oluşma nedenlerinden bazıları şunlardır:

- Enerji iletim hattının kopması
- Fazlar arası kısa devre olması
- Yıldırım düşmesi
- Yoğun bulutların iletim hattında dalgalanma yapması
- YG direklerinin devrilmesi
- Faz-toprak kaçağı

3.6.2. Yüksek Gerilim Sigortaları

Sigorta, akım devresine seri bağlanan bir elemandır. Sigortanın nominal akımından daha yüksek bir akım geçtiğinde içerisindeki teli eriterek devredeki enerjiyi keser. Sigorta nominal akımda devredeyken kapalı anahtar gibi davranır. Sigortadan nominal akımın üzerinde bir akım geçişinde içindeki teli eriterek açık anahtar gibi davranır (Görsel 3.117).



Görsel 3.117: Yüksek gerilim sigortaları

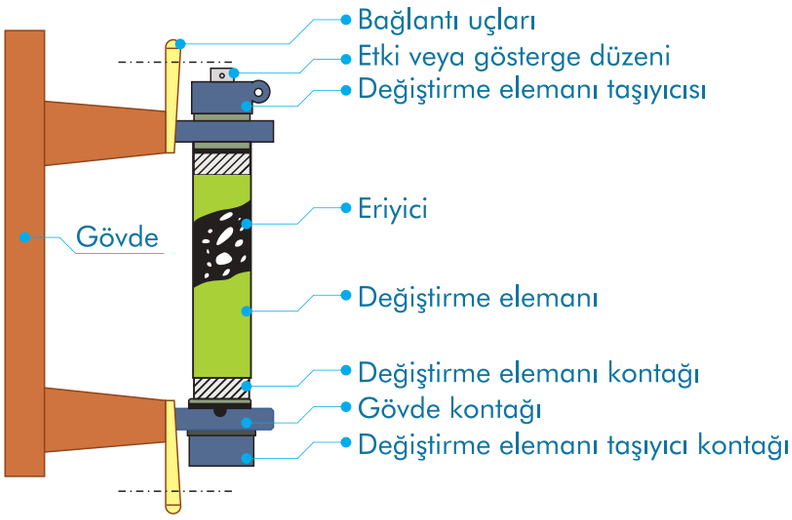
OG sigortalarının çeşitli tipleri bulunur. Ülkemizde en çok akım sınırlayıcı sigorta tipi kullanılır. Akım sınırlayıcı sigortalar daha ucuz, güvenilir olduğu ve kapalı bir sistemde sessiz çalıştığı için tercih edilir. Akım sınırlayıcı sigortalar, çalışma durumunda etrafına tehlikeli herhangi bir gaz sızdırmaz veya alev saçmaz. Bundan dolayı filtre, alev söndürme hücresi gibi aparatlara ihtiyaç duyulmaz.

Yüksek kesmeli sigortalar orta gerilim şalt tesislerinin kısa devre korumaları için kullanılır. Transformatör, kondansatör, motor, kablo çıkışları veya voltaj transformatörlerinin önüne yerleştirildikleri zaman üstün kesme nitelikleriyle yüksek arıza akımlarının doğuracağı ısı ve diğer kötü etkilere karşı koruyucu görevi yapar.

Orta gerilim şalt tesislerini kısa devrelere karşı en iyi şekilde korur ancak bu sigortalar aşırı yük için kullanıma uygun değildir. Sigorta **In** (anma akım) ile **Imin** (minimum akım) arasındaki bir değerde sigorta içindeki tel erimez. Dolayısıyla **In** ve **Imin** arasında yüksek bir gerilimde sigorta atmayacağı için zamanla sigortayı tahrip edecektir. Güvenli kullanım sahasının genişlemesi büyük bir avantajdır. Bu nedenle **Imin** mümkün olduğunca küçük olmalıdır.
Sigorta **In** ve **Imin** arasında bir değerde kullanılacaksa özel termik korumalı sigortayla donatılmış yük ayırıcısı kullanılması tavsiye edilir.

3.6.3. Yüksek Gerilim Sigortalarının Yapısı ve Çalışması

Yüksek gerilim sigortalarının iç kısmındaki eleman yıldız şeklinde bir aparattan oluşur. Yıldız gövdeli aparatın uç kısımlarında bakır uçlar bulunur. Gümüş telli iletkenler ile iki bakır uç arasında sarmal bir şekilde yukarıdan aşağıya doğru sarılmıştır. Sarmal sayesinde gövdede küçük ark odaları oluşur. Ark odaları sayesinde oluşacak ısı enerjisi sigortanın her tarafına eşit şekilde yayılacaktır (Görsel 3.118).



Görsel 3.118: Yüksek gerilim sigortasının yapısı

Yıldız gövdenin uç kısmında bulunan bakır uçları ile etrafına sarılan gümüş tel birbirine nokta kaynağı ile birleştirilmiştir. Yüksek gerilim sigortasının içerisinde arkı söndürmek için temiz ve nemli olmayan kuvartz kum bulunur. Kuvartz kum tanecikleri belirli bir büyüklükte olmak zorundadır.

Dış gövdeyi oluşturan boru; dış darbelere karşı dayanıklı, yanmayan, tutuşmayan bir malzemeden üretilmiştir. Dış borunun atmosferik olaylara karşı dayanıklı, su geçirmeyen ve rutubeti emmeyen bir özellikte olması gerekir. Dış gövdesi porselenden yapılmıştır (Görsel 3.119).



Görsel 3.119: Sigorta alt gövdesi ve buşonu

Yüksek gerilim sigortasının uç kısımlarındaki başlıklar, silikon bir conta ile preslenerek sıkıştırılmıştır. Böylelikle mekanik açıdan sağlam ve suya dayanıklı bir hâle getirilmiştir. Sigortanın uç kısımlarındaki silikon tıpalar yüksek sıcaklığa dayanıklıdır.

Kısa devre gibi yüksek gerilimlerde sigortanın anma akımının üzerinde bir akım geçişi olursa sigortanın içindeki iletken eriyerek devreyi keser. Bu kesme esnasında sigortanın içinde oluşabilecek arklar gümüş kum tanecikleriyle söndürülür.

3.6.4. Yüksek Gerilim Sigortasının Çeşitleri

Yüksek gerilim sigortaları tip olarak optik göstergeli ve çarpma pimli sigorta olarak imal edilir (Görsel 3.120).



Görsel 3.120: YG sigortası

3.6.4.1. Optik Göstergeli Sigortalar

Yüksek gerilim ve orta gerilimde kullanılan bu sigortaların en büyük özelliği, sigortanın atıp atmadığının dışarıdan görülmesidir. Bundan dolayı ismine optik göstergeli sigorta denmiştir. Sigortanın uç kısmındaki fanusun içinde bir başlık bulunur. Başlık fanusun içinden dışına doğru atılmışsa bu, sigortanın attığını gösterir.

3.6.4.2. Çarpma Pimli Sigortalar

TSE 1259, IEC 60282-1 sigorta attığında bir pim kuvvetle dışarı itilir. İtilen pim, ucundaki etiketi delerek dışarı çıkar (Görsel 3.121).



Görsel 3.121: Çarpma pimli sigorta

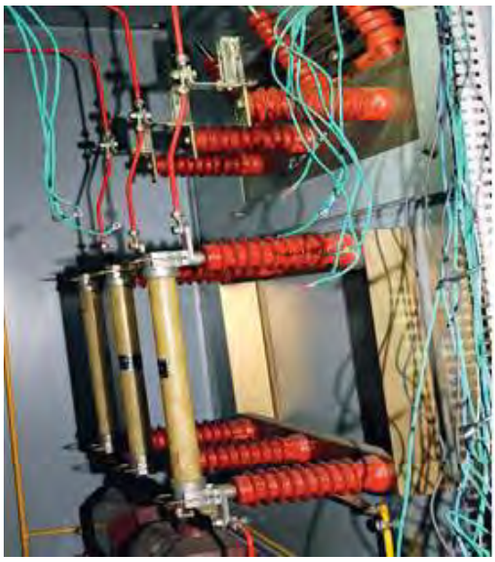
3.6.5. Yüksek Gerilim Sigortasının Seçimi

Yüksek gerilim sigortası, kullanılacak yerin özelliklerine uygun seçilmelidir. Bunun için aşağıdaki özelliklerin bilinmesi gerekir.

Sigorta Nominal Gerilimi: İşletme gerilimine uygun seçilmelidir.
Nominal Kesme Özelliği: İşletmenin kısa devre gerilimine uygun seçilmedir. İşletmede kullanılan cihazların özelliğine göre bazen seçilecek sigortanın bir üstü seçilebilir bazen de iki sigorta seri bağlanarak yüksek anma kesme gücüne sahip olabilir.

Nominal Akım: Sigortanın isimlendirilmesi için belirtilen bir değerdir. Sigortanın kullanım yerine ve amacına uygun şekilde seçilmesi önemlidir. Bu seçimde ısınma en önemli faktörlerden biridir. Örneğin bir trafo korumasında açık havada I_n**=100 A**'lik bir sigorta uygun iken aynı trafonun tamamen kapalı bir ortamda bulunan sigorta ile korunması hâlinde I_n**=125 A**'lik sigorta gerekebilir. Daha yüksek akım değerlerinin gerektiği istisnai durumlarda aynı değerdeki iki sigortayı paralel bağlamak gerekir. Ancak yan yana duracak bu iki sigortanın ısınma bakımından birbirini etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Koruma Yapılacağı Yere Uygunluğu: Yüksek gerilim sigortasının kullanılacak yere göre seçilmesi gerekir. Yüksek gerilim sigortası motor, transformatör, kondansatör, gerilim, kablo ve hat korumasındaki kullanımına göre değişir (Görsel 3.122).



Görsel 3.122: Kullanım yerine göre YG sigortalar

Motor Koruması: Motorun kısa devre gerilimlerinden korunması için orta gerilim sigortasının seçiminde motorun yol alma akımına ve süresine bakılır. Sigortanın zaman akım grafiği göz önünde bulundurulur. Sigorta seçiminde özellikle motora yol verme aralığına ve periyoduna yani motorun hangi sıklıkta devreye alındığına dikkat etmek gerekir.

Transformatör Koruması: Orta gerilim sigortanın anma akım **In** değeri belirli bir değerin altında veya üstünde olmamalıdır. Bu değerin altında veya üstünde olması durumunda sigorta ve transformatörün zarar görmesine neden olacaktır.

Kondansatör Koruması: Sigortanın anma akım değerinin hem sürekli maksimum yük akımına hem de harmonik aşırı akımlara karşı dayanıklı olacak şekilde seçilmesi gerekir. Sigortanın anma akım değerinin kondansatörün yol verme akımına dayanabilmesi gerekir. Kapasitif etkilerden dolayı oluşabilecek akımlar göz önüne alındığında emniyet açısından sigorta akım değerinin bir üstü seçilmelidir.

Kondansatör korumasında seçilecek sigortayı pratik olarak bulmanın en kolay kolu şu şekildedir: Sigortanın anma akım değeri, kondansatörün tam yük altındaki anma akım değerinin 1,6 katı veya 2 katı alınarak bulunur.

Kablo ve Hat Koruması: Kablo ve havai hatlar genellikle aşırı akımlara maruz kalır. Aşırı akımlar seçilecek sigortanın anma akım değeri ile minimum akım değeri arasında kalırsa sigortanın zarar görmesine sebep olacaktır. Bundan dolayı seçilecek sigortanın anma akımı, kablo ve havai hatların taşıyacağı maksimum akıma göre hesaplanmalıdır (Görsel 3.123).



Görsel 3.123: YG sigortasının iletim hattında kullanımı

Gerilim Trafosu Koruması: Sigorta, transformatörün yol akımına dayanacak büyüklükte seçilmelidir. Gerilim transformatörleri çok düşük gerilim aşımlarında bile arızalandığı için yüksek gerilim sigortaları transformatörleri tam anlamıyla koruyamaz. Yüksek gerilim sigortalarının kullanım amacı, korumaktan ziyade arızalanmış gerilim transformatörünü devreden çıkarmaktır.

3.6.6. Yüksek Gerilim Sigortalarının Standartları

Yüksek gerilim sigortaları Tablo 3.8, 3.9, ve 3.10'da belirtildiği gibi Türk standartlarına ve uluslararası standartlara uygun olmalıdır.

Tablo 3.8: YG Sigortaları Standart Gerilim ve Akım Değerleri

Anma Gerilimleri	**kV**	7,2-12-17,5-36
Anma Akımları	**A**	2-4-6-0-16-20-25-30-40-50-63-75-80-100-125-150-160- 200

Tablo 3.9: YG Sigortaları Akım Kesme Kapasiteleri

	Anma gerilimi (kV-etken)	**(kA-etken)**
Anma Kesme Kapasitesi (En büyük kesme akımı)	7,2	12,5-16-25
	12	12,5-16-20-25
	17,5	12,5-16
	36	12,5-16

Tablo 3.10: YG Sigorta Boyutları

Akım (A)	Çap (mm)	7,2 kV Boy (mm)	12 kV Boy (mm)	17,5 kV Boy (mm)	24 kV Boy (mm)	36 kV Boy (mm)
2-20 A	45	390	390	540	540	635
25 A	45	390	390	540	540	635
30-40 A	45	390	390	540	540	635
63 A	45	390	390	540	540	635
75 A	45	390	390	540	540	635
100 A	45	390	390	540	540	635

3.6.7. Yüksek Gerilim Sigorta Montaj İşlem Sırası

- Düşen veya darbeye maruz kalan bir sigorta muayene edilmeden kullanılmamalıdır.
- Enerjiyi tam kesmeden sigortanın değiştirileceği ortama girilmemelidir.
- Hat sigortası değiştirilecekse enerji kesildikten sonra hattın üzerinde biriken artık enerji topraklanmalıdır.
- Sigorta değişimi yüksek bir yerde yapılacaksa mutlaka emniyet kemeri kullanılmalıdır (Görsel 3.124).



Görsel 3.124: Emniyet kemeri kullanımı

- Sigorta değişiminde mutlaka YG eldiveni kullanılmalıdır.
- Üç fazlı bir tesiste, atan sigortanın arıza akımına maruz kalındığından emin olmadıkça bir sigorta atsa bile üç fazın sigortası da değiştirilmelidir.
- Atan sigorta her ihtimale karşı 5-10 dakika sonra değiştirilmelidir.

TEMRİN ADI YÜKSEK GERİLİM SİGORTASI SEÇİMİ VE MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.20**

AMAÇ

Yüksek gerilim sigortası seçim ve montajını yapmak.

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Koruyucu eldiven	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Baret	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Koruyucu gözlük	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Kauçuk bot	İş güvenliği ekipmanı	1 adet
Sigorta	Yüksek gerilim	1 adet
Sigorta kataloğu	Görsel materyal	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Yapısına göre yüksek gerilim sigortasını seçiniz.
3. Sistemin enerjisini kesiniz.
4. Kesilen enerjinin üzerindeki artık yükü topraklayınız.
5. Yüksek gerilim sigortasının sağlamlığını kontrol ediniz.
6. Üç fazlı sistemlerde bir tane sigorta bozulmuşsa üç tanesini de değiştiriniz.
7. Yüksek gerilim sigortalarını bulunduğu yere montajlayınız.
8. Yapılan çalışmayı öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

SORULAR

1. Yüksek gerilim sigortasının çeşitleri nelerdir?
2. Yüksek gerilim sigortasının kullanıldığı yerler nelerdir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Sigorta sağlamlık kontrolünü yapmak	20	
Sınıfı :	Uygun sigorta seçim ve montajını yapmak	20	
No. :	El aletlerini uygun biçimde kullanmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

Yüksek gerilim tesislerinde aşırı akım, gerilim, ısı ve basınç gibi istenmeyen durumlara karşı sistem elemanlarını koruyan rölelere **koruma röleleri** denir.

3.7.1. Elektrik Sistemlerindeki Arızaların Genel Nedenleri

Yüksek gerilimler, yüksek akımlar, kısa devreler, malzeme yalıtkanlığının bozulması, yıldırımların ve yoğun yüklü bulutların iletim hattında yüksek gerilimler oluşturması, iletim hattında kısa devrelere sebep olan etkenler (kuşlar, rüzgârlar vb.), insan kaynaklı arızalar, iletim hatlarının kopması, transformatör ve alternatördeki arızalar gösterilebilir.

Trafolarda Meydana Gelen Aşırı Akımın Nedenleri

- Transformatörlerin aşırı yüklenmesinden dolayı oluşan aşırı akımlar
- Transformatörün sargılarındaki yüksek sıcaklıklar
- Transformatörün sargı kaçakları
- Faz-toprak arızası
- Transformatörün sargıları ile toprak arasında kaçak olması
- Herhangi bir arızadan dolayı oluşan ark nedeniyle yalıtımın bozulması
- Transformatördeki yağ seviyesinin düşmesi

Alternatörlerde Meydana Gelen Aşırı Akımın Nedenleri

Alternatörlerde meydana gelen arızalar, iç arızalar ve dış arızalar olmak üzere iki gruba ayrılır.

İç Arızalar	Dış Arızalar
• Alternatör fazları arasındaki kısa devreler • Stator sargısı ile gövde arasındaki kısa devreler • Rotor ile gövde arasındaki kısa devreler • Alternatör sargılarının kendi içindeki kısa devreler • Uyartım akımının kalkması, alternatördeki mekanik parçaların arızaları	• Hatlardaki kısa devreler • Yükteki dengenin bozulması • Frekansın değişmesi • Hatlarda atmosferik sebeplerden (yıldırım) oluşan yüksek gerilimler • Hatalı bağlantı sonucu oluşan arızalar

Küçük akımlarla büyük akımları kontrol eden elemanlara **röle** denir. Kullanım yerlerine ve özelliklerine göre farklı tipte röleler bulunur.

3.7.2. Kısa Devre Koruma Röleleri

Alternatörlerde ve transformatörlerde oluşan kısa devreleri tespit edip sistemin zarar görmemesi için sisteme müdahale eden elemanlara **kısa devre koruma rölesi** denir. Transformatör ve alternatördeki faz arızaları, faz toprak arızası, bobin gruplarındaki kısa devreler, bobin grup sargılarının içindeki kısa devreler ve sargıların gövdeye kaçak yapması gibi sebeplerden dolayı kısa devre koruma röleleri kullanılır.

3.7.2.1. Kısa Devre Koruma Röle Çeşitleri ve Özellikleri

Sargı Kısa Devre Koruma Rölesi

Transformatör ve alternatörlerin faz sargılarında meydana gelen kısa devrelerde veya faz sargısının kendi içinde oluşan kısa devrelerde kullanılan koruma rölesine **sargı kısa devre koruma rölesi** denir. Sargılar arasında veya kendi arasında oluşan kısa devreler tehlikeli arızalardır. Yapı olarak elektromekanik ve statik (elektronik ve mikroişlemcili) olarak üretilir (Görsel 3.125).

Alternatörün çıkış noktasına gerilim trafosu bağlanır. Alternatörün yıldız noktası ile gerilim trafosunun yıldız noktası birbirine bağlanır. Herhangi bir arıza yokken üç faza ait gerilimlerin vektörel toplamı sıfıra eşit olacağından koruma rölesi çalışmaz.

Alternatör sargılarının kendi aralarında veya sargıları içinde oluşabilecek bir kısa devrede üç faza ait vektörel toplam sıfır olmayacağı için röle devreye girerek kesiciyi açar. Alternatörün enerjisinin kesilmesi durumunda da tehlike geçmez çünkü alternatörün uyartımı ve rotorunda indüklenme devam eder. Bunu önlemek için kısa devre rölesine yardımcı röle bağlanarak uyartım akımının kesilmesi sağlanır.



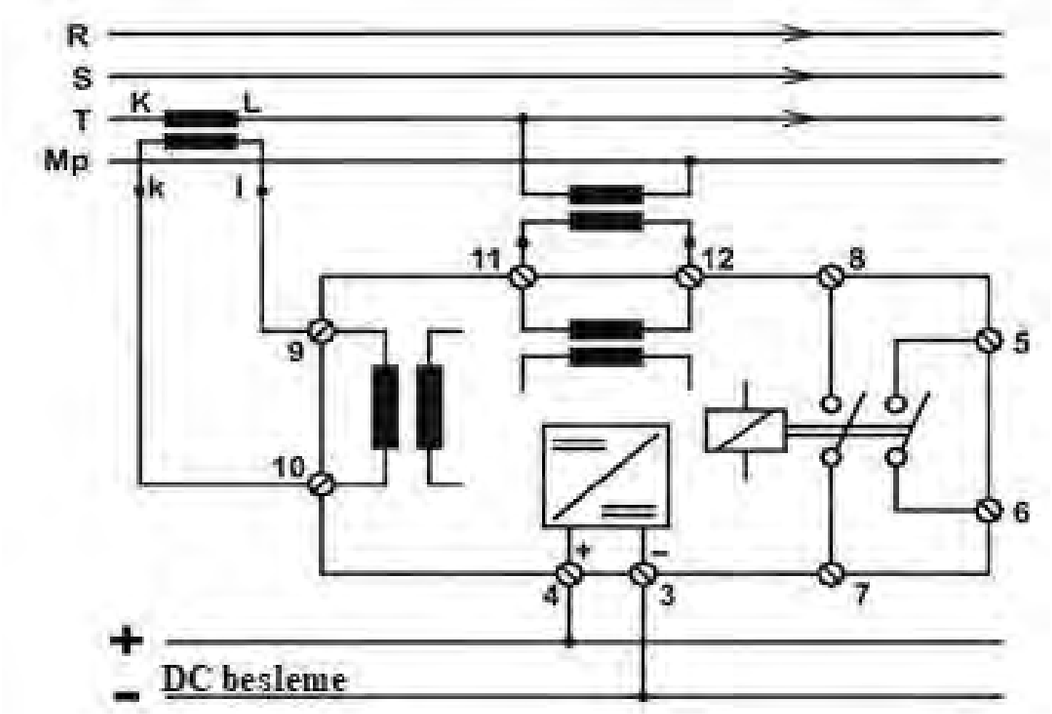
Görsel 3.125: Dijital röle

Ters Akım (Vatmetrik) Rölesi

Alternatör ve transformatörlerde faz-toprak ve sarım kısa devrelerinde sistemi koruyan rölelere **ters akım rölesi** denir. Termik ve enerji üretiminin yapıldığı santrallerde kullanılır. Ters akım rölesinin yapısı üç adet gerilim trafosunun sekonderlerine seri olarak bağlanmış kontak, palet ve zamanlayıcı ünitelerinden oluşur (Görsel 3.126).

Sarım kısa devre arızası yokken gerilim transformatörlerinin sekonderleri seri bağlı olduğunda vektörel toplamı sıfır olacağından ters akım rölesi devreye girmeyecektir.

Sarımdaki herhangi bir kısa devrede seri bağlanmış üç gerilim transformatöründeki vektörel toplam sıfırdan farklı bir değer göstereceğinden ters röle devreye girerek, paleti çeker ve kontakların değişmesini sağlayarak sistemin enerjisini keser.



Görsel 3.126: Ters akım rölesinin devreye bağlantısı

Mesafe (Empedans) Rölesi

Enerji nakil hatlarında meydana gelen kısa devreleri tespit edip devreden çıkaran röleye **mesafe rölesi** denir. Kısa devreler, faz-faz arası, faz-nötr arası ve faz-toprak arasında olan devrelerdir. Mesafe rölelerine hattın uzunluğundan dolayı oluşan direnci hesapladığı için **direnç rölesi** de denir. Elektromekanik, elektronik ve mikroişlemcili olarak üretilir. Mesafe rölesi, hattın akım ve gerilim dengesine göre **Z=U/I** empedansı hesaplar. Devrede kısa devre oluşunca, gerilim azalacağından ve akım değeri artacağından Z empedansının değeri değişerek mesafe rölesinin devreye girmesini sağlar. Rölenin ölçtüğü empedans değeri arıza noktası ile röle arasındaki mesafeye bağlıdır. Empedans değeri hattın uzunluğu ile doğru orantılıdır.

Mesafe koruma rölesi; başlatma ünitesi, yön ünitesi ve ölçme ünitesinden oluşur. Enterkonnekte bir sistemde diğer sistemlerin zarar görmemesi ve arızalı kısmın hemen devreden çıkarılması gerektiğinde mesafe koruma röleleri kullanılır.

3.7.2.2. Kısa Devre Koruma Rölesinin Montajı

Çalışılacak devrenin enerjisi kesilir. Devrede çalışma yapıldığına dair gerekli uyarı tedbirleri alınır. Gerekli güvenlik topraklamaları yapılır. Çalışma ortamının gerilim seviyesine uygun gerekli çalışma tedbirleri alınır. Röle ve yardımcı elemanları, önceden belirlenmiş montaj yerlerine uygun araç gereçler kullanılarak monte edilir.

3.7.3. Toprak Kaçağı Koruma Röleleri

Transformatördeki yalıtımın bozulması, fider iletkenlerinin kopması, izolatörde oluşan ark ve iletim hattının kaçak topraklama yapması gibi arızalar toprak kaçağı oluşmasına sebep olur. Alternatörlerde stator ve rotorun yalıtımının, alternatörün bara çıkış yalıtımının bozulması toprakta kaçak akımların oluşmasına sebep olur.

3.7.3.1. Toprak Kaçağı Koruma Röle Çeşitleri ve Özellikleri

Toprak kaçağı koruma rölesi faz-toprak kaçağı, rotor toprak kaçağı ve sargı kaçağı koruma rölesi olarak üçe ayrılır.

Faz-Toprak Kaçağı Koruma Rölesi

Alternatör ve transformatörlerin yıldız bağlı ve nötr noktası topraklı olan sekonder sargısının beslediği devrede oluşan bir faz-toprak (gövdeye kaçak) arızasında koruma amacıyla kullanılan rölelere **faz toprak kaçağı koruma rölesi** denir. Mekanik ve elektronik tipte üretilir (Görsel 3.127). Faz-toprak arızasında güç transformatörünün sekonder sargısının nötr noktasından bir akım geçer. Bu akım, akım transformatörünün primer sargıları üzerinden devresini tamamlar. Akım transformatörünün sekonderinden belirli oranda arıza akımı geçeceğinden faz-toprak rölesinin devreye girmesini sağlayacaktır.



Görsel 3.127: Elektronik faz-toprak rölesi

Rotor-Toprak Kaçağı Koruma Rölesi

Alternatörleri rotor sargıları ile toprak arasında oluşacak kısa devrelerden korumak için kullanılan röleye **rotor-toprak kaçağı koruma rölesi** denir. Elektromekanik ve elektronik tipte üretilir. Elektronik rotor-toprak kaçağı koruma rölesi daha hassas ve güvenilir olduğundan çok tercih edilir.

Sargı Kaçağı Koruma Rölesi
Alternatörlerin statorundaki izolasyonun delinmesi ve sargıların demir nüveye temas etmesi ile kaçak akım meydana gelir. Kaçak akımları tespit edip koruyan elemana **sargı kaçağı koruma rölesi** denir. Elektromekanik ve elektronik olarak imal edilir. Alternatördeki iç arızalar çoğunlukla sargı kaçağı arızasından kaynaklanır.

3.7.3.2. Toprak Kaçağı Koruma Rölesinin Montajı
Bağlantılardaki gevşeklik, temassızlık gibi sorunlar elle, gözle ve gerekiyorsa ölçü aletleri ile kontrol edilerek bağlantılar tamamlanır. Röle ve yardımcı donanımlarının gerektirdiği kesit ve özelliklerde iletkenler seçilir. Bağlantı şemalarına uygun belirli bir düzen dâhilinde iletken bağlantıları yapılır. Bağlantılardaki gevşeklik, temassızlık gibi sorunlar son kez elle, gözle ve gerekiyorsa ölçü aletleri ile kontrol edilerek bağlantılar tamamlanır.

3.7.4. Aşırı Akım Koruma Röleleri

Kullanılan yerin özelliğine göre farklı koruma röleleri vardır. Bunlardan biri aşırı akım koruma rölesidir. Enerji iletim hatlarında ve dağıtım şebekelerinde kullanılan transformatörler (Görsel 3.128) ve çeşitli devre elemanlarını aşırı akımdan, yüksek gerilimden, toprağa kaçaktan ve yük dalgalanmalarından korumak gerekir. Arızalardan dolayı oluşabilecek tahribatlardan yüksek gerilim sistemlerinin muhafaza edilmesi gerekir.

3.7.4.1. Aşırı Akım Koruma Rölelerinin Çeşitleri ve Özellikleri
Aşırı akım koruma röleleri, sekonder aşırı akım koruma rölesi ve diferansiyel aşırı akım koruma rölesi olarak ikiye ayrılır.

Sekonder Aşırı Akım Rölesi: Akım trafolarının sekonder devresine bağlanan rölelere **sekonder aşırı akım rölesi** denir (Görsel 3.128). Transformatör ve alternatörleri aşırı akımlardan korumak için kullanılır. Bu röleler yüksek gerilimde sıklıkla kullanıldığı gibi orta gerilim ve alçak gerilimde de kullanılır.

Sekonder aşırı akım rölesi yapısal olarak elektromekanik röleler ve statik röleler olmak üzere ikiye ayrılır.


Görsel 3.128: Sekonder aşırı akım rölesi

Sekonder Aşırı Akım Rölesi	
Elektromekanik Röleler	**Statik Röleler (Elektronik ve mikrodenetleyici olarak üretilir.)**
Elektromanyetik röleler Endüksiyon röleler Elektrodinamik röleler	Paletli Denge Kollu pistonlu

Elektronik röleler ana hatlarıyla altı üniteden oluşur.

- Akım devresi
- Ayar elemanları
- Analog devreler
- Açma ve sinyaller
- Mikrokontrolcü
- Yardımcı DC besleme

Dış devreden geçen aşırı akım röle bobinini çalıştırır. Röle bobini kesici açma butonu çalıştığında, nüvesini çekerek kesiciyi kumanda eder ve kesici de devreyi açar. Rölenin çalışmasıyla sesli ışıklı uyarı sistemleri de çalışarak görevliyi ikaz eder. Gerekli müdahale yapıldıktan sonra butona basılarak ışıklı ikaz lambası söndürülür. Rölelerde bayrak tertibatı bulunur. Bu tertibat rölenin çalıştığını gösteren işarettir. Rölenin uygun bir yerine yerleştirilerek işaretin görünmesi sağlanır. Rölenin dış kısmındaki kol çevrilerek veya bir butona basılarak röle normal konumuna getirilir.

Sekonder Aşırı Akım Koruma Rölesinin Özellikleri	Sekonder Elektronik Aşırı Akım Rölesinin Özellikleri
• Açma kumandalarının elektriksel olması nedeniyle koruma etkilidir. • Duyarlılığı yüksektir. • Gerilim altında sekonder aşırı akım rölesi üzerinde ayarlamalar, bakımlar ve testler yapılabilir.	• Beslenme noktasından daha az güç çeker. • Hareketli parçaları olmadığı için tepkisi hızlıdır. • Çalışma karakteristiği kolay kolay değişmez. • Mekanik rölelerden daha pahalıdır.

Transformatör ve alternatörlerin aşırı yüklenmesiyle oluşan ısıdan etkilenmesini önlemek için koruyucu eleman olarak sekonder aşırı akım röleleri kullanılır.

Diferansiyel Aşırı Akım Koruma Rölesi: Akım transformatörlerinin sekonder uçları ters bağlandıktan sonra 180° faz farkı olacak şekilde ters polarite edilerek, farklı akımların oluşması sağlanıp aşırı akım rölesi yerleştirilir. Yerleştirilen bu akım rölesine **diferansiyel aşırı akım rölesi** denir. Havai hatlarda, transforma-törlerde, alternatörlerin faz sargılarında ve kablo-larda yalıtım hatasından dolayı oluşan kısa devreleri tespit eder (Görsel 3.129).



Görsel 3.129: Diferansiyel röle

Elektromekanik diferansiyel rölede haber ünitesi, kesici ünitesi, uyartımı kesme ünitesi, açma ve kesme bobini vardır. Elektronik diferansiyel rölede akım devresi, zaman devresi ve açma devresi bulunur.

Diferansiyel aşırı akım rölesi, güç transformatörlerinin primer ve sekonder uçlarındaki akımların karşılaştırılması prensibine dayanır. Bir güç trafosunda dönüştürme oranındaki gerilim değerine göre akım ters orantılı olduğundan primer ve sekonder akımlarını karşılaştırır. Bu karşılaştırmada herhangi bir kısa devre durumunda veya dengesizlik olması hâlinde kesiciler devreyi açmadığı zaman diferansiyel aşırı akım rölesi devreye girer. Gereksiz açmaları önlemek için röleye bir zaman rölesi ilave edilmiştir.

Diferansiyel röle, korunacak sisteme akım trafoları yardımıyla bağlanır (Görsel 3.129). Diferansiyel röleye giren ve çıkan akımların farkı alınır. Bu farkın sıfır olması gerekir. Sıfır dışında bir sayı olursa diferansiyel röle arızayı tespit eder.

Kullanıldığı yerler şunlardır:

- Enerji sistemlerinde kullanılan iki sarımlı güç trafoları
- Alternatör/trafo gruplarının ve oto trafolarının dâhilî arızalarına karşı
- İki veya üç faz kısa devreler
- Sarımlar arası veya katlar arası arızalar
- Nötrü topraklı ise toprak arızaları

Diferansiyel Akım Rölesinin Özellikleri

- Dâhilî arızalara karşı çok hassastır.
- Koruma bölgesi dışındaki arızalarda yanlış açma yapmaz.
- Röle 30-40 msn. gibi kısa sürelerde açma yapar.
- Çok büyük dâhilî arızalarda açma yapar.
- Akım devrelerinden çektiği güç anma akımda 0,15 VA'in altındadır.

3.7.4.2. Aşırı Akım Koruma Rölesinin Montaj ve Bağlantısı

Transformatörde: Trafo binalarında koruma rölelerinin montajı, kumanda panoları içindeki dikey raya veya klemens rayına geçirilerek yapılır. Röleler genelde arkadan klemenslidir.

Alternatörde: Aşırı akım röleleri montajı, kumanda merkezi üzerinde alternatör kontrol panosu içindeki dikey veya klemens rayına geçirilerek yapılır. Günümüzde üretilen aşırı akım röleleri gömme tip montajlı bir kasada tasarlanır.

Montaj Yapma İşlem Sırası

- Çalışılacak devrenin enerjisi kesilir.
- İmalatçı firmanın gönderdiği katalog ve proje incelenir (Görsel 3.130).



Görsel 3.130: Aşırı akım rölesi montajında proje incelemesi

- Röle ve yardımcı elemanlarının montajı, uygun araç gereçler kullanılarak yapılır.
- Pano üzerinde sıra klemens ve sigorta montajı yapılır.
- Kesici ve akım transformatöründen gelen kabloların bağlantısı yapılır.
- Sistemin çalışması için DC kaynağından gelen kablolar röleye bağlanır.

Montajda Dikkat Edilecek Hususlar

- Montaj yapılacak yerin enerjisi kesilmelidir.
- Kişisel iş güvenliği ve tedbirleri alınmalıdır.
- Montajda kullanılacak araç gereçlerin sağlamlık kontrolü yapılmalıdır.
- Standartlara uygun montaj yapılmalıdır.

3.7.5. Isıdan Koruma Röleleri

Transformatör ve alternatörlerde oluşan ısının nedenleri şunlardır:

- Aşırı yüklenmeler
- Ortam sıcaklığı
- Aşırı gerilimler
- Aşırı akımlar
- Kaçak akımlar
- Mekanik bozulmalar

3.7.5.1. Isıdan Koruma Röle Çeşitleri ve Özellikleri

Isıdan koruma röleleri, temperatür ve yatak ısınma kontrol rölesi olarak ikiye ayrılır.

Temperatür (Isı Kontrol) Koruma Rölesi: Transformatör ve alternatörlerin sargılarının sıcaklığını ölçerek belirli bir sıcaklığa kadar sınırlayan röleye **temperatür röle** denir (Görsel 3.131).

Transformatörlerin merkezlerinde, alternatörlerde, güç transformatörlerinin yağ ve sargı sıcaklığının ölçülmesi ile çalışan ısı kontrol röleleri kullanılır.



Görsel 3.131: Temperatür röle

Transformatörün yağ sıcaklığı ölçülür, yağ sıcaklığında aşırı bir ısınma oluştuğunda, transformatör kontakları kapatır ve alarm vererek sistemi açar. Transformatörün en sıcak yerine PTC algılayıcı yerleştirilir. Primer sargısının L1 fazından alınan akım transformatörü ve PTC algılayıcıyı ısıtır. Bu ısıyı algılayan hassas R direnci, akımı değiştirerek temsili sargı sıcaklığı ile ilgili göstergede değer gösterir.

Yatak Isınma Koruma Rölesi: Transformatör ve alternatörlerin yatak sıcaklığını, belirli bir sıcaklığı geçmeyecek şekilde sınırlayan rölelere **yatak ısınma koruma rölesi** denir. Yatak ısınma koruma rölesinin yapısı sonda (PTC), sonda cebi ve kontrol ünitesinden oluşur. Kontrol ünitesinde DC gerilim uçlarına yerleştirilmiş iki kontak vardır. Sonda yuvasında soğutucu gaz olarak hidrojen gazı bulunur.

3.7.5.2. Isıdan Koruma Rölesinin Montajı

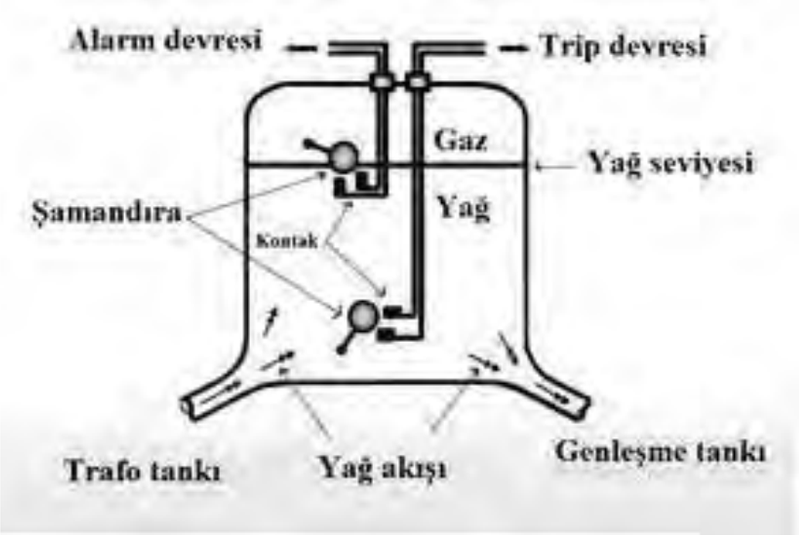
Çalışılacak devrenin enerjisi kesilir. İmalatçı firmanın gönderdiği katalog ve proje incelenir. Röle ve yardımcı elemanlarının montajı uygun araç gereçler kullanılarak yapılır.

Montajda Dikkat Edilecek Hususlar

- Montaj yapılacak yerin enerjisi kesilmelidir.
- Kişisel iş güvenliği ve tedbirleri alınmalıdır.
- Montajda kullanılacak araç gereçlerin sağlamlık kontrolü yapılmalıdır.
- Standartlara uygun montaj yapılmalıdır.

3.7.6. Buchholz Rölesi

Güç trafolarında meydana gelen iç arızalar sonucu yağın ısınarak genleşmesi ve ortaya çıkan gazın etkisiyle çalışarak koruma yapan rölelere **buchholz (bakholz) rölesi** denir (Görsel 3.132). Transformatörü oluşabilecek arızalara karşı emniyetli bir şekilde koruduğundan büyük güçteki transformatörlerde kullanılır. Buchholz rölesi içinde hareketli iki şamandıra vardır. Üstteki küçük arızalarda, alttaki ise büyük arızalarda çalışır. Arıza sırasında yukarı çıkan gaz kabarcıkları şamandıraları hareket ettirir. Şamandıraların içinde bulunan cıva devreyi kapatarak açma ve alarm sistemlerinin çalışmasını sağlar. Böylece arızanın oluşturacağı zarar önlenmiş olur.



Görsel 3.132: Buchholz rölesi

Buchholz rölesinin çalışmasından sonra rölenin üst kısmında toplanan gaz incelendiğinde arızanın oluşumu hakkında bilgi edinilir. Toplanan gazın rengi, aşağıda belirtilen konuların öğrenilmesini sağlar.

- Beyaz renkli gaz kâğıt izolasyonun yandığını, renksiz olan gaz ise hava olduğunu belirtir.
- Siyah veya gri renkli gaz izolasyon yağının yandığını, sarı renkli gaz ise ağaç kısımlarının hasara uğradığını belirtir.

3.7.6.1. Buchholz Röle Montajı

Çalışılacak devrenin enerjisi kesilir. İmalatçı firmanın gönderdiği katalog ve proje incelenir. Röle ve yardımcı elemanlarının montajı uygun araç gereçler kullanılarak yapılır.

3.7.7. DC Gerilim Kontrol Röleleri

Doğru akım sistemlerinde kullanılan rölelerdir. Doğru akım tesisindeki baralarda değerinin üzerinde bir gerilim olduğunda ayırıcı veya koruyucu sistemleri devreye alan ve sistemin zarar görmesini engelleyen cihazdır.

DC gerilim kontrol röleleri raylı sistemlerde ve cer gücü olan trafo sistemlerinde kullanılır.
Kullanılan trafo merkezleri şunlardır:

- Demiryolları trafo merkezleri
- Metro trafo merkezleri
- Tramvay trafo merkezleri
- Troleybüs trafo merkezleri

ÇALIŞMA ŞEKLİNE GÖRE RÖLELER	
Ani Röleler	Rölenin içindeki bobin enerjilendiğinde kontakları konum değiştiren ve enerjisi kesildiğinde kontaklarını eski konumlarına getiren rölelerdir.
Darbe Kontrollü Röleler	Darbe ile kontaklarını değiştiren ve ikinci bir darbede kontaklarını eski konumuna getiren rölelerdir.
Zaman Gecikmeli Röleler	Ayarlanan zaman dilimine ulaştığında kontakların konumunu değiştiren rölelerdir.

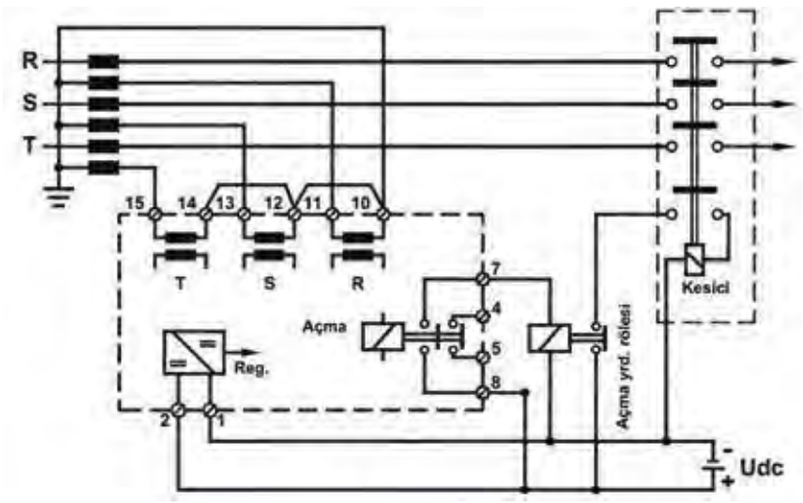
KORUMA RÖLE ÇEŞİTLERİ	
Aşırı Akım Rölesi	Yüksek akımın oluştuğu bir devrede sistemdeki elemanların zarar görmemesi için kullanılan röledir.
Faz Koruma Rölesi	Üçfazlı bir sistemde sistemdeki fazlardan herhangi birinin eksik gelmesi hâlinde sistemdeki elemanların zarar görmemesi için kullanılan röledir.
Yüksek ve Düşük Gerilim Röleleri	Sistemdeki elemanları yüksek veya düşük bir gerilimin etkisinden korumak için kullanılan rölelerdir.
Termistör Rölesi	Sistemdeki elemanların aşırı ısınmasından zarar görmesini engellemek için kullanılan rölelerdir.

TEMRİN ADI | AŞIRI AKIM KONTROL RÖLESİNİN MONTAJI | SÜRE:80 Dakika | Temrin No.:3.21

AMAÇ

Aşırı akım koruma rölesinin montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 3.133: Aşırı akım koruma rölesinin bağlantı şeması

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Aşırı akım kontrol rölesi		1 adet
Aşırı akım kontrol röle bağlantı şeması		1 adet
Akım trafosu		1 adet
Keski		1 adet
Kontrol kalemi		1 adet
Tornavida takımı		1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

TEMRİN ADI AŞIRI AKIM KONTROL RÖLESİNİN MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.21**

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Çalışılacak devrenin enerjisini kesiniz.
3. Devrede çalışma yapıldığına dair gerekli uyarıları yapınız.
4. Gerekli güvenlik topraklamalarını yapınız.
5. Çalışma ortamının gerilim seviyesine uygun güvenli çalışma tedbirlerini alınız.
6. Devre bağlantılarını Görsel 3.133'teki gibi kurunuz.
7. Röle ve yardımcı elemanlarının montajını uygun araç gereçleri kullanarak yapınız.
8. Pano üzerinde sıra klemens ve sigorta montajı yapınız.
9. Kesici ve akım trafolarından gelen kabloların bağlantısını yapınız.
10. Sistemin çalışması için DC kaynağından gelen kabloları röleye bağlayınız.
11. Akım trafosundan gelen uçları rölenin bobin uçlarına bağlayınız.
12. Alarm rölesinin bobin uçlarını AA'ın koruma devresinin alarm kontaklarına bağlayınız.
13. Kesici açma rölesinin bobin uçlarını akım koruma rölesindeki kesici açma kontaklarına bağlayınız.
14. Yapılan çalışmayı öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

SORULAR

Aşırı akım rölesi nerelerde kullanılır?

