

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

YER ALTI ENERJİ HATLARI
522EE0132

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iv
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. YER ALTI ENERJİ KABLOLARI.....	3
1.1. Enerji Kabloları.....	3
1.1.1. Tanımı.....	3
1.1.2. Kablo ve İletkenlerin Yapı Elemanları	4
1.1.3. Yalıtkan Cinsleri Özellikleri.....	6
1.1.4. Kablo Sembolleri ve Anlamları (Harmonize Sistemde)	7
1.1.5. Kablo Damar ve Dış Kılıf Renkleri	14
1.1.6. Kablo Seçimi Ölçütleri	16
1.1.7. Kullanım Yerlerine Göre Çeşitleri, Yapıları, Özellikleri.....	39
1.2. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	48
UYGULAMA FAALİYETİ	52
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	54
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	56
2. YER ALTI ENERJİ KABLOLARI ÇEKİMİ	56
2.1. Kabloların Yer Altından Döşenmesinin Nedenleri	56
2.1.1. Yer altı Enerji Hatlarının Üstünlükleri	57
2.1.2. Yer Altı Enerji Hatlarının Sakıncaları	57
2.2. Kablo Güzergâhının Belirlenmesi.....	57
2.2.1. Şehir Dışında Kablo Güzergâhı Belirlenmesi.....	57
2.2.2. Şehir İçinde Kablo Güzergâhı Belirlenmesi	58
2.3. Yer Altı kablolarının Döşenme Yerine Taşınması	59
2.4. Yer Altı Kablolarının Döşeme Yerine Serilmesi	60
2.5. Yer Altı Kablolarının Döşenme Yöntemleri	62
2.5.1. Yer Altı Kablolarının Toprak İçine Döşenmesi.....	62
2.5.2. Yer Altı Kablolarının Su Altına Döşenmesi	69
2.5.3. Yer Altı Kablolarının Bina İçine Döşenmesi.....	82
2.6. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	85
UYGULAMA FAALİYETİ	87
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	89
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	91
3. KABLO BAŞLIKLARI	91
3.1. Kablo Başlığı Tanımı ve Görevi	91
3.2. Kablo Başlığı Çeşitleri ve Yapıları	92
3.2.1. Dâhilî Tip Kablo Başlıkları	92
3.2.2. Haricî Tip Kablo Başlıkları	93
3.3. Kablo Başlığı Montajı.....	94
3.3.1. Dâhilî Tip Kablo Başlığı Montajı	94
3.3.2. Haricî Tip Kablo Başlığı Montajı	103
3.4. Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	109

UYGULAMA FAALİYETİ	110
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	112
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	113
4. YER ALTI ENERJİ HATTI BAĞLANTILARI	113
4.1. Yer Altı Kabloları Bağlantı Yerleri.....	113
4.2. Enerji Hatlarının Etrafındaki Tesislere Yaklaşım Mesafeleri	114
4.3. Yer Altı Enerji Kablolarının Bağlantı Yöntemi	115
4.3.1. Yer Altı Kablolarına Pabuç Takılması.....	115
4.3.2. Yer Altı Kablo Bağlantılarında Dikkat Edilecek Hususlar	117
4.3.3. YG Yer Altı Kabloları Metal Kılıflarının Topraklanması	121
UYGULAMA FAALİYETİ	124
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	126
MODÜL DEĞERLENDİRME	127
CEVAP ANAHTARLARI	129
KAYNAKÇA	131

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0132
ALAN	Elektrik-Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Yüksek Gerilim Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Yer Altı Enerji Hatları
MODÜLÜN TANIMI	Yer altı enerji hatlarının kablo özellikleri kablo çekimi ve kablo bağlantıları ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Alan ortak modüllerini başarmış olmak
YETERLİK	Yer altı enerji hatlarını çekmek
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç</p> <p>Bu modül ile her türlü yerde TSE ve uluslararası standartlara, şartnamelere, kuvvetli akım ile topraklamalar yönetmeliğine uygun ve hatasız olarak yer altı enerji hattı enerji kablolarını seçebilecek, kabloları çekebilecek, kablo başlığı takabilecek ve kablo bağlantılarını yapabileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Standart ve yönetmeliklere uygun yer altı enerji hattı kablolarını hatasız olarak seçebileceksiniz.2. Standart ve yönetmeliklere uygun yer altı enerji hattı kablolarını hatasız olarak çekebileceksiniz.3. Standart ve yönetmeliklere uygun kablo başlığı montajını hatasız olarak yapabileceksiniz.4. Standart ve yönetmeliklere uygun yer altı enerji hattı kablo bağlantılarını hatasız olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortam: Atölye ortamı, takımhane</p> <p>Donanım: Enerji kablo çeşitleri, kablo pabuçları, kablo soyma gereçleri, dâhilö ve haricî kablo başlığı montaj araç gereçleri, anahtar takımları, tornavidalar, pense, kablo pabuç pensesi, izolebant, kablo kanalları, kablo bağı ve spirali, topraklama elemanları, malzeme katalogları, baret, eldiven, ölçü aletleri, projeksiyon, slayt, tepegöz</p>

**ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME**

Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.
Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Çağımızda teknolojik gelişmeler çok hızlı bir biçimde olmaktadır. Hızlı gelişmeler özellikle elektrik elektronik alanında daha çok görülmektedir. Bunun için siz elektrik elektronik alanı öğrencilerinin teknolojik gelişmeleri daha dikkatle takip etmeniz gerekmektedir.