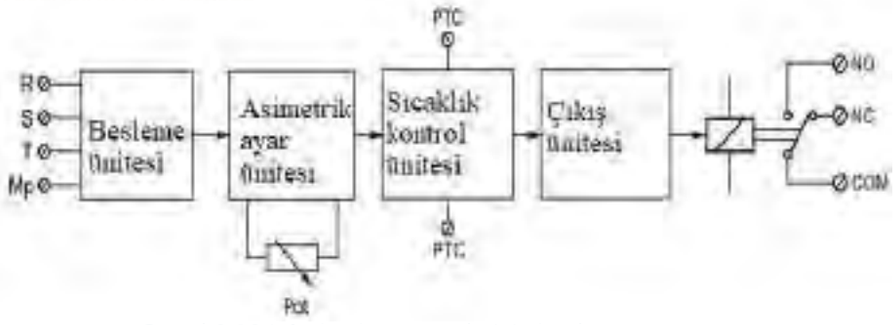
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Aşırı akım rölesini uygun şekilde monte etmek	20	
Sınıfı :	Röleye akım trafosunun bağlantısını yapmak	20	
No. :	Kesici ve akım trafosunun bağlantısını yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI ISIDAN KORUMA RÖLESİNİN MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.22**

AMAÇ

Isıdan koruma rölesinin montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 3.134: Isıdan koruma rölesinin bağlantı şeması

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Isıdan koruma rölesi		1 adet
Isıdan koruma röle bağlantı şeması		1 adet
Sonda (VDR)		1 adet
Akım trafosu		1 adet
İletken		
Kontrol kalemi-tornavida takımı		1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Devre bağlantılarını Görsel 3.134'teki gibi kurunuz.
3. Sondayı (VDR) uygun yere yerleştiriniz.
4. Şemaya uygun ısıdan koruma rölesinin montajını yapınız.
5. Akım trafosunun bağlantısını yapınız.
6. Röle bağlantılarını yapınız.
7. Yapılan çalışmayı öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

SORULAR

Aşırı akım rölesi nerelerde kullanılır?

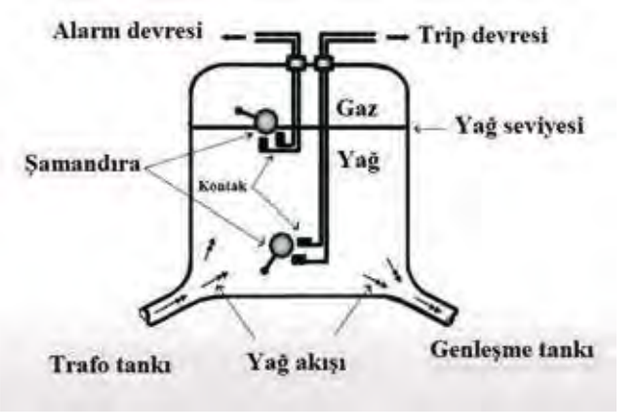
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Aşırı akım rölesini uygun şekilde monte etmek	20	
Sınıfı :	Akım trafosunun röleye bağlantısını yapmak	20	
No. :	Kesicinin ve akım trafosunun bağlantısını yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI | BUCHHOLZ KORUMA RÖLESİNİN MONTAJI VE ARIZA TESPİTİ | SÜRE:80 Dakika | Temrin No.:3.23

AMAÇ

Buchholz koruma rölesinin montaj ve arıza tespitini yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 3.135: Buchholz koruma rölesi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Buchholz rölesi		1 adet
Buchholz rölesi bağlantı şeması		1 adet
Anahtar takımı		1 adet
Somun ve vida		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Buchholz koruma rölelerinin kullanım yerlerini seçiniz.
3. Buchholz imalatçı firma tarafından gelen kataloğu inceleyiniz.
4. Buchholz rölesinin kullanım yerlerini tespit ediniz.
5. Rölenin alarm kontağını kontrol ediniz.
6. Rölenin açma kontağını kontrol ediniz.
7. Yapılan çalışmayı öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

TEMRİN ADI BUCHHOLZ KORUMA RÖLESİNİN MONTAJI VE ARIZA TESPİTİ | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.23**

Buchholz rölesinin çalışmasından sonra rölenin üst kısmında toplanan gaz incelendiğinde arızanın oluşumu hakkında bilgi edinilir.

Toplanan Gazın Rengi	Arıza Sebebi
Beyaz renkli gaz	Kâğıt izolasyonun yandığı
Sarı renkli gaz	Ağaç kısımların hasara uğradığı
Siyah veya gri renkli gaz	İzolasyon yağının yandığı
Renksiz olan gaz	Hava olduğunu belirtir.

SORULAR

Buchholz koruma rölesi nerelerde kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Buchholz koruma rölesini uygun şekilde monte etmek	20	
Sınıfı :	Alarm kontağı kontrolünü yapmak	20	
No. :	Açma kontağı kontrolünü yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

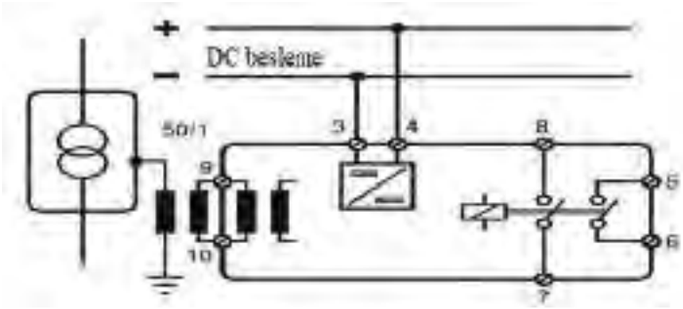
UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI TOPRAK KAÇAĞI KORUMA RÖLESİNİN MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.24**

AMAÇ

Toprak kaçağı koruma rölesinin montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 3.136: Toprak kaçağı koruma rölesinin bağlantı şeması

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Toprak kaçağı koruma rölesi		1 adet
Toprak kaçağı koruma rölesi bağlantı şeması		1 adet
Klemens		
Güç kaynağı		1 adet
İletken		
Kontrol kalemi-tornavida takımı		1 adet
Multimetre	AC gerilim ve akım ölçme	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Toprak kaçağı koruma rölesinin montaj yerini tespit ediniz.
3. Devre bağlantılarını Görsel 3.136'daki gibi kurunuz.
4. Röle ve yardımcı elemanlarının montajını uygun araç gereçleri kullanarak yapınız.
5. Pano üzerinde klemens montajı yapınız.
6. Sistemin çalışması için DC kaynağından gelen kabloları röleye bağlayınız.
7. Montajı yapılmış elemanların konumuna göre kablo kanallarını panoya yerleştiriniz.
8. Yapılan çalışmayı öğretmen gözetiminde kontrol ediniz.

SORULAR

Toprak kaçağı koruma rölesi nerelerde kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Buchholz koruma rölesini uygun şekilde monte etmek	20	
Sınıfı :	Alarm kontağı kontrolünü yapmak	20	
No. :	Açma kontağı kontrolünü yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

3.8.1. Demiryolu Transformatör Merkezlerinin Görevi

Elektrik ile çalışan demiryolu işletmelerine uygun değerlerde elektrik enerjisi sağlayan merkezlere **demiryolu transformatör merkezi** denir.

Demiryolu transformatör merkezleri, aynı prensiple çalışsa da hat tipine göre bazı farklılıklar gösterir. Bunlar demiryolu transformatör merkezleri ulusal demiryolu ve şehir içi olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

3.8.2. Ulusal Demiryolu Transformatör Merkezleri

Elektrikli tren hatlarında 25 MVA gücünde iki adet bir fazlı transformatörün içinde bulunduğu transformatör merkezleri kullanılır (Görsel 3.137).



Görsel 3.137: TCDD demiryolu trafo merkezi

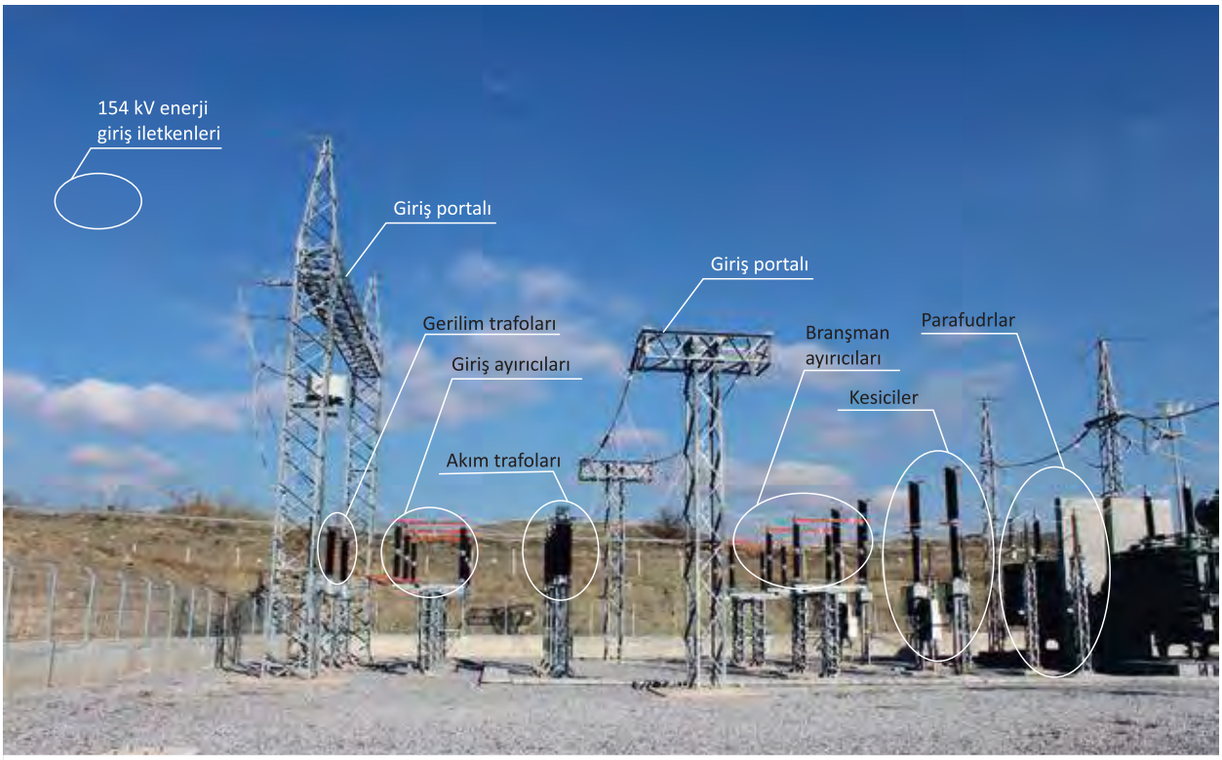
Bir trafo merkezinin

- Birinci kısmında primer (trafonun giriş kısmı) bölümü,
- İkinci kısmında transformatörler,
- Üçüncü kısmındaysa sekonder bölümü vardır.

3.8.2.1 Giriş (Primer) Kısmında Kullanılan Cihazlar

Primer kısmı Görsel 3.138'de görüldüğü gibi anahtarlama, ölçme, koruma ve aktarma görevleri olan elemanlardan oluşur. Bunlar:

- Giriş ayırıcısı
- Akım gerilim trafoları
- Dağıtım barası
- Branşman (ana hat şebekesinden trafo merkezine ayrılan hat) ayırıcıları
- Kesici
- Parafudr



Görsel 3.138: TCDD trafo merkezi giriş (primer) kısmı

Giriş Ayırıcısı

TEİAŞ'ın ulusal şebekesinden alınan üç faz 154 kV gerilim, durdurucu nihayet direğinden sonra trafo merkezi giriş portalına getirilerek buradan giriş ayırıcısı denen ve her üç fazı ayırabilen motor kumandalı cihaza bağlanır (Görsel 3.139). Bu cihaz arıza, bakım ve onarım işlemlerinde şalt sahasının enerjisiz bırakılmasını sağlar.



Görsel 3.139: Giriş ayırıcısı

Ayırıcıda 110 V DC enerji ile çalışan bir motor vardır. Giriş ayırıcısı, motora bağlı bir diferansiyel aracılığı ile hareketi ana kontaklara aktarır. Bu cihazın ayırma işlemi bir zamana bağlı olduğundan cihaz, yük altında açma kapama yapamaz. Yük altında cihazın açmasını veya kapamasını engellemek amacıyla motor kumanda enerjisi bulunur ancak bu da her iki kesicinin açık olması durumunda kullanılır. Kesicilerden herhangi biri kapalı ise ayırıcısı kumanda edilemez.

Giriş ayırıcısının kontakları 170 kV gerilim sınırına kadar normal çalışır. Bu gerilim seviyesinde akım taşıma kapasitesi 1250 A'dir.

Primer kontakları, gümüş kaplamalı bakır malzemeden oluşur. Motor kutusu içerisinde bir DC motor, hareket sonu kontakları, AC ve DC sigortalar, ısıtma cihazı termostatı, klemens bloğu, manuel çalıştırabilme amacıyla mekanik aksam, dişli tertibatı ve bir aydınlatma lambası bulunur.

Akım Trafosu

Yüksek hızlı tren hatlarında kullanılan akım trafoları, 400-600/1-1-1 A çevirme oranlı ve iki ölçü, bir koruma olmak üzere üç sekonderli akım trafolarıdır (Görsel 3.140).

Akım trafoları primeri 400 A ve 600 A olmak üzere iki kademelidir. Akım trafolarının sekonderleri ise 1 A'dir ve sekonder sargısı üç adettir. Bu sargıların ikisi ölçü, biri ise koruma sistemine bağlanır. Ölçü sistemi sayaç devreleri ve göstergelerden oluşur. Koruma devresi ise akım trafosundan direkt olarak koruma rölesine gelir.



Görsel 3.140: Primer kısmı akım trafosu

Gerilim Trafosu

Gerilim trafolarının sekonder çıkışları üç adettir (Görsel 3.141). Çıkışlardan ikisi ölçü devrelerinde, diğeri ise koruma devresinde kullanılır. 170 kV izolman (yalıtık) seviyeli gerilim trafolarının nominal gerilimi 154 kV'tur. Primerinden 154 kV verilen bir gerilim trafosunun sekonderinde 100 VAC değerinde bir gerilim okunur.

Bu tip trafolar çeşitli imalatçı firmalar tarafından da üretilmektedir.



Görsel 3.141: Primer kısmı gerilim trafosu

Dağıtım Barası

TEİAŞ'ın enerji nakil hatlarından trafo merkezine üç faz enerji alınır. Alınan enerji, merkezin girişinde bulunan ayırıcı ve ölçü trafolarından geçirilir. Bu enerjinin iki adedi güç trafosuna dağıtılmak üzere bir havai hat dağıtım barasına bağlanır. Baranın kurulmasının nedeni üç faz olarak gelen enerjiyi iki ayrı güç trafosuna dağıtmaktır.

Güç artırımı yapılmayan trafo merkezlerine iki faz gelir. Bu sebeple iki adet iletkenden oluşan bir bara kullanılır. Güç artırımı yapılan merkezlere üçüncü faz getirildiğinde buradaki dağıtımı yapabilmek için mevcut iki iletkenden bir tanesi ortadan ikiye ayrılır (Görsel 3.142). Yapılan yeni tasarım sayesinde üç fazlı bara sistemi oluşturulur. Yeni dağıtım barasına gelen üç fazdan A ve B fazları bir güç trafosuna, B ve C fazları ise diğer güç trafosuna bağlanır. Dağıtım barası ile güç trafosu arasında kesici ve branşman ayırıcıları bulunur.

Barada üç adet silikon izolatör kullanılır. Bunlardan biri 170 kV izolman seviyesine, diğer ikisi ise 52 kV izolman seviyesine sahiptir.



Görsel 3.142: Dağıtım barası

Branşman Ayırıcısı

Güç trafolarının girişlerinde bulunan bu ayırıcının giriş ayırıcısından tek farkı iki fazlı olmasıdır. Güç transformatörleri iki faz ile çalıştığından trafo branşman ayırıcısı da iki fazlıdır (Görsel 3.143). Diğer tüm özellikleri giriş ayırıcısı ile aynıdır. Güç artırımı kapsamında şalt sahası içerisinde değiştirilmeyen cihazlardan biridir.



Görsel 3.143: Branşman ayırıcısı

Kesici

Elektrikli tren hatlarında yay kurmalı ve SF_6 gaz izolasyonlu kesiciler kullanılır (Görsel 3.144).

Nominal akım değeri 3150 A olan bu kesicilerin gerilim sınıfı 170 kV'tur. Kesicilerin yay kurma motorları 110 V DC ile çalışır. Motor kutuları içerisinde hareket sonu kontakları bulunur. Bu kontaklar sayesinde kesicinin açık-kapalı konumları kumanda panosuna ve uzak kumanda merkezine taşınabilir.

Kesici yayı kurulu pozisyondayken 110 V DC motor besleme enerjisi kesilse dahi hata akımlarına karşı bir kez açma yapabilir. Kinetik enerjiyi depolama özelliğine sahip olan kesiciler, motorun enerjisiz kalması durumunda manuel (elle) kurulabilme özelliğine sahiptir.

Kesici hücre içinde kesme işlemi yapılırken ortaya çıkan arkı söndüren SF_6 gazı bulunur. Kesici çelik konstrüksiyonu üzerinde bulunan bir manometre, (gaz veya sıvı akışkanların basıncını ölçmek için kullanılan alet) ölçüm değerlerini motor kutusu içerisinde bulunan röle ve kesici ile devamlı olarak kontrol altında tutar. SF_6 gazının bir kaçak nedeni ile boşalması veya azalması durumunda manometreye bağlı olan röle, kesiciyi açarak açık konumda kendini kilitler.

Montajı tamamlanan kesiciler; açma-kapama zamanları, açma sırasında senkronizasyon ve kontak geçirgenlik testlerine tabi tutulur. Böylece çalışmanın standartlar içerisinde olması sağlanır.



Görsel 3.144: Primer kısmı kesicisi

Parafudr

154 kV'luk şalt kısmında değiştirilmesine gerek duyulmayan koruma cihazlarından biri de parafudrlardır (Görsel 3.145). 154 kV'luk parafudrlar görevleri nedeniyle güç trafolarına en yakın yerde monte edilir.

Trafo merkezine veya trafo merkezini besleyen hatlara yıldırım düşmesi gibi sebeplerden dolayı gerilim dalgalanmaları oluşabilir. Oluşan gerilim dalgalanmaları nedeniyle hatlarda ve trafo şalt sahasının primer kısmında darbe gerilimleri çok yüksek değerlere çıkabilir. Parafudrlar oluşan darbe gerilimini toprağa aktararak

güç transformatör sargılarının zarar görmesini önler. Ayrıca elektrik hattında fazladan bulunan gerilimin de toprağa güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlar.

Parafudrun bu görevi yapabilmesi için bir ucunun enerji nakil hattına, diğer ucunun ise toprağa irtibatlı olması gerekir. Parafudr, hattaki gerilim değerine göre seçilmiş dirençlerden oluşur. Dirençlerin bağlantıları porselen izolatör içerisinde yapılır. Şalt sahalarında kullanılan parafudrların toprağa bağlantı iletkenleri üzerinde darbe sayacı bulunur. Sayaç sayesinde nominal işletme gerilimi üzerinde parafudrun kaç defa darbe gerilimine maruz kaldığı tespit edilebilir.

Parafudrların içerisindeki direnç değerleri, kullanılacağı yerin özelliklerine göre belirlenir. Parafudrlar, nominal gerilimin çok üzerinde bir darbe gerilimine maruz kaldığında dirençler yalıtkanlık özelliğini kaybederek iletken duruma geçer. Dirençler oluşan yüksek gerilimi toprağa iletir. Böyle bir durumda devrede bulunan kesici, parafudrun YG (yüksek gerilim) hattıyla irtibatı kesilmeden kapatılamaz.



Görsel 3.145: Parafudr

3.8.2.2. Güç Trafoları

TCDD trafo merkezlerinde kullanılan güç transformatörleri bir fazlı ve 154000 kV / 27500 kV gerilim dönüşümü sağlayan 25000 kVA transformatörlerdir (Görsel 3.146). Transformatörler farklı yönlerdeki iki hattı ayrı ayrı beslemeleri sebebiyle iki adettir. Gerektiğinde birbirlerinin hattını besleyebilecek şekilde bağlantı yapılabilir.



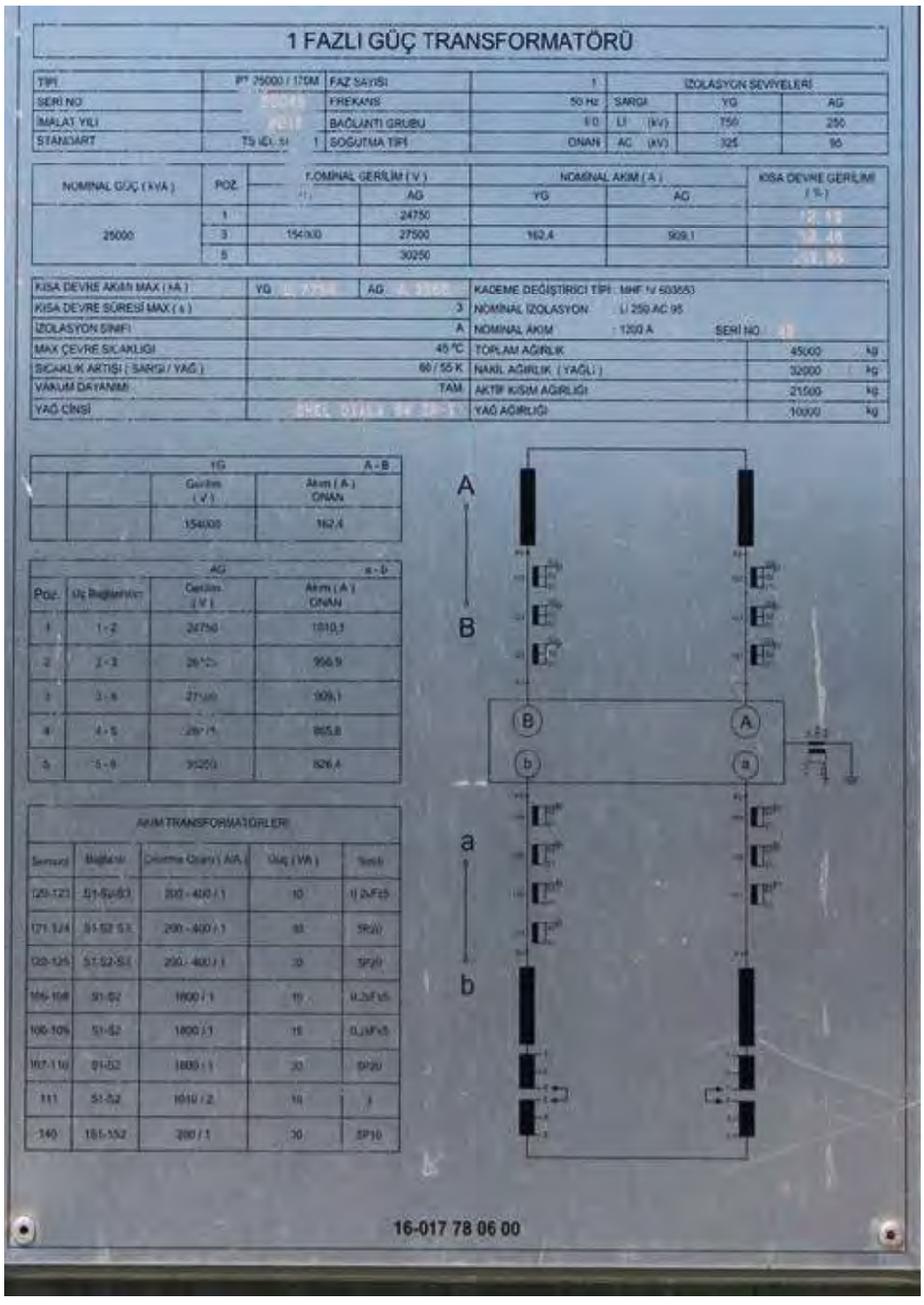
Görsel 3.146: Güç trafoları

Güç transformatörleri üzerinde bulunan koruma elemanları, ölçüm elemanları ve bunların özellikleri şöyle sıralanabilir:

- YG tarafı (HV) akım trafosu buşing (giriş izalatörü) tipi 02FS5 400 / 1-1A ölçü
- Akım trafosu buşing tipi 5P15 400 / 1 Koruma

- AG tarafı (LV) akım trafosu buşing tipi 02FS5 1800 / 1-1A ölçü
- Akım trafosu buşing tipi 5P15 1800 / 1A koruma
- Tank koruma 200 / 1-1A CT
- Bucholz koruma
    - Sargı sıcaklığı
    - Yağ sıcaklığı
    - Gaz basıncı

Trafonun tüm teknik özellikleri etiketi üzerinde yazmaktadır (Görsel 3.147).

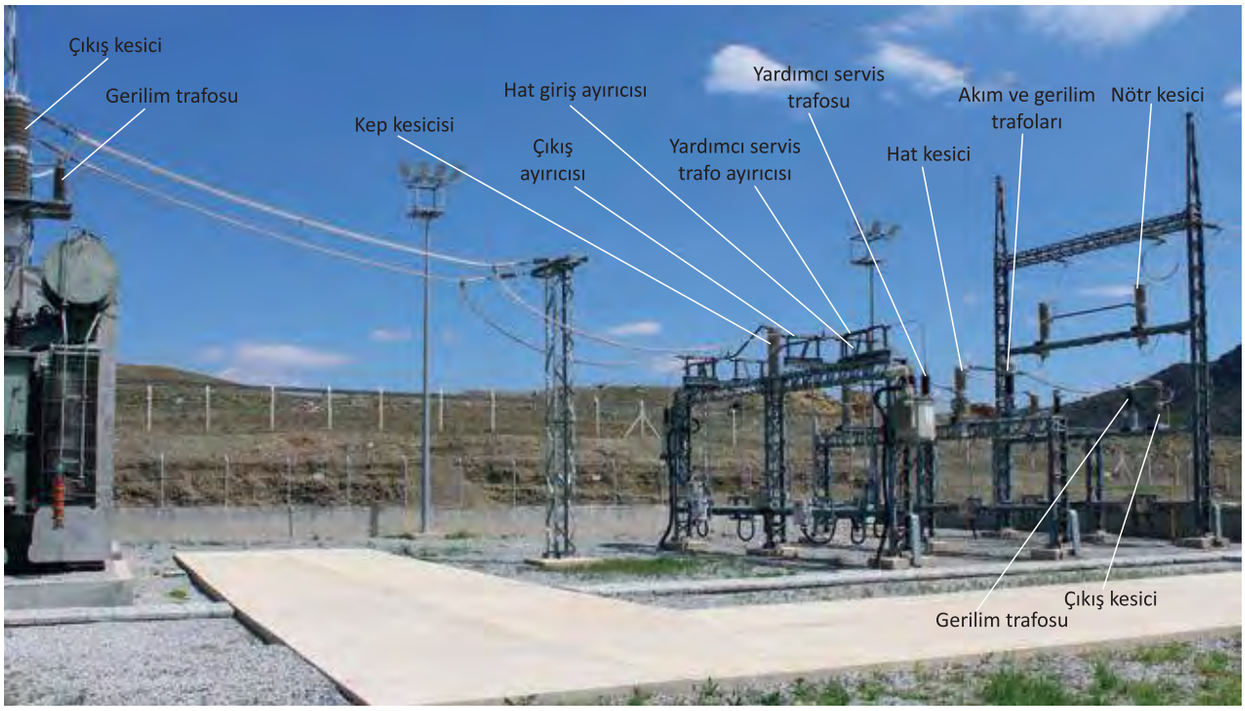


Görsel 3.147: TCDD bir fazlı güç trafosu etiketi

3.8.2.3. Çıkış (Sekonder) Kısmında Kullanılan Cihazlar

Sekonder kısmı Görsel 3.148'de görüldüğü gibi anahtarlama, ölçme ve koruma elemanları ile yardımcı trafolardan oluşur. Bunlar:

- Trafo çıkış kesicileri
- Ayırıcılar
- Akım gerilim trafoları
- Yük ayırıcı (Bazı trafo merkezlerinde kesici yük ayırıcısı yerine kullanılmaktadır.)
- Yardımcı servis trafoları



Görsel 3.148: TCDD trafo merkezi çıkış (sekonder) kısmı

Çıkış Kesicileri

Güç trafosunun sekonderinde ve katener hattı çıkışında bulunan kesicidir (Görsel 3.149). Bunlar, motor kutuları ile kesme hücresi arasında mekanik bir bağ bulunmayan, manyetik başlatma denilen sistemle açma-kapama yapabilen kesicilerdir. Mekanik bir parçası bulunmadığından kullanım, bakım ve işletme açısından mevcut kesicilere göre daha gelişmiştir. Vakum kesme özelliğine sahiptir. Kesicilerin motor kutusu denen alt bağlantı kutusunda kondansatörler bulunur. Kondansatörlerdeki enerji, üst kesme hücresinde bulunan magnetör (mıknatıs motoru) sistemini tetikler ve magnetin hareketli kontağının çalışmasını sağlar. Kesicilerin akım taşıma kapasiteleri 2000 A'dir. Porselen ve silikon olarak iki ayrı şekilde imal edilen kesicilerin porselen izolatörlü olanı TCDD'de kullanılır.



Görsel 3.149: Manyetik başlatmalı 27,5 kV kesici

Sekonder kısmında bulunan kesicilerin kullanıldıkları yere göre işlevleri değişir. Görsel 3.148'de görülen kep kesicisi ve nötr kesicileri normalde açık konumdadır. Trafolardan herhangi birinin hattı besleyemediği durumlarda kep kesicisi kapalı pozisyona alınarak enerjisiz hatta besleme sağlanır. Nötr kesicileri ise nötr bölgeye enerji verilmesi gereken durumlarda istenen trafodan nötr bölgeyi besleme görevini yerine getirir.

Manuel Ayırıcılar

Elektrikli tren yollarını besleyen anahtarlama cihazlarının arasında motor kumandalı olmayan manuel tip ayırıcılar da kullanılır (Görsel 3.150). Manuel tip ayırıcı kullanılmasının nedeni bakım, onarım ve arıza zamanlarında yetkili personel tarafından yerinde kumanda edilmesine gerek duyulmasıdır. Ayırıcıların primer kontak dayanımları 2000 A'dir. Trafo çıkış kesicisinin arkasında ve katener çıkış kesicisinin önünde bulunan ayırıcılar motor kumandalı olmamasına rağmen konumları uzak kumanda merkezinden görülebilir. Ayırıcılar yük altında açılıp kapatılmamalıdır. Elektriksel kilitleme sistemi sayesinde önündeki ve arkasındaki kesiciler kapalı durumdayken açma kapama yapılmaması için elektromekanik önlem alınmıştır.



Görsel 3.150: Manuel ayırıcı primer kontakları

Mekanik kol bağlantısı ile açma kapama yapılan manuel ayırıcılar, hareketi üst primer kontağına şaft bağlantısı ile iletir. Şaft bağlantısının üzerine monte edilen bir hareket sonu kontağı mevcuttur. Elektromekanik kilit sistemi ile sağlanan emniyet sistemi, kumanda merkezine cihazın konumu hakkında bilgi iletmeyi de sağlar.

Akım ve Gerilim Trafoları

Akım Trafoları: Hızlı tren yollarını besleyebilmek için oluşturulan sekonder şalt kısmında ölçü ve koruma amaçlı olarak sekonderi çift sarımlı bir akım trafosu konulmuştur (Görsel 3.151). Akım trafosu sekonderindeki birinci sargı ile ölçü devrelerinin, ikinci sargı ile de koruma sisteminin ihtiyacı olan hat akım bilgileri sağlanır.



Görsel 3.151: Sekonder kısmı akım trafoları

Katener hattından çekilen akım, akım trafosuyla ölçülür. Ölçü devresinde 0,2S-FS5 sargısı kullanılır. Bu sargının bağlantı terminalindeki numarası 1S1 ve 1S2'dir. Projelerde bağlantı terminal adı bu şekilde gösterilir.

Katener hatlarının aşırı akım, kısa devre ve aşırı yük gibi istenmeyen hata akımları belirlenir. Hata akımlarına göre röle ayar değerleri tespit edilir. Röleler, referans akım bilgisini akım trafosundan alır. Akım trafosunun 5P 10 sargısı koruma sistemine bağlı olup projelerde 2S1, 2S2 olarak adlandırılır.

Gerilim Trafoları: Katener hatlarındaki gerilimin seviyesini veya hatta gerilim olup olmadığını, gerilimin yüksek veya düşük olduğunu ölçen trafolardır (Görsel 3.152). 27,5 / 0,1 kV-0,5 sınıfı ve 30 VA trafonun sekonder sargı çıkışları a ve n olarak adlandırılır. Ölçü aletleri ve koruma röleleri 100 VAC gerilim ile bağlıdır.



Görsel 3.152: Sekonder kısmı gerilim trafoları

Yük Ayırıcı

Elektrikli tren yollarının çıkış gerilim anahtarlamasında da yük altında açma kapama yapma özelliği bulunan yük ayırıcıları kullanılır (Görsel 3.153). Bu cihazlar motor kumandalıdır ve motor beslemeleri 110 V DC'dir. Motor kutuları içerisinde DC motor, hareket sonu kontakları, dişli tertibatı, ısıtıcı ve besleme sigortası bulunur. Cihazın sisteme bağlantısını sağlayan terminal bloğu numaralandırılır. Şalt sahasında tüm cihazlarda olduğu gibi bu cihazın kablo adreslemesi de demiryolları standardına uygun olarak kablonun gittiği yere göre yapılır.



Görsel 3.153: Yük ayırıcı

Yeni şalt sahalarında paralele alma işlemi de yük ayırıcı cihazlarla yapılmaktadır. Cihazın motor besleme gerilimi olmasa dahi yerinden manuel (elle) açma-kapama yapabilmek için bir kurma kolu bulunur.

Yardımcı Servis Trafoları

Şalt sahası anahtarlama cihazlarının kumanda ve kontrol sisteminin yer aldığı bir bina bulunmaktadır. Binanın ihtiyacı olan elektrik enerjisini sağlamak için yardımcı servis trafoları kullanılır (Görsel 3.154). Bunlar bir fazlı ve 27500 / 400 V gerilim dönüşümü sağlayan 30 kVA transformatörlerdir. Bu trafoların önünde gerekli durumlarda kullanılan birer adet ayırıcı bulunur.



Görsel 3.154: Yardımcı servis trafosu

3.8.2.4. Kumanda Sistemi ve Çalışma Prensibi

Trafo merkezlerinde şalt sahası anahtarlama cihazlarının kumandaları mikroişlemcili (PLC) cihazlar ve bilgisayar programlama yoluyla yapılır (Görsel 3.155).



Görsel 3.155: Kumanda panosu ve tek hat şeması

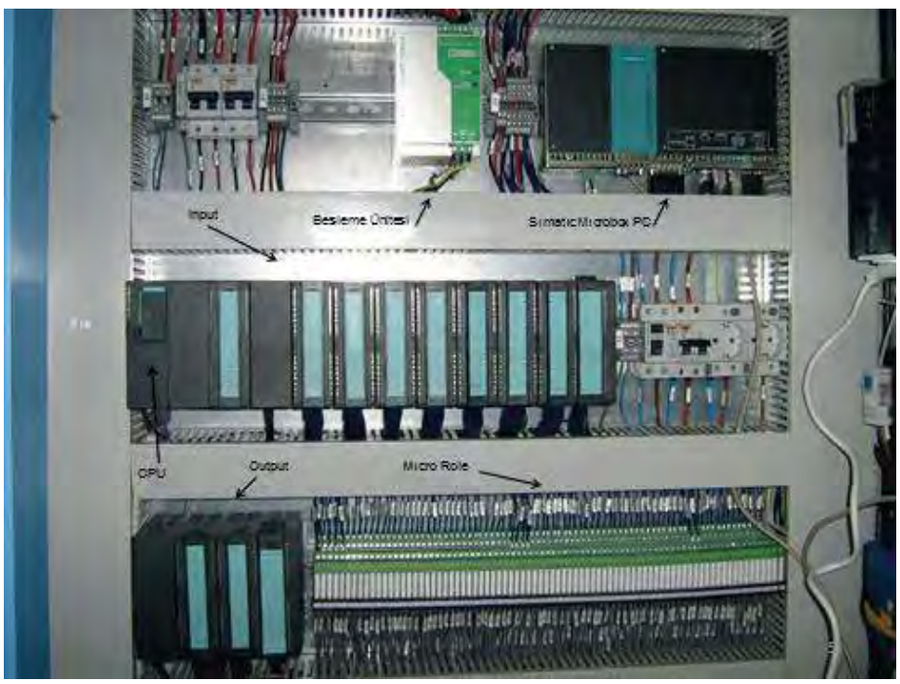
Şalt sahasında bulunan anahtarlama cihazlarının teknik özellikleri bulundukları yer itibarıyla sembolize edilir. Açma-kapama komutları bir program hâlinde şekillendirilir. Program binary (ikili sayı sistemi) mantığının temelini oluşturan 1-0 (var-yok) mantığı ile çalışır. Transformatör merkezi elemanları, tekniğe uygun şekilde hazırlanan program ile verilen komutlar doğrultusunda çalışır. Bazı işlemler herhangi bir komut verilmeksizin otomatik olarak da yapılır. İşlemler, programlama sırasında yazılıma işlenir. Bununla ilgili olarak katener çıkış kesicilerinde olması istenen tekrar kapama özelliği ve cihazlar arasında olması gereken elektriksel kilitlemeler örnek verilebilir. Elektriksel kilitleme sistemi cihazlar arasında kablaj (elektronik birimlerin birbiriyle bağlantısını sağlayan sistem) yapılarak fiziken yapılabileceği gibi programlama sırasında yazılıma işlenerek de yapılabilir.

Sistem, herhangi bir olayın son konumu veya son durumuna bakarak sıradaki işlemi yapmak için hazır olarak bekler. Örneğin açık bir kesicinin yapacağı işlem sadece kapamaktır. Yazılım programı hazırlanırken bu esas göz önüne alınır. Sistem açık olan kesiciye verilebilecek tek komutun kapama komutu olacağını yazılım sayesinde bilmektedir.

Trafo merkezindeki olayların uzak merkezlere gönderilmesi, uzak merkezlerden kumanda ve kontrol edilmesi gibi işlemler de yazılım programlarıyla gerçekleştirilir.

Kumandalar işlem basamak sırası ve takip ettiği yol olarak öncelikle dokunmatik ekranda başlar. Mikroişlemci sistem ekran üzerinden aldığı bilgiyi içerisinde yazılım programının bulunduğu bilgisayarda işledikten sonra çıkış birimi aracılığı ile röleye gönderir. Röle, bilgisayardan gelen enerji sayesinde üzerinde kumanda gerilimi olan kontakları çeker. Kontak üzerinden geçen kumanda gerilimi (+100 VDC) terminal bloğundaki bağlantılar üzerinden kumanda edilmek istenen cihaza ulaşır. Böylece yapılması istenen işlem gerçekleşmiş olur.

Çıkış ünitesine ait devre şemaları, bağlantı terminalleri ve klemens numaraları projelere işlenir. Herhangi bir arıza durumunda hangi çıkış terminalinin hangi cihaza atandığı, hangi terminalin şalt sahasında hangi cihaza ve ne amaçla gittiği bilgisi bulunur. Şalt cihazı üzerinde bulunan terminal bloğunda ise bağlantının nereden yapıldığı bilgileri mevcuttur. Karmaşık gibi görünse de mikroişlemcili kumanda sistemi röleli sisteme göre çok daha basit ve kullanışlıdır (Görsel 3.156).



Görsel 3.156: Kumanda panosu elemanları

Kumanda panosunun içerisinde şunlar bulunur:

- Besleme ünitesi 100 VDC/24 VDC
- Bilgisayar
- Mikroişlemci devresi (CPU)
- Dijital girişler
- Dijital çıkışlar

Besleme ünitesi giriş ve çıkışları +L, -M olarak gösterilir. 110 VDC enerjiyi 24 VDC'ye çevirir.

Mikroişlemci (CPU): Normalde 5 VDC ile çalışır, üzerinde iki konumlu bir mikro anahtar bulunur. Bu anahtarın run pozisyonu çalışma, stop pozisyonu da durma anlamındadır. CPU üzerinde bulunan SF (software) ledi kırmızı yanıyorsa sistemin yazılım kısmında, BF (bus failure) ledi kırmızı yanıyorsa haberleşme kısmında arıza olduğu anlaşılır.

CPU üzerinde bulunan iki adet soketten sağ tarafta olan haberleşme, sol tarafta olan (EPI) programlama için kullanılır. Arıza ledleri bir kez resetlenmesine rağmen yanmaya devam ederse yetkili kişilerin müdahale etmesi gerekir. CPU üzerinde ayrıca hafıza kartı bulunur. Sistem çalışır durumdayken bu kart kesinlikle yerinden çıkarılmamalıdır.

3.8.2.5. Nötr Bölgeler ve Bölge Postaları

Nötr Bölgeler

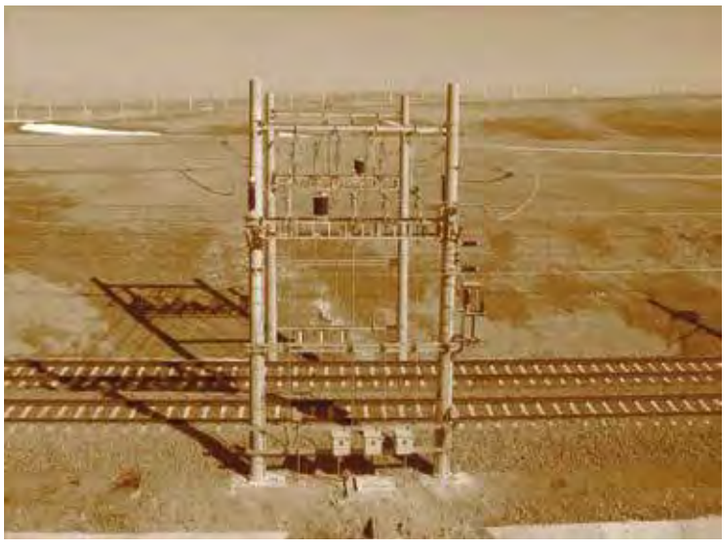
Her trafo merkezinin katener hattına verdiği enerjinin frekansları birbirinden farklıdır. Frekansları farklı olan iki enerjinin birbiri ile karşılaşmaması gerekir. Bu amaçla iki trafonun besleme bölgesi sonunda ve trafo merkezi önünde bir **nötr bölge** oluşturulur.

Konvansiyonel hatlarda nötr bölgeler 36 metre uzunluğunda yapılırken hızlı tren katener hatlarında mesafe 400 metredir. Bunun nedeni tren setinin önünde ve arkasında bulunan pantografların nötr bölge geçişleri sırasında farklı iki fazın birbiri ile karşılaşmasını önlemektir.

Nötr bölgelerde bulunan hatlara gerektiğinde enerji verebilmek veya herhangi bir nedenle servis dışı kalan trafo merkezinin besleme bölgesini diğer trafodan besleyebilmek amacıyla nötr bölgenin bulunduğu yerde bir anahtarlama postası kurulur. Bu postalara **bölge postası** denir.

Bölge Postası

Yük ayırıcı ve ayırıcı cihazlardan oluşan postada, çekilen akımları ve hat gerilimini okuyabilmek için akım ve gerilim trafoları bulunur (Görsel 3.157). Cihazların kumandaları mahallinden yapılabildiği gibi uzak merkezden de (telekomand) yapılacağı için uzak merkez ile nötr bölge arasında elektronik haberleşme sağlanır. Hızlı tren nötr bölgelerinde de trafo merkezlerinde olduğu gibi PLC sistemi ile kumanda ve bilgi alışverişi yapılır.



Görsel 3.157: Bölge postası

Nötr bölgede iç enerji ihtiyacını karşılamak üzere bir adet yardımcı servis trafosu bulunur. Yardımcı servis trafosu 27500 / 400 V 30 KVA gücündedir. Trafodan elde edilen enerji aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemleri ile kesintisiz güç kaynaklarında (110 VDC ve 48 VDC) kullanılır. Nötr bölgelerde bulunan yük ayırıcı ve ayırıcı gibi cihazların kumanda edilebilmesi amacıyla bir kumanda panosu bulunur.

Kumanda panosu üzerinde nötr bölgenin tek hat şeması mevcuttur. Tek hat şeması üzerine anahtarlama cihazlarının açma-kapama butonları yerleştirilmiştir. Her bir açma-kapama butonu ile birlikte cihazın son durumunu gösteren bir ışıklı ikaz lambası da bulunmaktadır. Cihaz açık konumdayken yeşil, kapalı konumdayken kırmızı lamba yanar. Pano üzerinde ayrıca uzak ve yakın kumanda seçici anahtar vardır. Yerinde kumanda yapmak için bu anahtar lokal konumda olmalıdır. Cihazları kumanda etmek için üzerinde Com yazan buton basılı tutulurken, kumanda etmek istenen cihazın açma veya kapama butonuna basarak istenen komutun cihaza gönderilmesi sağlanır. Com butonunun burada olma sebebi hatalı bir manevrayı önlemektir.

Nötr bölgede iki farklı enerjinin hatalı bir elektriksel manevra sonucu birbiriyle karşılaşmasını önlemek için anahtarlama cihazları arasında elektriksel kilitleme sistemi bulunur. İki trafo merkezinden herhangi birinin enerjisi kesik değilse cihazlar kapama komutunu alamaz. Diğer bir ifadeyle her iki trafonun enerjisi de besleme bölgesinin sonu olan nötr bölgeye kadar geliyor ve burada bulunan gerilim trafoları hat enerjisini panoya iletiyorsa anahtarlama cihazları kapama komutu alamaz.

Nötr bölgelerdeki anahtarlama cihazları sadece komşu trafo merkezinin besleme bölgesini enerjileyecek şekilde tasarlanmaz. Aynı trafo merkezinin beslediği iki yoldan enerjisi kesik olanı enerjili kısımdan besleyecek şekilde de tasarlanır. Buna **paralele alma** denir. Nötr bölge kumanda panosu üzerindeki tek hat şeması incelendiğinde istendiği takdirde nötr olan 400 metrelik hatta da enerji verilebileceği görülür.

İstasyon Postası

İstasyon postaları istasyonlardaki yan yollara enerjiyi dağıtmak amacıyla kurulmuş bir sistemdir. Sistem üzerinde çeşitli anahtarlama cihazları mevcuttur (Görsel 3.158).



Görsel 3.158: İstasyon postası

3.8.2.6. Kompanzasyon

Ülkemizde elektrik enerjisine olan ihtiyaç sürekli artmaktadır. Artan talebi karşılamak için elektrik tüketiminde kısıtlama yapmak ve kullanılan kapasiteyi yükseltmek gibi önlemlerin alınması gerekir. Kapasiteyi arttırmak için güç faktörünü düzenleme en önemli tedbirlerden biridir. Güç faktörünü düzenleme işlemi kompanzasyon yoluyla yapılır (Görsel 3.159). Kompanzasyon sayesinde jeneratör, trafo ve enerji nakil hatlarının yükleri düşer, tesislerdeki toplam gerilim düşümü azalır ve kayıplar aşağı çekilir.

Kompanzasyonu yaygın hâle getirmek ve kapasiteyi en verimli şekilde kullanmak için bu işlem zorunlu hâle getirilmiştir. Kompanzasyon yapılmazsa ya da belli bir seviyenin altında yapılırsa tesisler ceza ödemek zorunda kalır. Burada amaç tüketiciyi cezalandırmak değil, kompanzasyonu yaygınlaştırarak enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamaktır.