Elektrik enerjisinin üretildiği santraller çoğu zaman tüketim bölgelerinden uzakta kurulur. Bu sebeple elektrik enerjisinin üretildiği yerlerden tüketim bölgelerine taşınması gereklidir. Günlük hayatta pek çok kullanma alanı bulunan elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımının ekonomik bir şekilde yapılabilmesi enerji alanında en önemli konulardan biridir. Önceleri yalnız aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisi daha sonraları pek çok alanda kullanılmaya başlanması ve enerjinin stratejik bir unsur olmasıyla iletim ve dağıtım sistemlerinin önemi de artmıştır. Elektrik enerjisi genel olarak alternatif akımla taşınır. Bununla birlikte bazı özel durumlarda doğru akımla da enerji taşınmaktadır.

Enerji iletimi ve dağıtımının gelişmesinde en önemli adım, transformatörün bulunuşu olmuştur. Trafo yardımıyla elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtımı kolaylaşmış böylece daha çok kullanılabilir duruma gelmiştir. Medeniyetin hızla gelişmesi ile artan elektrik enerjisi istekleri daha büyük güçleri, taşınacak gücün fazlalığı ise daha büyük gerilimleri gerektirmiştir. Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinde elektrik enerjisinin çok büyük katkısı vardır. Ülkelerin kalkınmasındaki bu itici güç, ne kadar çok yaygınlaşır ve ne kadar çok kullanılırsa kalkınmada o kadar başarıya ulaşmış olacaktır.

Genellikle yerleşim merkezlerinde enerji dağıtımı ve iletimini yer altından sağlamak için yer altı kabloları kullanılır. Havai hatlara göre tesis masrafları daha pahalıdır. İşletme güçlükleri de olmasına rağmen kullanılmaları hâlinde avantajları da vardır. Yol, cadde ve meydanların estetiği bozulmaz. Direklere ve bunun getirdiği donanımlara gerek kalmaz. Yol, cadde ve meydanların durumuna göre düz ya da kavis yapma olanağı vardır. Atmosferik (yıldırım, fırtına vb.) etkilere maruz kalmaz. Yerleşim sahalarında can ve mal güvenliği açısından havai hatlara göre daha emniyetlidir.

Elektrik enerjisi nasıl çok önemli ise enerjinin taşınma şekli de ayrı derecede önemlidir. Bu modülümüzde elektrik enerjisinin nakil yöntemlerinden olan yer altı enerji hatları tüm yönleriyle incelenecektir.

Modülü başarıyla bitirdiğinizde yer altı enerji hatları ile ilgili bilgi ve becerileri kazanacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Standart ve yönetmeliklere uygun yer altı enerji hattı kablolarını hatasız olarak seçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kablo sembolleri ve anlamlarını araştırınız.
- Kablo yalıtkan sınıflarını araştırınız.
- Kablo damar ve dış kılıf renklerini araştırınız.
- Yer altı enerji hattı kablolarını araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı, elektrik malzemeleri satan iş yerleri, çevrenizde varsa eğer kablo imalat sanayisini gezmeniz ve kablo ürün kataloglarını incelemeniz gerekmektedir. Bu araştırmaları yaparken güvenlik tedbirleri alınması gereken yerlerde güvenlik tedbirlerinin alınmasına dikkat ediniz. Araştırmanızı rapor hâline getirerek arkadaşlarınıza sununuz.

1. YER ALTI ENERJİ KABLOLARI

1.1. Enerji Kabloları

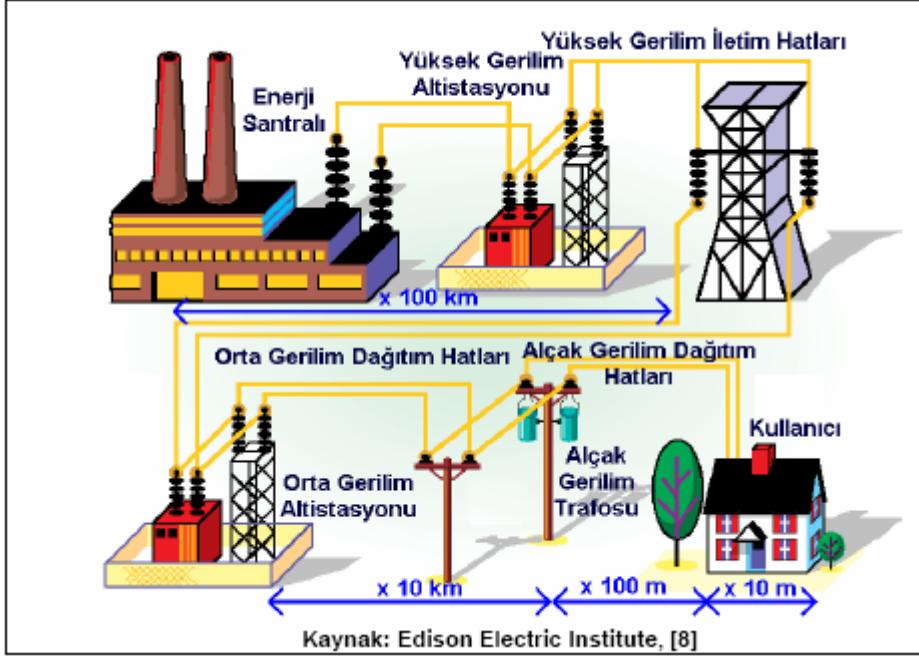
Enerji kablolarının tanımı, yapısı aşağıda açıklanmıştır.