Görsel 3.159: Kompanzasyon panosu

Aktif ve Reaktif Enerji

Aktif Enerji: Elektrik devrelerinde alıcılar tarafından sistemden çekilen faydalı, yani işe yarayan güce **aktif güç** denir. Örneğin elektrik motorları elektrik enerjisini mekanik enerjiye, aydınlatma lambaları ise elektrik enerjisini ışık enerjisine çevirir. Elektrik enerjisinin büyük bir bölümü ısı enerjisine dönüşür. Enerjinin istenmeyen şekillere dönüşmesi kayıp olarak adlandırılır.

Reaktif Enerji: Endüksiyon prensibine göre çalışan tüm makine ve cihazların manyetik alan oluşturabilmeleri için bir mıknatıslanma akımına ihtiyaçları vardır. Mıknatıslanma akımı sistemden çekilen reaktif akımdır. Akım sonucu çekilen güç sadece manyetik alan oluşturmakta kullanılır, manyetik alan oluşumundan sonra şebekeye geri döner. Sistemde asıl işi yapan aktif güç olsa da motor, generatör vb. araçları çalıştırmada reaktif güce ihtiyaç vardır. Yalnızca manyetik alan oluşturmaya yarayan bu güç şebeke tarafından karşılandığında şebekeden çekilen görünür güç artar. Bu durum gerilim düşümüne ve kayıpların artmasına yol açarak sistem kapasitesinin verimli bir biçimde kullanılmasına engel olur.

3.8.3. Şehir İçi Demiryolu Transformatör Merkezleri

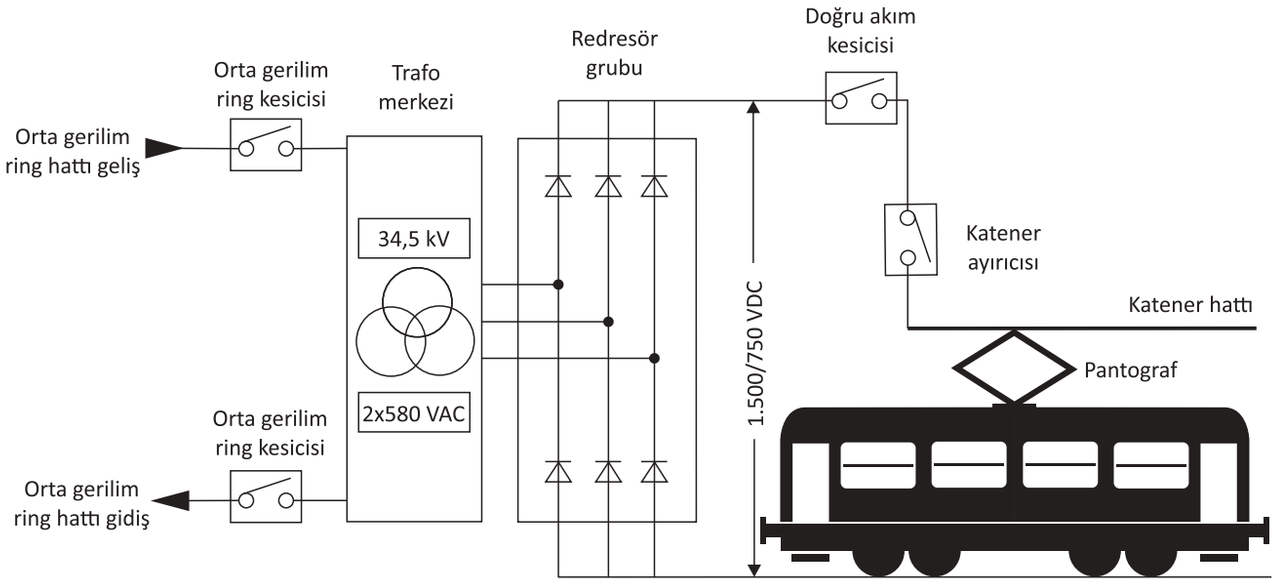
Şehir içi demiryolu trafo merkezleri orta gerilim hücreleri, transformatörler, DC hücreler ve ring hücrelerinden oluşur (Görsel 3.160).



Görsel 3.160: Elektrik sistemi prensip şeması

Görsel 3.161'deki elektrik bağlantı şeması şu şekildedir:

- Enerji dağıtım şirketinden 34,500 V elektrik enerjisi alınır.
- Cer transformatöründen 1220 / 580 VAC gerilim doğrultucu grubuna girer. Diyotlardan geçerek METRO için 1500 VDC, LRT hattı için 750 V DC gerilim şekline dönüştürülür.
- DC gerilim (+) ucu, DC panolardaki ortak bir barada toplanır.
- DC kesiciler üzerinden geçerek katener bakım ayırıcılarına gider.
- Katener sisteme bağlanır.
- Enerji, tren pantografının alabileceği duruma gelir.
- (-) kutuplu enerji, taşıyıcıda ray üzerinden DC panolara geri döner ve devresini tamamlar.
- Negatif koruma panosu aracılığıyla toprak ile arasındaki gerilim miktarı sürekli kontrol edilir.



Görsel 3.161: Elektrik bağlantı şeması

3.8.3.1. Orta Gerilim Sistemi

Şehir içi raylı sistemlerde enerji, yüksek gerilim sisteminden indirici trafo merkezine oradan da orta gerilim kabloları ile CER gücü trafo merkezine iletilir. Trafo merkezinden kablolarla iletilen enerji, CER gücü trafo merkezindeki orta gerilim kesici hücrelerine gelir. Orta gerilim hücreleri gerek gerilimi ölçmek gerekse yönlendirmek için kullanılır. Sistemin ihtiyacına göre farklı orta gerilim hücreleri bulunabilir. Hemen hemen tüm hücrelerde gerilim seviyesine göre vakumlu veya gazlı arabalı diye tabir edilen kesiciler bulunur.

Orta Gerilim Şalt Hücreleri

Orta gerilim hücreleri, İstanbul'da kullanılan metro hatları için trafo merkezinden alınan 34,5 kV'luk enerjiyi CER trafosuna, iç ihtiyaç trafolarına ve enerji ihtiyacı olan tüm ekipmanlara enerji dağıtımı için kullanır. Orta gerilim hücreleri, uygulamada Görsel 3.162'de görüldüğü gibi 36 kV 31,5 kA'e kadar hava izoleli, metal mahfazalı, arabalı ve vakumlu kesicilere sahip modüler hücrelerdir. Hücrelerde gerilim trafoları, akım trafoları, kesici, ayırıcı ve ölçüm cihazlarının tümü mevcuttur. Orta gerilim hücreleri her biri farklı görevi olan, sekiz adet hücreden meydana gelir.



Görsel 3.162: Orta gerilim sistemi

Hücreler şu şekilde adlandırılır:

- Ring giriş-çıkış hücresi
- Yardımcı güç trafosu çıkış hücresi
- CER trafosu çıkış hücresi
- Bara kuplaj hücresi
- Ölçü hücresi

Ring Giriş-Çıkış Hücresi: Bu hücreler orta gerilim hücreleri arasında genellikle ilk ve son hücre olarak kullanılır. Bir önceki ve bir sonraki istasyonlar arasındaki enerji bağlantısını sağlar. Raylı sistemlerde enerjinin anlık bile olsa kaybedilmesi çok büyük sıkıntılara sebep olabilir. Bu tür durumlarda enerjinin kesilmesini önlemek amacıyla ring hücreleri kurulur. Raylı sistem güzergâhı üzerindeki tüm trafo merkezleri üzerinden geçen enerji, ring hücreleri sayesinde birbiri ardına aktarılır.

Yardımcı Güç Trafosu Çıkış Hücresi: Yardımcı güç trafoları, istasyon yapılarındaki alçak gerilim ile beslenen tüm ekipmanların elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılır. İstasyonlardaki aydınlatma armatürleri, motor, pompa ve havalandırma ekipmanları gibi donanımların beslemeleri **yardımcı güç trafoları** diğer bir adıyla **iç ihtiyaç trafoları** yardımıyla yapılır. Ayrıca Levent-Hisarüstü Hattı için dört istasyonda da ikişer adet olmak üzere 34,5 / 0,4 kV 1000 kVA iç ihtiyaç trafosu mevcuttur.

CER Trafosu Çıkış Hücresi: Trenin hareketi için gerekli olan enerjinin trafoya aktarılmasını sağlayan hücredir. Girişinde bulunan 34,5 kV'luk enerji bu hücrenin kapatılmasıyla birlikte 34,5 / 0,59 kV 3300 kVA'lik CER trafosuna aktarılır.

Levent-Hisarüstü Hattı için İstasyon 1'de bir adet, İstasyon 2'de iki adet ve İstasyon 4'te iki adet olmak üzere 34,5 / 0,59 kV 3300 kVA çift çekirdekli CER trafosu mevcuttur.

Bara Kuplaj Hücresi: Kesicili kuplaj hücreleri, yük ayırıcıyla kuplaj yapabilmek için kullanılır. Kuplaj ise birden fazla enerji beslemesinin yapıldığı orta gerilim sistemlerinde enerji giriş önceliğinin nereden yapılacağını belirlemek için kullanılır.

Ölçü Hücresi: Üzerinde mühürlü sayacı bulunan bu hücre orta gerilim olarak ne kadar kW/h enerji tüketildiğini ölçmektedir. Levent-Hisarüstü Hattı orta gerilim seviyesindeki enerjinin giriş yaptığı ilk hücredir.

Orta Gerilim Kabloları

Kablolar, enerjinin üretildiği noktadan ekipmanlara taşınması amacıyla kullanılır. Kullanılacak yere, zemine ve ekipmana göre kablo tipleri değişir. Kablo çeşitleri; yüksek gerilim, orta gerilim, alçak gerilim, zayıf akım ve sinyal kablolarıdır. Ayrıca iletkenin cinsine göre bakır ve alüminyum iletkenli kablolar da vardır. Kullanım yerine göre deniz altında, havada ve yer altında kullanılan kablo tipleri farklılık gösterir. Orta gerilimde de kablolar mevcut şartlara göre uygun tipte seçilir. Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda orta gerilim kabloları istasyonlar arası 34,5 kV enerjinin taşınmasında ve ring hattının oluşturulmasında kullanılır. Ring hattında 20,3 / 35 kV XLPE izoleli, çelik tel zırhlı, üç damarlı ve bakır iletkenli kablo kullanılmıştır. Bu kablonun dielektrik kaybı çok düşük olup kablo mekanik zorlamalara karşı dirençlidir.

3.8.3.2. Cer Trafosu

Trenin hareketi için gerekli olan 750 V DC enerjinin üretilmesinde kullanılan trafolara CER trafoları denir (Görsel 3.163). Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda, İstasyon 1'de (Levent) bir adet, İstasyon 2'de (Nispetiye) iki adet ve İstasyon 4'te (Boğaziçi Üniversitesi) bir adet olmak üzere 34,5 / 0,59 kV 3300 kVA gücünde çift çekirdekli toplamda dört adet CER trafosu tesis edilmiştir.



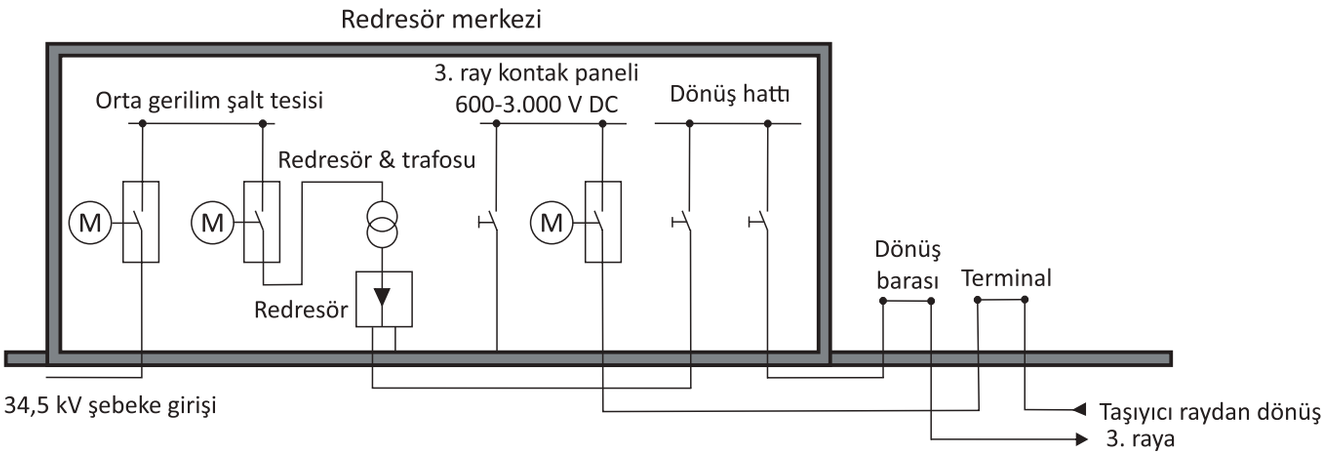
Görsel 3.163: Cer trafosu

3.8.3.3. Çıkış (Sekonder) Kısım

CER trafosunun sekonderinden çıkan enerji diğer devre elemanları üzerinden geçerek hatta ulaşır (Görsel 3.164).

Bir CER merkezi şu devre elemanlarından oluşur:

- DC şalt hücreleri
- Orta gerilim hücreleri
- İç ihtiyaç trafoları
- AG panoları
- UPS
- Redresör
- Redresör trafosu



Görsel 3.164: CER besleme şeması

Hattın talep edeceği enerji miktarı belirtilen ekipmanların değişmesine sebep olabilir. Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda kullanılan CER merkezi ekipmanları yukarıda belirtildiği gibidir.

DC Şalt Hücreleri

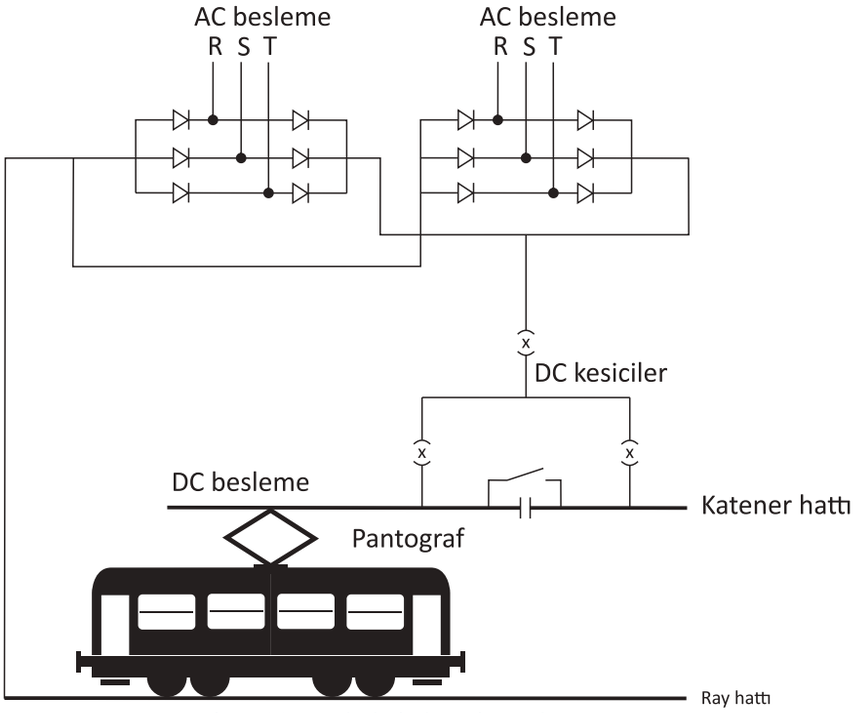
Orta gerilim hücresinde anahtarlanan 34,5 kV'luk enerji ilgili kesicinin kapatılması ile CER trafosunun primer sargılarına iletilir. Sekonder sargılarında 0,59 kV'a indirilen enerji busbar sistemi üzerinden doğrultucu diyot grubunun bulunduğu DC şalt hücrelerine iletilir.

Redresör trafosu, Görsel 3.165'teki CER trafosunu ifade etmektedir. Redresör ise trafonun sekonder sargılarından busbar ile taşıdığı diyot gruplarını içerisinde barındıran MG01 ve MG02 olarak adlandırılan DC hücrelerdir. Görsel 3.165'te DC hücreler görülmektedir.



Görsel 3.165: DC şalt hücreleri MG01 ve MG02, MC11 ve MD51

MG01 ve MG02 hücrelerinde bulunan diyot gruplarına AC olarak giren enerji DC gerilime dönüştürülür. MC11 ve MD51 hücrelerinden +750 VDC ve (-) olarak alınır. Burada MC11 (+), MD51 (-) kutupların alındığı hücrelerdir. Doğrultma işleminde kaç darbeli doğrultma yapılacağı gücün derecesine göre belirlenir. Çok özel durumların haricinde altı darbeli ya da on iki darbeli doğrultucu devreleri kullanılır. Altı darbeli devreler düşük güçler için tercih edilirken on iki darbeli doğrultucular büyük güçler için tercih edilir. Görsel 3.166'da on iki darbeli doğrultucu görülmektedir.



Görsel 3.166: 12 darbeli doğrultucu devresi

Doğrultucuların darbe sayısını istenen güç etkilemektedir. Belirleyici etken ise akım değeridir. Doğrultulan gerilimin ortalama değerine bakılırsa örneğin belirli p değerleri için

Tablo 3.11: Farklı p Değerleri İçin Ortalama Gerilimin / Tepe Değerine Oranı

Darbe Sayısı (p)	P = 2	P= 6	P=12
V_{ort}/V_{tepe}	0.636	0.954	0.990

Tablo 3.11'de de görüldüğü üzere darbe sayısı arttıkça ortalama gerilimin, tepe değerine oranı 1'e yaklaşır, bu da çıkışta gerilimin daha az salınımlı daha doğru bir gerilim olmasını sağlar.

3.8.3.4. Alçak Gerilim Sistemi

Raylı sistemlerde, alçak gerilim istasyon yapılarında kullanılır. Temelini iç ihtiyaç trafosu oluşturur. Trafo merkezinden iletilen 34,5 kV'luk enerji, iç ihtiyaç trafosunun primerine girer, sekonderden 0,4 kV olarak alınır. Sekonderden alınan enerji, istasyon yapılarındaki gerek tek fazlı gerekse üç fazlı tüm sistemlerde kullanılabilir. Primeri üçgen, sekonderi yıldız bağlı olan iç ihtiyaç trafolarının sekonderinden 0,4 kV değerindeki enerji, ana dağıtım panolarına aktarılır. Ana dağıtım panolarından istasyon yapılarındaki kat panolarına veya diğer adıyla tali panolara aktarılır. Sekonder ile ana dağıtım panosu arasında enerji aktarımı kablo ile yapılabileceği gibi busbar sistemlerle de yapılabilir. Levent-Hisarüstü Metro Sistemi'nde iç ihtiyaç trafoları ile ana dağıtım panoları arasında enerji aktarımı busbar ile yapılmıştır. Görsel 3.167'de ana dağıtım panoları görülmektedir.



Görsel 3.167: İstasyon 4 (Boğaziçi Üniversitesi İstasyonu) ana dağıtım panoları

Ana dağıtım panosunda her tali panoya ait şalter bulunur. Enerji, şalterler sayesinde kontrol edilir. İstasyon katlarında bulunan tali panolar genellikle tek amaca hizmet eder. Aydınlatma panosu, priz panosu, tünel aydınlatma panosu, tünel priz panosu ya da mekanik ekipman panosu gibi panolardan şalterler yardımıyla enerji dağıtılır. Görsel 3.168'de tali panolar görülmektedir.



Görsel 3.168: Tali panolar

İç İhtiyaç Trafosu

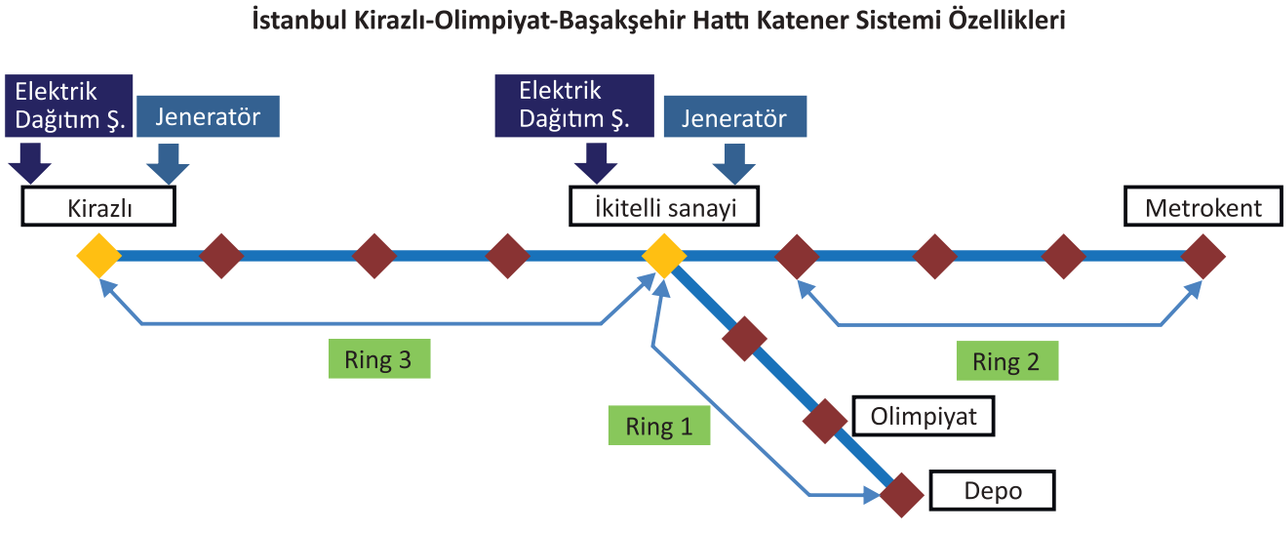
İstasyon yapılarında aydınlatma, havalandırma, motor, makine, ısıtma ve soğutma gibi elektrik ihtiyacı olan tüm ekipmanlar iç ihtiyaç trafoları sayesinde beslenir. Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda da her istasyon yapısında ikişer adet 34,5 / 0,4 kV 1000 kVA gücünde iç ihtiyaç trafoları öngörülmüştür (Görsel 3.169).



Görsel 3.169: Etiler İstasyonu 34,5 / 0,4 kV 1000 kVA kuru tip iç ihtiyaç trafoları

3.8.3.5. Jenaratörden Besleme

Bu merkezlerden sağlanacak enerjiyle tünellerdeki trenlerin peronlara çekilmesi ve yolcu tahliyesinin yapılabilmesi için gereken ekipmanların çalışması sağlanır. Metro hattı için iki adet, LRT hattı için iki adet olmak üzere dört adet jeneratör merkezi kurulur (Görsel 3.170).



Görsel 3.170: Jeneratör besleme noktaları

Kesintisiz Güç Kaynağı (KGK)

İstasyon yapılarında bulunan, hayati önem taşıyan ekipmanların beslemesi acil dağıtım panosundan yapılmalıdır. İstasyon yapılarındaki yolcu mahfillerinde aydınlatma armatürlerinin %20'sinin, tünel yapısındaki armatürlerin ise %50'sinin (bir normal, bir acil) acil durumda çalışacak şekilde beslemesi yapılmalıdır. Ayrıca trenin yönlendirilmesinde büyük öneme sahip olan SCADA [Supervisory Control and Data Acquisition (Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama Sistemi)] sinyalizasyon ve haberleşme sistemleri de yine KGK'den beslenmelidir. Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda her istasyon yapısına uygun değerde KGK seçilmiştir. Levent ve Etiler İstasyonları için 60 kVA, Nispetiye ve Boğaziçi Üniversitesi İstasyonları için 80 kVA KGK öngörülmüştür.

Redresör ve İzolasyon Trafosu

Redresörler, şebeke gerilimini (AC), DC gerilime dönüştüren ve istenen voltaj seviyesine indirebilen ekipmanlardır. Bunlar genellikle enerjinin yedeklenmesi, bir yerde depo edilmesi veya acil aydınlatma sistemlerinin beslemesinde kullanılır. Ayrıca redresörler belirli bir akü grubunu şarj etmek, onları sürekli dolu tutmak için de kullanılabilir. Metro gibi raylı sistem yapılarında genellikle bu amaç ile kullanılır. Mikroişlemci kontrollü olan redresörlerin çıkış gerilimleri, akımları ve şarj hızı istenen şekilde ayarlanabilir.

Günümüzde giriş beslemesi tek faz veya üç faz olan redresörlerin çıkış gerilimleri çok farklı olabilir. Örneğin 12 V DC, 24 V DC, 48 V DC, 110 V DC ve 220 V DC Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda, Levent ve Etiler İstasyonları'nda 100 V DC / 60A, Nispetiye ve Boğaziçi Üniversitesi İstasyonları'nda ise 110 V DC / 90 A olmak üzere ikişer adet yedekli çalışması planlanan redresör öngörülmüştür.

İzolasyon trafoları diğer bir adıyla yalıtım trafoları, trafo sargıları ile nüvenin birbirinden yalıtılmasını sağlar. AC şebekeden enerjilenen güç cihazlarında birincil ve ikincil taraf sargıları birbirinden izole eder. Alçak gerilim gereken yerlerde kullanılır. Burada temel amaç canlıların çarpılma riskini azaltmak ve alçak gerilimle çalışan yerlerde oluşabilecek manyetik kirliliğin yüke aktarılmasını önlemektir. Levent-Hisarüstü Metro Hattı'nda, Levent ve Etiler İstasyonları'nda 80 kVA, Nispetiye ve Boğaziçi Üniversitesi istasyonları'nda 100 kVA gücüne sahip izolasyon trafoları öngörülmüştür.

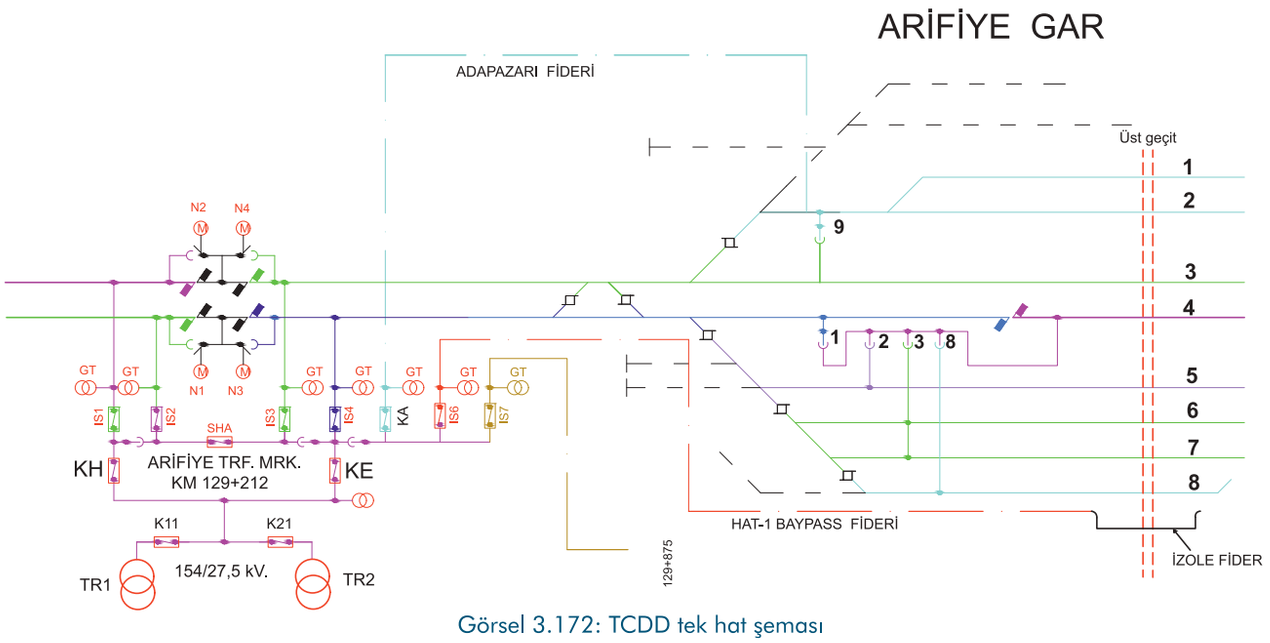
3.8.4. Elektrifikasyon Sistemlerinde Tek Hat Şeması

Elektrik sistemlerinde kullanılan devre elemanlarını ve bulundukları konumları basit semboller ile ifade eden şemalara **tek hat şeması** denir. Ulusal demiryollarında ve şehir içi raylı sistemlerde tek hat şemaları kullanılır (Görsel 3.171).

	Cer postası		Üst geçit		KE-KA kesici
	Nötr bölge		Elektrikli hat		YA-IA yük ayırıcı
	Enerji nakil hattı		Elektriklenmemiş hat	GT	Gerilim trafosu
	Alt geçit		Fider hattı	YT	Yardımcı servis trafo
	Hemzemin geçit		IS	CTC	Sinyal yardımcı servis trafo

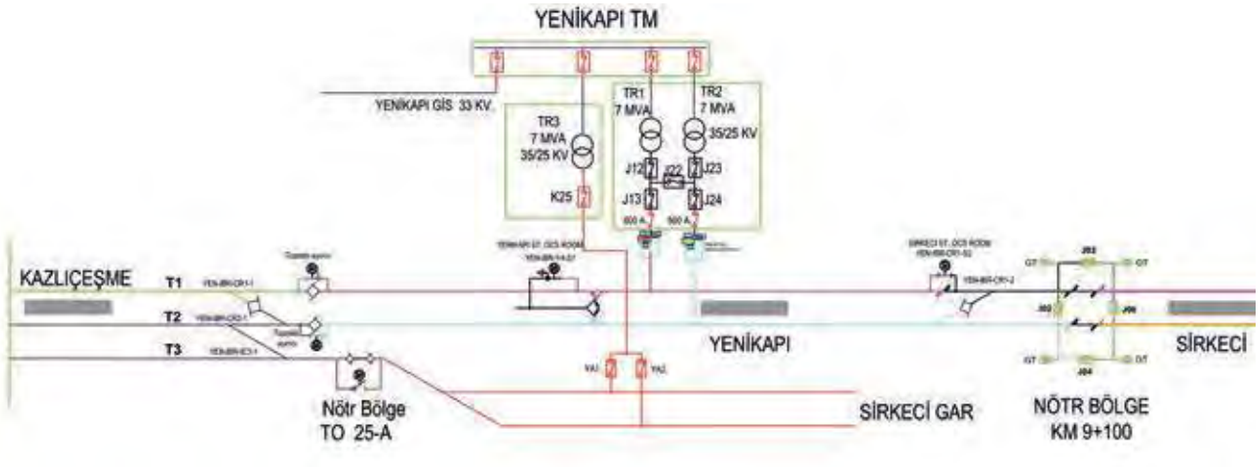
Görsel 3.171: TCDD'de kullanılan bazı semboller

Tek hat şemasında kesiciler, ayırıcılar, transformatörler, kapasitörler, baralar ve iletkenler gibi elektrik elemanları standart sembollerle gösterilir. Farklı elektrik bileşenlerini ve bunların bir devre veya sistem içindeki ilişkilerini temsil etmek için evrensel kabul edilen elektrik sembolleri kullanılır (Görsel 3.172). Tek hat şemalarını yorumlamak için önce elektrik sembollerinin bilinmesi gerekir.



Görsel 3.172: TCDD tek hat şeması

Görsel 3.172'de TCDD, Görsel 3.173'te ise şehir içi raylı sistemlere ait tek hat şeması görülmektedir. Güç sistemi tek hat şemasında sistem bileşenleri ana bağlantıları ve bunların hat üzerindeki konumları belirtilir. Şema üzerinden elektrik sisteminin genel yapısı analiz edilir. Arıza durumunda müdahale tek hat şeması sayesinde kolayca yapılabilir. Tek hat şeması elektrik sisteminin vazgeçilmez bileşenlerindendir.



Görsel 3.173: Şehir içi raylı sistem tek hat şeması

UYGULAMA YAPRAĞI

SUNUM

TEMRİN ADI AC BESLEME SİSTEMLERİ

Temrin No.:3.25

AMAÇ

Demiryollarında kullanılan AC ya da DC sistemlerden biriyle ilgili araştırma yaparak sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde edilmelidir.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanılmalıdır.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanılmalıdır.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarı kullanılacaktır.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

SUNUM

TEMRİN ADI AC VE DC SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Temrin No.:3.26

AMAÇ

Demiryolarında kullanılan AC ve DC sistemlerinin benzerlik ve farklılıklarıyla ilgili sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde edilmelidir.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanılmalıdır.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanılmalıdır.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarı kullanılacaktır.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

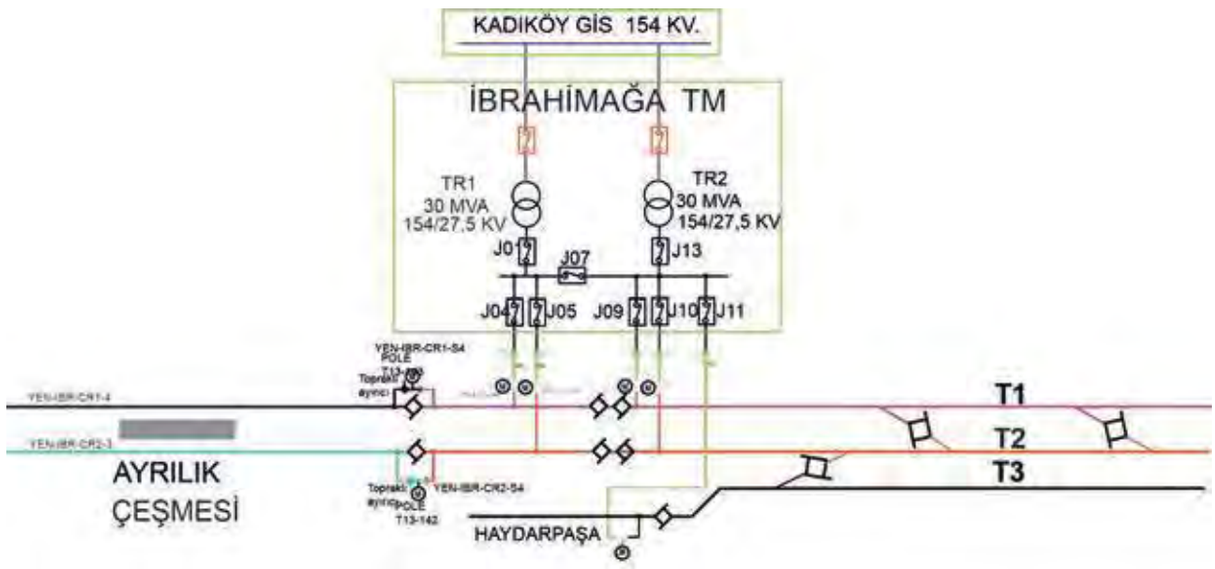
UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI TEK HAT ŞEMASI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:3.27**

AMAÇ

Tr1 trafosunda oluşabilecek herhangi bir arıza durumunda hattın çalışmaya devam edebilmesi için gerekli manevraları yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 3.174: Alçak gerilim parafudr bağlantısı

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Gerekli araç gereçleri temin ediniz.
3. İş önlüğünü giyiniz.
4. Devre bağlantılarını Görsel 3.174'teki gibi kurunuz.
5. Otomatı parafudra bağlayınız.
6. Parafudrun çıkış ucunu toprağa bağlayınız.
7. Kaçak akım rölesinin uçlarını parafudra bağlayınız.
8. Otomatik sigortaları kaçak akım rölesine bağlayınız.
9. Öğretmen kontrolünde devreyi kontrol ediniz.

SORULAR

1. Alçak gerilim parafudrunun görevi nedir?
2. Kaçak akım koruma rölesinin görevi nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	AG parafudr bağlantısını uygun şekilde yapmak	20	
Sınıfı :	Kaçak akım koruma rölesinin bağlantısını yapmak	20	
No. :	Otomatik sigorta ve topraklama bağlantısını yapmak	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

3.9.1. Demiryolu Kontrol ve Kumanda Merkezlerinin Görevi

Elektrikli demiryolu hatlarında birden fazla trafo merkezi ve elektriki manevra sistemi vardır. Bu sistemler bütününü tek bir noktadan kontrol ve kumanda etmek için kurulan merkezlere **kontrol ve kumanda merkezleri** denir (Görsel 3.175).



Görsel 3.175: Kontrol ve kumanda merkezi

Kontrol ve kumanda merkezleri sayesinde bir tesis veya işletmeye ait tüm cihazların kontrolü yapılır, geçmiş olay kayıtları tutulur.

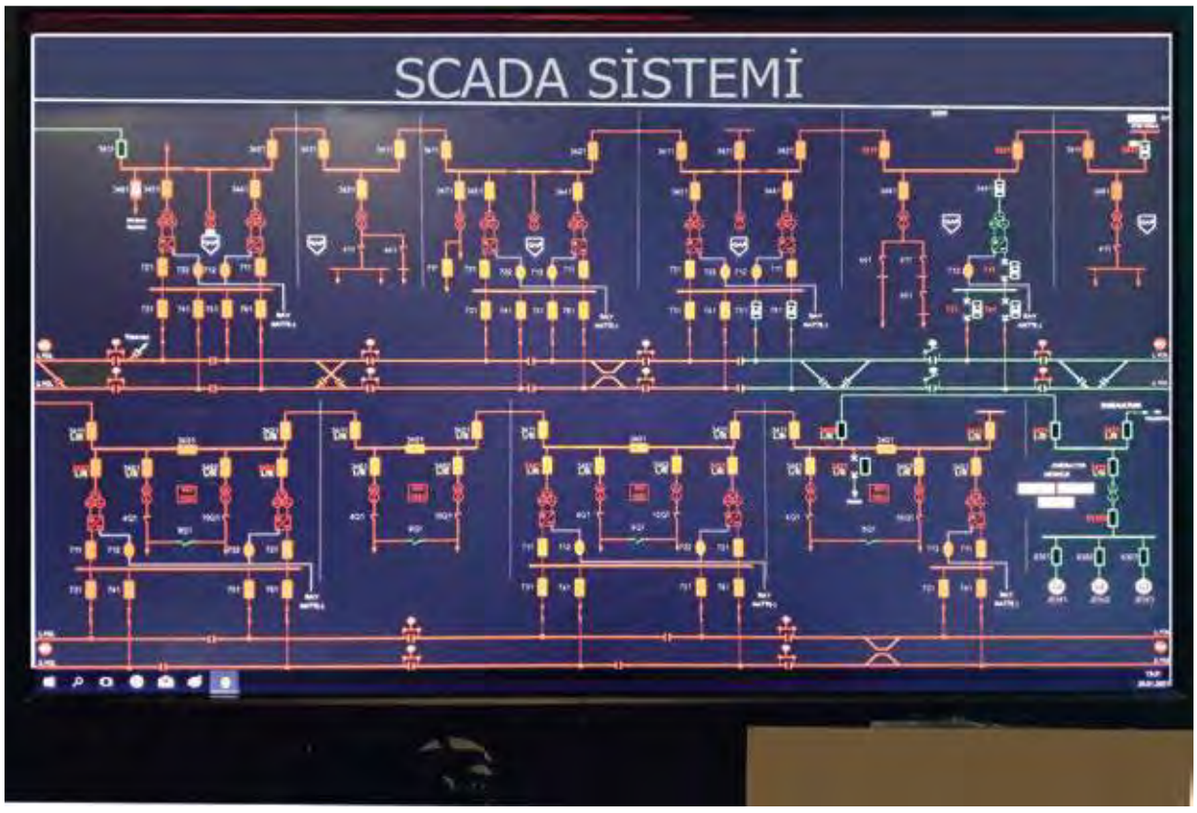
Merkezlerde kontrol ve kumanda için kullanılan sistem SCADA sistemidir. TCDD'de **telekomand merkezi** olarak adlandırılır. Farklı isim almasının sebebi her işletmenin kendine ait bir terminolojisinin olmasıdır.

3.9.2. SCADA Sistemlerinin Genel Yapısı

SCADA özel donanım, yazılım ve protokollerden oluşur (Görsel 3.176).

SCADA sisteminin işlevleri şu şekildedir:

- Yapısal entegrasyon ile izleme ve kontrolü yapılan ekipmanlardan saha verilerini sürekli ve gerçek zamanlı olarak toplar.
- Tanımlanan kıstaslara göre bilgileri değerlendirmeye tabi tutup gerektiğinde operatöre erken uyarı mesajları gönderir.
- Süreci etkileyen çeşitli etkenlerin merkezî bir noktadan grafiksel veya eğri (trend) olarak gözetlenmesini sağlar.
- Sahadaki kontrol noktalarının uzaktan denetlenebilmesine imkân tanır.



Görsel 3.176: SCADA merkezî bilgisayar monitörü

SCADA sisteminin avantajları şunlardır:

- Gelişmiş tesis ve işlem operasyonlarına imkân sağlar.
- Sistem optimizasyonu nedeniyle tasarruf sağlar.
- İş gücünde maksimum fayda sağlar ve üretimi artırır.
- Daha iyi bilgi ve gelişmiş kontrol imkânı sağlar.
- Sistem, tesis, donanım ve personelin güvenliğini artırır.
- Sistem hatalarından çevreyi korur.
- Gelişmiş ve çabuk veri çıktısı alır.
- Doğrulanmış bilgi yönetimi vardır.
- Süreç yönetimi ve ölçümünün düzenlemesini kolaylaştırır.
- Malzeme tasarrufu sağlar.

Tümleşik bir SCADA sistemi şu katmanlardan oluşur:

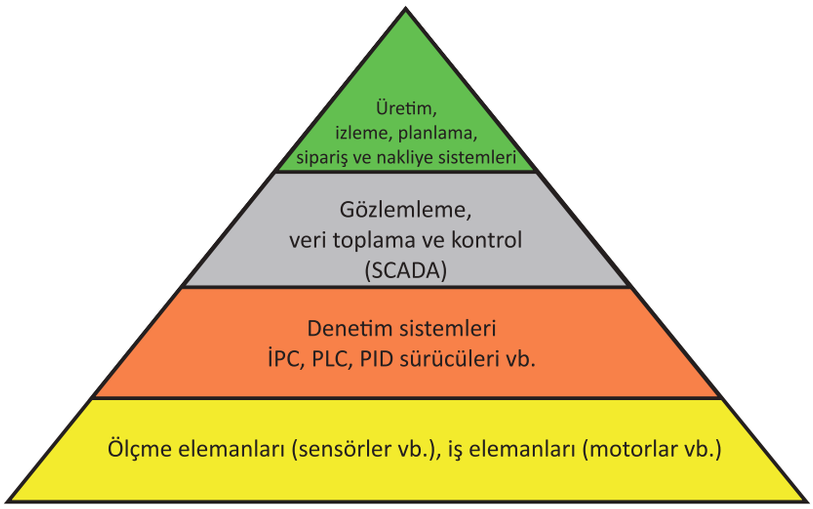
İşletme Kontrol Katmanı: Fiziksel kontrollerin yapıldığı katmandır. Yönetimi sağlanacak aygıtlar uzak terminal birimlerine (RTU) bağlanarak işletme fonksiyonlarını yerine getirir.

Süreç Denetim Katmanı: İzleme ve veri toplama fonksiyonları ile tesisler ve ekipmanlar arası eş zamanlılığı sağlar. Bu katman merkezî kontrol odası ve SCADA yazılımını kapsar.

İşletme Yönetim Katmanı: Bir üst katmanda alınmış stratejilere uygun olarak, işletme kararları alıp bölümler arası iş birliği sağlar.

Kaynak Yönetim Katmanı: İşletmenin devamlılığı için gerekli kaynakların planlandığı, üretim ve hizmet stratejilerinin belirlendiği katmandır.

Yönetim katmanında alınan kararların üretim katmanına eş zamanlı uygulanması ancak üretimden yönetime işletmenin tüm katmanlarının sağlıklı bir veri alışverişine sahip olması ile sağlanabilir.
SCADA yazılımları, otomasyon piramidinin üçüncü katmanında yer alır (Görsel 3.177).

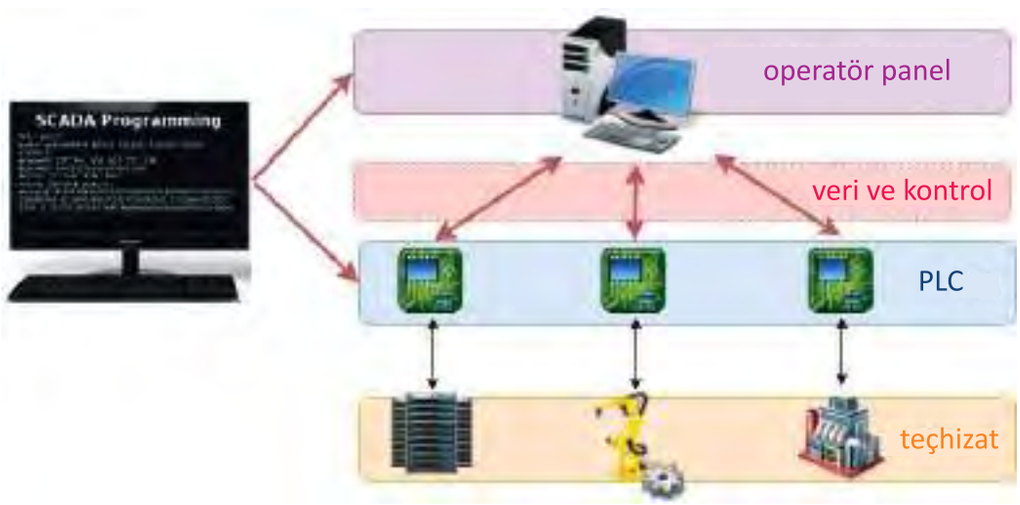


Görsel 3.177: SCADA otomasyon piramidi

SCADA otomasyon piramidi incelendiğinde

- İlk katmanda işi yapan yani kontrol edilen ekipmanlar bulunur.
- İkinci katmanda mikroişlemci tabanlı kontrol elemanları bulunur. Kontrol edilen elemanlara hükmetmesi ve sistemin istenen şekilde çalışması bu elemanlar sayesinde olur. Bilgisayarlar ve PLC'ler [(Programmable Logic Controller) (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)] endüstride en çok kullanılan sistemlerdir. Ayrıca özel olarak motor hız, konum kontrolörleri, sıcaklık denetleyicileri ve sürücüler gibi pek çok modülde ya tek başına ya da bilgisayar ve PLC ile birlikte kullanılır.
- Üçüncü katman SCADA sistemlerinin bulunduğu kısımdır. Tüm alt sistemlerin üçüncü katman tarafından izleme ve kontrolü yapılır.
- Dördüncü katman ise siparişten üretime, üretimden satışa kadar tüm zinciri bir bütün olarak kapsayan ve izleyebilen sistemdir. Böyle bir sistemde her türlü davranışa çok hızlı tepki verilebilir. Genellikle büyük ölçekli ve maliyetli üretimler yapan sektörler bu sistemden sonuna kadar faydalanır.

SCADA Sisteminin Temel Elemanları



Görsel 3.178: SCADA sisteminin temel elemanları

SCADA sisteminin temel elemanları Görsel 3.178'de verilmiştir. Bunlar:

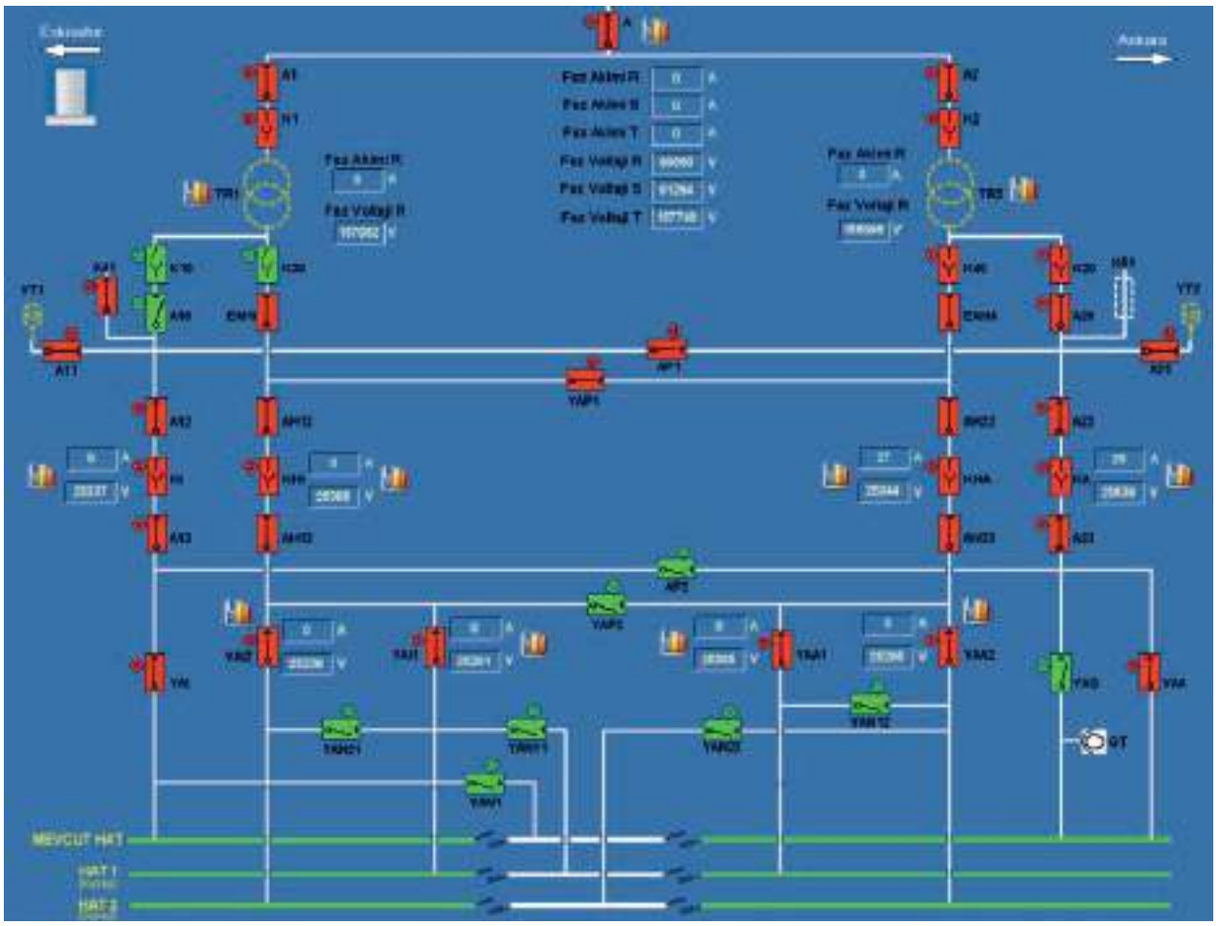
- Alan seviyesinde enstrümantasyon ve kontrol aygıtları
- Düzenlenmiş terminaller
- İletişim sistemi
- Ana istasyonlar
- Veri işlem departmanlı bilgisayar sistemi

SCADA Sistemlerinin Uygulama Alanları

SCADA sistemlerinin uygulamada birçok kullanım alanı vardır. En genel olanı Enerji SCADA'sı (elektrik, su, doğal gaz ve petrokimya gibi) ve Üretim SCADA'sı (otomotiv, kâğıt, çimento, tekstil, ilaç üretimi, kimya, fabrika ve tesis otomasyonu gibi) olarak ikiye ayrılır. Geniş bir coğrafi alana yayılmış, bölgesel ve yerel tesislerin birçoğunda kullanılır. Bu sistem, başka sistemlere de altyapı teşkil etmektedir.

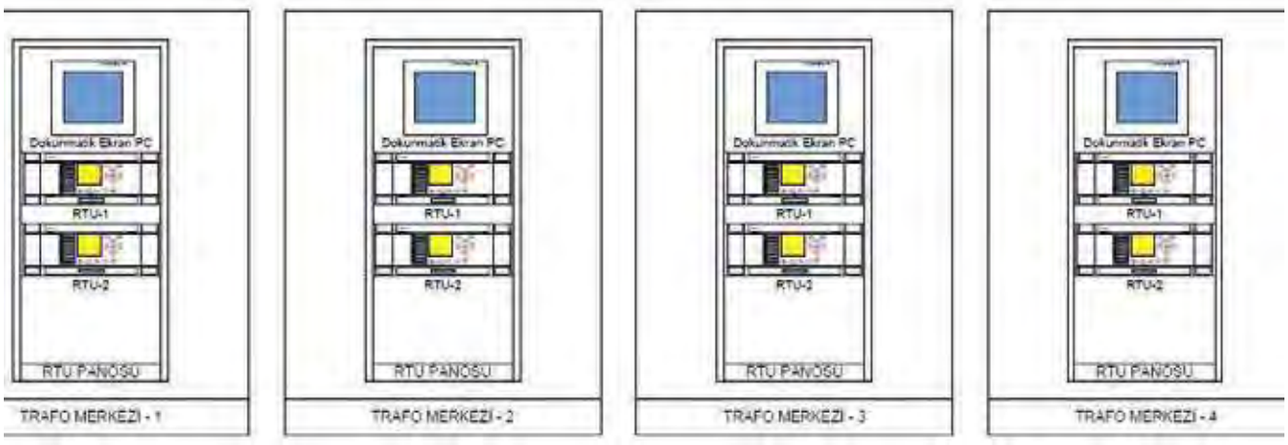
3.9.3. TCDD Kontrol ve Kumanda (Telekomand) Merkezleri

Telekomand merkezlerinin başlıca amacı sistemi uzaktan kumanda ederek arıza ve bakımlarda daha hızlı müdahale edilmesini sağlamaktır. Telekomand merkezlerinde SCADA sistemleri kullanılır (Görsel 3.179).



Görsel 3.179: TCDD SCADA ekranı

Telekomand merkezleri kendisine bağlı trafo merkezlerinden gelen haberleşme veri sinyallerini alır. Bu sinyaller sunucu odalarında düzenlendikten sonra oparatörün önündeki bilgisayar ekranına ikaz olarak düşer. Oparatörler ikazlara göre gerekli işlemi yapar. Kapı alarmı, kesici açtı ikazı gibi ikazlar örnek verilebilir (Görsel 3.180).



Görsel 3.180: TCDD telekomand sistemi

3.9.4. Şehir İçi SCADA Sistemleri

SCADA Sisteminin Fonksiyonları

- Kesici, ayırıcı, trafo vb. sistem panolarını ve bağlı olduğu cihazları kumanda eder.
- Ölçülmesi gereken akım, gerilim, aktif güç, reaktif güç ve güç faktörü gibi analog değerlerini ölçer.
- Ekipmanların durum bilgilerini kontrol eder.
- SCADA operatörünün izlemeyi tam olarak gerçekleştirebilmesi için tüm ölçüm sonuçlarını ve cihazın çalışma durumunu merkeze iletmesini ve merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlem yapmasını sağlar.
- SCADA operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesini ve gerekli komutları göndererek sistemin denetlenmesine olanak sağlar.
- Ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını denetleyerek yaşanan olumsuzluk veya alarm durumlarını merkeze bildirir.

Şehir içi SCADA sisteminin görevi trafo merkezlerini, şalt elemanlarını kontrol ve kumanda etmektir. Mevcut sisteme ilave işlevler eklenerek sistem daha kapsamlı bir hâle getirilmiştir. Bunlar, enerji yönetim sistemi (EYS), elektromekanik ve çevresel kontrol sistemleridir EKS (Görsel 3.181).

EYS Sistemi: Kapsam dâhilindeki trafo ve jeneratör merkezleri ile istasyon, tünel ve bağlantı bölgelerindeki sistemlerin kontrol ve kumanda etme işini yapar. Bunlar:

- OG sistemi
- DC sistemi
- AG sistemi
- Acil durum jeneratör sistemi
- Kaçak akım izleme sistemi



Görsel 3.181: TCDD telekomand sistemi

EYS SCADA Sistemleri: Bu sistem kesici, ayırıcı, trafo vb. sistem panolarını ve bağlı olduğu ekipmanları kumanda eder.

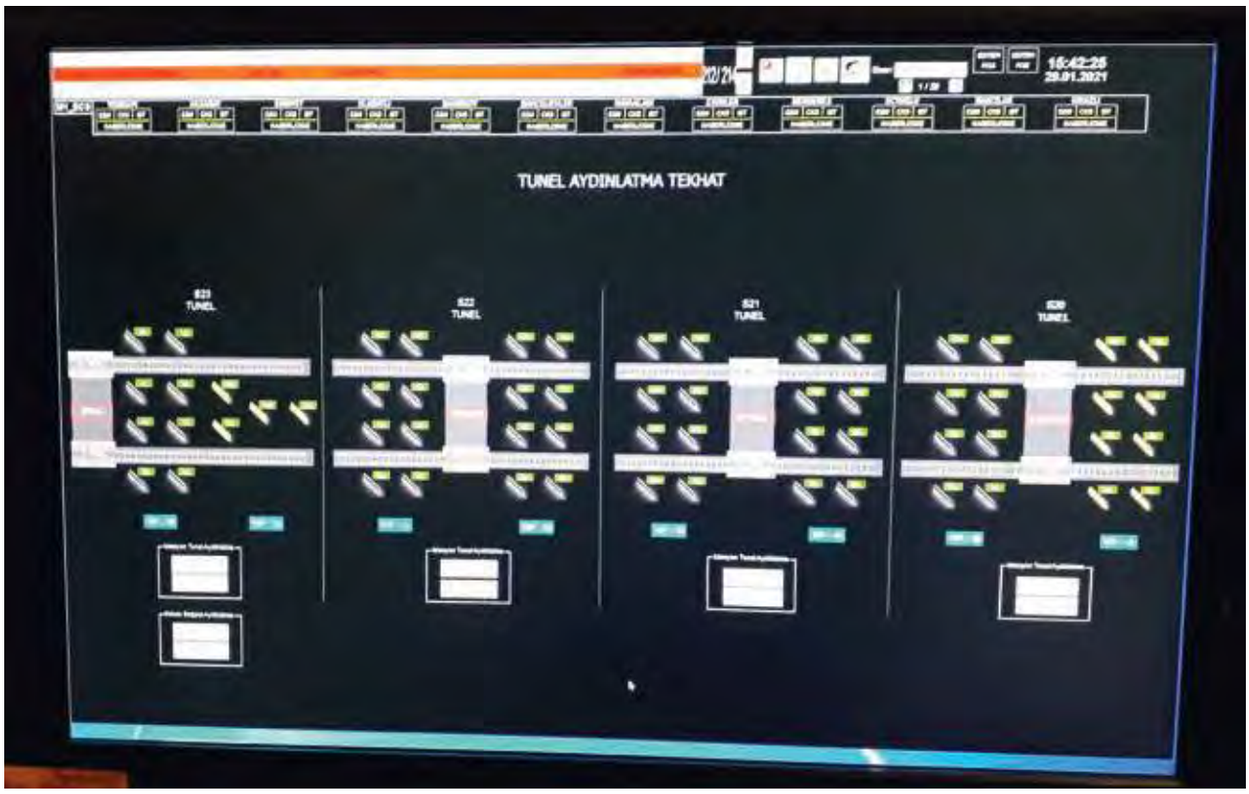
Ölçülmesi gereken akım, gerilim, aktif güç, reaktif güç ve güç faktörü gibi analog değerler ölçülebilir. Ekipmanların durum bilgilerini kontrol imkânı sağlar.

PCS Sistemi, izleme ve kumanda etme işlemini sağlayabilmek için tüm ölçüm sonuçlarını ve cihazın çalışma durumunu merkeze iletir. Merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlem yapar. Böylece merkezî denetim birimlerinin başında bulunan sistem operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesi ve gerekli komutları vererek sistemin denetlenmesi sağlanır. PCS sisteminin görevi, sadece ölçüm yapmak ve verilen komutları uygulamak değil ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını da denetlemektir. Bu sayede aykırı bir durum oluştuğunda ya da alarm durumlarında da merkeze bildirim sağlar. Lokal, Remote ve Lokal / Remote olmak üzere üç kontrol yöntemi vardır (Görsel 3.182).

EKS Sistemleri aşağıdaki maddeleri kontrol ve kumanda eder:

- Aydınlatma sistemi
- Yürüyen merdivenler
- Yürüyen bantlar
- Asansörler
- Pompalar
- Hidraforlar
- Su tankları
- Kompesörler
- Hava kalite ve sıcaklık sensörleri
- İklimlendirme üniteleri
- İstasyon havalandırma fanları

- Tünel havalandırma ve egzoz fanları
- Otomatik kepenkler
- Hava kalitesi, sıcaklık, seviye, basınç, akış hızı, karbonmonoksit ve su baskın sensörleri
- AG dağıtım tali panoları
- Yangın algılama sistemi
- Turnike ve ücret toplama sistemleri
- CCTV sistemi
- Anons sistemi
- İletim sistemi
- Yolcu bilgilendirme sistemi
- Telsiz sistemi
- Saat sistemi



Görsel 3.182: Metro aydınlatma sistemi ekranı

UYGULAMA YAPRAĞI

SUNUM

TEMRİN ADI TCDD TELEKOMAND MERKEZLERİ

Temrin No.:3.28

AMAÇ TCDD telekomand merkezleri ile ilgili araştırma yaparak sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde edilmelidir.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanılmalıdır.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanılmalıdır.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarı kullanılacaktır.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

SUNUM

TEMRİN ADI ŞEHİR İÇİ SCADA SİSTEMLER

Temrin No.:3.29

AMAÇ

Şehir içi raylı ulaşım hatlarında kullanılan SCADA sistemleri ile ilgili araştırma yaparak sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde edilmelidir.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanılmalıdır.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanılmalıdır.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarı kullanılacaktır.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

3.10.1. Enerji Kesiminin Emniyet Açısından Önemi

Demiryolu elektrifikasyon sistemlerinde kullanılan elektrik enerjisinin bakım ve arıza gibi durumlarda kesilmesi gerekir. İstenmeyen durumların önüne geçmek için enerji kesimi belli şartlara göre yapılmalıdır. Çalışma yapılan ya da enerji verilmemesi gereken bir hatta verilen elektrik, birçok can ve mal kaybına yol açabilir. Bu nedenle enerji kesimi öncesi ve sonrasında yapılacak işlemler hayati önem taşır (Görsel 3.183).



Görsel 3.183: Trafo merkezi giriş (primer) kısmı

3.10.2. Enerji Kesimi İş ve İşlem Basamakları

Enerji kesimiyle ilgili iş ve işlem basamaklarında yoruma açık hiçbir bölüm bulunamaz. Görev dağılımları ve işlem sırası net bir şekilde belirtilir.

Enerji Kesilmesi Talebi ve Enerjinin Kesilmesi: Talep, yetkili kişiler veya elektrik güvenlik sorumlusu tarafından uzaktan kumanda merkezi operatörünce yapılır.

Enerji kesilmesi talebinde bulunan kişinin takip etmesi gereken işlem sırası şu şekildedir:

- İsim ve unvanını belirterek kendini tanıtır ve bulunduğu yeri bildirir.
- Yapacağı çalışmanın yerini ve süresini bildirir.
- Uzaktan kumanda merkezi operatörü, talep üzerine bölgenin enerjisini trafik kontrolörü (trafik dispeçerleri) ile anlaşarak keser. Şayet mahallinden kumanda yapılması gerekiyorsa talep edene enerji kesme yetkisi verilir.

- Enerjinin kesildiğinden emin olunduktan sonra talep edene enerjinin kesildiği bildirilerek teminat verilir.
- Uzaktan kumanda merkezi operatörü; enerjinin kesilmesini, saatini ve koordinatını talep eden yetkiliyi **operatör kayıt defterine** işler.
- Uzaktan kumanda merkezi operatörü, uzaktan kumanda mimik paneline **kumanda yapmayınız** plakasını asar. Enerji kesilmesi kesiciler veya yük ayırıcılarıyla yapıldıktan sonra ayırıcı veya topraklı ayırıcılarla devre açılarak korunmalıdır.

Çalışma Yapılacak Kesimde Koruma Tedbirlerinin Alınması: Enerji kesilerek yapılacak çalışmalarda koruma tedbirlerinin alınması gerekir. Bu tedbirleri bizzat elektrik güvenlik sorumlusu almalıdır.
Koruma tedbirlerinin alınması şu şekildedir:

- Talep eden elektrik güvenlik sorumlusu, operatörden aldığı talimatı tekrarlayarak teyit eder.
- Çalışma kesimi yetkili şahıs tarafından hattın korunması usulüne uygun olarak belirlenir.
- Çalışma kesiminin her iki tarafı topraklanır. Topraklanmamış kesimde enerji olmasa dahi bu kısma dokunulmamalıdır.
- Çalışma müsaadesi, ilgili yönetmeliklere göre trafik kontrolöründen alınmalıdır.

Enerjinin Tekrar Verilmesi: Enerji kesilip çalışmalar tamamlandıktan sonra çalışma yapılan katener bölümüne yeniden enerji verilmesi için aşağıda belirtilen işlemler yapılmalıdır.

- Enerjinin kesilmesini talep eden elektrik güvenlik sorumlusu, çalışmaların bitiminde korumaları usulüne uygun olarak kaldırıp, hattın enerji verilmesine hazır hâlde olduğunu operatöre bildirerek teminat verir. Verilen bu teminatı operatör tekrar eder, talep edene teyit ettirir.
- Telekomand operatörü usulüne uygun olarak gerekli elektriksel manevrayı yapar.
- Telekomand operatörü enerjinin verildiğini trafik dispeçerine bildirir.
- Telekomand operatörü; enerjinin verildiği saati, koordinatı ve talep eden yetkiliyi operatör **kayıt defterine** işler.

UYGULAMA YAPRAĞI

SUNUM

TEMRİN ADI YÜKSEK VE ORTA GERİLİM SİSTEMLERİ

Temrin No.:3.30

AMAÇ

Yüksek ve orta gerilim sistemlerinde yapılan bakım, onarım çalışmalarında alınması gereken tedbirler ve işlem basamakları ile ilgili sunu hazırlamak.

Sunum hazırlarken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Sunumdaki bilgiler doğru ve güvenilir kaynaklardan elde edilmelidir.
2. Sunumdaki bilgiler ders kazanımlarını kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır.
3. Sunumda yazı, resim, tablo, grafik, video, şekil ve fotoğraf gibi en az dört farklı materyal kullanılmalıdır.
4. Sunumda dinleyicilerle göz teması kurulmalı, beden dili, ses tonu ve Türkçe doğru kullanılmalıdır.
5. Sunum süresi 7 dakikadır.
6. Sunumun değerlendirmesinde aşağıdaki puanlama anahtarı kullanılacaktır.

Ölçütler	4 puan	3 puan	2 puan	1 puan
İçerik	Sunulan bilgiler doğru ve konu ile ilgili tüm kapsamı içermektedir.	Sunulan bilgiler doğru ancak kapsam yeterli derecede yansıtılmamıştır.	Sunulan bilgilerde kısmen yanlışlıklar vardır.	Sunulan bilgilerde önemli ölçüde yanlışlıklar vardır.
Materyal	Sunum en az dört farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum üç farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum iki farklı materyal ile desteklenmiştir.	Sunum sadece yazılı materyalden oluşmaktadır.
Sunum Becerisi	Akıcı bir dil kullanıldı, göz teması kuruldu, ses tonu ve beden dili doğru kullanıldı.	Belirtilen özelliklerden üçü yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden ikisi yerine getirildi.	Belirtilen özelliklerden biri yerine getirildi.
Zaman Yönetimi	Verilen süre içinde sunuyu tamamladı.	Verilen süreye +/- 2 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 3 dakika uymadı.	Verilen süreye +/- 4 dakika uymadı.

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış cümlelerin altına doğrularını yazınız.

1. (...) Buchholz rölesi, yağlı tip transformatörün bir parçasıdır.

2. (...) Ölçü transformatörlerinin polarite olmayan sekonder uçları mutlaka topraklanmalıdır.

3. (...) Gerilim ölçü transformatörleri, gerilimi ölçülecek devreye seri bağlanır.

4. (...) Ayırıcılarda devreden akım geçerken (yüklü) açma-kapama işlemi yapılır.

5. (...) Transformatörlerde yağ, izolasyon ve soğutma amacı ile kullanılır.

6. (...) Parafudr faz ve nötr arasına bağlanır.

7. (...) Üç faz için bir adet parafudr kullanılmalıdır.

8. (...) Yüksek gerilim sigortaları attığı zaman tekrar kullanılabilir.

9. (...) Pimli sigortalarda sigortanın atmasıyla pim içe doğru kendini çeker.

10. (...) Üç fazlı bir tesiste bir sigorta atsa bile üç fazın sigortası da değiştirilmelidir.

B) Aşağıdaki cümleleri okuyarak boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

11. Küçük akımlarla büyük akımları kontrol eden elemanlara ..... denir.

12. Enerji nakil hatlarında meydana gelen kısa devreleri tespit edip devreden çıkaran röleye ..... denir.

13. Ayarlanan zaman dilimine ulaştığında kontakların konumunu değiştiren röleye .....denir.

14. ..... rölesi; başlatma ünitesi, yön ünitesi ve ölçme ünitesinden oluşur.

15. Oto trafolarının iç arızalara karşı korunmasında kullanılan röleye.....denir.

16. Sistemdeki elemanların aşırı ısınma nedeniyle zarar görmesini engellemek için kullanılan röleye .....denir.

17. Hızlı tren hatlarını besleyen trafo merkezleri .....V değerindeki gerilimi 27500V değerine düşürerek hattı besler.

18. Şehir içi raylı sistem trafo merkezlerinde alternatif akımı (AC), doğru akıma (DC) çeviren aygıtlara .....denir.

19. Birden fazla trafo merkezi ve elektriksel manevra sistemini tek bir noktadan kontrol ve kumanda etmek için kurulan merkezlere .....denir.

20. Şehir içi raylı sistem istasyonlarında alçak gerilim ile beslenen tüm ekipmanların elektrik ihtiyacını karşılamak amacı ile kullanılan trafolara..... denir.

C) Aşağıdaki soruları dikkatle okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

21. Aşağıdakilerden hangisi YG transformatöründe çıkış gerilimini ayarlamak için kullanılır?
A) AG buşingleri
B) Çekirdek nüve
C) Kademe değiştirici
D) Kaldırma kulağı
E) YG buşingleri

22. Aşağıdakilerden hangisi YG transformatör parçalarından biri değildir?
A) Buchholz rölesi
B) Hava kurutucusu
C) Terminal kutusu
D) Toprak ayırıcısı
E) YG AG buşingleri

23. Aşağıdakilerden hangisi transformatörlerde zorunluluğu olmayan ancak alıcı firma tarafından önceden talep edildiğinde yapılan testlerdir?
A) Ark testi
B) Özel test
C) Rutin test
D) Soğutma testi
E) Tip test

24. Aşağıdakilerden hangisi yağlı transformatörlerde yağ analizi bakım aralığıdır?
A) Bir ay
B) İki ay
C) Altı ay
D) Bir yıl
E) İki yıl

25. Aşağıdakilerden hangisi hermetik transformatörlerde bulunmaz?
A) AG buşingleri
B) Kademe değiştirici
C) Terminal kutusu
D) Yağ genleşme tankı
E) YG buşingleri

26. Aşağıdakilerden hangisi dağıtım transformatörlerinin sekonder devrelerinde dengesiz yüklerin doğurabileceği sonuçlardan biri değildir?
A) Aynı fazdan beslenen abonelerin elektrik ile beslenen cihazlarında arıza oluşur.
B) Aynı fazdan beslenen abonelerde gerilim düşmesi sonucunda fazla akım çekilir.
C) Aynı fazdan beslenen abonelerde topraklama hattında arıza meydana gelir.
D) Dengesiz yüklenmeden dolayı şebeke nötr hattında istenmeyen gerilim oluşur.
E) Transformatörlerin fazla akım çekilen sekonder sargısında ısınma meydana gelir.

27. Bir sistemin çektiği akım 100 A ve dönüştürme oranı 400/10 A olan bir akım transformatöründe ölçü aletinde okunan değer aşağıdakilerden hangisidir?
A) 2,5 A
B) 4 A
C) 4,5 A
D) 6,5 A
E) 40 A

28. Aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?
A) Akım ölçü trafoları, ölçülecek devreye paralel bağlanır.
B) Akım ölçü trafolarının primer sargıları kalın az sipirli, sekonder ise ince çok sipirlidir.
C) Gerilim ölçü trafoları, ölçülecek devreye paralel bağlanır.
D) Gerilim ölçü trafolarının primer sargıları ince çok sipirli, sekonder ise kalın az sipirlidir.
E) Ölçü trafolarının polarite olmayan sekonder sargıları topraklanır.

29. Aşağıdakilerden hangisi enerji nakil hatlarının giriş-çıkışında kesici ile hat arasına bağlanan ayırıcılardandır?

A) Bara ayırıcısı
B) Bypass ayırıcısı
C) Hat ayırıcısı
D) Kuplaj ayırıcı
E) Transfer ayırıcı

30. Aşağıdakilerden hangisi kesicilerde aranan özelliklerden <u>değildir</u>?

A) Açma anında meydana gelen arkı hızlı bir biçimde söndürmelidir.
B) Açma-kapama işlemini çok hızlı bir biçimde yapmalıdır.
C) Çalışma akımı devre akımı ile sınırlı olmalıdır.
D) Kontakları kısa devre akımlarını bir müddet taşıyabilmelidir.
E) Tekrar tekrar açma-kapama yapabilmelidir.



4.
ÖĞRENME BİRİMİ

ENERJİ İLETİM SİSTEMLERİ

KONULAR

4.1. KATANER SİSTEMİ
4.2. RİJİT KATENER SİSTEMİ
4.3. ÜÇÜNCÜ RAY SİSTEMİ
4.4. APS (OTOMATİK GÜÇ KAYNAĞI) SİSTEMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

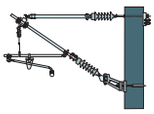
1. Projeye uygun olarak katener sistemi bileşenlerinin bakımını ve montajını yapmayı
2. Projeye uygun olarak rijit katener sisteminin bakımını ve montajını yapmayı
3. Projeye uygun olarak üçüncü rayın bakımını ve montajını yapmayı
4. Projeye uygun olarak APS (Otomatik Güç Kaynağı) sisteminin bakımını ve montajını yapmayı

TEMEL KAVRAMLAR

katener, karot, konsol hoban, izoletörler, portör teli, dezeksman, podül, ankrajlar, portik rijit sistemler

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

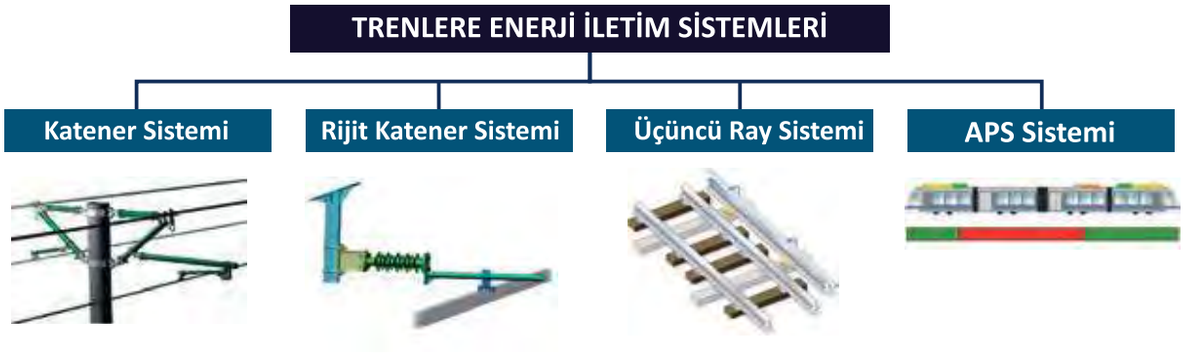
1. Yaşadığınız bölgedeki trenlere elektrik enerjisi nasıl aktarılıyor? Araştırınız.
2. Güneş ve rüzgâr enerjisi kaynakları raylı sistem araçlarında da kullanılabilir mi?
3. Bazı trenler yer altından giderken bazıları neden yer üstünden gider? Arkadaşlarınızla tartışınız.
4. Son yıllarda yapılan tren hatları neden yaya ve araç trafiğinden ayrılmıştır?



4.1. KATENER SİSTEMİ

4.1.1. Katener Sistemi ve Özellikleri

Günümüzde raylı sistem araçlarının büyük bir kısmı elektrik enerjisi ile çalışır. Elektrik enerjisi; raylı sistem araçlarına konvansiyonel katener sistemi, rijit katener sistemi, üçüncü ray ve APS (Otomatik Güç Kaynağı) sistemi olmak üzere dört şekilde iletilir (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: Enerji iletim sistemleri

Cer trafo merkezlerinden gelen enerjiyi ray hattı boyunca araçlara ulaştıran kontak teli ve taşıyıcı telden oluşan iletken hatta **katener**, iletken hat ve bu hattı taşıyan ekipmanların tümüne **katener sistemi** denir. Katener tesisleri elektrik enerjisini trafo merkezlerinden alıp, demiryolu boyunca pantograflı elektrikli trenlere iletir (Görsel 4.2).



Görsel 4.2: Katener sistemi

Katener sistemi; katener direği, direk donanımları, kontak (seyir) teli, taşıyıcı (portör) tel, toprak teli (geri dönüş iletkeni), pandül ve beslemelerden oluşur. Katener sisteminin sadece kontak telinden oluşması durumunda tren en fazla 60 km/h hız yapar. Trenin hızını seyir telindeki sehim (sarkma) etkilemektedir. Seyir telindeki sehimi azaltmak ve trenin hızını arttırmak için portör (taşıyıcı) tel ve pandüller kullanılır.

4.1.2. Katener Direkleri Montajı ve Bakımı

Katener direkleri, katener hattını taşıyan beton veya demirden yapılmış direklerdir. Katener hattı monte edilirken, o noktadaki gereksinimlere uygun olarak çeşitli kalınlık ve uzunlukta direkler kullanılır. Ekonomik, daha dayanıklı ve bakım masrafının az olması nedeniyle genellikle beton direkler tercih edilir (Görsel 4.3).





Görsel 4.3: Beton ve demir direkler

Direk seçiminde arazinin yer şekilleri, direğe tesir edecek yükler ve direğin kullanım amacı gibi faktörler etkilidir.

BİLGİ KUTUSU

Açıklık: İki direk arasındaki mesafedir (27-72 m). Direklerin arasındaki mesafe normal şartlarda 58 m olup tünel, kurp gibi engel oluşturan durumlarda mesafe 27 m'ye kadar düşebilir. Hızlı tren hatlarında direk açıklıkları yaklaşık 60 m olup maksimum 65 metreye çıkabilir. Bu mesafe viyadük gibi yerlerde 40-50 m ekipman bölgelerde ise 50 m'dir.

4.1.2.1. Dikilecek Direğin Yerini Tespit Etme

Katener sisteminde kullanılan direkler, belirli bir plan çerçevesinde yerleştirilir. Direk temelleri son katman serildikten hemen sonra balast ve rayların montajından önce yerleştirilir. Demiryolu eksenini belirlemek amacıyla arazide kazık çakma ve kazık yerlerinin tespiti için yapılan işlemler piketaj planı ile gerçekleşir (Görsel 4.4).



Görsel 4.4: Direk yeri tespiti

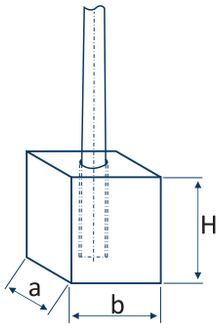
4.1.2.2. Temel Tipinin Belirlenmesi

Direklerin arazide dik olarak durmasını sağlayan betondan yapılmış yapılara **temel** denir. Arazi şartlarına göre hacimleri, şekilleri ve tipleri değişir.

BİLGİ KUTUSU

Temel ebatlarının hesabında direğin dikileceği toprağın mukavemeti belirlenir.

Zemin Cinsi	Mukavemeti
Yumuşak ve dolgu toprakta	Pt = 1
Normal tabii toprakta	Pt = 1,7
Sert toprakta	Pt = 2,5
Kilsi toprakta	Pt = 4



Pt = 1 kg/cm²					Pt = 1,7 kg/cm²				
Temel tipi	a	b	H	V	Temel tipi	a	b	H	V
B.1	100	130	160	2,08	B.1	90	110	160	1,58
B.2	100	150	170	2,55	B.2	100	130	170	2,21
B.3	110	180	180	3,56	B.3	110	150	180	2,97
B.4	110	240	190	5,02	B.4	110	190	190	3,97
B.5	140	280	200	7,04	B.5	130	210	200	5,46
B.6	150	300	210	9,45	B.6	140	250	220	7,7

Görsel 4.5: BA tipi prizmatik temel ve ebatları

Demiryolu boyunca katener ekipmanlarını taşıyacak değişik tiplerdeki beton direklerin dikileceği arazi kesitleri ve toprak mukavemetleri ölçülür. Bu bilgiler doğrultusunda direk temel karneleri hazırlanır.

4.1.2.3. Temellerin Kazılması

Temellerin ölçüleri zemine ve temel tipine göre beyaz kireç ile işaretlenir. Hattın eksenine olan paralelliğini görmek için yanlarda olan iki demir çubuk arasına bir ip gerilir. Kazı işlemi platforma zarar vermemek için %90'a kadar mekanik yöntemlerle gerçekleştirilir (Görsel 4.6).

Kazı işlemi ölçülerin plana göre doğrulukları kontrol edilerek yapılır. Kazı sırasında ölçülerdeki tolerans 5 cm'den az olmalıdır. Çıkan toprak, platformdan uzaklaştırılır. Her ne şekilde olursa olsun kazıdan çıkan toprak platformu kirletmemelidir.



Görsel 4.6: Temel kazılması

4.1.2.4. Karotun Yerleştirilmesi

Direğin temele oturtulması için beton içine konulan ve beton donduktan sonra çıkartılan kalıp şekline **karot** denir (Görsel 4.7). Temel içine beton dökülmeden önce yanık yağ ile karotun dış kısmı yağlanır ve karot ölçülerine göre yerleştirilir. Eksen istikametinde üst noktalarında kaynatılmış iki adet delikli tij mevcuttur. Bu tijler ile toprak seviyesinde sabitlenir. Beton donduktan sonra parçaları birbirine bağlayan tij, bağlantı yerinden çıkarılıp karotun hareketli olan iki parçası içeri doğru itilerek betondan ayrılır ve karot yerinden çıkarılır.

BİLGİ KUTUSU

A, B, C tipleri olmak üzere direk tiplerine uygun değişik ebatlara sahip karotlar vardır. A tipinin çapı 45 cm, B tipinin çapı 50 cm ve C tipinin çapı 60 cm'dir.



Görsel 4.7: Karotun yerleştirilmesi

4.1.2.5. Beton Dökümü

Bütün ölçüler kontrol edildikten sonra hava kabarcıkları oluşmamasına dikkat edilerek beton dökülür. Karotu dikey olarak tutmak çok önemlidir. Temel için en uygun olanı hazır beton kullanmaktır. Hazır beton mümkün değilse betonyerle, bu da mümkün değilse elle hazırlanan beton kullanılır (Görsel 4.8).



Görsel 4.8: Beton dökümü

4.1.2.6. Karotun Sökülmesi

Karot en az bir gün takılı kaldıktan sonra çıkarılmalıdır. Karot çıkarıldıktan sonra direkler yerleşene kadar temelde oluşan boşluğa hem canlıların düşmesini önlemek hem de balast, çöp, kum ve toprak gibi maddelerin dolmasını engellemek için boşlukların üstü iyice kapatılmalıdır.

4.1.2.7. Direklerin Dikilmesi

Temel betonlarının direkleri taşıyabilecekleri minimum mukavemete erişmesi için en az yedi gün beklemek gerekir. Direk bir vinç yardımı ile uç tarafından başlanarak kaldırılır. Bu işlem yapılırken direğin yüzeyine zarar vermemek için bez halat kullanılır. Direk karota tam dik bir şekilde yerleştirilir. Direği karotun içine ortalamak ve düzleştirmek için üç ya da dört tahta takoz kullanılır. Direk; tahta takozlar, su terazisi, manivela ve sapan yardımıyla ayarlanır (Görsel 4.9).



Görsel 4.9: Direk dikimi

Direk, temele yerleştirildikten sonra yan tarafları takozla sıkıştırılarak sabitlenir. Direk temel çukuru ile direk arasında kalan boşluk su ve kumla sıkışık bir şekilde doldurulduktan sonra tahta takozlar çıkarılır (Görsel 4.10).



Görsel 4.10: Direğe takoz yerleştirilmesi

Temel üst seviyesinden aşağı doğru 5-7 cm'lik kısmın kumu boşaltılıp, direğin etrafına halka şeklinde beton atılarak işlem bitirilir. Çember betonu işlemi için de kalıp kullanılır. Çember betonu yüksekliği, temel üst seviyesinden itibaren dış kısmında 7 cm'den başlar. Direkle temas noktasından itibaren 10 cm civarında olacak şekilde eğimlidir. Görsel 4.11'de görüldüğü gibi verilen eğim su birikmesini önlemek içindir.



Görsel 4.11: Çember betonu

4.1.2.8. Betonarme Direklerin Bakımı

Betonarme direkler sık periyodik kontrol gerektirmez. Çatlak olan direklerde bulunan çelik donatının hava ile temas etmemesi ve pas oluşmaması için epoxy malzeme ile çatlaklar kapatılabilir. Direk yüzeyi çok büyük hasar görmüşse değiştirilmelidir.

Rutin kontrollerde büyük bir hasar tespit edilmemişse direklerin iki senede bir kontrol edilmesi yeterlidir.

4.1.2.9. Metalik Direklerin Bakımı

Metalik direkler sık sık kontrol gerektirmez. Su birikmesi durumunda tabanda küçük bir kazı yapılarak ya da toprak üzerine beton dökülerek bu durum engellenebilir.

Galvaniz kaplamasında oluşabilecek ağır pas problemleri, soğuk galvanize boya yapılarak çözülebilir. Kısa devre sonucu oluşan aşırı sıcaklık değişimi ile metalik direkte büyük hasar oluşabilir, bu durumda direğin değiştirilmesi gerekir.

Rutin kontrollerde büyük bir hasar tespit edilmemişse direklerin iki senede bir kontrol edilmesi yeterlidir.

4.1.2.10. Direk Temelleri ve Bakımı

Direk temelleri yamuk ve prizma şeklinde olan beton kütleden oluşur. Uzun süre herhangi bir bakım ihtiyacı istemez. Bazen etrafındaki dolgu sıkı ise dirençlerine ve kullanım sürelerine etki etmeyecek küçük çatlak ve kırılmalar olabilir. Yapılan kontrollerde temelde büyük bir kırığın oluştuğu gözlenirse özellikle kuyruklu tip temeller için yeni beton ve donatı ile bağlanması, yeniden beton atılarak tamir edilmesi gerekir.

Rutin kontrollerde büyük bir hasar tespit edilmemişse dört senede bir kontrol edilmesi yeterlidir.

4.1.3. Portik Supl Sistemleri

Portik supl sistemler; maksimum süratin 120 km/h olduğu ve bu hızın aşılmadığı istasyonlarda, çok yollu hatlarda kullanılır. Bütün yolların araya alındığı bir sistem kurularak bu yollar enerjilendirilir. Portik supl sistemler, günümüz teknolojisinde çok az kullanılan bir sistemdir. Genellikle süratin az olduğu metro veya tramvay hatlarında kullanılır. İki ya da üç halatlı sistemler olarak tasarlanmakla birlikte 6-7 yola kadar besleme yapabilir. Direkler en uçtaki yolların boşluk tarafına dikilir. Çoğunlukla üç halatlı bir sistem kurulur. En üstteki halat, taşıyıcı olup katenerin meydana getirdiği yükleri taşır. Ara halat, portör tellerinin asıldığı zincir izolatörleri tutar. Alt halat, rapel kolları vasıtasıyla seyir tellerini pantograf eksenine göre yerinde tutmayı sağlar (Görsel 4.12).



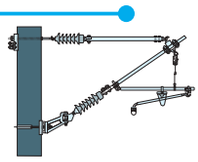
Görsel 4.12: Portik sistemler

4.1.4. Portik Rijit Sistemler

Rijit, kuvvet ya da moment etkisi altında şekil değiştirmeyen formunu koruyan demektir. Süratin fazla olduğu, sistemin arızasız olmasının son derece önemli olduğu, arıza anında diğer yolların hat dışı kalmaması gereken durumlarda portik rijit sistemi kullanılır. Direkler yolların boşluk olan kısımlarına dikilir. İki türlü portik supl sistem vardır. Birincisi kafes direklerle oluşturulmuş ve her iki direği birbirine bağlayan sistemdir. İki yollu bir istasyonun besleme tipi portik rijit sistemi ile yapılmış yollarından birinde bir arıza olması durumunda diğer yolun arızadan etkilenmemesi sağlanır. Böyle bir sistemle altı adede kadar yol beslenebilir. İkinci bir portik rijit sistemi vardır ki bu sistem iki beton direk arasına kurulan kafes direk şeklinde olan ve belirli noktalarından halatlarla bağlanan bir sistemdir (Görsel 4.13).



Görsel 4.13: Portik rijit sistemler



4.1.5. Direklerin Montajı ve Özellikleri

- Bütün malzemeler uygun olan mekanik aletlerle direğe sabitlenir.
- Bütün malzemeler daha önce alınan ölçülere göre uygun yükseklikte yerleştirilir.
- Demir donatının direğe göre terazilemesi taşıyacağı parçaya uygun bir şekilde olmalıdır.
- Ankraj lenteleri öngörülen direklere monte edilir.
- Ankraj lenteleri kendileri için hazırlanan temel bloğuna sabitlenir.
- İki set otomatik germe mekanizması vardır. Bunlar kendileri için hazırlanan desteklere takılır.
- Her bir otomatik germe mekanizmasına yirmi adet kontra ağırlık asılır.
- Otomatik germe mekanizması ve lenteler direğin farklı yüzlerine yerleştirilir. Asla hattın merkezi ile direk arasına yerleştirilmez.

4.1.5.1. Montaj Malzemeleri ve Araçları

Demir donatıların, lentelerin ve otomatik germe mekanizmaların montajını gerçekleştirmek için aşağıdaki araçlar ve onlara denk olan malzemeler temin edilir.

Merdiven: Lentelerin ve demir donatıların montajı için merdiven veya demir donatının ya da lentenin sabitlenme yüksekliğine gelebilen başka araçlar kullanılır.

Platform: Kontra ağırlık sütununun yerleştirilmesinde kullanılır.

4.1.5.2. Montaj Süreci ve Koşulları

Demir donatının, lentelerin ve otomatik germe mekanizmasının montajına başlayabilmek için aşağıdaki maddeler göz önünde bulundurulur:

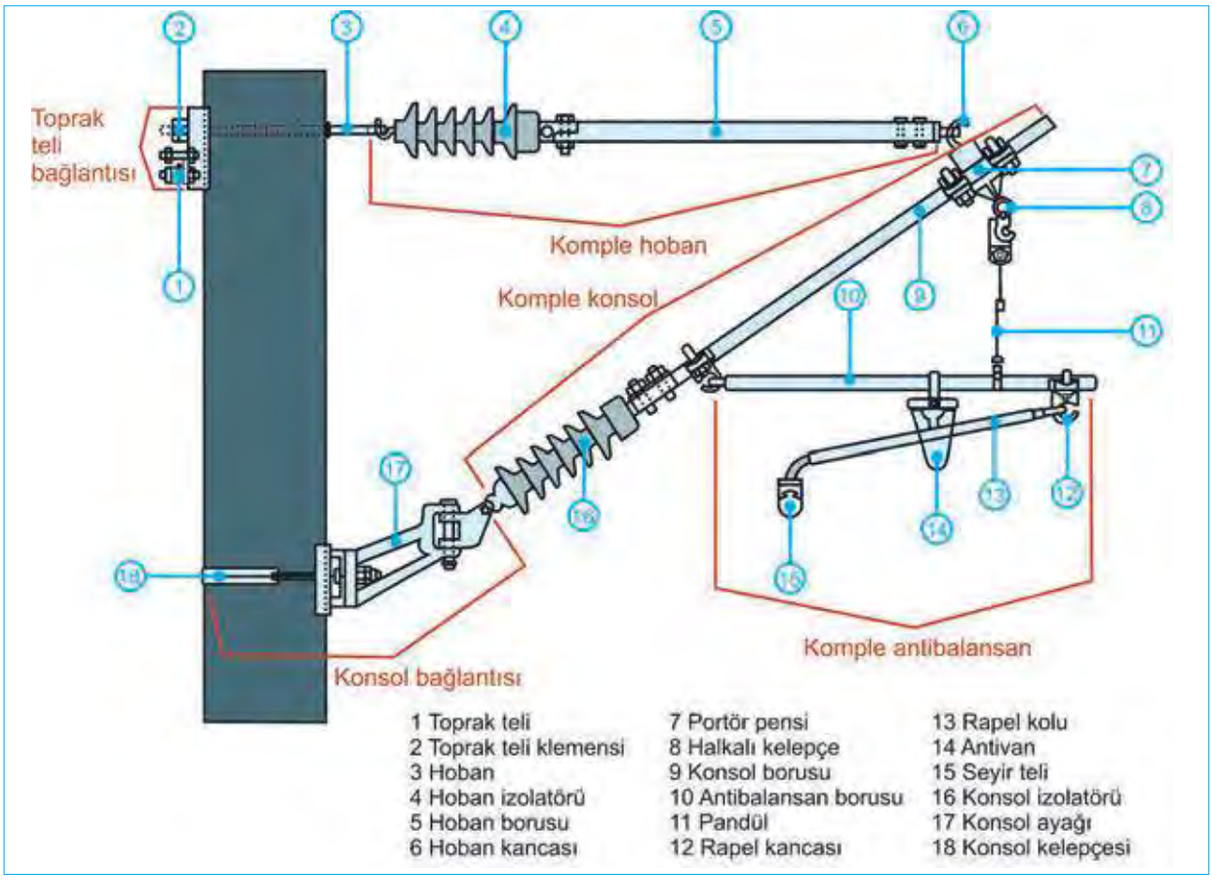
- Direk temelinin ve ankrajlarının doğru bir şekilde yerleştirilmiş olması
- Direğin tam olarak terazilenmiş olması
- Direk üzerindeki pim topografik verisinin alınması

Demir donatının, lentelerin ve otomatik germe mekanizmasının montajı esnasında aşağıdaki maddeler dikkate alınmalıdır :

- Direk üzerindeki pimin topoğrafik olarak ölçümü ile alttaki demir donatının merkezi belirlenerek mesafesi işaretlenmelidir.
- Diğer demir donatının yerleştirilmesi için alttaki demir donatının merkezî pozisyonu referans olarak kullanılacaktır. Eğer montaj diğer referansları tavsiye ediyorsa onlar da kullanılmalıdır.
- Bütün demir donatının sabitleme elemanları hazırlanmış olmalıdır.
- Kontra ağırlıkların kılavuza yerleştirilmesi uygun bir şekilde yapılmalıdır.
- Ankraj lentesi direkteki uygun düşen parçaya sabitlenmelidir.
- Sabitleme malzemeleri gerektiği ölçüde sıkılmalıdır.
- Demir donatının direğe göre terazide olması gerekir.
- Demir donatının yüksekliği parçanın yüksekliğinde olmalıdır.
- Lente ve ankraj arasındaki bağlantı doğru olmalıdır.
- Kontra ağırlık sütunları dikey olarak yerleştirilmelidir.