1.1.1. Tanımı

Elektrik enerjisini ileten, iki elektrik cihazını birbirine elektriksel olarak bağlayan elektriksel olarak yalıtılmış bir veya daha fazla damardan meydana gelen elektrik malzemesine enerji kablosu denir. Kablo iletkeni, tavllanmış çıplak yuvarlak elektrolitik bakır tellerden veya alüminyum tellerden burularak yapılır. 16 mm² ve daha büyük kesitlerdeki iletkenler sıkıştırılmış olmalıdır. İletken sayısına göre tek iletkenli ve çok iletkenli olarak imal edilir.

Kimyevi etkenlere karşı dayanıklılığı iyidir. Ayrıca su emmeyen ve geçirmeyen dış kılıf yalıtkanıyla her türlü ortam şartlarına büyük bir uyum sağlayabilmektedir.

Birçok ülke artan bir biçimde alüminyum iletkenli kabloların kullanımını benimsemiştir.



Şekil 1.1: Elektrik enerjisinin örnek iletim ve dağıtım prensip şekli

1.1.2. Kablo ve İletkenlerin Yapı Elemanları

Kablo yapımında kullanılan elemanların neler olduğunun bilinmesi gerekir. Kablo ve iletkenlerin yapı elemanları tanım ve görevleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. (Tablo 1.1'e bakınız.).

Damar: Core:	Kablonun yalıtılmış olan iletkenidir.
İletken: Conductor:	Elektrik enerjisini ileten tel veya tel demetidir.
Yalıtkan kılıf: Insulating sheath:	Damar iletkenini yalıtın bir kılıftır.
Ayrırcı kılıf: Seperating sheath:	Üst üste gelen ayrı metallere arasına konulan yalıtkan kılıftır.
Dış kılıf: Outer sheath:	Kabloyu dış etkenlerden koruyan ve kablonun en dışında bulunan kılıftır.
Zırh: Armour:	Kabloyu mekanik etkilerden koruyan yassı veya yuvarlak tellerle yapılmış örgü veya sargıdır.
Ortak kılıf: Filling:	Çok damarlı kablolarda damar demetini içine alan ve damar demetine istenilen çevre biçimini vermeye yarayan kılıftır.

Tablo 1.1 a: Kablo ve iletkenlerin yapı elemanları

Yarı iletken siper: Semi-conductive layers:	Damar iletkeni ile yalıtkan kılıf arasında ve yalıtkan kılıfın üzerine gelen yarı iletken maddeden yapılmış bir tabakadır.
Sıkıştırılmış iletken: Compacted conductor:	Tellerin arasındaki boşlukların azaltılarak iletken çapının ve kesitinin geometrik boyutlarını küçültmek için sıkıştırılmış olan çok telli burulmuş bir iletkenidir.
Konsantrik iletken: Concentric conductor:	Bir damarlı, kablolarda yalıtkan kılıfın (gerektiğinde yarı iletken siperin) çok damarlı kablolarda genel olarak ortak kılıfın üzerine gelen bakır tel veya bakır şeritlerin oluşturduğu, kablo boyunca helisel biçimli bir sargıdır.
Kılıf: Sheath:	İletkeni elektriksel, mekanik ve kimyasal bakımdan korumak ve yalıtım için kullanılan iletken damar ve damar gruplarını içine alan kaplamadır.
Çok damarlı kablo: Multi-core cable:	Çok damarlı kablo, damar sayısı birden çok olan kablodur.
Kör damar: Blind core:	Çok damarlı kablolarda damarlar arası boşlukları doldurmak ve kabloya uygun bir biçim verilmesini kolaylaştırmak için kullanılan yalıtkan malzemeden yapılmış iletkeniz damardır.
Metal siper: Metallic screen:	Metal siper, her damarın veya ortak kılıfın üzerine gelen bakır tel veya şeritten yapılmış bir sargıdır.
Tutucu sargı: Helix tape:	Tutucu sargı, metal siperin veya zırhın üzerinde bulunan ve bunların dağılmasını önleyen bakır veya galvaniz çelik şeritlerle ya da plastik şeritlerle yapılmış sargı veya sargılardır.

Tablo 1.1.b: Kablo ve iletkenlerin yapı elemanları

1.1.3.Kablo Üretim Standartları

Kablo bakır ve alüminyum iletkenleri

- TS:Türk standartları
- IEC: International electrotechnical commission (Uluslar arası elektroteknik komisyonu)
- VDE: Alman standartları
- BS: British standards (İngiliz standartları)

Standartları tarafından belirtilen esaslara göre tek telli, çok telli, ince çok telli, çok telli sıkıştırılmış dairesel ve çok telli sıkıştırılmış sektör (damar iletkeni kesidi daire kesmesi biçimli olan kablo) formunda imal edilir.