4.1.6. Konsol Hoban Takımı Montajı ve Bakımı

Katener direği üzerine montajlanacak malzemelerin direk üzerindeki yeri tespit edilerek direk çapına göre kullanılacak malzemeler seçilir (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: Basit katener direği donanımları

4.1.6.1. Konsol Hoban Takımı Montajı

Konsollar galvanize çelik borulardan, bir konsol bir de metal hoban (destek) borusundan oluşur. Hoban borusundan antibalansan borusu desteklenir. Antibalansan borusunu sıkıca tutması için 7 mm çapında bakır telden oluşan eğimli bir antibalansan pandülü kullanılır (Görsel 4.15).



Görsel 4.15: Konsol hoban montajı

Çekiye, basıya ve düz olmak üzere üç çeşit konsol hoban takımı vardır. Rapel kolu her koşulda çekme kuvveti altında olmalıdır. Böylece direğin durumuna göre içe dönük ve dışa dönük rapel ekipmanları oluşur.

Konsolun değiştirilmesi istendiğinde tamamı değiştirilmeli, izolatörlerinden biri ya da taşıyıcı borulardan biri değiştirilecekse bu parçalar orijinaline göre hazırlanmalıdır. İşi kolaylaştırmak için eski konsolun yüksüz bırakılması gerekir. Önce taşıyıcı halat muayene aracının vinç koluyla kaldırılır, böylece konsolun üzerindeki yük ortadan kalkar. Ardından değiştirme işlemi yapılır. Pratik uygulamadan önce bu yöntemin eğitim katenerinde denenmesi tavsiye edilir.

4.1.6.2. Konsol Hoban Sistemi Bakımı

Boruların doğru pozisyonda olduğu ve büyük bir hasar görüp görmediği kontrol edilir. Katener tellerinin kopması ya da hırsızlıktan kaynaklanan aşırı yüklenmeler boruların bükülmesine neden olabilir.

Antivan askı takımının ve antibalansan pandülün durumu kontrol edilir. Rapel kolunda gözle görülür bir hasar olup olmadığına ve seyir telinin çekme nedeni ile dönüp dönmediğine bakılır. Olumsuz bir durum varsa rapel kolu aşağı yukarı hareket ettirilerek düzeltilir.

Bağlantı parçasının ve cıvataların sıkılığı kontrol edilir. Zaman içinde veya tren geçişlerinde oluşan titreşim nedeniyle cıvatalar gevşeyebilir. Yapılacak kontrollerde değişiklikleri takip edebilmek için cıvata silinmez bir kalemle işaretlenmelidir.

Rutin kontrollerde büyük bir hasar tespit edilmemişse senede bir kontrol edilmesi yeterlidir.

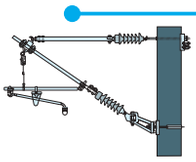
4.1.6.3. Dar Gabarili Yerler ve Şezler

Tünel ve köprü altlarında bulunan şezler özel birer imalattır. Şezler, insanları etkileyecek düşme ve elektrik hatalarından kaynaklanacak kazaları önlemek amacıyla izlenmelidir (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: Şezler

Bu malzeme titreşim ve su etkisi altında olabilir, bu nedenle kontrol edilmelidir. Ayrıca tünel içindeki izolatörler yağmur suyuyla temizlenemedikleri için daha kirli olur. Ayrıca dizel trenlerin egzoz dumanını daha çok çeker.



4.1.6.4. Dar Gabarili Yerler ve Şezlerin Bakımı

Tüneller ve dar gabarili yerler de buzlanma ve su akıntılarına karşı denetlenmelidir. Şez bağlantısının sağlamlığı ve cıvatalarının sıkı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Zaman içinde veya tren geçişlerinde oluşan titreşim nedeniyle cıvatalar gevşeyebilir. Yapılacak kontrollerde değişiklikleri takip edebilmek için cıvata silinmez bir kalemle işaretlenmelidir.

İzalatörler bu bölgelerde daha çok kirleneceği için gözden geçirilmeli, gerekli görülürse temizlik yapılmalıdır. Her bir parçanın tam olarak topraklandığı denetlenmelidir. Yer altında bulunan kablolar ohmmetre ile kontrol edilmelidir. Topraklama kablosundan toprağa olan ölçümler 5 ohm'dan fazla olamaz. Aksi takdirde elektrotlar incelenmeli ve kötü bağlantılar düzeltilmelidir. Altı ayda bir ve gerekirse mevsimine göre gözden geçirilmelidir.

4.1.7. Is Ayırma Bölgesi [insulated Section (İnsuleytıd Sekşın)]

IS izolatörü farklı elektrik kesimlerinin ayrılmasında kullanılan bir araçtır. Genelde istasyon yollarının ve makas bölgelerinin ayrılmasında kullanılır. İki bakır levhadan oluşur, aralarında yatay pozisyonda bir izolatör vardır. İzolatör katener akışını keser ve her iki taraf arasındaki voltajı böler.

BİLGİ KUTUSU

IS'te bulunan cam veya porselen izolatörün herhangi bir enerji atlamasına karşı temizlenmesi gerekir. IS'lerin altı ayda bir bakım ve ayarının yapılması yeterlidir.

4.1.8. İzolatörler ve Bakımı

Enerji nakil havai hatlarında iletkenlerle direk arasında yalıtımı sağlayan malzemedir. İzolatörler iletkeni taşımaya, iletkeni hem toprak hem de diğer iletkenlere karşı izole etmeye yarar. Mesnet izolatörleri, enerji altında bulunan konsol hoban takımlarının direk ve direk üstünde bulunan tüm metal parçalara elektrik geçişini önler. Katener hattında zincir izolatörler de kullanılır. Dört zincirden oluşur, hat boyunca seksiyonman ve nötr bölgelerde aynı zamanda antişöminman ankrajı, katener ve besleme ankrajlarında kullanılır. Ayrıca ana hat topraklama sisteminde tek parça olarak iki elektrot grubu arası izolasyon için de kullanılır (Görsel 4.17).





Görsel 4.17: İzolatörler

BİLGİ KUTUSU

Konsollar için iki çeşit izolatör vardır. Normal izole bölgeler için 6 plakalı olan izolatörler, kuvvetli izole bölgeler için 7 plakalı olan izolatörler kullanılır.

4.1.8.1. İzolatörlerin Bakımı

İzolatörler; zaman içinde dizel çalışan lokomotif egzozları, denize yakın olan bölgelerde deniz tuzu nedeniyle kirlenir. İyonlardan oluşması ve iletken olması sebebiyle elektriği ileten deniz tuzu izolatöre çok zarar verir. Ayrıca porselen ya da cam izolatörün bir yaprağının ya da zincirinin kırılması atlama mesafesini değiştirdiğinden elektrik arklarının oluşmasına sebep olur (Görsel 4.18).

İzolatörün Temizlenmesi: İzolatörlerin bez ile temizlenmesi yeterlidir fakat aşırı kirlenmesi durumunda deterjanlı bir bez ile silinmesi gerekir. Denize yakın yerlerde ya da tünel ve istasyon içi gibi üstü kapalı, kirli bölgelerde izolatörlerin altı ayda bir temizlenmesi gerekir. Temiz ve açık bölgelerde temizliğin on iki ayda bir yapılması yeterlidir. Aşırı kirli izolatörler akım boyunca iyon akışı yaparak kıvılcım çıkaracağından gece yapılacak bir kontrolde rahatlıkla görülebilir. Bu belirlendiğinde, bakım ekibine haber verip en kısa sürede o kesitin temizlenmesi sağlanmalıdır.

Porselen İzolatörü: Eğer çok küçük ya da sadece bir tek zincirde etkili olan bir hasar varsa değiştirilmesine gerek yoktur. Bu durum, ilerde yapılacak değiştirilmelerde göz önünde bulundurulmalı ve bakım raporuna kaydedilmelidir. Porselen izolatörler, kırık parça elimizdeyse özel yapıştırıcılar ile tamir edilebilir.

Porselen izolatörü boyunca akım akışı olduğundan bazen yüzeyde inci şeklinde kabartılar görmek mümkündür. İzolatörde büyük oranda bir bozulma varsa değiştirilmesi gerekir.

Cam İzolatörü: Plakalardan biri kırıksa plakalar 30 kV için yeterli olsa bile en kısa sürede yenisiyle değiştirilmelidir.



Görsel 4.18: Hasarlı izolatörler

4.1.8.2. Mesnet İzolatörleri

Enerji altında bulunan konsol hoban takımlarının direk ve direk üstünde bulunan tüm metal parçalarına elektik geçişini önlemede kullanılır.

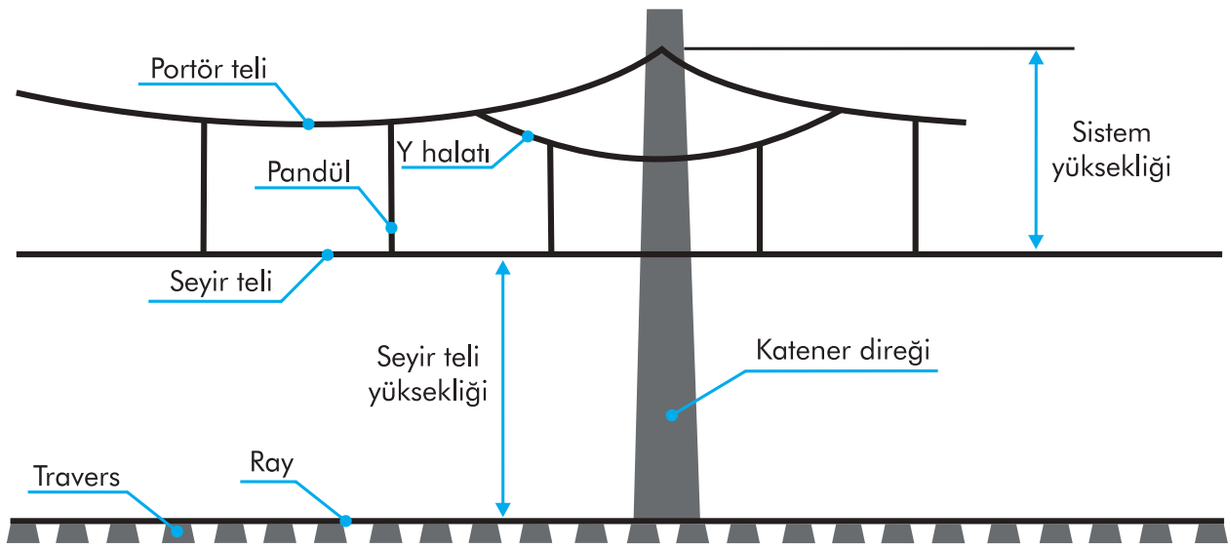
4.1.8.3. Zincir İzolatörleri

Hat boyunca seksiyonman ve nötr bölgelerde, antişöminman, katener ve besleme ankrajlarında ayrıca ana hat topraklama sisteminde tek parça olarak iki elektrot grubu arası izolasyon içinde zincir izolatörleri kullanılır.

Porselen ya da cam izolatörün bir yaprağının ya da zincirinin kırılması atlama mesafesini değiştirdiği için elektrik arklarının oluşmasına sebep olur.

4.1.9. İletkenler ve Bakımı

Katener tesislerinin elektriksel ve mekanik birtakım özelliklere sahip olması gerekir. Mekanik özellikleri bakımından her türlü iklim, çevre ve yol koşullarına dayanıklı olmalıdır. Elektriksel özellikleri bakımından ise demiryolu güzergâhı boyunca elektrikli trenlere gerekli enerjiyi sağladığı için güvenli, sağlam ve iyi bir iletken olmalıdır (Görsel 4.19).



Görsel 4.19: İletkenler

Katener tesislerinde trenlerin çektikleri akımların portör ve seyir telleri üzerinden dengeli ve en az kayıpla iletilmesi gerekir. Bu durumda besleme iletkenlerinin özellikleri ile bağlantıları önem kazanmaktadır. Besleme iletkenlerinin akım taşıma kapasiteleri ve bağlantılarındaki iletkenlikleri önemlidir. Bu nedenle besleme iletkenleri bakır malzemeden ve çok telli örgülü olarak imal edilmiştir. Besleme iletkenlerinin katener hatlarında bağlandıkları yerlere göre tel kesiti ve bağlantı şekilleri değişiklik gösterir.

4.1.9.1. Portör Teli

Portör teli seyir telini taşıyan teldir, **taşıyıcı tel** olarak da adlandırılır. Portör telinin iletkenliğinin iyi olmasından ziyade mekanik özellikleri daha önemlidir. Portör teli katener ağırlığını taşıyıcı görevi yapar, seyir telini %0,1'lik bir sehim ile yatayda tutar. Bunun yanı sıra elektrik enerjisi için iletkenlik görevini sağlayan katener sisteminin bir parçasıdır (Görsel 4.20).

Akım; seyir teli, portör teli ve seyir teli arasında bulunan pandül ve besleme bağlantıları sayesinde geçiş yapar.



Görsel 4.20: Portör teli

4.1.9.2. Portör Teli Çekilmesi

Portör teli çekilmesi işleminde öncelikle ankraj ekipmanına montaj yapılır. Konsola giden kateneri yükseltmek için makaranın üst kısmından başlayarak ilerlenir. Kablo çekme vagonu direklerdeki makaralara kabloyu açarak, yumuşak ve sürekli bir şekilde kabloyu direklere bırakarak ilerler. Ekipmanın diğer ucuna gelindiğinde, dinamometre takılarak kablonun diğer ucu ankraj ekipmanı ile birleştirilir.

Ağırlık gergi ekipmanlarının değerlerine göre mekanik gerilmesi ayarlanır. Kablo, antişöminmana denk gelen direklerin askı parçalarına yerleştirilir. Ağırlık gergi mekanizması frenleri ve dinamometre çıkarılır. Kablo her bir askı parçasına sabitlenir. Konsol deplase değerleri ayarlanır. Portör telinin fazlası kesilir.

4.1.9.3. Portör Teli Bakımı

Portör teli çok fazla bakım gerektirmez, görsel olarak hasarlı ya da katener sistemine takılan yabancı maddelerin olup olmadığının kontrol edilmesi yeterlidir (Görsel 4.21).



Görsel 4.21: Portör teli bakımı

Sistem ve seyir teli yüksekliğinin normal sistem değerlerinin dışında olan bölgelerinde bakıma daha çok dikkat edilmelidir. Bunlar, hemzemin geçit ya da köprü gibi alanlardır. Bu kesimlerde hat yüksekliği, sistem yüksekliği ve güvenli mesafenin kontrolü çok önemlidir.

Tüm mekanik eklerin kontrol edilmesi gerekir. Çok ağır paslanma ya da aşırı ısı yüklemesi sonucu mekanik eklerde önemli derecede renk değişiklikleri olabilir. Bu durumda bir parça portör teli ve her iki taraftan grif yardımı ile elektrik akımını bypass etmek için ek yapmak gerekir.

4.1.9.4. Seyir Teli

Trenlerin pantografları vasıtasıyla katener hatlarına sürtünerek enerji aldıkları tele **seyir teli** denir. Seyir teli elektrolit sert bakırdan yapılmış olup kesiti katener hattından akan akıma ve azami hıza göre değişir (Görsel 4.22).

Havai hat ile pantograf arasındaki temasın sürekli ve iyi bir şekilde sağlanması önemlidir. Aşırı temas seyir telini ve pantograf kömürünü çok erken aşındırır. Katener hattında kopmalara sebep olabilir. Yetersiz bir temas ise pantograf ile seyir teli arasında arklar oluşturacağından elektromanyetik alana ve aşınmalara neden olabilir. Ayrıca yetersiz temas enerji iletme verimini azaltabilir.



Görsel 4.22: Seyir teli

4.1.9.5. Seyir Teli Çekilmesi

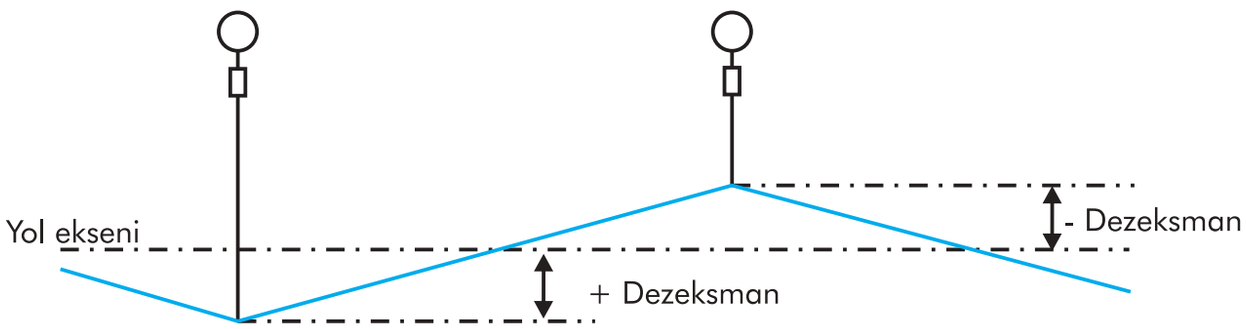
Yükselen katener hazırlanır ve bobinin müsait olan kısmı ile birleştirilir. Bu sayede kablo çekme işlemi, trenin manevraları, bobinin açılması, senkronize bir şekilde sürekli ve yumuşak olacaktır.

Telin yüksekliğini muhafaza etmek için portör telinden seyir teline uygun kroşeler (kancalar) asılır. Ekipmanın bir ucuna gelindiğinde dinamometre takılarak ankrajın diğer ucu ile birleştirilir. Ağırlık gergi ekipmanlarının değerlerine göre mekanik gerilme ayarlanır. Dinamometre çıkarılır. Pandül takılana kadar kroşeler kalır. Seyir telinin fazlası kesilir.

4.1.9.6. Dezeksman

Pantografın seyir teline hep aynı noktadan temas etmesi sonucu oluşan aşınmayı önlemek için her direkte seyir teli yol ekseninden sağa ve sola olmak üzere kaçırılır. Buna **dezeksman** ya da **eksen kaçıklığı** denir (Görsel 4.23).

Dezeksman fazlaysa seyir teli ile pantografın bağlantısını kesebilir, elektrik arkı yaratabilir ve en kötüsü pantograf seyir telinden kurtularak seyir teli ile portör teli arasına girebilir. Bu durum katener sistemine çok hasar verebilir, seyir telini koparabilir. Bazı açıklıklarda pandülleri kesebilir, o kesimde konsol hoban sisteminin kırılmasına ve hatta portör telinin kopmasına neden olabilir.



Görsel 4.23: Dezeksman

BİLGİ KUTUSU

1600 mm'lik küçük pantograf kullanılacak hatlarda seyir teli yol eksenine ±200 mm sağa sola kaydırılır. 1900 mm'lik büyük pantograf kullanılacak hatlarda seyir teli yol eksenine ±400 mm sağa sola kaydırılır.

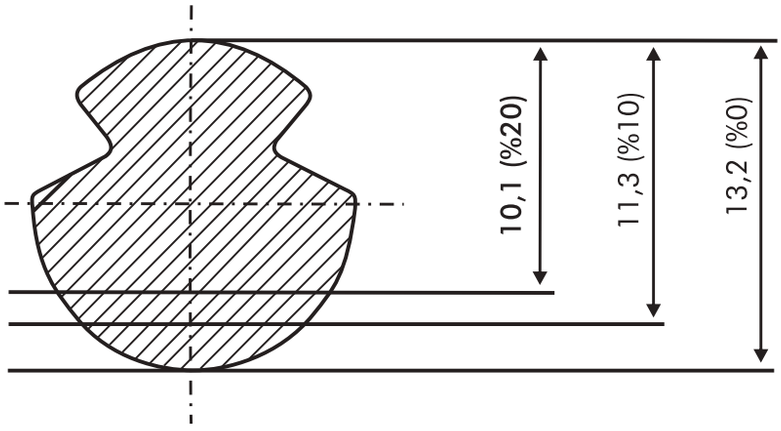
4.1.9.7. Seyir Teli Yüksekliği

Seyir telinin yükseklik değerleri katener nihai projelerinde bulunmaktadır. Ray mantarıyla seyir teli arasındaki mesafedir. Ray mantarıyla seyir telinin arası normal şartlarda 5,75 metre olup tünel gibi olağanüstü şartlarda bu mesafe 4,6- 6,4 metre arasında değişebilir. Hızlı tren hatlarında mesafe 5,3 metredir. Fonksiyon kaybı olmadan bu yükseklik için tolerans +/-5 cm olabilir.

Eğim artışı çok fazlaysa pantograf ayrılabilir, bu durum elektrik arkı oluşmasına neden olur. Arklar seyir telinin daha fazla aşınmasına hatta kopmasına sebep olabilir. Bu nedenle hatların durumu çok önemlidir. Hattın eğimi proje değerlerinde değilse ya da ray uygun pozisyonda bulunmuyorsa trenin hızlı hareketi sırasında pantograf seyir telinden ayrılabilir.

4.1.9.8. Seyir Teli Sürtünmesi ve Şekli

Seyir teli rijit bir bakır tel olup konvansiyonel hatlarda kesiti 107 mm² ve çapı 12,24 mm, YHT hatlarında ise kesiti 120 mm² ve çapı 12,85 mm'dir. Pantografla olan teması sonucu sıcaklık ve elektrik arkları sebebiyle seyir telinin zamanla alt taraftan aşındığı görülür. Bu durum pantograf ile seyir teli arasındaki sürtünmenin artmasına yol açar. Seyir telinde bir bükülme olup olmadığının kontrol edilmesi önemlidir. Bu kontrol, seyir telinde bir dönme ya da istenmeyen haricî bir bükülmenin oluşmasının istenmediği anlamına gelir. Bükülmeler sürtünmeyi ve pantograf ile olan teması etkiler. Bu tür aksaklıkların tespit edilmesi kolaydır zira pantograf bu bölgelerde iz bırakır (Görsel 4.24).



Görsel 4.24: Seyir teli aşınma değerleri

4.1.9.9. Seyir Telinin Bakımı

Seyir teli kesitinin max %20'si kadar sürtünmeden dolayı aşınmasına izin verilebilir. Seyir teli aşınması yaklaşık 2,5 milyon akım toplayıcı geçişinden sonra %20 sınır değerine ulaşır. %20'lik aşınma sınırına ulaştıktan sonra çekme kuvveti azaltılarak seyir telinin kullanım süresi uzatılabilir. Bu tedbir genellikle cep hatlarında ve tali yollarda uygulanır. Bir etapta bu değer dört yerde aşılmışsa seyir telinin değiştirilmesi gerekir. Sadece bir kesitteyse bir ek yapılması suretiyle düzeltilmelidir. Seyir teli koptuktan sonra takılan birleştirme klemensleri kalıcı bir tedbir olmamalıdır. Bitiştirme klemenslerinin çekme dayanımı seyir telinin çekme kuvvetinin en az 2,5 katı olmalıdır. Seyir telinin sürtünme kesiti için bu tür tespitler rastgele yapılmamalıdır.

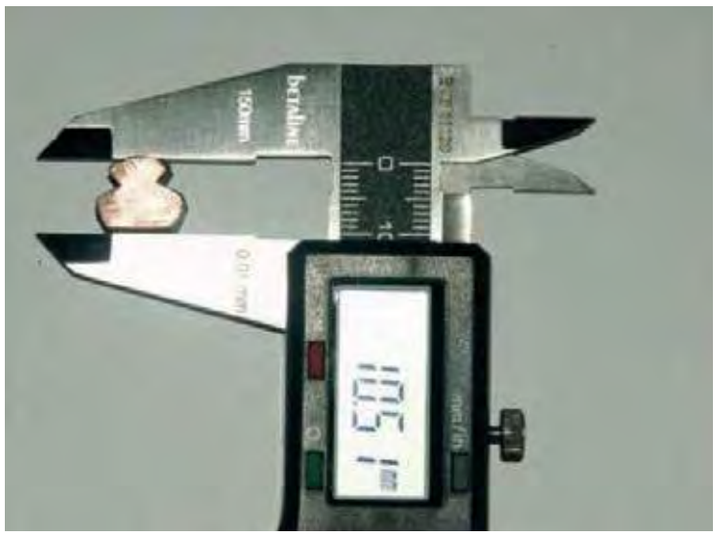
Senede en az bir kez seyir telinin kalınlığının kaydedilmesi, bunun özellikle sürtünmenin fazla olduğu yerlerde yapılması gerekir. Ölçümler, bir mikrometre ya da kumpasla ray hattı üzerindeki herhangi bir platformlu araç ile yapılabilir. Seyir telinin yüksekliğinin her bir direk için doğru pozisyonda olup olmadığının kontrolü gereklidir. Ayar işleminin katenerde yapılan her bir değişiklikten sonra tekrarlanması gerekir.

Altı ayda bir tam kontrol yapılmalıdır. Ayarsız yerin olup olmadığı gözden geçirilerek seyir teli yükseklik ayarının katener nihai projelerindeki değerlerine göre yapılması gerekir.

Dezeksman değeri her ay makine ile kontrol edilir ve altı ayda bir de dezeksmanın proje değerlerine göre ayarı yapılır. Yükseklik ve dezeksman değerinin her ikisi de ahşap ya da alüminyum bir pantograf ile veya dezeksman ölçüm pantografı olan bir bakım aracı ile ray üzerinden ölçülebilir.

Aşağıda en çok sürtünme riskinin olabileceği bölgeler belirtilmiştir:

- Eğim artışının başladığı yerler
- İstasyonlarda makasların olduğu bölgeler
- IS'lerin beslendiği yerin hemen öncesi ve sonrası
- Çok kirli olan sanayi bölgeleri ve denize çok yakın olan bölgelerde sürtünme riski olabilir.



Görsel 4.25: Seyir teli kalınlığı ölçümü

4.1.9.10. Pandüller

Pandüller çok iyi iletkenliği olan 5 mm²lik kesitli bakır tellerden yapılır. Pandüller portör teli ile seyir teli arasına bağlıdır. Portör telinin seyir telini taşımasında kullanılan bir ara elemandır. Seyir teli ile portör teli arasındaki gerilim dengesini sağlar. Pandüllerin sistem yüksekliğine, direk açıklıklarına ve kullanıldığı yere göre boyutları değişir (Görsel 4.26).



Görsel 4.26: Pandül

Pandül boyu seyir telini çekme kuvveti altında taşıyacak uzunlukta olmalıdır. Pandül çok uzun ise gözle görülecek şekilde dönmeler gerçekleştirecek, çok kısa ise seyir telini kendisine doğru çekecek ve seyir telini yukarı çektiği rahatlıkla gözlenebilecektir. Pandüller düşey düzlemde durmalıdır. Zamanla portör ve seyir telinin farklı uzama katsayıları nedeni ile yan yatabilir. Katener sistemi ani gerilmeler altında bozulduğunda pandüller hasar görebilir.

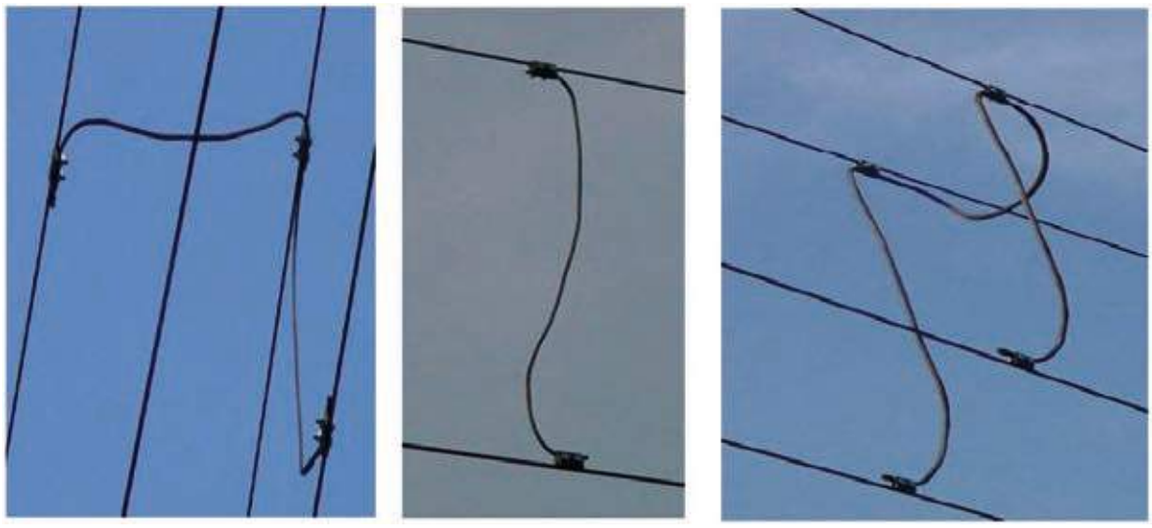
4.1.9.11. Pandüllerin Bakımı

Pandülün pozisyonu ve muhtemel kırılmalar için gözle kontrol edilmesi gereklidir. Pandül yan yatmışsa düzeltilmeli, hasarlıysa yenisi ile değiştirilmelidir. Arıza durumlarında tren trafiğini geçici olarak sürdürmek için pandül sisteminde değişiklik yapılabilir. Böyle bir durumda geçici pandüllerin proje değerlerindeki ile en kısa zamanda değiştirilmesi gerekir. Pandülün bakır teli ile grif arasındaki kanca hasar görmüşse pandülün tamamını değiştirmeye gerek yoktur. Hasarlı kısmın değiştirilmesi yeterlidir. Kısa devre oluştuğunda, seyir teli ile portör teli arası bağlantı bozulduğunda ya da bir hata oluştuğunda pandüllerin yapısı bozulabilir. Pandüller elektriksel olarak elektrik akımını iyi bir şekilde iletemez. Dolayısıyla bu tip bağlantılarda her bir tel için seyir teli ve portör teli arasında iletkenliğin sağlanması amacıyla pandüllerin değiştirilmesi gerekir.

Katenerin köprü ve üst geçit gibi sistem yüksekliğinin düşük olduğu yerlerde pandüllere daha çok dikkat etmek gerekir. Pandüller çok kısa olunca işlevselliği o kadar iyi olmaz ve sorun çıkarabilir. Bu durumda çoğu yerde seyir teli yüksekliği azaldığından pantografın gücü artacak ve katenere etkisi artmış olacaktır. Ayda bir yaya olarak ve makine ile kontrol edilmesi yeterlidir. Olağan dışı işler olduğunda doğru bir bakım ya da tamirin yapılması gerekir.

4.1.10. Besleme İletkenleri ve Bakımı

Katener tesislerinde elektrikli trenlerin çektikleri akımın portör ve seyir telleri üzerinden dengeli bir şekilde ve en az kayıpla iletilmesi gerekir. Bu durumda besleme iletkenlerinin özellikleri ile bağlantıları önem kazanır. Besleme iletkenlerinin akım taşıma kapasiteleri ve bağlantılarındaki iletkenlikleri önemlidir. Bu nedenle besleme iletkenleri bakır malzemeden ve çok telli örgülü olarak imal edilmiştir. Besleme iletkenlerinin katener hatlarında bağlandıkları yerlere göre tel kesiti ve bağlantı şekilleri değişir. Katener sistemlerinde dört çeşit besleme bağlantısı vardır (Görsel 4.27).



Görsel 4.27: Besleme bağlantıları

Seyir ve Portör Teli Arasında Besleme: Seyir teli ile portör teli arasında en az 200 m'de bir yapılan beslemedir. Bu bağlantı ile iki tel arasında iyi bir iletkenlik sağlanmış olur. Bağlantılar düzgün çalışmazsa pandüllerin kötü elektriksel iletkenlik nedeniyle yapısı bozulabilir. Bükülebilir 50 mm² bakır tel ve iki adet griften oluşur.

İki Katener Arası Besleme: Ekipman bölgelerde ve makas öncesinde konumlandırılmıştır. İki katener etabı arası elektriksel devamlılığı sağlar. Mekanik olarak iki katener farklıdır ancak elektriksel olarak aynı olmalıdır. Bükülebilir 105 mm² ve 95 mm² kesitli örgülü bakır tel ve dört adet griften oluşur.

Katener İle Portör Teli Arası Besleme: Antişöminmanlarda ve sapan katenerlerde gerilimin dengelenmesi ve arkları önlemek için kullanılır. Bükülebilir 50 mm² kesitinde bakır tel üç adet griften oluşur.

Seksiyonerden Katenere Besleme: Seksiyonere gelen elektrik akımının iletilmesini sağlar. İki adet bükülebilir 105 mm² kesitli bakır tel ve dört adet griften oluşur.

4.1.10.1. Besleme Bağlantılarının Bakımı

Besleme ve grif bağlantılarının iyi, sıkı olmasının, renginin değişmediğinin, elektrik arkları ve kısa devreler nedeniyle yapısının bozulup bozulmadığının kontrol edilmesi gerekir. Besleme bağlantısına yakın olan yerlerde görsel bakım yapılmalı ve mekanik olarak bağlantının iyi olup olmadığı kontrol edilmelidir. Havanın çok sıcak ya da çok soğuk olması besleme kablosunun boyunda değişikliklere neden olur. Bağlantıların gerilmesiz olduğu ve seyir telinin altında yer alıp almadığı kontrol edilmelidir. Aksi takdirde pantograf geçiş sırasında telleri koparatarak hatta zarar verebilir.

Altı ayda bir gözden geçirilmesi, iyi bir bağlantı sağlanması için yeterlidir. Yanlış bakım yapıldığında veya beklenmedik durumlar oluştuğunda tekrar kontrol edilmelidir.

4.1.10.2. Fider Teli

Araç sayısının fazla olduğu hatlarda sistemin akım taşıma kapasitesini arttırmak için kullanılan teldir. Geri besleme akımı iletimi görevini yolun rayları ve ek olarak geri dönüş iletkeni üstlenir. Geri dönüş iletkeni 180 mm² kesitinde alüminyum-çelikten oluşur. Bir trafo merkezinde son bulur. Belirli aralıklarla (genelde 600 metrede bir) geri dönüş iletkeni raya bağlanmış ve genellikle 1200 metrede bir topraklama istasyonu oluşturulmuştur. Katener direği üzerindeki tüm metal parçalar geri dönüş iletkenine bağlanarak topraklanmıştır (Görsel 4.28).



Görsel 4.28: Fider teli

4.1.10.3. Geri Dönüş Teli

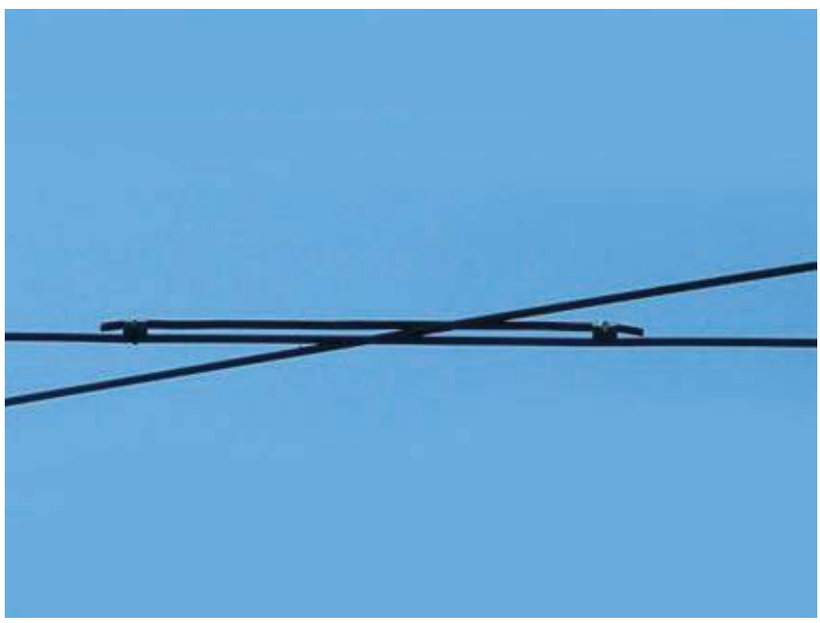
Geri besleme akımı iletim görevini yolun rayları ve ek olarak geri dönüş iletkeni üstlenir. Geri dönüş iletkeni 180 mm^2 kesitinde alüminyum-çelikten oluşur. Geri dönüş iletkeni bir trafo merkezinde son bulur. Belirli aralıklarla (genelde 600 metrede bir) geri dönüş iletkeni raya bağlanmış ve genellikle 1.200 metrede bir topraklama istasyonu oluşturulmuştur. Katener direği üzerindeki tüm metal parçalar geri dönüş iletkenine bağlanarak topraklanmıştır (Görsel 4.29).



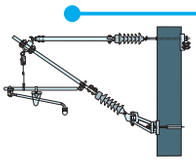
Görsel 4.29: Geri dönüş teli

4.1.11. Makas Kateneri Bağlantısı ve Bakımı

Makas, yeni bir katener hattının belirmeye pantografın iki katener hattında çalışmaya başladığı yerlerdir. Bir tanesi ana hatta gelen ve giden, diğeri de yan hatta giden hatlardır. Bu hatlar çok karmaşık ve pek çok kazanın meydana geldiği yerler olup ekstra bir dikkatin gösterilmesi gerekir (Görsel 4.30).



Görsel 4.30: Makas kateneri



Pantografın üzerinde bir tel varken yanda beliren başka bir hatta yaklaşıp, bu hatta geçişi sırasında beklenmedik bir engel ile karşılaşırsa kaza meydana gelecek ve katener sisteminin belli bir kesiti hasar görecektir. Ana hattaki tren hareket halindeyken ikinci katenere hemen dokunmaması için yan hatta geçen katener her zaman ana hattaki katenerin 5 cm üzerinde yer almalıdır.Makas alanında ve seyir telinde bir miktar pantograf kömür izi birikmişse burada bir sorun var demektir. Böyle bir durum söz konusu ise bu noktanın kontrol edilmesi gerekir. Bunlar çapraz makaslarda iki makasın olduğu yerlerdir, bu alanlarda iki katenerin çapraz geçişi vardır ve ekstra bir dikkatin gösterilmesi gerekir.

4.1.11.1. Makas Kateneri Bakım ve Ayarı

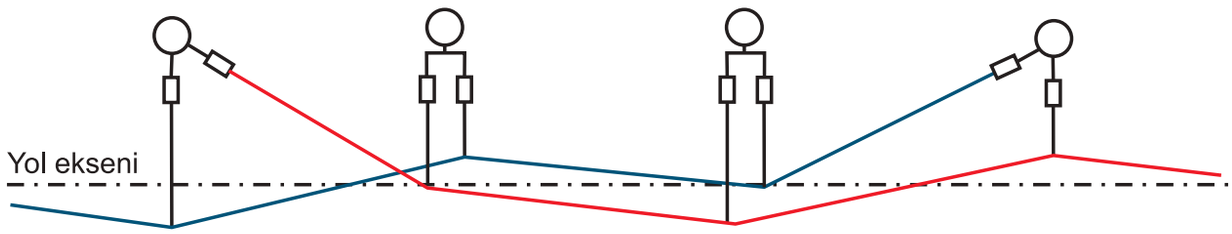
Dezeksmanın doğru olduğundan ve yan hat katenerinin 5 cm yukarıda olduğundan emin olunmalıdır. Katener sisteminde seyir teli yüksekliklerinin makas geçişlerinde proje değerlerinde olmasına dikkat edilmelidir. Pandüllerin tam olarak çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi ve uzunluklarının doğru olarak ayarlanması gerekir. Çapraz makaslarda geçiş kılavuzu (krozman çubuğu) kontrol edilmelidir. Makas bakımlarının doğru yapılması ve makas katenerinden pantograf geçişlerinin iyi tutulması gereklidir. Altı ayda bir fonksiyonellik özelliklerinin, ayarların doğru olup olmadığının ve düzgün çalışıp çalışmadığının bakım aracı ile kontrol edilmesi yeterlidir.

4.1.12. Ayırıcı Bölgeler

Seyir teli ve portör teli (1.200-1.400 metre) mekanik olarak birbirinden ayrı bölümler şeklinde düzenlenir. Her bir bölüme etap adı verilir. Yol güzergâhı boyunca katener hatlarında elektrik enerjisinin devamlılığını sağlamak için etapların elekriksel birleşmesi sağlanır. Ayırıcı bölgeler; ekipman, seksiyonman, antişöminman ve nötr bölge olmak üzere dört kısma ayrılır.

4.1.13. Ekipman Bölge

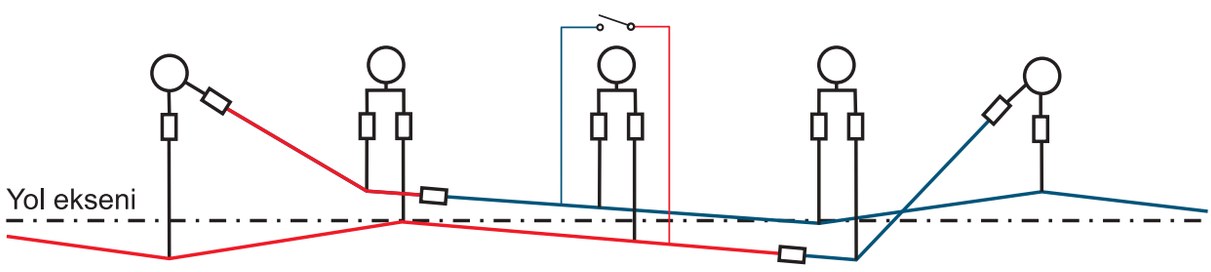
Katener hatları mekanik olarak ayrı etaplardan oluşur. Pantografın devamlı bir şekilde katener hattından sürtünerek enerji alabilmesi için katener hatlarında elektrik enerjisinin devamlılığı gerekir. Bunun için birbirini takip eden etapların elektriksel olarak iletkenlerle bağlandığı bölgeye **ekipman bölge** denir (Görsel 4.31).



Görsel 4.31: Ekipman bölge

4.1.14. Seksiyonman Bölge

Katener hatlarındaki etapların elektrik enerjisinin devamlılığını ve istenildiğinde de kesilmesini sağlamak için etap sonları veya başlarında yapılan elektriksel bağlantıların ayırıcı (seksiyoner) vasıtasıyla yapıldığı bölgelere **seksiyonman bölge** denir (Görsel 4.32).



Görsel 4.32: Seksiyonman bölge

Bu bölüm elektrikli tren işletme ve bakım nedeniyle elektriksel manevralarda katener hatlarının bölümler hâlinde enerjisinin kesilmesine kolaylık sağlaması amacıyla oluşturulmuştur.

Seksiyonman bölgelerde katener hatlarının ayırıcılar ile elektriksel olarak ayrılıp izole edilmesi nedeniyle 25 kV AC sistemlerde eksen direğinde iki katener etabı arasında 50 cm'de bir mesafe bırakılır.

İşletme ve bakım amaçlarına hizmet etmek üzere iletkenler çeşitli kısımlara bölünür. Bu kısımlara temel seksiyonman denir. Temel seksiyonmanlar çeşitli uzunlukta oldukları gibi elektriksel olarak da birbirinden izole edilebilir. İzole edilme işlemi aşağıdaki gibidir:

- **Ana hatta,** hava aralıklı seksiyonmanlar veya çok az olmakla birlikte seksiyon izolatörleri ile izole edilir.
- **Servis hatlarında,** seksiyon izolatörleri ile izole edilir.
- Bu seksiyonmanlar hazırlık etüdü esnasında hattın besleme, bölümsel plan ve diyagramları ile beraber tespit edilir.

4.1.14.1. Seksiyonmanın Görevleri

- Ekipman gibi iletkenlerin mekanik regülasyonunu sağlar.
- Katener hatlarında enerjinin bölümler hâlinde kesilmesini sağlar.
- Akımın devamlılığı, iki katenerin kontak düzlemlerinin aynı seviyede tutulması ile yapılır. Böylelikle pantograf temasında akım eksikliği olmaz. Bu iki katenerin aynı düzlemde olduğu bölgeye ekipmanda olduğu gibi **ortak bölge** denir.
- Ortak bölgeden sonra iletkenler bir seviyeye yükseltilir, ankraj direğine bağlanır. Bu yükselmeyi gerçekleştirmek bir başka deyişle hava aralıklı seksiyonmanı elde etmek için dört direk açıklığı kullanılır. Seksiyonmanın her bir tarafında bulunan iki seksiyon arasındaki izolasyon, iki katener düzlemi arasında 50 cm'lik bir yükselme değeri bırakılarak yapılır.

4.1.14.2. Seksiyonman İzolatörleri

Seksiyon izolatörleri prensip olarak yalnızca tali hatların bölünmesi için dizayn edilmiştir. Bununla beraber sürati sınırlamak koşuluyla ana hatta da kullanılabilir (Görsel 4.33). Seksiyon izolatörleri, bir sabit izole kısım ve pantograf geçişini sağlayan paten sisteminden oluşur. Seksiyon izolatörün hemen üstünde taşıyıcı teli de izole etmeye yarayan bir izolatör daha vardır.