Bakır iletkenler olarak som elektrolitik (sert) bakır tel 1-4 mm çapları arasında TS-2 standardına göre üretilmektedir. Tavlanmış elektrolitik bakır teller (yumuşak) 0,15-4 mm çapları arasında TS-18 standartlarına göre üretilir. Kablo üretiminde kullanılacak olan iletkenler (örgülü) 0,5-630 mm² kesit aralığında TS- 6570 ve IEC 60228 standartlarına göre üretilir.

1.1.3. Yalıtkan Cinsleri Özellikleri

Günümüzde termoplastik yalıtkanlı kablolar kullanılmaktadır. Termoplastik yalıtkanlar PVC ve polietilen (PE)'dir. Saf PVC çok sert ve kırılğan olup ısı karşısında kararsız yapı gösterir. Soğukta darbelere karşı hassas bir malzemedir. PVC içine yumuşatıcı yağlar, stabilizatörler ve dolgu maddeleri karıştırılarak kablo yalıtkanı olarak kullanılır hâle getirilir. Böylece esnek olması sağlanır ve kırılğanlığı giderilir. Kablonun soğuk ortamlarda kullanılması mümkün olur. Kalsit ve kaolin gibi dolgu malzemeleri PVC'ye işlenirlik ve sıcağa dayanım özelliği kazandırır.

Polietilen, saf olarak kullanılabilen karbon ve hidrojen bileşiği parafın sınıfında bir malzemedir. Bazı tekniklerle işlenerek değişik özellikte polietilen yalıtkanlar elde edilir. Yüksek basınç tekniği ile alçak yoğunluk polietileni (LDPE), alçak basınç tekniği ile yüksek yoğunluk polietileni (HDPE) yoğun molekül dokusu nedeniyle su geçirmezlik ve mekanik sağlamlık özelliğine sahip olup YG kablolarında kullanılır. Liflere benzeyen polietilen molekül zincirleri özel metodlarla birbirine bağlanarak XLPE yalıtkanı elde edilir.

Son yıllarda lineer düşük yoğunluklu polietilen (linear low density polyethylene LDPE) geliştirilmiştir. Bu kablolar haberleşme ve YG'de kullanılır. Aşağıda kablolarında kullanılan yalıtkan cinsleri verilmiştir.

1.1.3.1. Protodur

Alçak ve orta gerilim kablolarında kullanılan polivinil-klorid (PVC) bazlı özel bir termoplastik yalıtkan maddedir. Termoplastik yalıtkanlar, belirli bir sıcaklık aralığında tekrarlanabilir olarak soğuma ile sertleşen ve ısınma ile yumuşayan, yumuşadığında dış etki olmaksızın şekil değiştirmeyen ve yalıtkanlık özelliğini koruyan plastiklerdir.

1.1.3.2. Protothen-x

Yüksek yalıtım özelliğine sahip saf polietilenin çeşitli yöntemler uygulanarak çapraz bağlanmasıyla elde edilen mekanik özellikleri geliştirilmiş termoset yalıtkan malzemelerdir. Termoset yalıtkanlar yüksek sıcaklıklarda erimez ve deforme olmaz.

1.1.3.3. Protolon(EPR)

Etilen-propilen dien monomer kauçuk (EPDM)'tan imal edilmiş ozona, oksijene, havaya ve ışığa dayanıklı düşük sıcaklıklarda esnekliğini koruyan, sıcaklıkla şekil değiştirmeyen yüksek yalıtım özelliği gösteren çapraz bağlı elastomer tip yalıtandır. Alçak ve orta gerilimlerde kullanılan bu yalıtkanlar koronadan etkilenmez.

1.1.3.4. Protofirm

Kloropren bazlı bir elastomer yalıtandır. Kablolarda dış kılıf olarak kullanılan bu yalıtkan yüksek mekanik ve elektriksel değerlere sahiptir. Protofirm, ozona kimyevi ve mekanik etkilere, yağ ve aleve karşı dayanıklı yumuşak bir yalıtkan malzemedir.



Şekil 1.2: Protothen-x ve protodur yalıtkanlı kablo

1.1.4. Kablo Sembolleri ve Anlamları (Harmonize Sistemde)

Meydana gelen rumuz anlaşmazlıklarına son vermek için iletkenler uluslararası alanda harmonize edilmiştir. Kablolardaki sembol (rumuzların) açıklamaları Tablo 1.2'de gösterilmiştir.

Harmonize sistemde semboller ve açıklamaları	Kablo sembol sırası								
	1	2	3	4	5	-	6	x	8
Tip (1)									
H Harmonize Tip									
A Ulusal Tip									
Anma Gerilimi (2)									
O1 100/100 V									
O3 300/300 V									
O5 300/500 V									
O7 450/750 V									
1 0,6/1 KV									
Yalıtkan Malzemesi (3)									
V PVC (polivinil klorür)									
V2 PVC (+90° C)									
V3 PVC düşük sıcaklıkta çalışabilen									
B Etilen propilen kauçuk									
E PE (Polietilen)									
X XLPE (Çapraz bağlı polietilen)									
R Doğal ve/veya sentetik kauçuk									
S Silikon kauçuk									
Kılıf Malzemesi (4)									

V	PVC (polivinil klorür)		
V2	PVC (+90° C)		
V3	PVC düşük sıcaklıkta çalışabilen		
V5	PVC yağa dayanıklı		
Q	Poliüretan		
J	Cam elyafli fiber örgü		
R	Doğal ve/veya sentetik kauçuk		
N	Polikloropren kauçuk (PCP)		
S	Silikon kauçuk		
T	Tekstil örgü		
Özel Konstrüksiyon (5)			
C4	Bakır örgü ekran		
H	Damarları ayrılabilen yassı kablo		
H2	Damarları ayrılmayan yassı kablo		
H6	Damarları ayrılmayan yassı kablo-vinçler için		
H8	Spiral kablo		
İletken Tipi (6)		7	x 8
U	Tekli iletken		
R	Çoklu iletken		
K	Sabit tesis için ince çok telli iletken		
F	Fleksibl ince çok telli iletken (bükülgen)		
H	Çok ince çok telli iletken		

D	İnce çok telli iletken (kaynak kablosu)
E	Çok ince telli iletken (kaynak kablosu)
Y	Burulu iletken demedi
Damar Sayısı (7)	
Koruyucu İletken	
G	Sarı yeşil koruyucu iletken
X	Sarı yeşil koruyucu iletkenli
İletken Kesiti (8)	

Tablo 1.2.a: Harmonize edilmiş kablo bölüm rumuz ve anlamları

Tablo 1.2'den yararlanarak

1	2	3	4	5	6	7	8
H	05	V	--	--	U	--	1,5

Tablo 1.2.b :H05V-U 1,5 mm² kablosunun açıklanması

(TS göre)H=Harmonize tipte, 05=Anma gerilimi 300/500 volt, V=Yalıtkanının PVC, U=Tek telli iletkeni olduğunu, 1,5 mm² kesitinde olduğunu gösterir.

AÇIKLAMA	TS 212	VDE0271
Sabit tesislerde kullanılan ağır işletme şartlarına dayanıklı kablo	Y	N
Alüminyum iletken	A	A
PVC bazında termo plastik yalıtkan veya kılıf	V	Y
Yarı iletken malzemeden yapılmış kılıf veya sargı	U	H
Siper	S	S
Her damar üzerinde siper	SH	SE
Konsantrik iletken	M	C
Polietilen	E	2Y
Çapraz bağlı polietilen	E3	2X
Galvanizli yassı çelik tellerden yapılmış zırh	Ş	F
Galvanizli yuvarlak çelik tellerden yapılmış zırh	O	R
Çelik tutucu şerit	Ç	Gb
Daire kesmesi	s	s
Sıkıştırılmış iletken	ş	v
Çok telli iletken	ç	r m
Alev geciktirici	vk	u
Sıcağa ve korozyona dayanıklı	t	W
Korozyona dayanıklı	k	k

Tablo 1.3.a : TS ve VDE standardı kablolarda kullanılan tarifler ve açıklamaları

AÇIKLAMA	VDE 0250	
PVC bazında termoplastik yalıtkan	Y	
Metal siper	S	
Lastik yalıtkan	G	
Sıcağa dayanıklı	2G	
Açık hava şartlarına dayanıklı	W	
Alev geciktirici	u	
Burulmuş kablo	AF	
Metal kılıf (kurşun kılıfı)	B	
Taşıyıcı ip,tel ve benzeri	T	
Yeşil/Sarı koruma iletkeni	J	

Tablo 1.3.b: VDE(250) standardı kablolarda kullanılan tarifler ve açıklamaları

Tablo 1.3'te incelendiğinde TS 212 standardına ve VDE 0271 ile 0250 standardına göre kablo sembol anlamları verilmiştir. Yani kablo hangi standarda göre üretimi yapılmışsa sembol ve anlamlarını ona göre okuyup kablonun özellikleri anlaşılabilir. Örneğin, TS212'e göre (V) PVC bazında yalıtkan veya kılıfı gösterilirken VDE 0271'de ise PVC yalıtkan veya kılıfı (Y) harfi karşılık olarak görülmektedir.

Tablo 1.4'te üretimi yapılan bazı kabloların sembolleri, anma gerilimleri, yalıtkan cinsleri TS, VDE, IEC standartlarına göre verilmiştir.

Harmonize TipTS	Harmonize Tip VDE	TS NO	VDE NO	IEC NO	Anma Gerilimi	Yalıtkan Cinsi
H05V-U	-	9758	0281	-	500V	PVC
H07V-U	-	9758	0281	-	750V	PVC
H07V-R	-	9758	0281	-	750V	PVC
H05V-K	-	9758	0281	-	500V	PVC
H03VV-F	-	9760	0281	-	300V	PVC
H03VVH2-F	-	9760	0281	-	300V	PVC
NVV	NYM	9759	0250	-	500V	PVC
YVV	NYN	212	0276	-	0.6/1kV	PVC
YVMV	NYCY	212	0276	-	0.6/1kV	PVC
YVOV	NYRgBY	212	0271	-	0.6/1kV	PVC
YVŞV	NYFGbY	212	0276	-	0.6/1kV	PVC
Harmonize TipTS	Harmonize Tip VDE	TS NO	VDE NO	IEC NO	Anma Gerilimi	Yalıtkan Cinsi
YVŞV	NYFGbY	212	0271	-	3,5/6kV	PVC
YE3V	2XY	212	0276	-	0.6/1kV	XLPE
YE3MV	2XCX	212	0276	-	0.6/1kV	XLPE
YE3ŞV	2XFGbY	212	0271	-	0.6/1kV	XLPE
YE3SV	2XSX	212	-	-	3.5 /6kV	XLPE
YE3SHŞV	2XSEYFGbY	212	-	-	3,5/6kV	XLPE
YE3SV	N2XSX	212	0276	-	5,8/10kV	XLPE
YE3SHŞV	N2XSEYFGbY	212	0276	-	5,8/10kV	XLPE
E3SV	2XSX	-	-	6052	8.7/15kV	XLPE