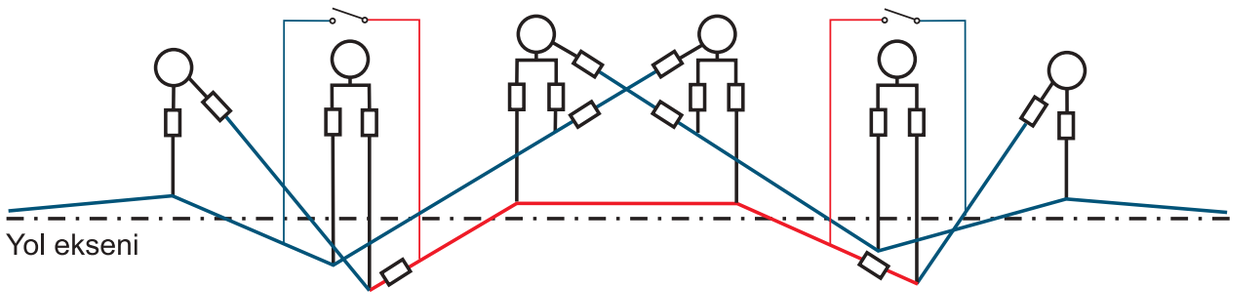
Hızlı tren güzergâhlarında hafif olması nedeniyle sentetik seksiyon izolatör kullanılır. Sentetik seksiyon izolatör ile taşıyıcıya bağlanan izolatör arasındaki mesafe iki metredir. Arklardan etkilenmesin diye taşıyıcı telin üzeri izole bir plastik ile kaplanabilir.



Görsel 4.33: Seksiyonman izolatörleri

4.1.15. Nötr Bölge

Ayrı trafolardan beslenen farklı fazlardaki katener tesislerini elektriksel olarak birbirinden ayırıp, mekanik olarak devamlılığını sağlayan bir sistemdir. Buradaki amaç elektrikli lokomotiflerin nötr bölgeden kesicileri açık vaziyette bölgeyi kendi hızı ile geçmesidir. İki trafo merkezi arasında ve her trafo merkezi önünde nötr bölge bulunur (Görsel 4.34).



Görsel 4.34: Nötr bölge

4.1.15.1. Nötr Bölgede Bakım

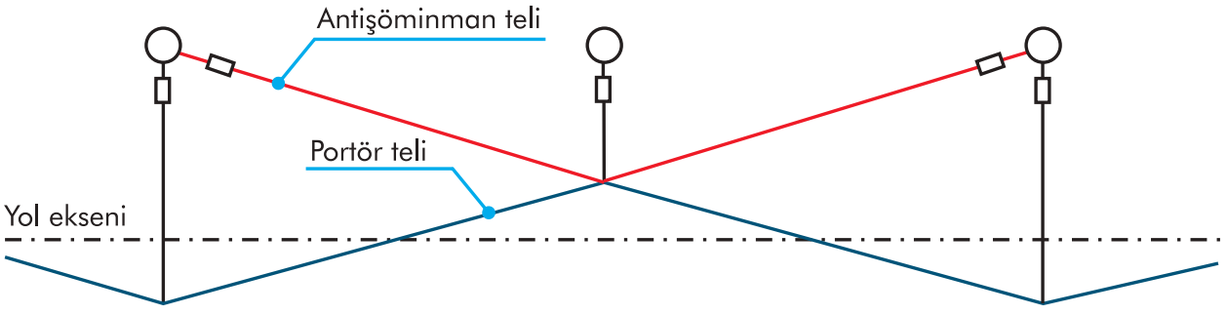
Nötr bölgelerde öncelikle kontrol edilmesi gereken iki farklı trafodan beslenen katener etapları ile nötr bölge kateneri arasındaki güvenlik mesafeleridir. Herhangi bir arıza durumunda güvenlik mesafesinin azalması veya bozulması, sistemde arkların oluşmasına ve katener ekipmanlarının zarar görmesine sebebiyet verebilir. Seyir teli ve sistem yükseklikleri ölçülüp nihai proje değerlerine getirilmelidir. Bakım çalışmaları esnasında iki hattaki nötr bölgenin her iki yanındaki güzergâhlarda bulunan elektrik enerjisinin kesilmesi gerekir. Her iki hattaki fazların ayrılma bölgesinin güç kablosunu topraklama çubukları ile boşaltmak zorunludur. İş bölgesine gelen elektrik geriliminin işin tüm süresi boyunca topraklama çubukları ile bitişik seksiyonerlerde ve nötr bölgede katenerin topraklanması zorunludur. Nötr bölge, seksiyonman ve ekipman ayarlarının altı ayda bir yapılması yeterlidir.

4.1.16. Antişöminman Bölge

Pantograf, trenin hızına göre seyir teline sürtünürken uyguladığı yatay kuvvet nedeniyle seyir telinde dalgalanmaya veya gezintiye sebep olabilir. Bu durumu önlemek ve iletkenlerdeki mekanik gerilmeyi daha düzenli bir şekilde yaymak için iki gerdirme düzeneğinin arasında ve etabın tam ortasında oluşturulan bölgedir. Portör ve seyir teli antişöminmanı olmak üzere iki türlü yapılır.

4.1.16.1. Portör Antişöminmanı

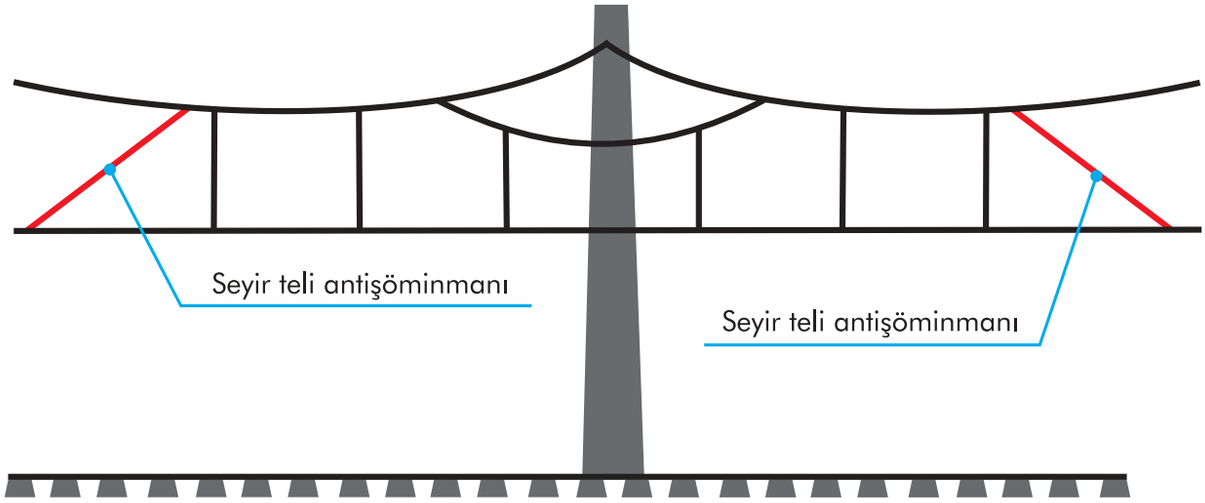
Portör teli ile aynı özelliği taşıyan antişöminman kablosu (65 mm^2 bronz halat) portör tele eksen direği üzerinde sabitlenir (Görsel 4.35).



Görsel 4.35: Portör antişöminmanı

4.1.16.2. Seyir Teli Antişöminmanı

Portör teli antişöminmanı yapıldıktan sonra seyir telinin portör teline sabitlenmesidir (Görsel 4.36).



Görsel 4.36: Seyir teli antişöminmanı

4.1.17. Otomatik Gergi Cihazları ve Bakımı

Katener telleri bölge sonlarına doğrudan doğruya sabit bir noktaya bağlanabildikleri gibi gerdirme cihazı ile de bağlanır. Gerdirme cihazlarının ucuna da hattın germe kuvvetini karşılayacak bir kütle asılır. Bu kütlenin ağırlığı takılan cihazın karşılama oranına eşittir (Görsel 4.37).

Otomatik gergi cihazı toplam ağırlık olarak 1200 kg eş değerindeki seyir teli ve portör teli için ayrı ayrı katener sisteminin gerilmesini sağlamak, sıcaklık nedeni ile oluşan uzama ve kısalmaları dengelemek için kullanılır.

BİLGİ KUTUSU

2000 kg germe kuvvetiyle gerilmiş bir katener hattının 1/5 oranı olan bir makaralı sistemle karşılanması sonucu gergi cihazlarına asılan kütlenin ağırlığı 400 kg olur.



Görsel 4.37: Gergi cihazları

4.1.17.1. Otomatik Gergi Cihazı Bakımı

Otomatik gergi cihazı için ağırlığın mevsim sıcaklığına göre seviyesinin kontrol edilmesi gerekir. Ayrıca ağırlığın değişimi katener tellerinin uzamasının beş kat fazlasıdır. Ağırlık seviyesinin istenilen seviyede olduğunu ve içerisinde yer alan kılavuz borusunun zarar görüp görmediğini kontrol etmek gerekir.

Aşırı sıcakta ağırlıklar son noktaya gelebilir. Bunun için ek bir çelik kablo mevcuttur. Soğukta ise ağırlık makaraya temas edebilir ve sisteme zarar verebilir. Çok sıcak olduğunda yine ağırlık zemine temas edebilir ve teldeki gerginliği azaltabilir. Bunun için tel biraz gevşetebilir hatta gerekirse kesilebilir. Ağırlık kablosu uzun geliyorsa yaz süresince tel kısaltılabilir, kış sürecinde ise tel biraz çözülebilir.

4.1.18. Ankrajlar ve Bakımı

Katener direklerinin üzerine bir ya da birkaç iletken sabitlendiğinde direkler iletkenlere tatbik edilen çeki kuvvetine karşı koyamaz. Bu durumda direkler eğilecek veya kırılacaktır. Oluşabilecek hasarı önlemek için çeki kuvvetini karşılayacak bir karşı kuvvet ankrajlarla mümkün olmaktadır. Direklerin esneme ve eğilmelerini engellemek amacıyla lenteler kullanılır (Görsel 4.38).

Katener; etap sonunda antişöminmanlarda, topraklama kablosunun ankrajı ve çok uzun etaplarda, mekanik gergi gerektiren durumlarda ve kablodaki sehimi engellemek için kullanılır.

İki tip ankraj vardır. Birincisi zeminde yer alan, temel kısmında bulunan çelik bir etriyeye bağlıdır. İkincisi de insanlara yakın olan bölgelerde herhangi bir kazaya sebebiyet vermemek için temelden çıkan 3 metre uzunluğunda yükseltilmiş tip olan ankrajlardır.



Görsel 4.38: Lenteler

4.1.18.1. Ankrajların Bakımı

Ankrajlar çok fazla bakıma ihtiyaç duymaz. Ankrajların her durumda gözle kontrolü yapılmalı ve herhangi bir hasar görüp görmediği kontrol edilmelidir.

Temel içinde bulanan etriyenin hasar görüp görmediğinin kontrol edilmesi gerekir. Haricî bir etki ile zarar görmüş olabilir. Bu gibi durumlarda mevcut kısmın üstüne kaynak yapılarak donatı sağlamlaştırılır. Rutin kontrollerde büyük bir hasar tespit edilmemişse iki senede bir kontrol edilmesi yeterlidir.

4.1.19. Topraklama Sistemleri ve Bakımı

Topraklama, katener sisteminin bir parçasıdır. Gerilim altında olmayan tüm direkler, portal imalatları ve her türlü metal aksamın güvenlik açısından uygun iletkenlerle toprağa bağlanmasıdır. Toprağa bağlamak için iki sistem vardır: Ana hat topraklaması ve istasyon içi topraklamadır.

4.1.19.1. Ana Hat Topraklaması

İstasyonlar arası ana hatlarda her bir direğe **raven** topraklama kablosu bağlanmıştır. Bu kablonun her 1.000 metresinde bir izolatör mevcuttur. (Bu uygulama 2010'lu yıllarda YHT'nin hizmete girmesi ile sona ermiştir.) İzolatör her iki ucundan kısa devre olup toprak tel adeta geri dönüş kablosu gibi çalışmaktadır.) Her izolatör aralığında üç bakır elektrotu olan bir topraklama istasyonu mevcuttur. Tüm betonarme direklerde bulunan metal aksamlar 8 mm² alüminyum irtibat teli ve M14'lük cıvata vasıtası ile direk donatısına bağlanmıştır (Görsel 4.39).



Görsel 4.39: Ana hat topraklaması

Ana Hat Topraklamasında Dikkat Edilecek Hususlar

- Topraklama kablosunun görsel olarak incelenmesi, kabloda bir hasar olup olmadığının gözle kontrol edilmesi gerekir. Topraklama kablosu ve LA-180 tipi geri dönüş akımı iletkenleri haricî etkenlerden ötürü hasara uğrayabilir.
- Topraklama telinin geri dönüş akım iletkeni olarak kullanıldığı bölgelerde enine geçiş ve ray-direk bağlantılarının kontrol edilmesi gerekir.
- Alüminyum irtibat tellerinin direk boyunca yer alan tüm metal aksama bağlı olup olmadığı kontrol edilir. Alüminyum kablonun direkteki bağlantısının ve direkte bulunan topraklama uç cıvatasına olan bağlantısının sağlam olması gerekir.
- Tüm topraklama istasyonlarının kontrol edilmesi gerekir. İstasyonun direnci bir ohmmetre vasıtası ile ölçülmeli ve istasyona gelen bağlantılar kontrol edilmelidir.
- Tüm topraklama sisteminin her yıl bir program dâhilinde kontrol edilmesi gerekir.

4.1.19.2. İstasyon İçi Tesislerde Topraklama

Genelde istasyon içlerinde ve direklerde topraklama kablosu yoktur. Direkler, izole edilmemiş raya özel bir klemens ile bağlanmıştır. Bu topraklamada ise galvanizli çelik kablolar ile direkte bulunan M14 topraklama uçlarına cıvatalar ile bağlantı yapılmıştır. İstasyon içinde yer alan izole olmayan tüm raylar 10 mm² çelik kablo ile her 250 metrede bir topraklanmıştır. Kablo topraklama, istasyonun ucundaki üç elektrotta son bulur.

İstasyonlarda tüm topraklamaları ve izole olmayan rayları gösteren bir plan mevcuttur. Bu plana göre doğru bağlantıların yapılması önemlidir çünkü istasyon içlerinde bir ray sinyal devreleri için diğer ray ise katener sisteminin topraklanması için kullanılır. İstasyon içinde sadece bir rayın geri dönüş akımı için olduğunun ve bunun da direkt topraklamasının olduğu izole edilmemiş ray olduğunun bilinmesi çok önemlidir. Ayrıca tüm topraklama istasyonları da bu izole olmayan raya irtibatlandırılmıştır. Diğer ray izole olup sinyal sistemleri için kullanılır. Bu rayda geri dönüş akımı ve topraklama bağlantısı yoktur.

İstasyon içinde bakım çalışmaları yapıldığında katenerin izole olmayan raya topraklanması temel kuraldır. Topraklama çubuğunun izole olmayan raya bağlanmış ve izole olan raya bağlanmamış olduğundan emin olmak gerekir. Tüm üst ve alt geçitlerdeki koruma panoları içinde topraklama istasyonları da mevcuttur.

İstasyonların Topraklamasında Dikkat Edilecek Hususlar

- Direklerde bulunan topraklama bağlantı uçları ile topraklı olan raya bağlantılarının kontrol edilmesi gerekir.
- Çelik kablonun direk donatısına olan bağlantısının sağlamlığı kontrol edilir. Toprağa bağlantılı ray ile direk topraklama ucu arasındaki çelik kablo bir ohmmetre ile ölçülerek kablonun sürekliliği kontrol edilebilir. Yol bakım çalışmaları sırasında bu bağlantılar hasar görebilir, kopabilir ya da haricî bir etken ile ray ve kablo arası bağlantı sökülebilir. Bu tür durumlardan haberdar olmak için kontrol gereklidir.
- Tüm topraklama istasyonlarının izole olmayan raya irtibatlandığından emin olunmalıdır. Bağlantı çelik telinin raya olan sürekliliği, kesik veya kopuk olmadığı kontrol edilmelidir. Çelik tel hasar görmüşse veya kopmuşsa en kısa sürede tamir edilmelidir.
- Elektrotlar bakır malzemeden yapıldıklarından zaman içerisinde hırsızlık olaylarına rastlanmıştır. Topraklama istasyonlarının dirençlerinin ve yapısal bozulmaların olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir. Toprak içerisine gizlenmiş olduklarından bu bölgenin açılarak bağlantılar kontrol edilip sıkılaştırılmalıdır.
- İstasyonlardaki topraklamalar direk bağlantılarının, alüminyum irtibatların ve ana hat ile istasyon arasındaki bağlantıların on iki ayda bir kontrol edilmesi yeterlidir.
- Kısa devre olması durumunda o bölgedeki topraklama istasyonlarının, alüminyum irtibatların ve topraklama bağlantılarının kontrol edilmesi gerekir. Bazen güçlü elektrik akımları kabloların yapısının bozulmasına neden olur, bu durumda tamir edilmeleri gerekir.
- Tüm topraklama sisteminin her yıl bir program dâhilinde kontrol edilmesi gerekir.

4.1.20. Bakım Çeşitleri

Bakım, katener hattını belirli bir plan ve programa göre güvenli bir şekilde kullanılabilir kılmak ve ekipmanların fonksiyonlarını istenen düzeyde tutabilmek için yapılan her çeşit onarım, yenileme, muayene vb. faaliyetlerdir. Bakımların programlı bir şekilde yapılması ve kontrol edilmesi katener sisteminin tren trafiğini aksatmaması ve sürekliliği açısından önemlidir. Katener hatlarında yapılan bakımlar; koruyucu bakım, önleyici bakım ve düzeltici bakım olarak üçe ayrılır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Tramvay Katener Sistemi Bakım Programı

ELEKTRİK TESİSLER ŞEFLİĞİ TRAMVAY KATENER SİSTEMİ YILLIK BAKIM PROGRAMI

TRAMVAY HATTI : T1-T4 YIL : 2014

SIRA No.	İŞ TANIMI	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
		hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta	hafta
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52											
1	Katener Aracı ile Hat Kontrolü	T1 T4											
2	Stager Bakımı	T1 T4											
3	Ş / İ Bakımı	T1 T4											
4	Ayırıcı ve Parafudr Bakımı	T1 T4											
5	Makas Kateneri Bakımı	T1 T4											
6	Ekipman Bölge Bakımı	T1 T4											
7	Üst Geçit Bakımı	T1 T4											
8	Ray Dönüş Bara Bakımı	T1 T4											
9	Güzergah Devriye Kontrolü	T1 T4											

4.1.20.1. Koruyucu Bakım

Elektrifikasyon sistemlerinde bulunan parça ve ekipmanların çalışmaması durumunda en kısa sürede sorunu gidermek gerekir. Sistemdeki hataları düzelterek bakım işlemini en aza indirgemek gerekir. Belirlenen periyotlar dâhilinde parça ve parçaların değişimi yapılır. Oluşabilecek montaj hataları ve ekipmanların performansını azaltıcı etkenleri gidermek önemlidir.

4.1.20.2. Önleyici Bakım

Parçaların hatalı çalışmasının nedenleri tespit edilmelidir. Buna göre bir parçanın en uygun değiştirilme zamanına karar verilir. Arıza tanımlandığında çalışmayan parçanın değiştirilip veya tamir edilip uzun süre çalışabilir hâle getirilmesi gerekir.

4.1.20.3. Düzeltici Bakım

Arıza oluştuktan sonra arızanın en kısa süre içerisinde giderilmesini sağlamaktır.
Bakım iki şekilde yapılır:

Geçici Bakım: Acil durumlarda tren trafiğini hızlı olarak açmak için yapılan bir tamirattır.
Kesin Bakım: Kesin olarak yapılan tamiratlardır.

4.1.21. Katener Bakım İşlerinde Güvenlik

Katener tesislerinde montaj, arıza ve bakım sırasında tren trafiği, yüksek gerilim ve yüksekte çalışma gibi güvenlik unsurları bulunur. Bakım, montaj ve arıza işleri yapılırken tüm bu durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

4.1.21.1. Tren Trafiği

Tren trafiğinden sorumlu birimden izin alınmadan herhangi bir çalışma yapılmamalıdır. Montaj ve bakım yapılırken personel ve iş makinelerinde her türlü ikaz işareti kullanılmalıdır. Hatta çalışma sırasında personelin iş sağlığı ve güvenliği açısından uygun kıyafet giymesi gerekir. Demiryolu üzerinde herhangi bir malzeme stoklamak yasaktır.

4.1.21.2. Yüksek Gerilim

Bakım sırasında katener hattının enerjisi kesinlikle kesilmelidir. Tekrar enerji verilmesi, gerekli önlemler alındıktan sonra yapılmalıdır. Katener sisteminin topraklaması yapılmalı, topraklaması yapılmayan sistem kesinlikle çalıştırılmamalıdır (Görsel 4.40).



Görsel 4.40: Yüksek gerilim

4.1.21.3. Yüksekte Çalışma

Zeminden yüksekte yapılan çalışmalar sadece yetkili personel ile yapılmalıdır (Görsel 4.41). Gerekli olan tüm iş sağlığı ve güvenliği ekipmanları (baret, güvenlik botları, emniyet kemeri vb.) personel tarafından kullanılmalıdır. Çalışma sırasında enerjinin kesilip katener hattının topraklanması gerekir. Çalışırken, merdiven sabitlenerek kayması engellenmelidir.



Görsel 4.41: Yüksekte çalışma

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI KATENER SİSTEMİ BİLEŞENLERİ

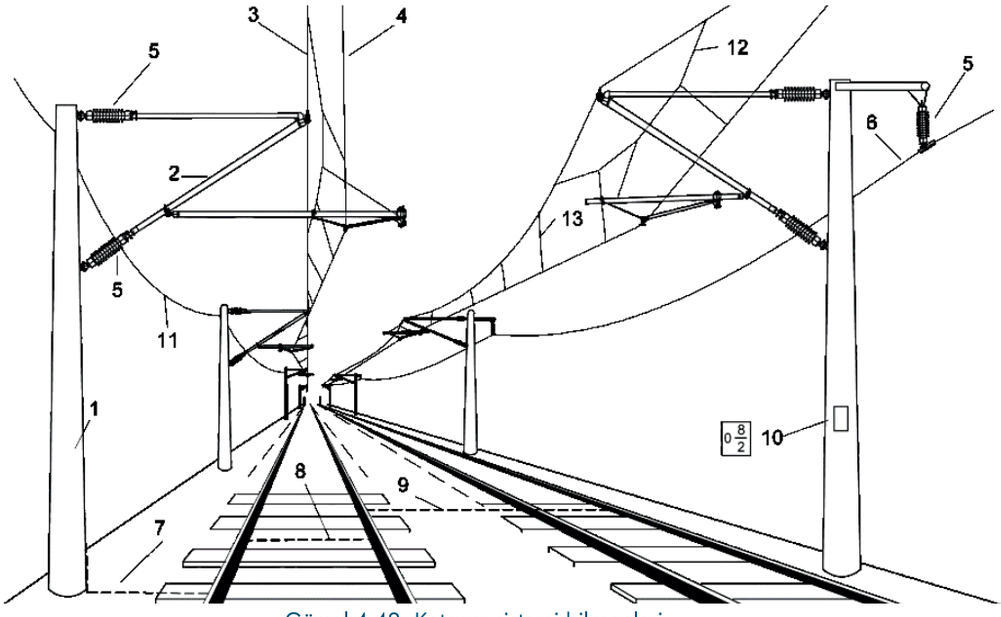
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:4.1

AMAÇ

Katener sistemine ait bileşenleri tanımak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.42: Katener sistemi bileşenleri

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.42'deki rijit katener sisteminin ok ile gösterilen donanımlarını yazınız.
3. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

No	Bileşen İsmi	No	Bileşen İsmi
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5		12	
6		13	
7			

SORULAR

1. Ülkemizde konvansiyonel katener hat uzunluğu kaç km'dir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Donanımların doğru yazılması	60	
Sınıfı :	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
No. :	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
ÖĞRETMEN			
Adı-Soyadı:			
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI KONSOL HOBAN TAKIMI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:4.2**

AMAÇ

Konsol hoban takımının bileşenlerini tanımak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.43: Konsol hoban bileşenleri

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.43'teki konsol hoban takımının numaralarda gösterilen donanımlarının isimlerini yazınız.
3. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

No	Bileşen İsmi	No	Bileşen İsmi
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	

SORULAR

1. Kaç çeşit konsol hoban takımı vardır?
2. Konsol hoban sistemlerinde neden izolatör kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Donanımların doğru yazılması	60	
Sınıfı :	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
No. :	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
ÖĞRETMEN			
Adı-Soyadı:			
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI PANDÜL TELİ MONTAJI

SÜRE:60 Dakika

Temrin No.:4.3

AMAÇ

Pandül telinin montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.44: Pandül montajı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Seyir teli pandül grifi		1 adet
Portör teli pandül grifi		1 adet
Seyir teli	120 mm²	1 m
Pandül teli	5 mm²	50 cm
Portör teli	65 mm²	1 m
El aletleri		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.44'teki bağlantıya uygun olacak şekilde malzemeleri hazırlayınız.
3. Pandül telini istenilen ölçüde kesiniz.
4. Pandül telinin bir tarafını seyir teline, seyir teli pandül grifini kullanarak bağlayınız.
5. Pandül telinin diğer tarafına ise portör teli pandül grifi kullanarak portör teline bağlayınız.
6. Vida somunlarını iyice sıkıştırınız ve sıkılığını kontrol ediniz.
7. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Kaç çeşit pondül vardır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Pandül telinin kesilmesi	20	
Sınıfı :	Pandül telinin seyir teline montajı	20	
No. :	Pandül telinin portör teline montajı	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI BESLEME İLETKENİ MONTAJI | **SÜRE:60 Dakika** | **Temrin No.:4.4**

AMAÇ

Besleme iletkeni montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.45: Besleme iletkeni montajı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Seyir teli besleme iletkeni grifi		1 adet
Portör teli besleme iletkeni grifi		1 adet
Seyir teli	120 mm²	1 m
Besleme teli	50 mm²	50 cm
Portör teli	65 mm²	1 m
El aletleri		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.45'teki bağlantıya uygun olacak şekilde malzemeleri hazırlayınız.
3. Besleme iletkenini istenen ölçüde kesiniz.
4. Besleme iletkeninin bir tarafını seyir teline, seyir teli besleme iletkeni grifini kullanarak bağlayınız.
5. Pandül telinin diğer tarafına ise portör teli besleme iletkeni grifi kullanarak portör teline bağlayınız.
6. Vida somunlarını iyice sıkıştırınız ve sıkılığını kontrol ediniz.
7. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Besleme iletkeninin kullanım amacı nedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Besleme iletkeninin kesilmesi	20	
Sınıfı :	Besleme iletkeninin seyir teline montajı	20	
No. :	Besleme iletkeninin portör teline montajı	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI KONSOL HOBAN BAKIMI

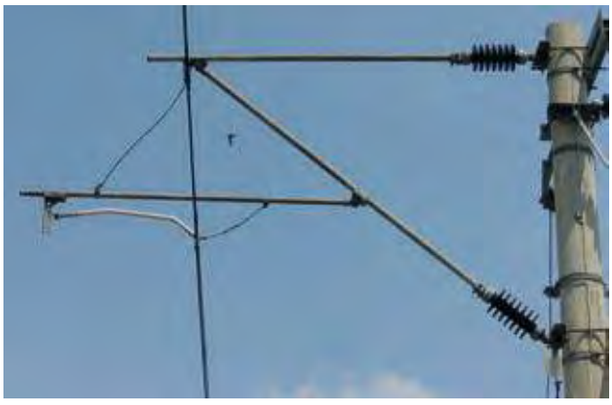
SÜRE:80 Dakika

Temrin No.:4.5

AMAÇ

Konsol hoban sisteminin bakımını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.46: Konsol hoban sistemi

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
Konsol hoban takımı		1 adet
Bakım ve el aletleri		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.46'daki konsol hoban sisteminin borularının doğru pozisyonda olduğunu ve büyük bir hasar görüp görmediğini kontrol ediniz.
3. Antivan askı takımının ve antibalansan pandülün iyi durumda olup olmadığını kontrol ediniz.
4. Rapel kolunun gözle görülür hasarı olup olmadığını kontrol ediniz.
5. Seyir telinin çekme nedeni ile dönüp dönmediğini kontrol ediniz. Seyir teli dönmüyorsa rapel kolunu aşağı yukarı hareket ettirerek durumu düzeltiniz.
6. Bağlantı parçasının ve cıvataların sıkı olup olmadığını kontrol ediniz.
7. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Kaç çeşit konsol hoban takımı vardır?
2. Konsol hoban sistemlerinde neden izolatör kullanılır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Antivan ve antibalansan pandülünün kontrolü	20	
Sınıfı :	Rapel kolunun kontrolü	20	
No. :	Bağlantı parçaları ve cıvataların kontrolü	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI İZOLATÖRLERİN BAKIMI | **SÜRE:60 Dakika** | **Temrin No.:4.6**

AMAÇ

İzolatörlerin bakımını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.47: İzolatörlerin bakımı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Malzeme birimi-adedi
İzolatör		1 adet
Bakım ve el aletleri		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. İzolatörlerde hasar veya kırık olup olmadığını kontrol ediniz.
3. İzolatörlerin aşırı kirlenmesi durumunu kontrol ediniz.
4. İzolatörlerde aşırı kirlenme varsa deterjanlı bir bez ile temizleyiniz.
5. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. TCDD hatlarında kullanılan izolatör ile kent içi raylı sistemlerde kullanılan izolatörlerin farkları ve benzerlikleri nelerdir? Açıklayınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	İzolatörlerin hasarlı olup olmadığının kontrolü	20	
Sınıfı :	İzolatörlerin kirlenme durumunun kontrolü	20	
No. :	İzolatörlerin temizlenmesi	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	**TOPLAM PUAN**	100	

4.2.1. Rijit Katener

Rijit katener sistemi, cer trafo merkezinden gelen elektrik enerjisini ray hattı boyunca raylı sistem araçlarına ulaştıran alüminyum profil (bara) içerisine kontak telin geçirilmesiyle oluşturulan sistemdir. Genellikle tünellerde, köprü geçişlerinde ve atölyeler gibi gabarinin düşük olduğu alanlarda tercih edilir (Görsel 4.48).

Rijit katener sistemi; genel olarak alüminyum iletken profil, bağlantı plakası, kontak teli, destek izolatörü, enerji besleme bağlantıları, koruyucu plastik kapak, yay profili, taşıyıcı elemanları, topraklama ve bölge izolatörleri bileşenlerinden oluşur.



Görsel 4.48: İstanbul Mahmutbey-Kabataş rijit katener sistemi

4.2.2. Rijit Katener Sisteminin Özellikleri

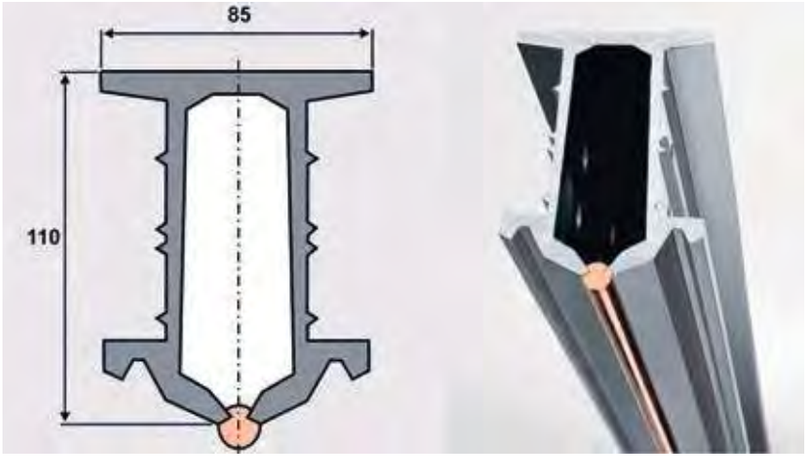
- Sistem yüksekliği klasik katener sistemine göre daha düşük seviyede tutulabilir.
- İstendiğinde geçiş elemanları aracılığıyla klasik üç ya da dört telli katener sistemlere kolaylıkla geçilebilir.
- Kontak teline çekiş ve baskı kuvvetleri etki etmez. Bu nedenle kontak telinin kopması gibi sorunların yaşanması çok zordur.
- Kontak teli yanarak veya koparak zarar görse bile alüminyum bara sistemi, sistem emniyete alınana kadar beslemeye devam edebilir.
- Rijit katener sisteminde kontak teline etki eden gergi kuvveti bulunmadığından gergi düzeneğine gerek yoktur.
- Rijit katener sistemi yüksek akım taşımaya elverişlidir.
- Rijit katener sistemi için üretilmiş olan kontak telinin çekilmesi, çekim aparatı sayesinde daha kolay ve hızlıdır.
- Rijit katener sistemi, klasik sistemlere göre daha az bakım gerektirir.
- Gerektiğinde kontak teli kolaylıkla değiştirilebilir.
- Rijit katener sistemi yüksek hız gerektiren hatlarda ve açık hatlarda fazla tercih edilmez.
- Rijit katener sistemi kent içi hatlarda 750 V ve 1.500 V DC gerilim tercih edilirken banliyö ve yüksek hızlı tren hatlarında 25 kV AC gerilim tercih edilir.

4.2.3. Rijit Katener Sistemi Bileşenleri

Rijit katener sistemi, konvansiyonel katener sisteminde olduğu gibi üretimi yapılan firmadan firmaya değişiklik gösterebilir. Genel olarak aşağıdaki bileşenlerden oluşur.

4.2.3.1. İletken Ray Profili

Alüminyum iletken ray profili alüminyum alaşımdan imal edilmiş olup kalıptan çekme yöntemiyle üretilir. Kesit yüksekliği 110 mm, genişliği ise 85 mm'dir. İletken raylar 10 m ile 12 m'lik uzunluklarda imal edilir. Tali hatlarda ve makas bölgelerinde bu uzunluk kısaltılabilir. Standarda uygun tüm kontak telleri iletken ray profiline kelepçelenebilir. Genellikle 120 mm² kesitli kontak teli kullanılır (Görsel 4.49).



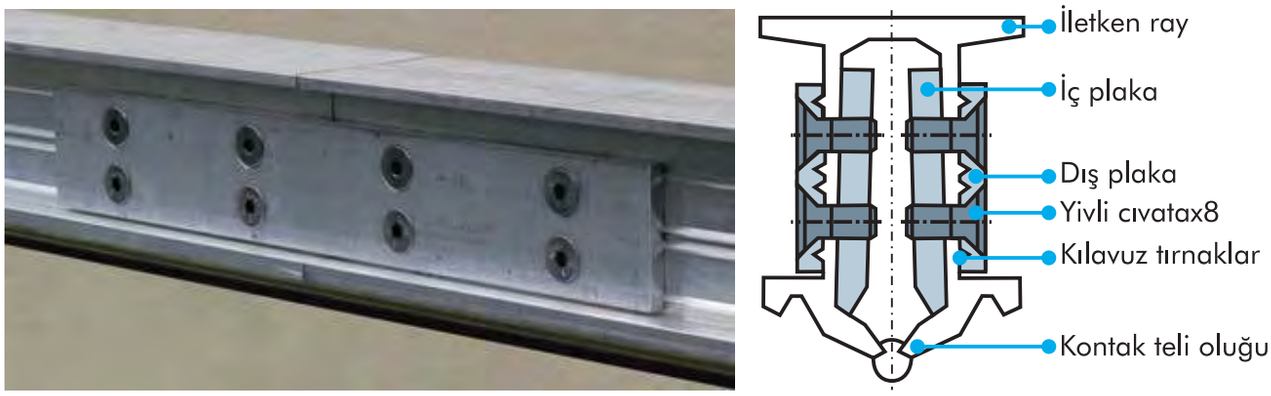
Görsel 4.49: Kontak teli profil kesiti

BİLGİ KUTUSU

Bükümlü iletken rayların değiştirilmesi gerekiyorsa düz iletken raylar saha koşullarında bükülmemelidir. Projesine uygun olarak imal edilen bükümlü raylar kullanılmalıdır.

4.2.3.2. Bağlantı Plakaları

Bağlantı plakaları, iletken profiller arasındaki bağlantının yapılmasında kullanılır. Alüminyum alaşımdan imal edilir. Paslanmaz çelik cıvata ve pullar ile montajı yapılır. (Görsel 4.50).



Görsel 4.50: İletken ray bağlantı plakası

İletken ray bağlantı plakası, iki adet iç ve iki adet dış şerit levhadan oluşur. Dış levhalar, hassas mekanik kenetleme için kullanılırken iç levhalar, geniş temas yüzeyleri sayesinde iletken ray ile bağlantı plakası arasında akım iletimini sağlar (Görsel 4.50).

4.2.3.3. Kontak (Seyir) Teli

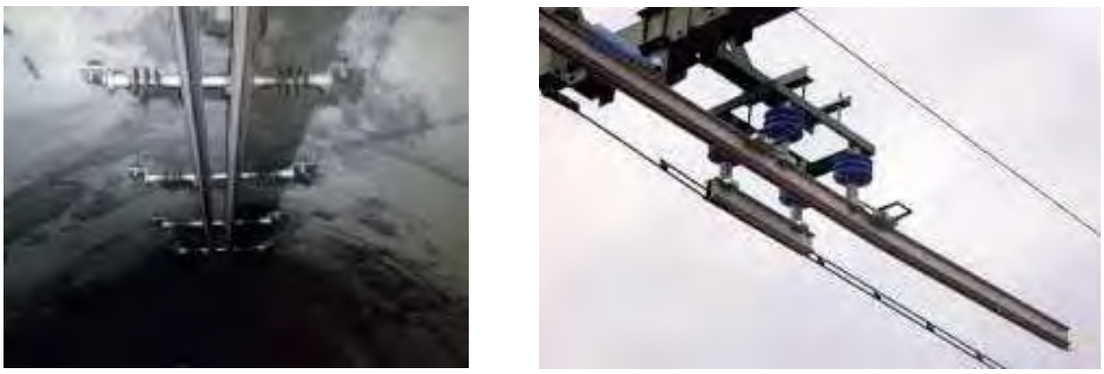
Raylı sistem araçlarının pantografları vasıtasıyla elektrik enerjisi aldıkları tele **kontak teli** denir. Kontak teli iletken profil ile uyum sağlayan uygun kesit ile tasarlanmıştır. Kontak teli 80 mm² ile 160 mm² kesitlerde üretilebilir. Alüminyum iletken profil ile kontak teli arasında uyumlu bir elektrik iletimi vardır. Kontak teli, özel bir yerleştirme ekipmanı vasıtasıyla profile kolayca monte edilebilir (Görsel 4.51).



Görsel 4.51: Kontak teli

4.2.3.4. Destek İzolatörü

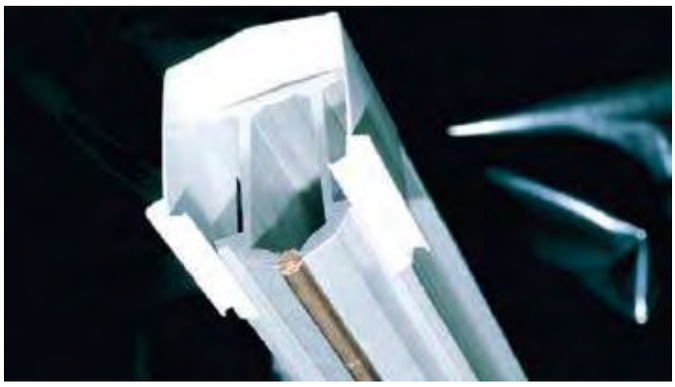
Rijit katener sistemlerinde cam elyaf takviyeli sentetik malzeme ve paslanmaz çelik bağlantı parçalarından imal edilmiş izolatörler tercih edilir. Destek izolatörü, alüminyum iletken profilin üst kısmına mesnet ve yalıtım (izole) görevini görebilmesi amacı ile monte edilir. İzolatörde herhangi bir mekanik stres oluşturmaksızın katenerin uzunlamasına hareketine izin veren kayar malzemeler ile donatılır (Görsel 4.52).



Görsel 4.52: Destek izolatörü

4.2.3.5. Koruyucu Plastik Kapak

Alüminyum profil; toz, rutubet ve tünel ortamındaki asidik yer altı sularından korumak için koruyucu plastik örtü ile muhafaza edilmelidir. Tünel ve köprülerden akan su damlaları görüldüğünde alüminyum profil üzerinde devam eden bir inşaat varsa durdurulmalıdır. Aksi takdirde alüminyum profil zarar görür (Görsel 4.53).

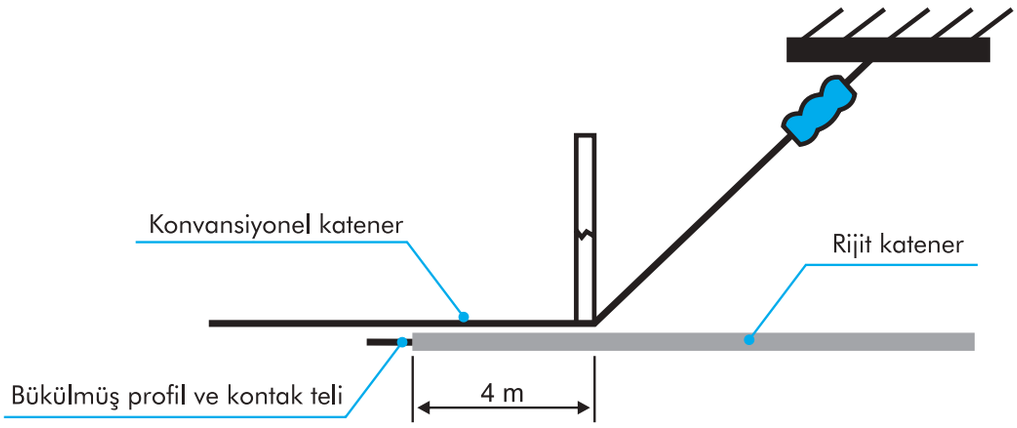


Görsel 4.53: Plastik koruyucu giydirilmiş alüminyum profil

4.2.3.6. Yay Profili

Alüminyum iletken profiller ile aynı alaşımdan üretilir. Konvansiyonel katener ile rijit katenerin geçiş noktalarını birleştirmek, yumuşak geçiş sağlamak ve mekanik gerilim nedeniyle kontak telinin kopmasını önlemek için kullanılır.

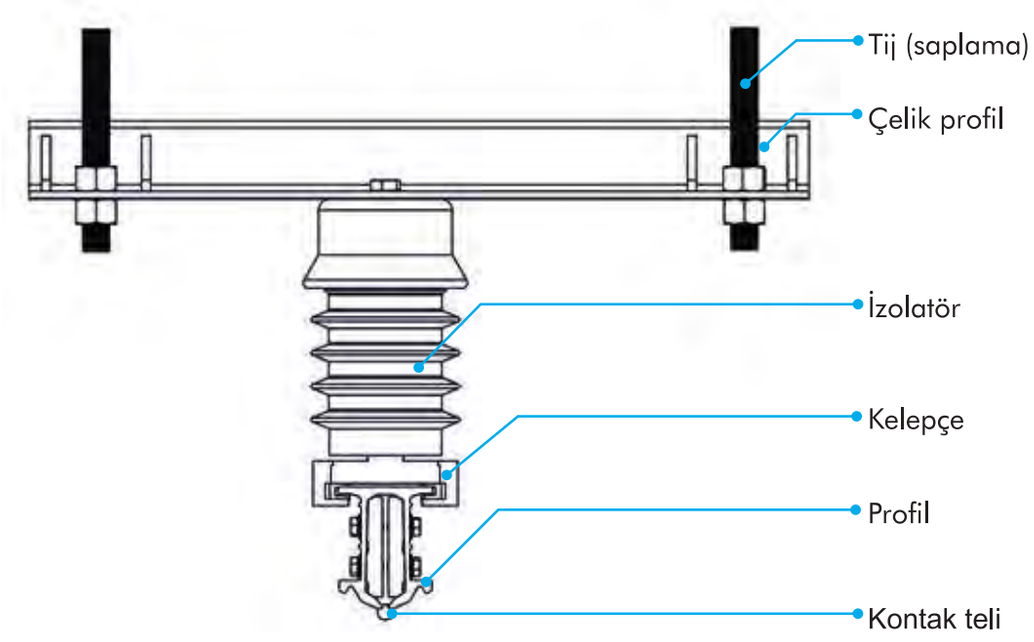
Görsel 4.54'te görüldüğü gibi rijit katener sistemi kendi destekleriyle devam ederken konvansiyonel katenerin kontak teli duvara sabitlenmelidir.



Görsel 4.54: Yay profili

4.2.3.7. Taşıyıcı (Destek) Elemanları

Rijit katenerlerin taşıyıcı sistemleri sayesinde katener hattının sehimi minimum olmakta ve enerjili parçaların toprakla olan yalıtımı sağlanmaktadır. 160 km/h hıza kadar sapmaların istenen düzeyde kalması için destek elemanları 5 metre aralıklarla yerleştirilebilir. Destek elemanları trenlerin 90 km/h hıza kadar 12 metre aralığının yeterli olacağını göstermektedir. Bu nedenle, destekler arasındaki mesafe talep edilen maksimum hıza bağlıdır (Görsel 4.55).



Görsel 4.55: Destek elemanları

Taşıyıcı elemanlar olarak mesnet ve farklı tipte konsol sistemleri vardır. Mesnet sistemi, alüminyum iletken rayların tünel betonarme yapısına sabitlenmesini sağlayan izoleli çelik yapılardır. Tünel gabarisinin küçük olduğu tünel tiplerinde aşağıdaki çizimde yer alan mesnet sistemi tercih edilmiştir. Çelik profilin orta aksında yer alan slot, delik izolatörün kaydırılabilmesine dolayısıyla da istenen dezekseman değerinin yakalanabilmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda çelik profil düşey eksende farklı noktalara sabitlenebildiği için istenen kontak teli yüksekliğini de sağlamaktadır.

Destek elemanları, tünel gabarisinin daha büyük olduğu farklı tünel tiplerinde Drop Tube mesnet sistemi kullanılır. Depo bölgesi, viyadük geçişleri vb. iletken ray sabitlemesinin betonarme yapılar için uygun olmadığı bölgelerde iletken raylar katener konsolları ile çelik direklere sabitlenmiştir (Görsel 4.56).