E3SŞV	2XSEYFGbY	-	-	6052	8,7/15kV	XLPE
YE3SV	2XSY	2742	-	-	20.3/35V	XLPE
YE3SŞV	2XSEYFGbY	2742	-	-	20,3/35V	XLPE
-	LSPYY	-	0245	-	300 V	PVC
-	NLSY	-	0245	-	300 V	PVC
HO5RR-F	-	9765	-	-	500 V	LASTİK/ RUBBER
-	(N)TSCGEWÖU(S M)	-	0250	-	3,5/6KV 5,8/10KV	EPR
-	MGG-DIN89160-	-	0261	92-3	0,6/1 KV	EPR
-	SİAF	-	0250	-	0,6/1 KV	SİLİKON

Tablo 1.4: Kabloların TS-VDE-IEC'e göre karşılıkları ve anma gerilim değerleri

Tablo 1.3 ve 1.4'ten yararlanarak kabloların sembol anlamları ile ilgili örnekler:

- YVV (TS) - NYY(VDE): Y(N)- tipi enerji kablosu, V(Y)-PVC bazında termo plastik yalıtkan, V(Y)- PVC bazında termo plastik dış kılıf, anma gerilimi 0,6/1 kV.TS 212 ve VDE 0276'ya göre üretimi yapılmıştır.
- YE3V(TS) – 2XY(VDE): Y- tipi enerji kablosu, E3(2X) çapraz bağlı polietilen,V(Y)- PVC bazında termo plastik yalıtkan, XLPE kılıf,anma gerilimi 0,6/1 kV.TS 212 ve VDE 0276'ya göre üretimi yapılmıştır.
- YE3SV(TS) –N2XSY(VDE): Y(N)- tipi enerji kablosu, E3(2X) çapraz bağlı polietilen, S(S)- siper, V(Y)- PVC bazında termo plastik, XLPE kılıf, anma gerilimi 5,8/10 kV. TS 212 ve VDE 0276'ya göre üretimi yapılmıştır.
- YE3SV(TS)--2XSY(VDE): Y- tipi enerji kablosu, E3(2X) çapraz bağlı polietilen, S(S) siper, V(Y)- PVC bazında termo plastik, XLPE kılıf, anma gerilimi 20,3/35 kV. TS 2742'ye göre üretimi yapılmış. **Parantez içindeki harfler VDE sembollerini göstermektedir.**

1.1.5. Kablo Damar ve Dış Kılıf Renkleri

Damar renkleri, özel siparişler dışında, Türk standartlarına ve VDE'ye göre aşağıda belirtilen renklere uygun olmalıdır (Tablo 1.5'i inceleyiniz).

Topraklama ve benzeri koruma amacı ile kullanılan damarın çift renkli (sarı/yeşil) olması hâlinde kablo sembolü 'J' harfi ile, açık mavi olması hâlinde ise 'O' harfi ile

tanımlanır(Türk standardı tarife rağmen ayrı bir rumuz ön görmediğinden VDE esas alınmıştır.Örneğin, YVV (NYY-O) 3x2,5 mm², YVV(NYY-J) 3x50/25 mm²

Damar Sayısı	Damar Renkleri	
1	Herhangi bir renk	
2	Açık mavi-Siyah	
3	Yeşil/Sarı-Açık mavi-Kahverengi veya Açık mavi-Siyah-Kahverengi	
4	Yeşil/Sarı-Açık mavi-Siyah-Kahverengi veya Açık mavi-Siyah-Kahverengi-Siyah	
5	Yeşil/Sarı-Açık mavi-Siyah-Kahverengi-Siyah - Siyah-Kahverengi-Siyah-Siyah-Açık mavi	
6 ve daha çok damarlı	Tüm damarlar siyah renkli ve numara kodlu Yeşil/Sarı ve diğer tüm damarlar farklı renkli	
Dış kılıf rengi Colour of outer sheath	Y tipi=0.6/1kV kablolarda dış kılıf rengi siyah Y tipi>3.5/6kV kablolarda dış kılıf rengi kırmızı	
Tüm orta gerilim XLPE ve 5,8/10 kV dâhil ve üzeri gerilimlerde PVC kablolarda damarları birbirinden ayırt edebilmek için damar siperlerinin altına ayrı renklerde sarılmış bant konulmalıdır.		

Tablo 1.5: Harmonize ve Y tipi kabloların damar renkleri (TS212/ TS2742)

Tablo 1.6'da VDE standartlarına göre sabit ve hareketli tesislerde kullanılan kabloların damar renkleri verilmiştir.

Damar Sayısı Number of cores	Damar Renkleri(VDE) Esnek (fleksibl) tesis kabloları	
1	Herhangi bir renk	
2	Kahverengi-Mavi	
3	Yeşil/Sarı-Kahverengi-Mavi veya Siyah-Mavi-Kahverengi	
4	Yeşil/Sarı-Siyah-Mavi-Kahverengi Siyah-Mavi-Kahverengi-Siyah	
Damar Sayısı	Damar renkleri (VDE) Sabit tesis kabloları	
1	Herhangi bir renk	
2	Yeşil/Sarı-Siyah Siyah-Mavi	
3	Yeşil/Sarı-Siyah-Mavi Siyah-Mavi-Kahverengi	
4	Yeşil/Sarı-Siyah-Mavi-Kahverengi Siyah-Mavi-Kahverengi-Siyah	

Tablo 1.6: VDE standartlarına göre sabit ve hareketli tesis kablo damar renkleri

1.1.6. Kablo Seçimi Ölçütleri

Enerji kablolarını seçerken bazı ölçütleri dikkate almak gerekir. Eğer iletkenlerin sahip oldukları ölçütler önceden bilinir ise gerilimin büyüklüğüne ve hattın özelliğine göre iletkenlerin seçilmesi daha doğru olur. Bunlar, kabloların elektroteknik özellikleri, gerilim değerleri, gerilim düşümü ve kesit değerleri, kısa devre akımına dayanım ve sıcaklık değerleri olarak belirtilebilir. Bu ölçütler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1.1.6.1. Kabloların Elektroteknik Özellikleri

Enerji iletim ve dağıtım hatlarında akım, gerilim, güç ve güç kat sayıları gibi büyüklükler arasındaki ilişkileri hesaplamaya yarayan ve hatların özelliklerine göre değişen R-L-C değerlerine hat sabiteleri denir. Enerji taşıma hatlarının çalışma gerilimlerinin büyüklüğüne göre hat sabitelerinden bazıları çok küçük değerlere düşer. Bu bakımdan bazıları dikkate alınmayabilir.

➤ Direnç

Elektrik enerjisi, iletim ve dağıtım hatlarında gerilim düşümü ve güç kaybının meydana gelmesine sebep olan hat sabitesidir. Bu nedenle direncin önemi fazladır. Hatların doğru akım ve alternatif akım dirençleri ayrı ayrı düşünülür. Frekans yükseldikçe bu iki direnç arasındaki fark büyür. Alternatif akımdaki dirence etkin direnç de denir.

Kablo iletkenlerinin +20 °C'deki **R_o** doğru akım dirençleri hesaplama veya ölçüm ile bulunabilir, kablo kataloglarından da iletkenlerin doğru akım dirençleri bulunabilir.

Kablo alternatif akım direnci **R**, çelik zırh ve metal kılıfta oluşan ek kayıplar ve deri (skin effect-frekans yükseldikçe akımın kablo merkezinden uzaklaşarak yüzeye yakın geçişi) ve yakınlık olayı(proximity effect) sebepleri ile daha da büyür. İletken direncinin yükselmesine neden olan bu etkenleri, doğru akım direncine bir **ΔR** direnci eklenmesi şeklinde kabul edilebilir.

Doğru akım direnci:

$$R_o = L / K \times S$$

Burada, **L**=iletkenin boyu, **K**=İletkenlik kat sayısı (Bakır=56, Alüminyum=35 alınır)
S=Kesit

Alternatif akım direnci (Etkin direnç);

$$R = R_o + \Delta R$$

R=Alternatif akım direnci **R_o**=Doğru akım direnci **ΔR**=Direnç değişimi

veya

$R = P / I^2$ şeklinde de bulunabilir. **P**=İletkendeki güç kaybı **I**=Geçen akım

İletkenin ısı derecesinin düşmesiyle direnç azalır.

➤ Örnek: 70 mm² kesitli bakır iletkenin 1 km'sinin direnci hesaplınsın (K_{cu}=56).

$R_o=L/KxS$ $R_o=1000/56.4$ **$R_o=0,255$ Ohm** olarak bulunur.

Aynı kesit ve uzunlukta bir bakır iletken ile alüminyum iletkenin dirençleri arasında $R=35/56=0,62$ gibi orantı vardır. Örneğin, yukarıdaki iletken alüminyum olsaydı hattın direnci $0,255/0,62=0,41$ Ohm olarak bulunurdu.

YVV 1x4 mm² kablonun 1 km'sinin 20 °C'deki DA direnci 4,61 Ω'dur(Kablo kataloğundan ve tablo 1.7'den).

Tablo 1.7' de kabloların (bakır ve alüminyum) dirençleri verilmiştir.