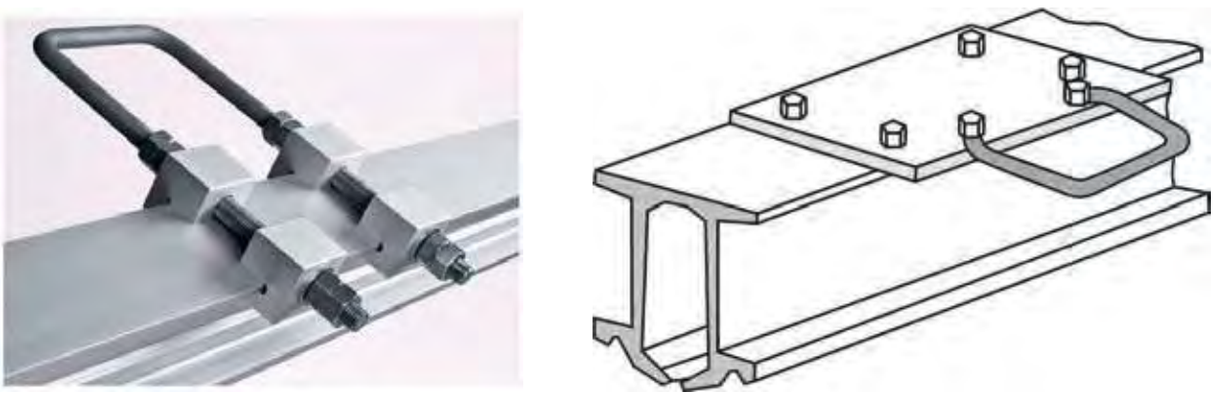


Görsel 4.56: Çeşitli destek elemanlarının kullanımı

Alüminyum iletken rayın tünele sabitlenmesini sağlayan mesnet aralıklarının belirlenmesinde temel faktör sehim değeridir. Bir önceki bölümlerde alüminyum profillerin 12 m uzunluğuna kadar imal edildiği belirtilmişti. Bu nedenle maksimum açıklık 12 m olarak değerlendirilir.

4.2.3.8. Topraklama

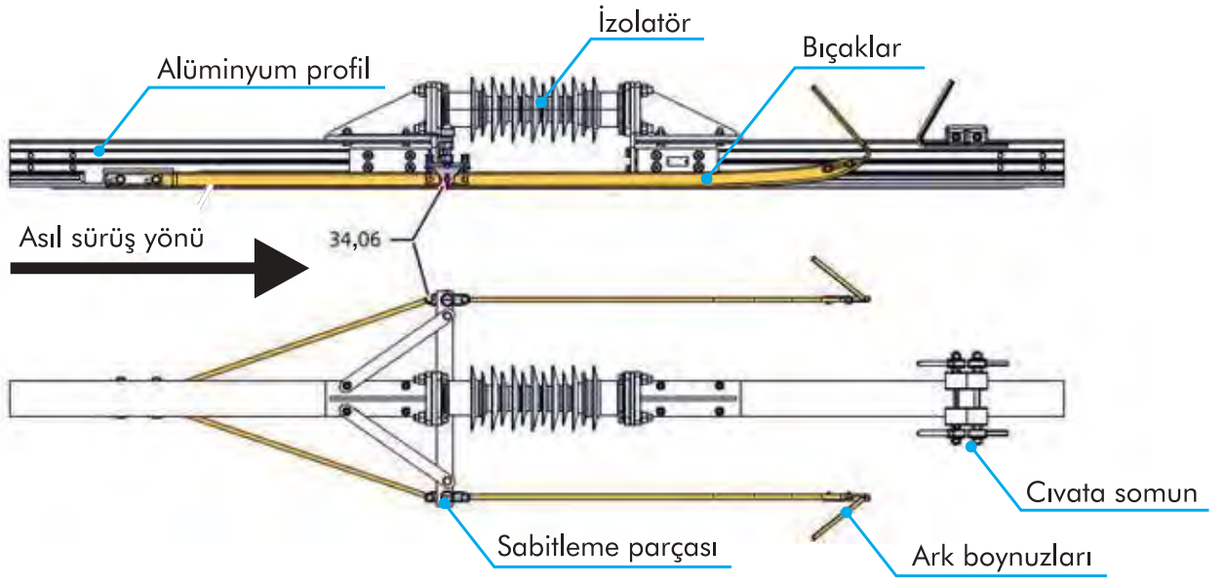
İletken ray profili; üzerinde gerekli bakım çalışmalarını yapmak, emniyeti sağlamak ve yapıyı topraklamak için gereken topraklama setidir. Topraklama bağlantıları katener hatlarının belirli noktalarında kullanılır (Görsel 4.57). Genellikle tünellerin başında ve sonunda, enerji besleme noktalarında, etap başında ve etap sonlarında kullanılır.



Görsel 4.57: Topraklama bağlantısı

4.2.3.9. Bölge İzolatörleri

Katener hattı üzerindeki iki ayrı enerji bölgesini elektriksel olarak birbirinden ayıran ekipmandır. Sistemde enerjinin bölgelere ayrıldığı yerlerde, trafo merkezleri önünde, enerjinin isteğe bağlı olarak kesilmesi ya da verilmesi gereken yerlerde (depo, atölye, manevra yolları vb.) kullanılır (Görsel 4.58).

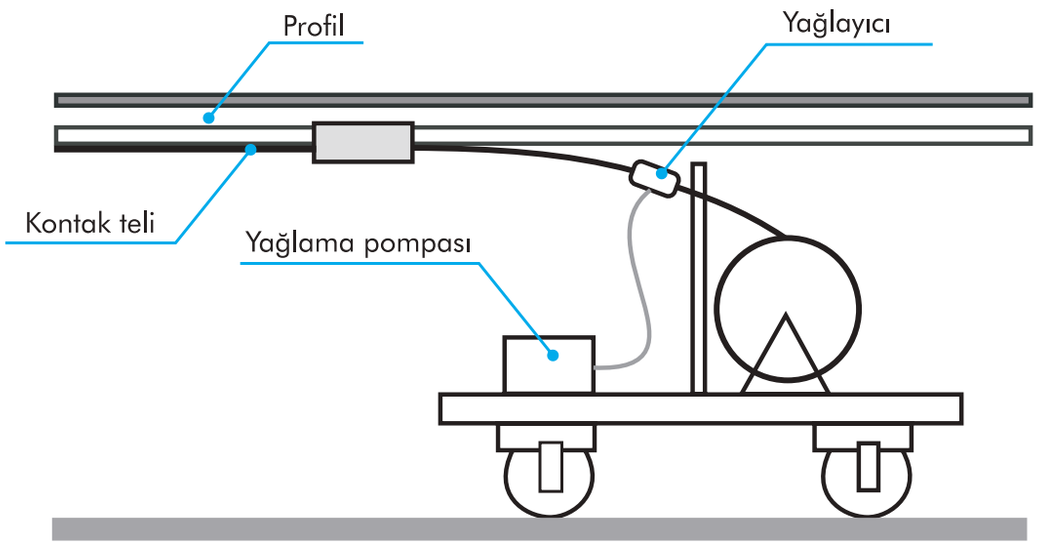


Görsel 4.58: Bölge izolatörü

4.2.4. Kontak Teli Montajı

Alüminyum profiller, düşük ağırlığı nedeniyle geleneksel katener montajında yaygın olarak kullanılan standart cihazlar kullanılarak yerleştirilebilir ve uygun şekilde hizalanabilir. Daha sonra üzerine kontak teli takılmalıdır. Kontak teli montajı, profilin üzerinde asılı duran ve profilin alt kısmının tel kontağı yerleştirmek için açılmasını sağlayan özel bir cihaz kullanılarak yapılır (Görsel 4.59).

Kontak teli tamburu ve yağlama cihazı bir vagon üzerine yerleştirilir. Kontak teli montaj hızı yaklaşık 2 km/h'tir.



Görsel 4.59: Kontak teli montajı

4.2.5. Rijit Katener Sisteminin Bakımı

Rjit katener sistemi üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadan önce (Görsel 4.60) enerjisi kesilmeli, sistem emniyete alınmalıdır. Tekrar enerji verilmemesi için tedbir alınarak, sistemde gerilim olup olmadığı kontrol edilir. Sistemi topraklayıp kısa devre yaptırılır. Akım taşıyan parçaların üzeri kapatılır ya da muhafaza altına alınır.



Görsel 4.60: Rijit katener sistemi bakımı

4.2.5.1. Rijit Katener Sisteminin Rutin Bakımı

Bakım yapan kişi, genel bakım talimatlarına uygun olarak güvenilir bir sistem işletimi sağlamak amacıyla havai iletken, ray kurulumu için uygun olan rutin bakım-muayeneleri ve çalışma koşullarını belirtecektir. Rutin bakımda öncelikle tespit edilebilir arızalar açısından sistemin gözle muayenesi yapılır. Tüm sistem bileşenlerinin güvenli mekanik bağlantısı ve elektriksel bağlantıları kontrol edilir. Bileşenlerin mekanik aşınması tespit edilip elektriksel bozulmasının olup olmadığı belirlenir. Bu durumu belirlemek için yapılan ölçümler ve sistemin mevcut durumuna ilişkin ölçümlerin kaydedilmesi gerekir.

NOT **Rutin bakımın altı ayda bir yapılması önerilir.**

4.2.5.2. Rİjit Katener Sisteminin Koruyucu Bakımı

Koruyucu bakım için tavsiye edilen aralık normal şartlarda bir yıldır. Bu aralık, rijit katener sistemin rutin bakımında belirtilen prosedüre göre bakım yöneticisi tarafından değerlendirilmelidir. Koruyucu bakımda sistem bileşenleri yeniden ayarlanır. Gres ve yağ uygulayarak yağlama yapılır, yerel korozyon koruması sağlanır. İzolatörler temizlenip aşınan parçaları değiştirilir. Elektrik kontaklarının ve bağlantılarının yanı sıra mekanik bağlantıların da yeniden sıkılması gerekir.

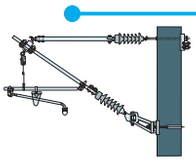
NOT **Koruyucu bakımın on iki ayda bir yapılması önerilir.**

4.2.5.3. Rijit Katener Sistemi Arıza Sebepleri

Periyodik ve rutin bakımların zamanında yapılmaması, dış etken kaynaklı fiziksel hasarlar (tünel içi akıntılar, vurma ve çarpmaya bağlı sebepler) ve ekipman montajının doğru yapılmaması (elektriksel açıklıkların sağlanmaması, ürünün yanlış montajı vb.) gibi nedenler rijit katener sisteminin arızalanmasına yol açabilir.

4.2.5.4. Rijit Katener Sistemi Arıza Sonuçları

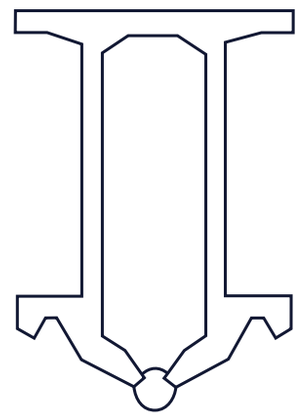
Pantografın düzensiz aşınması sebebiyle işletme ömrü kısalır. Pantografta kırılma, kopma vb. sebeplerle işletme durabilir. Kopan, kırılan katener parçalarının kısa devreye yol açması ve koruma rölelerinin hattı açtırması sonucunda işletmenin durması gibi durumlarla karşılaşılabilir.

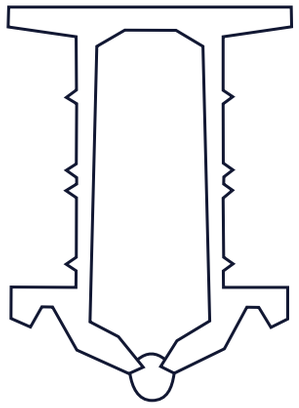


BİLGİ KUTUSU

Kontak teli için ek yapılması önerilmez.

4.2.6. Rijit Katener Sistemi Teknik Özellikleri

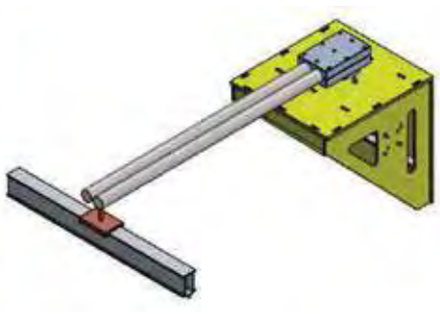
TCDD Marmaray Rijit Katener Sistemi Teknik Özellikleri		
	Nominal gerilim	27,5 kV AC
	Profil kesiti	2.200 mm²
	Profil yüksekliği	110 mm
	Profil uzunluğu	12 m
	Profil ağırlığı	6,1 kg/m
	Atalet momenti Ixx	338x
	Atalet momenti Iyy	113,7x
	Bakır kesit eş değeri	1.400 mm²
	Lineer uzama katsayısı	24x
	Elastiklik	69.000 N/mm²

Metro İstanbul M7 Hattı Rijit Katener Sistemi Teknik Özellikleri		
	Nominal gerilim	1,5 kV DC
	Sürekli akım taşıma kapasitesi	2900 A
	Kısa devre akımı	45 kA
	Kısa devre süresi (ms)	100
	Mesnet aralığı	12m
	İşletme hızı	200 km/h
	İletken ray kesiti	2.300 mm²
	İletken ray materyali	Alüminyum
	Kontak teli uygunluğu (EN 50149)	AC/BC 80-150
	İletken profil ağırlığı	6,2 kg/m

4.2.7. Hareketli Rijit Katener Sistemi

Hareketli rijit katener sistemlerinin yukarıya veya yana hareket edebilme özelliği sayesinde çalışmalar çok daha güvenli ve kolay hâle gelir. Her tip pantograf ve araç için uyumlu olarak tasarlanabilen bu sistem düşük yükseklikli atölyelerde, tünel ve köprülerde kullanılabilir (Görsel 4.61). Atölye içerisindeki vinç, ayırıcı ve güvenlik sistemleri ile ilgili elektriksel kilitlemeler sayesinde tüm ekipmanlar uyum içerisinde güvenli bir şekilde çalışır.





Görsel 4.61: Hareketli rijit katener sistemi

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI RİJİT KATENER SİSTEMİ DONANIMLARI

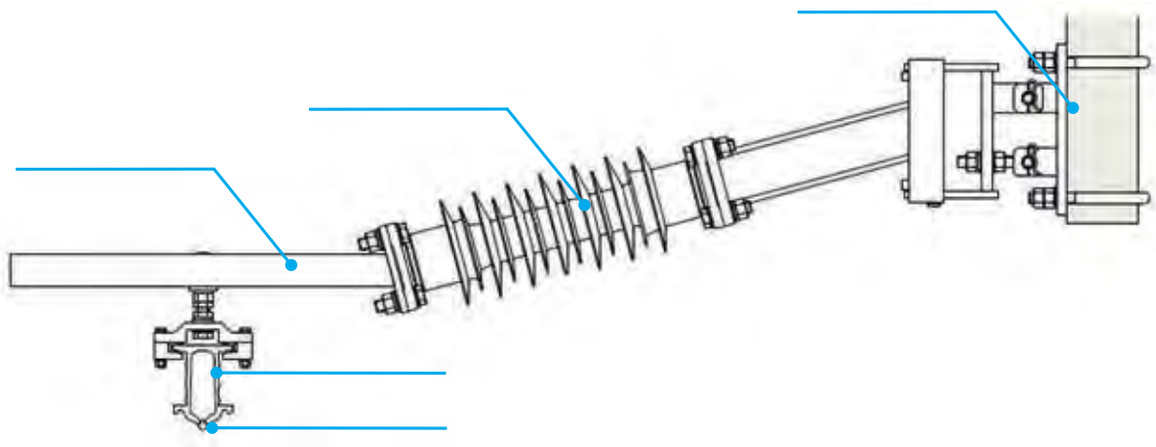
SÜRE:40 Dakika

Temrin No.:4.7

AMAÇ

Rijit katener sistemine ait donanımları tanımak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.62: Rijit katener sistemi

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.62'deki rijit katener sisteminin ok ile gösterilen donanımlarını yazınız.
3. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Ülkemizde rijit katener hattı bulunan yerler nerelerdedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Donanımların doğru yazılması	60	
Sınıfı :	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
No. :	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
ÖĞRETMEN			
Adı-Soyadı:			
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI RAY EK YERİ

SÜRE:80 Dakika

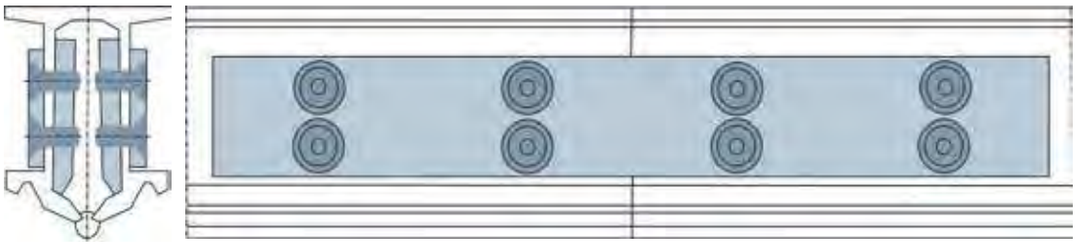
Temrin No.:4.8

AMAÇ

Besleme iletkeni montajını yapmak.

BİLGİ Ray ekleri, iki iletken ray profilinin uç uca eklenmesini sağlayan toplamda iki iç ve iki dış plakanın 8x2 adet M10 cıvata ile birleştirilmesiyle yapılır.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.63: Ray ek yeri bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Birimi
İç Plaka	Alüminyum ya da 3D yazıcı ile çıkarılmış	2 adet
Dış Plaka	Alüminyum ya da 3D yazıcı ile çıkarılmış	2 adet
Cıvata	M10x025	16 adet
İletken ray profil	Alüminyum ya da 3D yazıcı ile çıkarılmış	2 adet
Tornavida veya şarjlı matkap		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.63'teki ray profilini iki adet hazırlayınız.
3. İletken ray bağlantı plakalarını dört adet hazırlayınız.
4. M10x025 cıvatalar ile plakaların iletken raya bağlantısını yapınız.
5. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Rijit katener sisteminin özellikle tünellerde tercih edilmesinin nedenleri nelerdir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Ray profilin hazırlanması	20	
Sınıfı :	Ray bağlantı plakalarının hazırlanması	20	
No. :	Cıvataların sıkılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

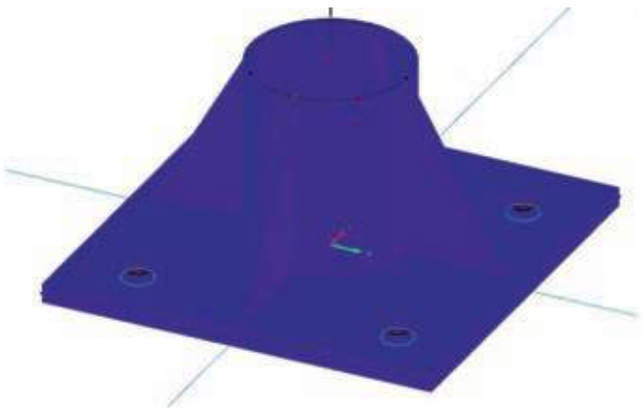
UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI MESNET SUPPORT STRUCTURE [SPORT STRAKÇIR (DESTEK YAPISI)] MONTAJI | **SÜRE:80 Dakika** | **Temrin No.:4.9**

AMAÇ

Rijit katener sistemindeki mesnet montajını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.64: Rijit katener sistemi mesnet

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Birimi
Mesnet		
Matkap		
Çelik dübel		
Vida		
Tornavida veya şarjlı matkap		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.64'teki mesneti temin ediniz veya 3D yazıcı ile çıkartınız.
3. Duvara mesnet lokasyonlarına göre işaretleme yapınız.
4. Matkap ile işaretli yerleri deliniz ve dübelleri yerleştiriniz.
5. Mesnetin duvara montajını yapınız.
6. Montajı tamamladıktan sonra malzemeleri toplayarak teslim ediniz.

SORULAR

1. Mesnet hangi malzemeden yapılmıştır? Araştırınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Mesnetin hazırlanması	20	
Sınıfı :	Mesnet lokasyonuna göre işaretlemenin yapılması	20	
No. :	Mesnet montajının yapılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

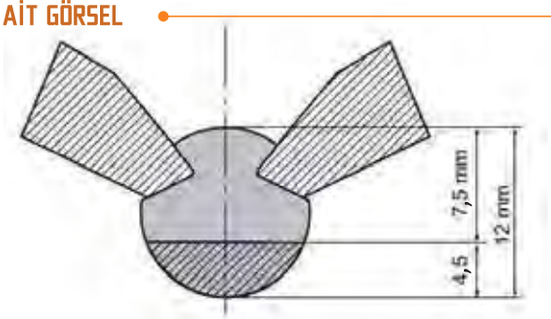
TEMRİN ADI KONTAK TELİ BAKIMI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:4.10**

AMAÇ

Rijit katener sistemindeki kontak telinin bakımını yapmak.

BİLGİ Pantograf ile etkileşiminden dolayı zaman içerisinde kontak telinde aşınma meydana gelir. Rijit katener sistemi, tasarımı itibariyle kontak telinin toplam kesitinin %41'ine kadar aşınabilmesine müsaade edebilir. Kontak telinin geometrik yapısı göz önünde bulundurulduğunda %41'lik bir aşınmanın gerçekleşmesi kontak telinin alt kesiti ile iletken ray olukları arasındaki mesafenin 1,5 mm olması anlamına gelir.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.65: Kontak teli için izin verilebilir aşınma

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Birimi
Kontak teli		
Kumpas ya da mikrometre		1 adet
Zımpara		
Solvent ya da alkol		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Kontak telini öncelikle göz ile muayene ediniz.
3. Kontak telindeki aşınmayı ölçünüz.
4. Kontak telinde meydana gelen aşınma Görsel 4.65'te gösterilen sınırın üzerindeyse kontak telini değiştiriniz.
5. Kontak teli üzerinde gres yağının yanması sonucu tortulaşmış kauçuk lekeler varsa bu lekeleri çok ince bir zımpara ile zımparalayınız.
6. Zımparadan sonra kontak telini ve iletken ray oluklarını solvent veya alkol ile temizleyiniz.
7. Montajı tamamladıktan sonra malzemeleri toplayarak teslim ediniz.

SORULAR

1. Kontak teli için ek yapılması neden önerilmez? Araştırınız.

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Kontak telindeki aşınmanın ölçülmesi	20	
Sınıfı :	Kontak telinin zımpara ile temizlenmesi	20	
No. :	Kontak telinin solvent ve alkol ile temizlenmesi	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

4.3.1. Üçüncü Ray

Demiryolu araçlarına elektrik enerjisi sağlamak için kullanılan raylı aracın üzerinde hareket ettiği iki ray haricinde bulunan raya **üçüncü ray** denir (Görsel 4.66). Bu yöntemde taşıyıcı rayların birinin dış tarafında diğer raylara paralel olarak bulunan üçüncü ray hat boyunca devam eder. Üçüncü ray nadiren diğer iki rayın ortasında bulunabilir. Genellikle metro, banliyö hatları gibi düşük ve orta hızlı hatlarda kullanılır. Tünel kesitinin küçük olması gereken yerlerde tercih edilir.



Görsel 4.66: İstanbul Yenikapı-Hacıosman Metro Hattı üçüncü ray sistemi

4.3.2. Üçüncü Rayın Özellikleri

- Üçüncü rayın kurulum maliyeti havai katener hatlarına göre daha düşüktür.
- Olumsuz hava şartlarından etkilenmediğinden tünel ve köprüler için uygun bir kullanımdır.
- Ray hatları, estetik yönden de havai hatlara göre daha kullanışlıdır.
- Akım pabuçları, iletken raya mekanik basınç uygulayarak temasın kopmasını engelleyecek şekilde tasarlanmıştır.
- Havai katener hatlarının bakımı ve onarımı üçüncü ray teknolojisine göre daha zordur.
- İstasyonlarda iletken raylar yolcuların biniş seviyesinden bir veya bir buçuk metre aşağıda bırakılmıştır.
- Üçüncü rayda taşınan elektrik gerilimi daha düşüktür. Bunun sebebi yüksek gerilimde elektriğin taşıyıcı raylara ve toprağa atlamasıdır.
- Üçüncü ray, iletken raylara temas eden veya karşıdan karşıya geçmeye çalışırken dokunan insanlar için güvenlik açısından tehlike oluşturabilir.
- Hemzemin geçit ve makas bölge geçişlerinde kesintiye uğradığı için yarı-sürekli iletken sistemidir.
- Düşük karbonlu çelik, üçüncü ray sistemlerinde eskiden çok kullanılırdı. Daha sonra üçüncü ray sistemlerinde demir kullanılmaya başlandı. Günümüzde ise alüminyum-çelik karışımı kompozit üçüncü ray sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.3.3. Üçüncü Rayın Bileşenleri

Üçüncü ray sistemi son zamanlarda gelişen teknolojiyle birlikte farklı yapılarda üretilir. Üçüncü ray genel olarak aşağıdaki parçalardan oluşur.

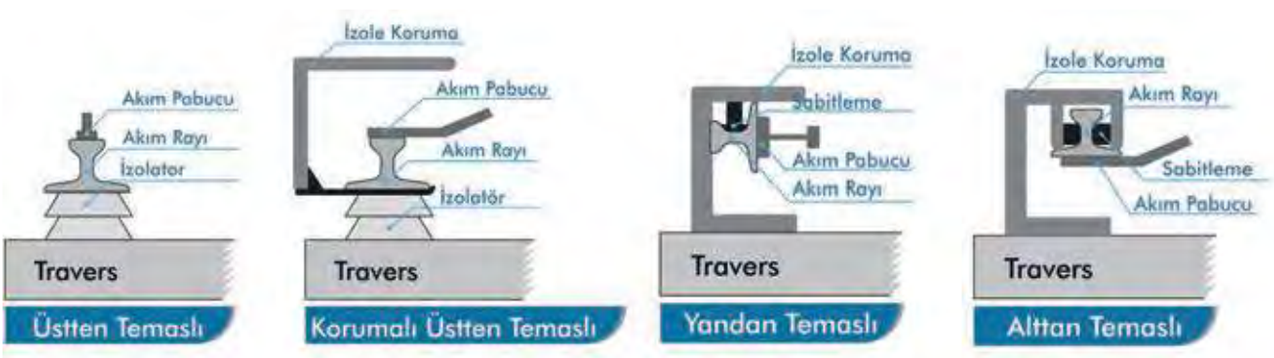
4.3.3.1. Akım Pabucu

Elektrik enerjisi, raylı sistem araçlarının yan tarafında bulunan akım pabuçları aracılığıyla raydan trene aktarılır. Bu pabuçlar aracın her iki tarafında bulunur. Aracın hareket edebilmesi için pabuçlardan en az birinin rayla temas hâlinde olması gerekir (Görsel 4.67).



Görsel 4.67: Akım pabuçları

Üçüncü rayların üzeri genellikle yalıtkanla kapatılır. Böylece yağışlı hava koşullarından hem sistemin etkilenmesi önlenir hem de yolcu ve bakım çalışanlarının güvenliği sağlanmış olur. Pabuçlar yalıtkan kapağın yapısına göre çeşitlilik gösterir. Görsel 4.68'de temas yönüne göre akım pabucu gösterilmiştir. Yalıtkan kapağın konumuna göre pabuçlar; üçüncü rayın üst kısmından, alt kısmından ve yan kısmından temas edebilir. Eskiden kullanılan sistemler genellikle üstten temaslıdır. Günümüzde kullanılan alttan ve yandan temaslı sistemlerin ise güvenlik açısından daha iyi bir performans sergilediği görülür.



Görsel 4.68: Temas yönlerine göre akım pabuçları

4.3.3.2. İzolatörler

Üçüncü rayları taşımakta kullanılan izolatörlerin başlıca görevi elektrik enerjisinin toprağa ve taşıyıcı raylara atlamasını önlemektir. Bunun yanında izolatörler iletken rayı taşıma görevini de üstlenir. İzolatörler genellikle cam elyaf takviyeli reçineden yapılır (Görsel 4.69).



Görsel 4.69: Üçüncü ray ve izolatörler

4.3.3.3. Ray Rampası

Rampalar, kollektör pabucunun iletken rayın bir kesiminden diğerine yumuşak bir şekilde geçmesini sağlar. Her bir iletken ray kesimi mutlaka bir rampa ile başlayıp son bulur. Rampaların tasarımı bütün hatlarda iki yönlü işletmeye uygun olacak şekilde yapılmıştır. Rampaların konumu, üzerine kaynaklanmış kablo terminal plakasının bulunduğu tarafa göre belirlenir. Plaka sağ tarafa kaynaklıysa sağ rampa, sol tarafa kaynaklıysa sol rampa adını alır. Rampada kablo terminal plakası bulunmuyorsa düz rampa olarak adlandırılır (Görsel 4.70).

Üçünü raylar taşıyıcı raylara nazaran daha yüksektedir. Bunun sebebi üçüncü rayın izolatör denilen yalıtkan maddelerin üzerine monte edilmesidir. Üçüncü rayın başlangıç noktalarında eğim vardır. Bu eğim rampa olarak adlandırılır.



Görsel 4.70: Rampa ve taşıyıcı raylar

4.3.3.4. Genleşme Derzi

Üçüncü rayda hava koşullarına bağlı olarak uzama veya kısalma meydana gelir. Bu durumun kontrol altında tutulması gerekir. Hareketin sadece bir yönde olmasını engellemek amacıyla raya bir orta nokta ankrajı takılır. Üçüncü ray kesiminin ortasına takılan bir ankraj, boylamasına hareketi her iki yönde eşitler. Orta nokta ankrajı, uzunluğuna bakılmaksızın her üçüncü ray kesimine gelindiğinde takılır (Görsel 4.71).



Görsel 4.71: Genleşme derzi

4.3.3.5. Üçüncü Ray Ankrajlar

Üçüncü ray sisteminde işletimden ve hava koşullarından dolayı uzama ve kısalma meydana gelir. Bu durumun kontrol altına alınması gerekir. Üçüncü ray ankrajlar, yatayda yer değiştirmesini önlemek amacıyla iletken rayları sabitleyen elemanlardır (Görsel 4.72).



Görsel 4.72: Ankrajlar

4.3.3.6. Üçüncü Ray Eklem Noktaları

Üçüncü rayda devamlılığı sağlamak için iki iletken rayı birleştiren iletken elemanlardır. Elektrik iletim hatlarının direncinin düşük metallerden yapılması beraberinde yüksek genleşme katsayısını getirmektedir. Üçüncü raylarda görülebilecek genleşmeden sistemin olumsuz etkilenmesini önlemek için ray birleşim noktalarına genleşme eklemleri yerleştirilir (Görsel 4.73).



Görsel 4.73: Bağlantı tertibatı

4.3.3.7. Elektriksel Bağlantısı

Üçüncü raya elektrik enerjisi vermek için kullanılan elemanlardır. Cer trafoları ile 34,5 kV orta gerilim 590 V AC'ye çevrilir. Ardından redresörler ile 590 V AC gerilim 750 V DC gerilime dönüştürülür. DC sistemin pozitif (+) ucu üçüncü raya, negatif (-) ucu ise taşıyıcı raya bağlanır. Tren, enerjisini araçlar üzerinde bulunan pabuçların üçüncü raya temas etmesi sonucu temin eder (Görsel 4.74).



Görsel 4.74: Güç besleme bağlantısı

4.3.3.8. Üçüncü Ray Kapakları

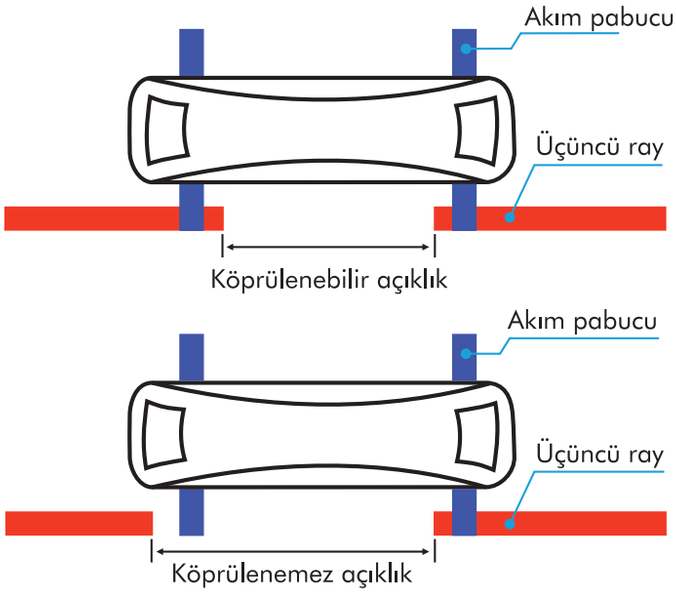
Üçüncü rayı kirlenmeden ve olası bir kaza durumunda enerjili raya direkt temastan korumak için yapılan yalıtkan elemandır. Cam elyaf takviyeli plastikten imal edilir. Üçüncü ray baştan sona kadar kapaklar ile kapatılır. Böylece canlılar raya temas ettiğinde hayati bir tehlike yaşanmamış olur (Görsel 4.75).



Görsel 4.75: Üçüncü ray kapakları

4.3.4. Köprülenebilir ve Köprülenemez Açıklık

Bir araçtaki pabuçların herhangi biri üçüncü raya temas hâlindeyken öteki pabuçlardan herhangi birinin farklı bir üçüncü raya temas edebildiği açıklığa **köprülenebilir açıklık** denir (Görsel 4.76).

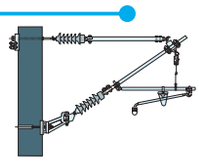


Görsel 4.76: Köprülenebilir ve köprülenemez açıklık

Bir araçtaki pabuçların herhangi biri üçüncü raya temas hâlindeyken öteki pabuçlardan herhangi birinin farklı bir üçüncü raya temas edemediği açıklığa **köprülenemez açıklık** denir (Görsel 4.76). Makas bölgelerinde ve proje sonlarında köprülenemez açıklık bulunur. Köprülenemez açıklık geçişlerinde üçüncü ray ve pabuçlar arasında ark görülebilir. Bu durum araçlara zarar verebileceği için dikkat edilmelidir.

4.3.5. Üçüncü Rayın Bakımı

Bakımları sadece kalifiye ve eğitimli personel gerçekleştirebilir. Hatta girmeden mutlaka trafiğe bilgi verilmeli ve scada operatörünün enerjiyi kestiğinden emin olunmalıdır. Enerji tüm hatta kesilmeyecekse üçüncü rayda enerji ölçümü yapılmalı ve çalışılacak alanda mutlaka lokal manuel şöntleme yapılmalıdır.



4.3.5.1. Görsel Kontroller

Tablo 4.2: Görsel Kontrollerin Bakımı

Bölge	Yapılması Gerekenler
Bağlantı tertibatı	Aşırı ısınma Anormal renk değişiminin kontrolü
Rampa	Temas yüzeyinde olağan dışı yanık izlerinin kontrolü Rampaya yakın ankraj ve birleştirme profillerinin sıkılık kontrolü
Genleşme mafsalı	Gövde ve yüzeyde anormal renk değişiminin kontrolü Genleşme aralıklarında demir tozu birikim kontrolü
Ankraj	Profilin pozisyon kontrolü
Güç besleme	İletken raya bağlı olduğu gövde bölgesinde anormal renk değişiminin kontrolü
İzolatör	İzolatör yüzeyi, montaj vidası, üst kelepçeler ve betonda çatlak kontrolü
Koruyucu kapak	Kapak yüzey ve kapak desteklerinin pozisyon kontrolü

4.3.5.2. Ölçümler

Tablo 4.3: Ölçümlerin Kontrolü

Bölge	Yapılması Gerekenler
Pozisyon ve aşınma	İletken rayın ray ile olan yatay ve düşey pozisyonuna bakılır. Aşınma varsa kumpas ile ölçülür.
İletken ray	Aşırı ısınma (temassız kızılötesi ölçüm cihazı kullanarak ısı kontrolü)kontrolü yapılmalıdır. Ölçüm yapılan rayın paslanmaz yüzeyi ile komşu rayın yüzey ısı farkı 10 dereceyi aşmamalıdır.
Genleşme mafsalı	Genleşme mafsalı ısı ölçümü ve açıklık değerlerinin ölçülmesi gerekir.
Rampa	Araç geçişlerinde rampanın olağan dışı titremesi kontrol edilmelidir. Titreme varsa ilk güç kesildiğinde el ile rampa uçları sallanarak kontrol edilmelidir. Görsel inceleme onaylanmalıdır.
İzolatör	İzolatör montaj trifonlarının sıkma torku kontrol edilmelidir.
Koruyucu kapak destek	Destek vidaları sıkma torku kontrol edilmelidir.
Genleşme mafsalı	Genleşme bölümleri incelenmeli, demir tozu birikimi varsa basınçlı hava ile temizlenmelidir.

4.3.5.3. Olası Arızalar ve Sorun Giderme

Tablo 4.4: Arıza ve Sorun Giderme

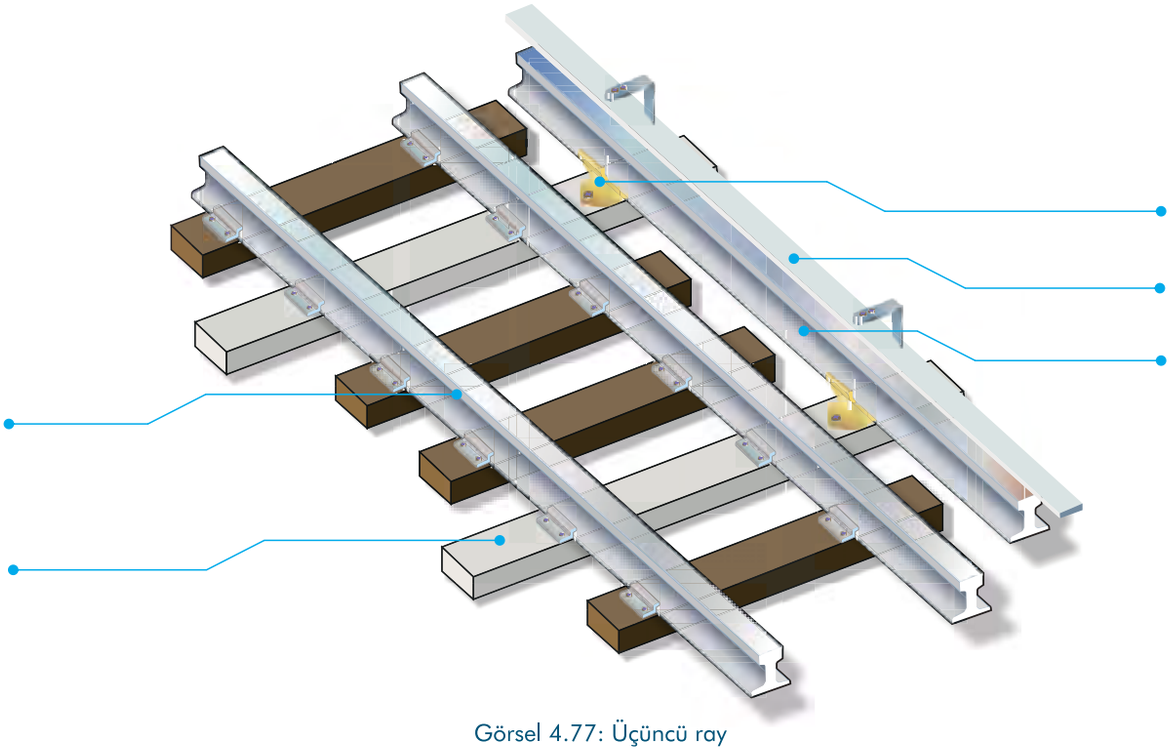
Sorun	Olası Neden	Çözüm
İletken rayların aşırı ısınması	Aşırı yük	Sistemdeki elektrik yükünün parametrelere uygunluğunun kontrolü yapılır.
	Raylar arası gevşek bağlantı	Birleştirme profilinin bağlantısı sökülerek temas yüzeyleri tel fırça ile temizlenir. Temas yüzeylerine iletken yağ sürülerek tekrar montajı yapılır.
İletken rayların temas yüzeyinin düzensiz aşınması	İletken rayın araç pabuç hareket düzlemine göre yanlış ayarlanmış olması	Hat rayını referans alarak iletken ray mesafeleri kontrol edilir. Hat ekseni iletken ray mesafesi 1.370 mm olmalıdır. Hat rayı temas yüzeyi iletken ray temas yüzeyi 170 mm olmalıdır. İzolatör montaj vidaları kontrol edilerek gerekli tork değerinde sıkılır. İzolatör tabanının beton üzerinde düz durup durmadığı kontrol edilir.
Birleştirme profillerinin aşırı ısınması	Raylar arası gevşek bağlantı	Huck vidaları kontrol edilir. Birleştirme profili sökülerek temas yüzeyleri tel fırça ile temizlenir. Temas yüzeylerine iletken yağ sürülerek tekrar montajı yapılır.
Rampalarda aşırı arklanma	Titreşim	İzolatör montaj vidaları kontrol edilerek gerekli tork değerine kadar sıkılır.
Genleşme mafsalının açıklık değerleri tolerans dışı	Genleşme mafsalı sıkışmış olabilir.	İzolatör montaj vidaları kontrol edilerek gerekli tork değerine kadar sıkılır. Gövde içinde yabancı maddeler varsa kontrol edilir. Görsel bir sorun yoksa sökülerek yenisi ile değiştirilir. Aralık değerleri belirli aralıklarla kontrol edilir.

TEMRİN ADI ÜÇÜNCÜ RAY SİSTEMİ DONANIMLARI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:4.11**

AMAÇ

Üçüncü ray sistemine ait donanımları tanımak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.77: Üçüncü ray

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.77'deki üçüncü ray sisteminin ok ile gösterilen donanımlarını yazınız.
3. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Rijit katener sisteminin özellikle tünellerde tercih edilmesinin nedenleri nelerdir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Donanımların doğru yazılması	60	
Sınıfı :	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
No. :	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
ÖĞRETMEN			
Adı-Soyadı:			
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI ÜÇÜNCÜ RAY BESLEME KABLOLARININ BAĞLANTILARI

SÜRE:80 Dakika

Temrin No.:4.12

AMAÇ

Üçüncü ray besleme bağlantılarını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.78: Üçüncü ray kablo başlıkları bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Birimi
Çift metalli rondela		4 adet
Düz rondela ve M16 somun		4 adet
Kablo başlığı		4 adet
Vida	M16x75	4 adet
Yarık kilit rondela		4 adet
Düz rondela		4 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.78'deki bağlantıya uygun olacak şekilde elektrik bağlantı kablolarını hazırlayınız.
3. Kablo pabuçlarını elektrik kablolarının ucuna takarak iyice sıkıştırınız.
4. Kablo pabuçlarını üçüncü raya Görsel 4.78'deki gibi rondela ve vidalar yardımıyla bağlayınız.
5. Vida somunlarını iyice sıkıştırınız ve sıkılığını kontrol ediniz.
6. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Ülkemizde üçüncü raylara bağlanan elektrik hatları nerelerde bulunmaktadır? Üçüncü raylardaki elektrik gerilim değerleri kaçtır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Kablo pabuçlarının takılması	20	
Sınıfı :	Rondela ve vidaların doğru yerleştirilmesi	20	
No. :	Vidaların sıkılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

TEMRİN ADI ÜÇÜNCÜ RAY İZOLATÖRLERİN KONTROLÜ VE BAKIMI | **SÜRE:60 Dakika** | **Temrin No.:4.13**

AMAÇ

Üçüncü ray izalatör bağlantılarının kontrolünü ve bakımını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.79: Üçüncü ray izolatör

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Birimi
İzolatör		
Trifon		
Dübel		
Gres yağı		

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.79'daki izolatörleri beton traverslere bağlayan trifonların hasar ve eksiklik durumunu kontrol ediniz.
3. Trifon hasarlıysa yenisi ile değiştiriniz. Dübel hasarlıysa tamiratını yapınız.
4. İzolatörleri adaptör taban levhasına bağlayan vidaların somunlarını sökünüz.
5. Vida ve somunları gres yağı ile yağlayınız.
6. Somunları yerine takarak sıkınız.
7. Vida ve somunlar hasarlıysa yenisi ile değiştiriniz.
8. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Üçüncü ray bakımları zamanında yapılmazsa ne gibi olumsuzluklar yaşanır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Trifonların ve dübellerin kontrolü	20	
Sınıfı :	İzolatör vidalarının sökülmesi ve takılması	20	
No. :	İzolatör taban levhalarının yağlanması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI ÜÇÜNCÜ RAY BİRLEŞTİRME DÜZENEĞİNİN MONTAJI

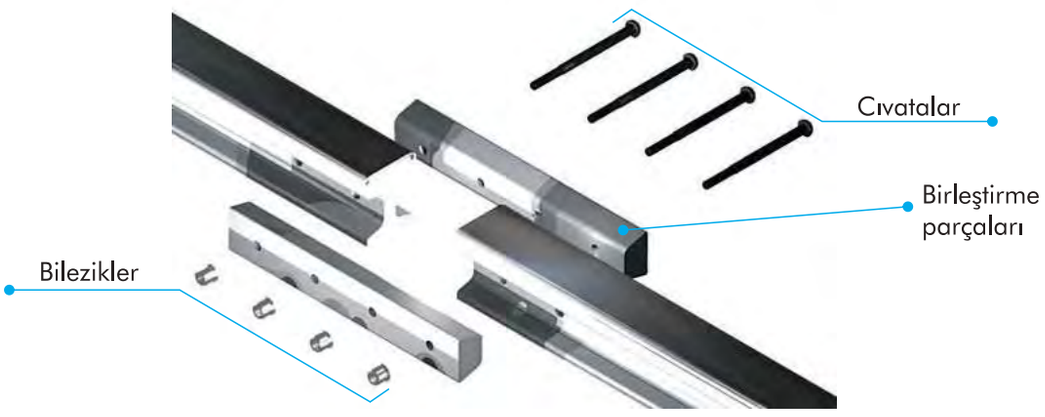
SÜRE:80 Dakika

Temrin No.:4.14

AMAÇ

Üçüncü ray besleme bağlantılarının kontrolünü ve bakımını yapmak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.80: Üçüncü ray birleştirme montajı

MALZEME LİSTESİ

Malzeme adı	Malzeme özelliği	Birimi
Üçüncü ray	3D yazıcı ile yapılabilir	2 adet
Birleştirme parçaları	3D yazıcı ile yapılabilir	2 adet
Cıvatalar		4 adet
Bilezikler		4 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4. 80'deki gibi birleştirilecek rayı hazırlayınız.
3. Üçüncü ray birleştirme parçalarını iki adet hazırlayınız.
4. Cıvataları üçüncü ray ile birleştirme parçalarından geçiriniz.
5. Bilezikleri cıvataların ucuna takınız.
6. Takılmış olan cıvataları sıkınız.
7. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

1. Üçüncü ray birleştirme parçaları hangi maddeden yapılmıştır?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Birleştirme parçalarının yerleştirilmesi	20	
Sınıfı :	Cıvataların doğru takılması	20	
No. :	Cıvataların sıkılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

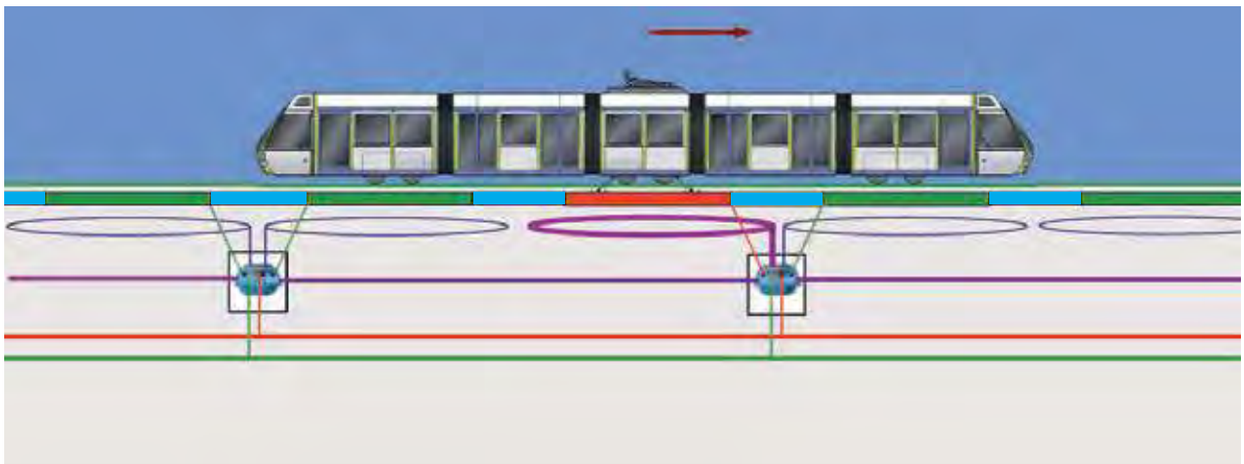
4.4.1. Katenersiz Besleme Sistemi

Tarihî şehir merkezlerindeki tramvay hatlarında görüntü kirliliğini ortadan kaldırmak, doğanın ve şehrin tarihî dokusunu korumak için geliştirilen bir enerji besleme sistemidir. Katenersiz besleme sisteminin yapısı, raylı sistemlerde kullanılan diğer besleme sistemleriyle benzerlik gösterse de mimari olarak farklılıklar vardır (Görsel 4.81).



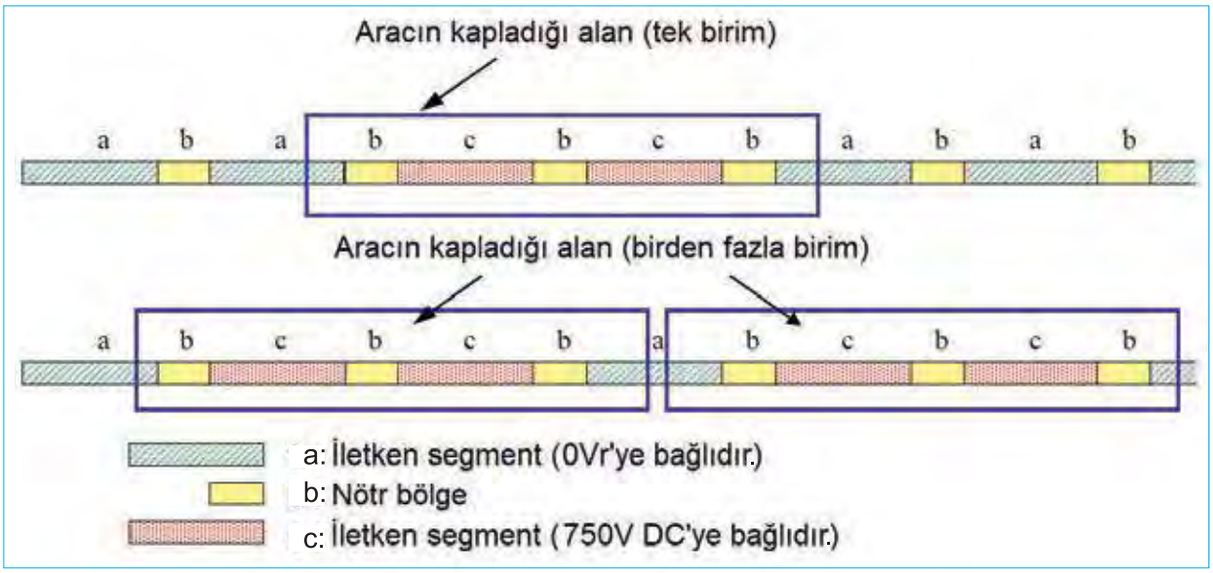
Görsel 4.81: İstanbul Eminönü-Alibeyköy Hattı katenersiz tramvay

Otomatik güç kaynağı (APS) sistemi, daha çok tramvay üreticilerinin kendi araç sistemlerine özgü tasarladığı ve üretimini yaptığı özel sistemlerdir. APS sisteminde tramvaya elektrik enerjisi zemin seviyesindeki güç besleme rayları ile sağlanır. Üçüncü ray enerji besleme sistemiyle benzer yönleri olsa da güvenlik ve işletimi bakımından farklılıklar gösterir. Bu sistemlerde sadece araç geçişi esnasında aracın altında kalan gömülü sistem enerjilenir. Diğer bölgeler enerjisiz kalır (Görsel 4.82).



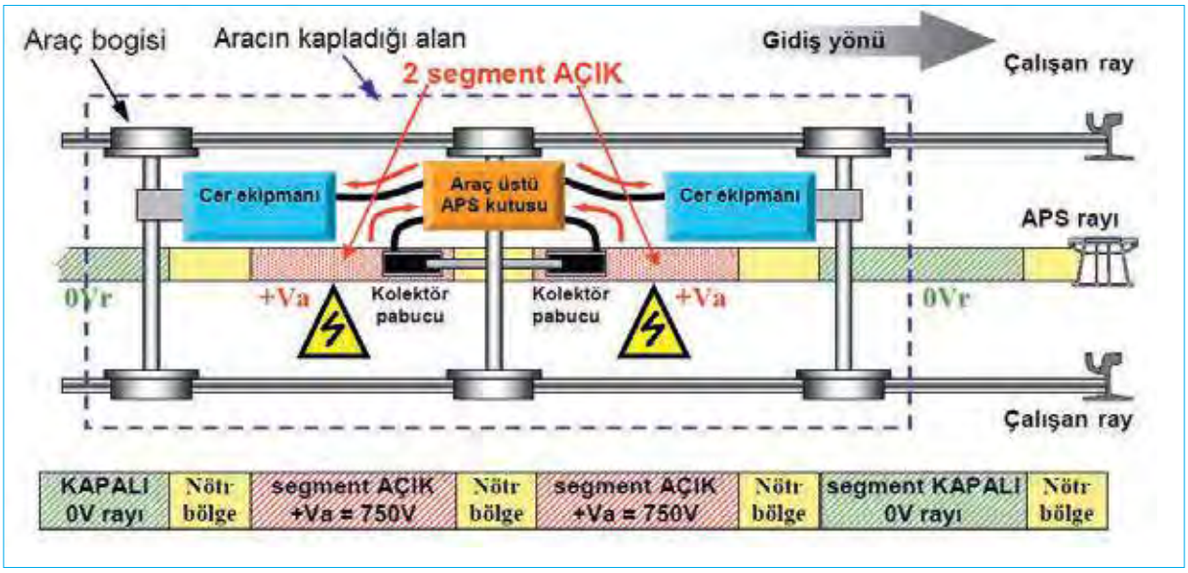
Görsel 4.82: APS sistemi

APS sistemi bir dizi iletken segmentten ve nötr bölgeden oluşur (Görsel 4.83).



Görsel 4.83: APS ray segmentleri

Düz bir hat düzeninde APS rayı hattın ortasında yer alır. APS rayının konumu, araç altında yer alan APS kollektör pabucunun yoluyla belirlenir. APS kollektör pabucu aracın varlığını yere kodlanmış bir sinyal göndererek işaret eder. Sinyal, araç üstü elektronik cihaz tarafından üretilerek kollektör pabucuna entegre bir anten ile iletilir. Bu kodlanmış sinyal bir segment üzerinde sürekli ve güvenli bir şekilde algılanır. Böylece segmente enerji beslemesi için izin alınarak enerji beslemesi devam ettirilir. Bu prensibe dayanarak sadece aracın kapladığı alan içindeki segmentler enerji ile beslenir. Böylece yer üzerinde enerji verilen tüm yüzeyler, araç tarafından bütünüyle korunmuş olur.



Görsel 4.84: İki iletken segmentten cer enerjisi temini

Araç, alt kısmında yer alan kollektör pabuçlar yardımıyla akımı toplar. Kollektör pabuçlar arasındaki mesafe, nötr bölgenin uzunluğundan daha fazladır. Dolayısıyla en az bir tane kollektör pabucu enerjili iletken segment ile sürekli temas hâlindedir. Cer akımı dönüşü tekerlekler ve ray yardımıyla gerçekleşir. Enerji alan bir araç için enerji temin prensibi Görsel 4.84'te gösterilmiştir.

Tüm APS altyapısı yere gömülü olduğu için dışarda görünen bir yapı yoktur. Bu durum tren besleme sisteminin kamuya açık alan üzerindeki havai engellerin etkisini azaltır. APS altyapısı sayesinde tramvay hattı boyunca görülen havai engeller de ortadan kalkmış olur (Görsel 4.85).



Görsel 4.85: APS kollektör pabucu

4.4.2. Klasik Katener Sistem İle Aps Sisteminin Karşılaştırılması

APS sisteminin klasik havai katener sistemine göre üstünlükleri olduğu kadar olumsuz yönleri de vardır.

4.4.2.1. APS Sisteminin Havai Katener Sistemine Göre Üstünlükleri

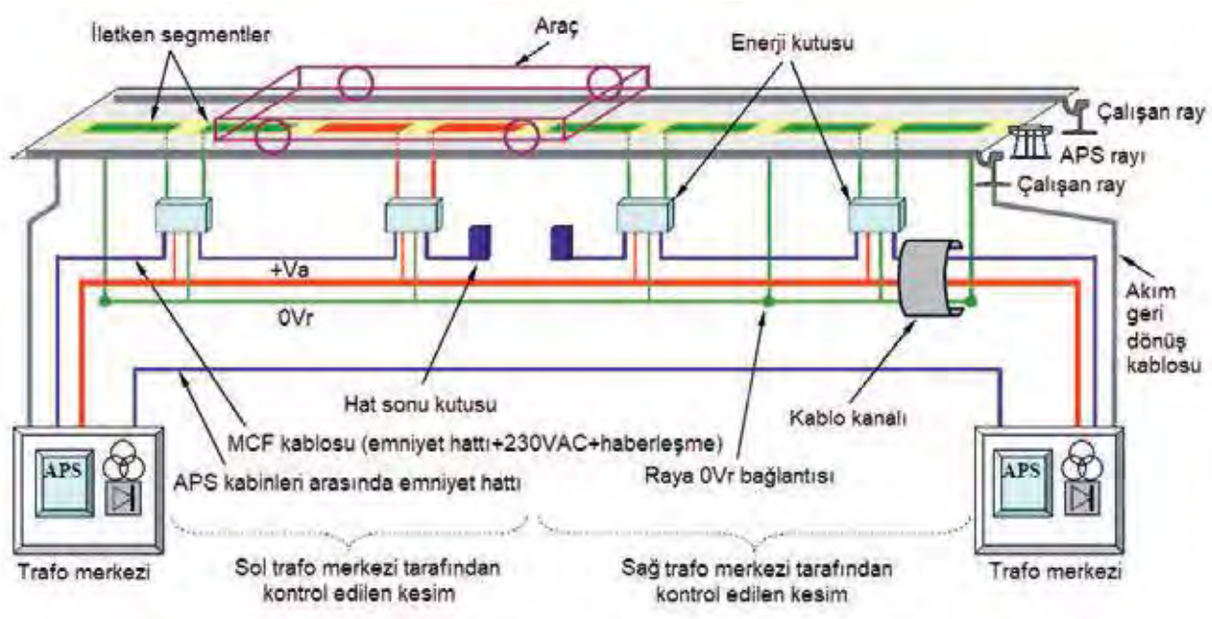
- APS sisteminde klasik havai katener sistemi yerine iki ray arasına belirli bir kot farkıyla yerleştirilen özel bir enerji rayı sayesinde aracın enerji beslemesi sağlanır.
- APS sistemi, özellikle tarihî ve turistik bölgelerde yaygın olarak kullanılır. Bu sistem sayesinde havai katener sistemlerinde görülen görüntü kirliliği oluşmaz, yaya geçişi engellenmez ve trafikte seyreden araçların katener direklerine çarpması gibi bir durum yaşanmaz.
- Havai katenerli sistemlerde hat gabarisi yüksektir. Peronlarda ve çevredeki inşaat çalışmalarında enerji kesilmesi ve havai hatlardan kaynaklanan işletme kayıpları fazladır. APS sisteminde bu tür olumsuzluklar yaşanmaz.
- Tramvaya sürekli enerji beslemesi yapıldığından istasyonlar arası mesafe ve katenersiz hat uzunluğu istenildiği gibi düzenlenebilir.

4.4.2.2. APS Sisteminin Havai Katener Sistemine Göre Olumsuz Yönleri

- APS sisteminde iklim şartları göz önünde bulundurulduğunda özellikle kış mevsiminde enerji rayının buzlanması sonucu temas kesilebilir. Bundan dolayı enerji beslemesi kesintiye uğrayabilir. Kış mevsiminin yoğun olarak yaşandığı şehirlerde buzlanma sorunu yaşanabilir. APS sistemi, kış aylarında kar ve tuzlama gibi durumlardan olumsuz etkilenebilir.
- APS sisteminin 11 metrelik enerji rayı ile 3 metrelik izoleli kısmında arklanma sorunu yaşanabilir.
- APS sisteminde hat yatırım maliyetinin normal konvansiyonel sistemde kullanılan ekipmanlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu görülür.
- APS sistemini deniz kenarında tesis etmek istendiğinde iki ray arasındaki gömülü sistemde korozyon etkisi görülebilir.

4.4.3. APS Sistemi Mimarisi

APS sisteminde tramvay ray hattının iki ray arasına belirli bir kot farkıyla yerleştirilen özel bir enerji rayı sayesinde tramvayın enerji beslemesi sağlanır (Görsel 4.86).



Görsel 4.86: APS mimarisi

Enerji kutuları, APS iletken segmentlerini cer gücü trafo merkezinden beslenen 750 V DC'yi enerjiye bağlar.

Standart sistemlerde olduğu gibi cer akımı geri dönüşlü çalışan raylarla ve hattaki eş potansiyel bağlantılarla sağlanır.

0Vr kablosu, raylar ve hatlar arasında bir eş potansiyel bağlantıya yakın olacak şekilde en yakın raya düzenli aralıklarla bağlanır. Bu kablo enerji kutusuna bir gerilim referansı verilmesini sağlar. Gerilim referansı yerel çalışma rayının gerilimine eşittir. 0Vr kablosu hiçbir zaman cer akımı geri dönüşünü sağlamak için kullanılmaz.

Aracın kapsadığı alan dışındaki APS iletken segmentleri, enerji kutuları üzerinden 0Vr kablosuna zorunlu olarak her zaman bağlı durumdadır.

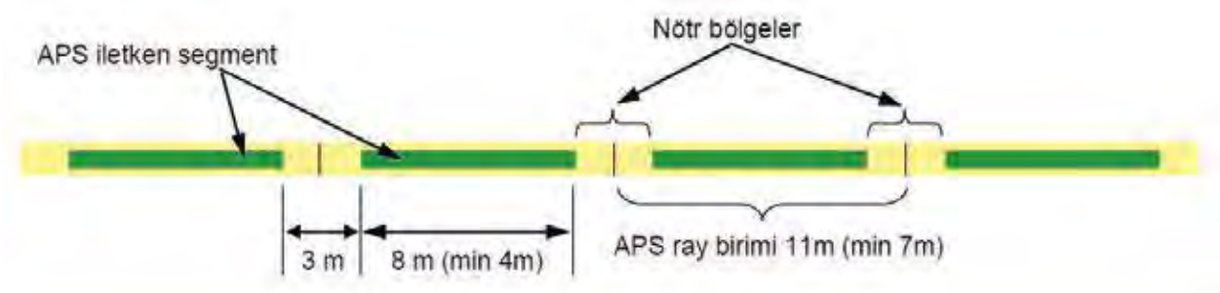
Emniyet hattı denilen bir kontrol devresi arıza durumu algılandığında bile APS devresinin her zaman emniyetli olmasını sağlar. Böyle bir durumda arıza giderilene veya izole edilene kadar emniyet hattı açılarak emniyetli durum korunur. Bu işlem, arıza tehlikeli bir durum oluşturmadan önce müdahale edilmesini sağlar. Emniyet hattı, hat sonu yayınlayıcısı ile gerçekleşir ve trafo merkezinde ilgili APS kabiniyle izlenir.

Enerjisiz kalan bölge kısaysa (örneğin 22 m), araç kendi hızıyla bu kesimi geçer. Araç enerji teminini algılar algılamaz cer gücü tekrar kazanılır ve tramvay normal hâline döner.

Enerjisiz kalan bölge aracın kendi hızıyla geçilemiyorsa (örneğin enerjisiz bölgenin çok uzun olması, tramvay düşük hızdayken bir rampa üzerinde olması ve istasyonda bulunması gibi) bu durumda tramvay durur. Makinist sadece sınırlı bir süreliğine cer modunu, APS araç üstü bataryaya manuel olarak geçirir. APS raylarından gelen cer, bir APS enerjili bölgesi algılanır algılanmaz tekrar kazanılır.

4.4.4. APS Rayları

Bir APS rayı, iletken bir segmentten ve nötr bölgelerden oluşur. APS rayları ya beton kiriş içine gömülür ya da direkt hat yapısına sabitlenir. İletken segmentin nominal uzunluğu 8 metredir ancak 4 metreye kadar düşürülebilir. Bu şekilde kente ait özel kısıtlamalara uyum sağlanabilir. Nötr bölgenin uzunluğu 3 metredir (Görsel 4.87).



Görsel 4.87: APS ray yerleşimi

4.4.5. Dağıtım Kutuları ve Bağlantı Kutuları

Her bir APS rayı, dağıtım ve bağlantı kutusuyla bir diğerine dönüşümlü olarak bağlanır.

Bağlantı Kutusu: İki APS rayı arasındaki bağlantıyı ve anten kablosunun çekilmesini sağlar.

Dağıtım Kutusu: Bağlantı kutuları ile aynı işlevi görür, ayrıca esnek boru yardımıyla enerji kutusundan APS rayına bağlantıyı da sağlar.

4.4.6. APS Menholleri

APS menholleri tüm hat boyunca tesis edilir. Enerji kutularının monte edildiği yerdir. Bu menhollerde enerji kutuları kullanılarak APS enerji temin besleyicilerine bağlanır. APS enerji temini besleyicileri, APS kablo kanalları içinden geçerek her bir APS menholünü birbirine bağlar (Görsel 4.88).



Görsel 4.88: APS menholündeki güç kutusu

Her bir APS menholü şunları içerir:

- Enerji kutuları (her menhol için en fazla iki tane)
- Pozitif (+) eş potansiyeller
- Negatif (-) eş potansiyeller
- Bağlantı kutuları (enerji kutuları ile enerji temin besleyicileri arasında)

Çift hatlarda APS menholleri raylar arasında yer alır. Tek hatta ise menholler tipik olarak rayın dışında yer alır. Bağlantı kablolarının uzunluğunu azaltmak amacıyla APS menholleri mümkün olduğunca dağıtım kutularının ön tarafına yerleştirilir.

4.4.7. APS Enerji Kutuları

Enerji kutuları APS menholleri içine tesis edilir (Görsel 4.89). Her bir enerji kutusu iki adet APS segmentine enerji beslemesi yapabilecek kapasitededir. Her enerji kutusunda yukarı ve aşağı yönlü segmentlerde tüm anahtarlama ve besleme cihazları bulunur.

Enerji kutusu tasarımı arızaya karşı emniyetli bir tasarımdır. Hiçbir arıza veya hata APS sisteminin emniyet seviyesini etkilemez yani enerji olmadığından dolayı her zaman emniyetli kalır. Ayrıca yedekte bekleyen ekipman da emniyetlidir sadece aktif devreler enerji segmentlerine gerilim sağlayabilir.



Görsel 4.89: APS enerji kutusu

4.4.8. APS Hat Sonu Kutuları

Hat sonu kutuları, bir APS yarı kesiminin sonuncu enerji kutusuna bağlanır.

Hat sonu kutusu şunları içerir:

- Bir adet toz ve su geçirmez kılıf
- Emniyet hattıyla taşınan kare dalga sinyali yayınlayıcısı
- Bir MFC konnektörü yardımıyla PB'ye bağlanacak kutu içinde direkt yapılan kablo
- MFC kablosunun sonunda 230 V besleme seviyesi sağlayan bir adet izleme ve haberleşme birimi

Hat sonu kutusunun elektronik bileşenleri, MFC kablosundan 230 V AC elektronik enerji temini üzerinden beslenir (Görsel 4.90).



Görsel 4.90: APS hat sonu kutusu

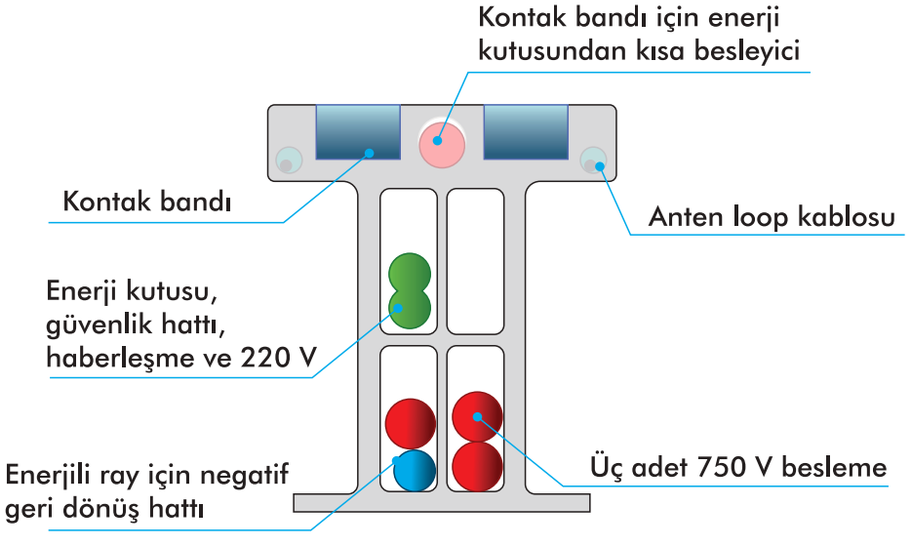
4.4.9. APS Enerji Kabloları

APS sistemi aşağıdaki enerji kablolarını içerir:

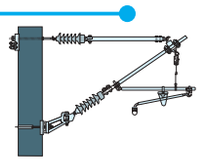
- Pozitif (+) besleme akımı (+Va besleyicileri)
- Çalışan raya bağlantıyı sağlayan koruma kablosu (0Vr)
- +Va besleyicileri ile enerji kutusu arasındaki bağlantı kabloları
- 0Vr ile enerji kutusu **0Vr bağlantısı** arasındaki bağlantı kabloları
- Enerji kutusu ile iletken segment **+Va segmenti** arasındaki bağlantı kabloları

4.4.10. APS Rayının Yapısı

APS rayının yapısı incelendiğinde sadece metal olmadığı içerisinde sisteme ait ekipmanların da olduğu görülür (Görsel 4.91).



Görsel 4.91: APS rayı yapısı



4.4.11. APS Sisteminin Bakımı

APS sisteminin bakımı belirli periyotlarla yapılır. Önleyici ve düzeltici bakım olarak ikiye ayrılır.

4.4.11.1. Önleyici Bakım

Önleyici bakımda temizlik, ayarlar ve standart değişimlerin yanı sıra özellikle ekipmanın performans kontrolü yapılır. İşletim süresine göre önceden belirlenen program dâhilinde korumalar, güvenlik üniteleri gibi çeşitli işlemler gerçekleştirilir.

Önleyici bakım işlemi; malzemelerin ve donanımların gözle kontrolleri, aşınma göstergeleri, seviye ölçüm cihazları ve tanılama sistemleri gibi çeşitli süreçlere göre belirlenebilir.

4.4.11.2. Düzeltici Bakım

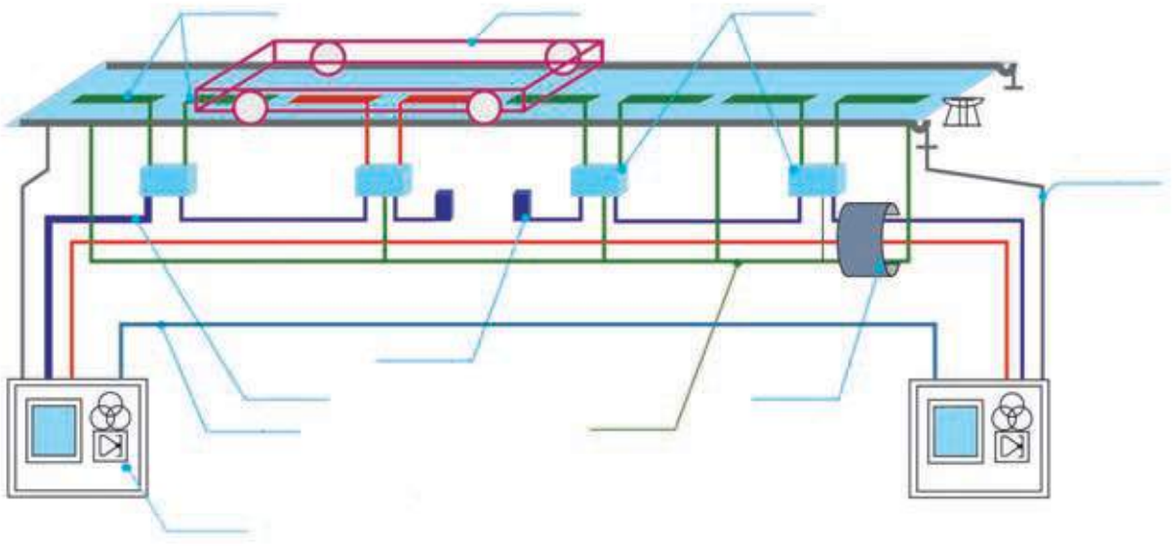
Ekipman veya parçaların arızadan sonra yapılan tüm bakım işlemlerini içerir. Ekipman açılmadan veya modül sökülmeden önce basit işlemler yapılır. Ekipmanın veya fonksiyonel modülün standart değişimi yapılır fakat özel ayarlar yapılmaz. Ayar veya özel aletlerin kullanımını gerektiren ekipmanların değişimi ayrıca mevcut bilgilerden başlayarak arızanın yerinde tespiti ve teşhisi de gerçekleştirilir. Ekipmanın içindeki alt takımların veya parçaların değişimi, ölçüm cihazlarının ayarlanması veya kalibrasyonu, ekipmanın onarımı ve parçaların değişimi faaliyetlerinin tamamı düzeltici bakım içerisinde yer alır.

TEMRİN ADI APS SİSTEMİ DONANIMLARI | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:4.15**

AMAÇ

APS sistemine ait donanımları tanımak.

UYGULAMAYA AİT GÖRSEL



Görsel 4.92: APS sistemi mimarisi

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.92'deki APS sisteminin ok ile gösterilen donanımlarını yazınız.
3. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

SORULAR

Ülkemizde APS sistemi hattı bulunan yerler nerelerdedir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	Donanımların doğru yazılması	60	
Sınıfı :	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
No. :	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
ÖĞRETMEN			
Adı-Soyadı:			
İmza :	TOPLAM PUAN	100	

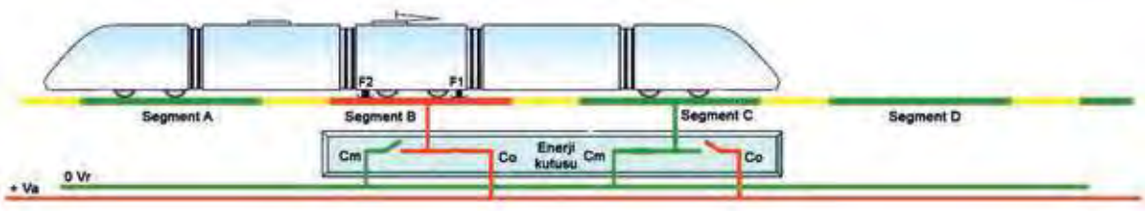
UYGULAMA YAPRAĞI

TEMRİN ADI APS SİSTEMİ İŞLETİMİ | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:4.16**

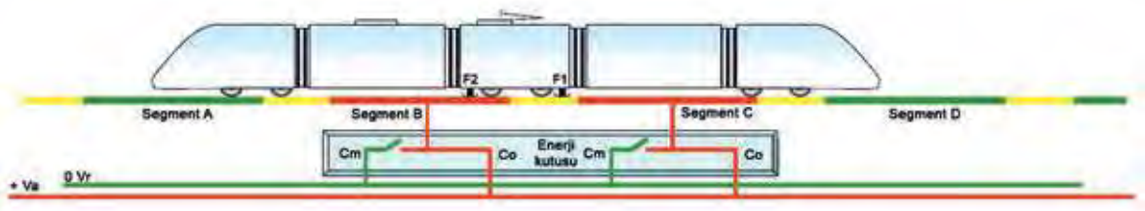
AMAÇ

APS sistemi çalışma mantığını kavramak.

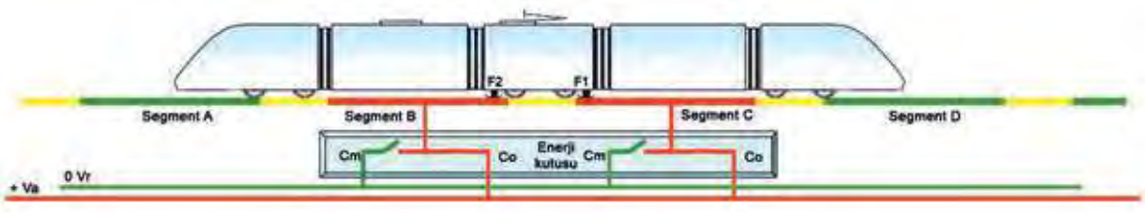
UYGULAMAYA AİT GÖRSELLER



Görsel 4.93: APS işletim döngüsü 1



Görsel 4.94: APS işletim döngüsü 2



Görsel 4.95: APS işletim döngüsü 3

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Görsel 4.93, 4.94 ve 4.95'te APS sisteminin işletim çalışması gösterilmiştir. Araç hareket hâlindeyken enerji alan kollektör pabuçlarını yazınız.
3. Araç hareket hâlindeyken enerji olan segmentleri yazınız.
4. Araç hareket hâlindeyken hangi segmentlerin 0Vr, +Va bağlantılı olduklarını yazınız.
5. Kullanmış olduğunuz malzemeleri toplayınız.

TEMRİN ADI APS SİSTEMİ İŞLETİMİ | **SÜRE:40 Dakika** | **Temrin No.:4.16**

APS İşletim Döngüsü 1									
Enerji olan pabuçlar		Enerji olan segmentler				Segmentlerin 0Vr ve +Va'ya bağlantısı			
F1	F2	A	B	C	D	A	B	C	D

APS İşletim Döngüsü 2									
Enerji olan pabuçlar		Enerji olan segmentler				Segmentlerin 0Vr ve +Va'ya bağlantısı			
F1	F2	A	B	C	D	A	B	C	D

APS İşletim Döngüsü 3									
Enerji olan pabuçlar		Enerji olan segmentler				Segmentlerin 0Vr ve +Va'ya bağlantısı			
F1	F2	A	B	C	D	A	B	C	D

SORULAR

APS sisteminin tercih edilme nedenleri nelerdir?

ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		
Adı-Soyadı:	APS işletim döngüsü 1'in doğru yapılması	20	
Sınıfı :	APS işletim döngüsü 2'nin doğru yapılması	20	
No. :	APS işletim döngüsü 3'ün doğru yapılması	20	
ÖĞRETMEN	Çalışma ortamının temizliği ve düzeni	20	
Adı-Soyadı:	Verilen süre içerisinde işin yapılması	20	
İmza :	TOPLAM PUAN	100	



A) Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa cümleler doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız. Yanlış olan cümlelerin altına doğrularını yazınız.

1. (…) Her araçta yalnızca bir adet akım pabucu bulunur.
.....

2. (…) Rijit katener siteminde kullanılan koruyucu plastik kapaklar alüminyum profili toz, rutubet ve yer altı sularından korur.
.....

3. (…) Üçüncü ray, trenlerin genelde gidiş yönüne göre sağında bulunur.
.....

4. (…) Rampalar, kollektör pabucunun iletken rayın bir kesiminden diğerine yumuşak bir şekilde geçmesini sağlar.
.....

5. (…) Bir APS rayı sadece iletken bir segmentten oluşur.
.....

6. (…) Hat sonu kutuları, bir APS rayı kesiminin sonuncu enerji kutusuna bağlanır.
.....

7. (…) Açıklık iki direk arasındaki mesafedir.
.....

8. (…) Direk üzerine sabitlenen konsollar bakır borulardan oluşur.
.....

9. (…) Tünel ve köprü altlarında bulunan şezler standart birer imalattır.
.....

10. (…) Portör teli seyir telini taşıyan teldir.
.....

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

11. Direğin değiştirilmesi gerektiği durumlarda ..... kırıldıktan sonra direk değiştirilir.

12. Konvansiyonel katener ile rijit katenerin geçiş noktalarını birleştirmek, yumuşak geçiş sağlamak ve mekanik gerilim nedeniyle kontak telinin kopmasını önlemek için ..... kullanılır.

13. Üçüncü rayı taşımakta kullanılan ..... başlıca görevi, elektrik enerjisinin toprağa ve taşıyıcı raylara atlamasını önlemektir.

14. Daha çok tramvay üreticilerinin kendi araç sistemlerine özgü tasarladığı ve üretimini yaptığı özel sistemlere ..... denir.

15. Temele direğin oturtulması için beton içine konan ve beton donduktan sonra çıkartılan bir kalıp şekline ..... denir.

C) Aşağıdaki sorulara uygun doğru seçeneği işaretleyiniz.

16. Aşağıdakilerden hangisi trenlere elektrik enerjisi aktarma yöntemlerinden biri değildir.
A) Katener
B) Rijit katener
C) Üçüncü ray
D) APS
E) Ankraj

17. Elektrikli trenlerin pantografları vasıtasıyla enerji aldıkları tel hangisidir?
A) Fider teli
B) Toprak teli
C) Çelik tel
D) Portör teli
E) Seyir teli

18. Katener sisteminin sadece kontak telinden oluşması durumunda en fazla kaç km/h hız yapılabilir?
A) 50
B) 60
C) 70
D) 80
E) 90

19. Hızlı tren hattında kullanılan seyir teli kesiti kaç mm² dir?
A) 100
B) 107
C) 110
D) 120
E) 150

20. Y halatı TCDD tesislerinde hangi ölçüde örgülü bakır telden yapılır?
A) 15 mm²
B) 20 mm²
C) 25 mm²
D) 30 mm²
E) 35 mm²

21. Aşağıdaki sistemlerin hangisinde portik supl kullanılmaz?
A) Hızlı trenler
B) Tramvay
C) Metro
D) Raybüs
E) Hafif metro

22. Kuvvet ya da moment etkisi altında şekil değiştirmeyen, formunu koruyan terimin ismi nedir?
A) Portik
B) Supl
C) Rijit
D) Katener
E) Üçüncü ray

23. Telleri direklerde sonlandırmak için kullanılan yöntemin ismi nedir?
A) Portik
B) Ankraj
C) Hoban
D) Dezeksman
E) Supl

24. Katener direklerinin tepe noktasının kuvvetlendirilmesi için kullanılan halata ne denir?
A) Portik
B) Supl
C) Lente
D) Katener
E) Rijit

25. Portik supl direkleri arasında en fazla kaç yol kateneri bulunur?
A) 3
B) 4
C) 5
D) 6
E) 7



26. Aşağıdakilerden hangisi rijit katener sisteminde kullanılan bileşenlerden biri değildir?

A) Kontak teli
B) Portör teli
C) Alüminyum profil
D) Bağlantı plakaları
E) Destek izolatörleri

27. Aşağıdakilerden hangisi üçüncü rayın özelliklerinden biri değildir?

A) Ray hattının hem sağında hem de solunda olabilir.
B) İnsanlar için güvenlik sorunları oluşturmaz.
C) Bakım ve onarımı diğer sistemlere göre daha kolaydır.
D) Ray hatları estetik yönden daha kullanışlıdır.
E) Kurulum maliyeti düşüktür.

28. Aşağıdakilerden hangisi akım pabuçlarının temas yönlerinden biri değildir?

A) Üstten
B) Arkadan
C) Korumalı üstten
D) Yandan
E) Alttan

29. Aşağıdakilerden hangisi APS sisteminin olumsuz yönlerinden biri değildir?

A) Kış mevsiminde enerji rayı buzlanır.
B) 11 metrelik enerji rayı ile 3 metrelik izoleli kısımda arklanma sorunu yaşanır.
C) Hat yatırım maliyetleri yüksektir.
D) Deniz kenarındaki hatlarda iki ray arasındaki gömülü sistemde korozyon görülür.
E) Katener hattı yoktur.

30. APS menhollerinde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?

A) Enerji kutuları
B) Trafo merkezleri
C) Pozitif eş potansiyeller
D) Negatif eş potansiyeller
E) Bağlantı kutuları

BASILI KAYNAKÇA

Adnan PEŞİNT, **Elektrik Santralları Enerji İletimi ve Dağıtımı**, MEB Basımevi, 6.basım, İstanbul, 1995.

A. Hikmet FIRAT, **Yüksek Gerilim Elemanları ve Devre Şemaları**, Ey Yayınevi, İstanbul, 1979.

Bülent YILDIZ, **Elektrik Enerji Sistemlerindeki Üretim Elemanlarının Korunma Tekniğindeki Gelişmeler**, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1989.

Ersoy TUNÇAY, **Elektrik-Elektronik Ölçme ve Esasları (4. bs.)**, Güven Mücellit Matbaacılık, İstanbul, 2017.

Eyüp KILINÇ, **Endüstriyel Elektrik 1**, Color Ofset Tesisleri, Kahramanmaraş, 2003.

Eyüp KILINÇ, **Endüstriyel Elektrik AŞ**, Ofset Matbaacılık, Kahramanmaraş, 2000.

Halil ULUSOY, **Yüksek Gerilim Elektrik Malzemeleri ve Testleri**, Akay Ofset Matbaa, Ankara, 1993.

Mustafa BAYRAM, **Elektrik Tesisleri Laboratuvar Deneyleri**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1999.

Mustafa BAYRAM, **Elektrik Tesisleri İle İlgili Sorular ve Çözümler**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1999.

Mustafa ÜSTÜNEL, Mahir ALTIN, Mehmet KIZILGEDİK, **Endüstriyel Elektrik**, MEB Yayınları OSTİM Mesleki Eğitim Merkezi, Ankara, 2001.

Mustafa ÜSTÜNEL, Mahir ALTIN, Mehmet KIZILGEDİK, **Koruma Röleleri**, Ostim Mesleki Eğitim Merkezi, Ankara, 2001.

Muzaffer ÖZKAYA, **Yüksek Gerilim Tekniği**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1996.

Muzaffer ÖZKAYA, **Yüksek Gerilim Tekniği, Cilt 2**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.

Raylı Sistemler Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı, Ankara, 2020.

Salih SARISAKAL, **Rijit Katener Sisteminin Modellenerek Yolcu Üzerindeki Elektrik ve Manyetik Alan Etkisinin İncelenmesi**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.

Serdar ASLAN, **Katenersiz Tramvay Sistemleri ve Eminönü-Alibeyköy Uygulaması**, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2016.

Serdar ŞENOL, **Raylı Sistemler ve Levent-Hisar üstü Metro Projesinde Cer Gücü Beslemesi**, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Seminer Tezi, İstanbul, 2014.

TMMOB EMO, **Elektrik Yüksek Gerilim Tesislerinde İşletme Sorumluluğu Eğitimi Seminer Notları**, EMO Yayınları, İzmir, 2002.

TMMOB EMO, **Orta Gerilim Transformatör Merkezlerinin Tasarımı**, EMO Yayınları, İzmir, 1988.

Yazım Kılavuzu, **Türk Dil Kurumu Yayınları**, 27. Baskı, Ankara, 2012.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

https://sozluk.gov.tr/

https://www.tdk.gov.tr/

https://www.tcdd.gov.tr/

https://www.tcddtasimacilik.gov.tr/

https://www.metro.istanbul/

http://rijitkatener.com/

https://www.demulas.com.tr/tr/

https://www.tepsan.com.tr/

https://www.tedas.gov.tr/

https://www.besttransformer.com/

http://www.lmz.com.tr/

https://evaelektromekanik.com/

https://www.alce-elektrik.com.tr/tr/

https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-trafolari/hermetik-tip-trafo-4305/#:%7E:text=Herme%ED%AF%80%ED%B6%9Fk%20trafo%2C%20%C3%A7ekirdek%20ve%20bobin (Erişim tarihi: 18.10.2020, saat:22.16)

https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/trafolarda-kademe-degistirme-islemi-nasil-yapilir/22050#adimage-0, Muhammed Ali BEYAZIT, Trafolarda Kademe Değiştirme İşlemi Nasıl Yapılır? (Erişim tarihi: 28.10.2020, saat 21.05)

https://web.itu.edu.tr/kalenderli/Yuksek_Gerilim_Elemanlari_Kalenderli.pdf (Erişim tarihi: 22.11.2020, saat: 20.30)

https://gemta.com.tr/genel-katalog (Erişim tarihi: 22.12.2020, saat: 21.30)

http://www.polipar.com.tr/kataloglar (Erişim tarihi: 22.12.2020, saat: 21.30)

https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/dunden-bugune-turkiye-nin-elektrik-seruveni--1-bolum/18501#ad-image-0 (Erişim tarihi: 01.05.2021, saat 15.50)

https://www.hurriyet.com.tr/galeri-dunyanin-asiri-hizli-10-treni-40543110/22

https://tr.wikipedia.org/wiki/Tren (Erişim tarihi: 22.12.2020, saat: 21.30)

https://tr.wikipedia.org/wiki/H%C4%B1zl%C4%B1_tren (Erişim tarihi: 21.11.2020, saat: 20.00)

https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara-Konya_Y%C3%BCksek_H%C4%B1zl%C4%B1_Treni (Erişim tarihi: 10.12.2020, saat: 15.30)

https://tr.wikipedia.org/wiki/H%C4%B1zl%C4%B1_tren#:~:text=T%C3%BCrkiye'de%20h%C4%B1zl%C4%B1%20tren,-Ana%20madde%3A%20Y%C3%BCksek&text=23%20Nisan%202007%20tarihinde%20Hatt%C4%B1n,1%20saat%2025%20dakikaya%20d%C3%BC%C5%9F%C3%BCrm%C3%BC%C5%9Ft%C3%BCr. (Erişim tarihi: 28.10.2020, saat: 10.00)

GÖRSEL KAYNAKÇA

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2474

CEVAP ANAHTARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ

A) Doğru-Yanlış Sorularının Cevapları

1. D
2. D
3. Y En iyi iletken gümüştür.
4. Y Altın fiziksel olarak en dayanıklı iletkendir.
5. D
6. Y Gerilimi voltmetre ile ölçeriz.
7. D
8. D
9. Y Miliamper akımın ast katıdır.
10. Y Elektroliz düzeneğinde eksi uç katottur.

B) Boşluk Doldurma Sorularının Doğru Cevapları

11. DC kaynağa
12. gerilim
13. elektrik
14. seri
15. şiddeti
16. akım
17. dört elektron
18. zamana
19. ani değer
20. yüksüz

C) Test Sorularının Cevapları

21. D
22. E
23. A
24. B
25. D
26. E
27. C
28. B
29. C
30. A

CEVAP ANAHTARI

2. ÖĞRENME BİRİMİ

A) Doğru-Yanlış Sorularının Cevapları

1. D
2. Y
3. Y
4. D
5. D

B) Boşluk Doldurma Sorularının Doğru Cevapları

6. haberleşme sistemi
7. elektrifikasyon
8. transformatör merkezi
9. istasyon postası
10. Sirkeci-Halkalı

C) Test Sorularının Cevapları

11. E
12. E
13. B
14. D
15. D

CEVAP ANAHTARI

3. ÖĞRENME BİRİMİ

A) Doğru-Yanlış Sorularının Cevapları

1. D
2. D
3. Y Gerilim ölçü transformatörleri, gerilimi ölçülecek devreye paralel bağlanır.
4. Y Ayırıcılarda devreden akım geçerken kesinlikle açma-kapama işlemi yapılmaz.
5. D
6. Y Enerji iletim hattı ile toprak arasına paralel bağlanır.
7. Y Her faz için bir parafudr bağlanır.
8. Y Tekrar kullanılamaz.
9. Y Sigorta attığında bir pim kuvvetle dışarı itilir.
10. D

B) Boşluk Doldurma Sorularının Doğru Cevapları

11. röle
12. empedans rölesi
13. zaman gecikmeli röle
14. Mesafe koruma
15. diferansiyel röle
16. termistör rölesi
17. 154000-27500
18. redresör
19. kontrol ve kumanda merkezi
20. iç ihtiyaç trafoları

C) Test Sorularının Cevapları

21. C
22. D
23. B
24. E
25. D
26. C
27. A
28. A
29. C
30. C

CEVAP ANAHTARI

4. ÖĞRENME BİRİMİ

A) Doğru-Yanlış Sorularının Cevapları

1. Y
2. D
3. Y
4. D
5. Y
6. D
7. D
8. Y
9. Y
10. D

B) Boşluk Doldurma Sorularının Doğru Cevapları

11. çember betonu
12. yay profili
13. izolatörler
14. APS sistemi
15. karot

C) Test Sorularının Cevapları

16. E
17. E
18. B
19. D
20. D
21. D
22. C
23. B
24. C
25. D
26. B
27. B
28. B
29. E
30. B