Nominal kesit (mm²)	Direnç Ohm/km	Al Ohm/km
1.5	12.10	-
2.5	7.41	-
4	4.61	-
6	3.08	-
10	1.83	-
16	1.15	1.91
25	0.727	1.20
35	0.524	0.868
50	0.387	0.641
70	0.255	0.413
95	0.193	0.320
Nominal kesit (mm²)	Direnç Ohm/km	Al Ohm/km
120	0.153	0.253
150	0.124	0.206
185	0.0991	0.164
240	0.0754	0.125
300	0.0601	0.100
400	0.0470	0.0778
500	0.0366	0.0605

Tablo 1.7: Kabloların 20 °C'deki dirençleri


➤ Endüktans

Üzerinden akım geçen bir iletkenin çevresinde bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan değişken bir manyetik alan ise devrede bir endüksiyon elektromotor kuvvet meydana getirir. Bu emk'i manyetik alan devrenin kendisi tarafından meydana getirildiği için öz endüksiyon denir. Bu emk'e ise zıt emk veya self endüksiyon emk denir. Meydana gelen bu zıt emk iletken üzerinden geçen akımdaki artışı artırmaya veya azaltmaya çalışır. Dolayısıyla Lenz Kanunu'na göre kendisini meydana getiren sebebe karşı koyar. Dolayısıyla iletkenin alternatif akıma karşı direnci artar. Bu etkiye **endüktif reaktans** (X_L) denir ve iletken üzerinde bir gerilim düşümüne sebep olur. Fakat aktif güç kaybına bir etkisi yoktur.

Endüktif reaktans, hatların bir veya üç fazlı oluşları ile hat iletken düzenlerine, iletkenler arasındaki aralığa ve iletken yarıçaplarına bağlı olarak değişir.

Bir fazlı ve üç fazlı simetrik hatlarda hattın 1 km'si için endüktans,

$$L = (4,6 \cdot \log \frac{d}{r} + 0,5) \times 10^{-4} \quad (\text{Henri/Km}) \quad \text{formülü ile hesaplanır. } L = \text{Endüktans (Henri)}$$

d=İletkenler arası açıklık(cm) r =İletken yarıçapı (cm)  (Simetrik hat) Simetrik hat her fazının endüktansı birbirine eşittir.($L_R=L_S=L_T$) ve açıklıklar eşittir ($d_{12}=d_{23}=d_{31}$).

İletkenler asimetrik olarak yerleştirilmiş ise fazların her birinin endüktansı değişiktir. Bu nedenle hatlarda çaprazlama yapılarak endüktans eşitlenir. İletken aralıkları değişik değerlerde ise d yerine d_m eşdeğer aralık konulur. $d_m = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{31} \cdot d_{23}}$

➤ Endüktif reaktans (XL):

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ (Ohm) formülü ile hesaplanır. f=Frekans

Endüktif reaktansın azaltılması için iletken kesitlerinin büyük, iletkenler arası açıklıkların ise küçük tutulması gerekir. Ancak büyük kesit ekonomik olmayacaktır. Ayrıca iletkenlerin cinsi ile işletme geriliminin büyüklüğü ve taşınacak güçler, kullanılacak kesitleri sınırlamaktadır.

YE3SV 1x35ş/16 mm² 20,3/35 kV kablunun 1 km'sinin çalışma indüktansı(yaklaşık) 0,775/0,508 mH (mili Henri) (kablo kataloğundan)

Tablo 1.8’de PVC izoleli kabloların yaklaşık endüktif reaktansları verilmiştir.

Nominal iletken kesiti(PVC izoleli kablolar)	Nominal gerilim 0.6/1 kV Çok damar	1 damar	3.6/6kV 3 damar	1 damar	6/10kV 3damar	1damar
25	0.082	0.103	0.107	0.137	0.122	0.127
35	0.079	0.098	0.101	0.131	0.116	0.119
50	0.078	0.095	0.097	0.127	0.114	0.113
70	0.075	0.090	0.092	0.117	0.107	0.107
95	0.075	0.088	0.088	0.112	0.103	0.104
120	0.073	0.085	0.085	0.107	0.099	0.100
150	0.073	0.084	0.083	0.105	0.096	0.097
185	0.073	0.084	0.081	0.102	0.093	0.094
240	0.072	0.082	0.078	0.097	0.089	0.093
300	0.072	0.081	0.077	0.095	0.087	0.091
400	-	0.079	-	0.092	-	0.088
500	-	0.079	-	0.089	-	0.085

Tablo 1.8: PVC izoleli kabloların endüktif reaktansları (X_L)

Tablo 1.8’i incelendiğinde 95 mm² kesitli PVC izoleli kablonun 0,6/1 kV gerilimde çok damarlı kablo XL’si 0,075 Ohm- bir damarlı 0,088 Ohm 3,6/6kV gerilimde(95 mm²) 3 damarlı için XL’si 0,088 Ohm bir damarlı için 0,112 Ohm 6/10 kV gerilimde(95 mm²) 3 damarlı için XL’si 0,103 ohm-bir damarlı için 0,104 Ohmdur.

Kablo kesiti arttıkça endüktif reaktansın düştüğü görülmektedir. Ayrıca kablonun bir damarlı veya çok damarlı olması da endüktif reaktansı etkilemektedir.

Tablo 1.9’da XLPE (çapraz bağlı polietilen) izoleli kabloların endüktif reaktansları verilmiştir(Zırhlı kablolar için % 10 fazlası alınır. Üçgen döşeme şeklinde).

Nominal iletken kesiti (XLPE)	Nominal gerilim 0.6/1 kV 1.damar	Çok damar	6/10 kV 1.damar	Çok damar	8.7/15kV 1.damar	Çok damar	12/20kV 1.damar	Çok damar
Standart Tasarım								
35	-	0.075	0.133	-	0.139	-	0.144	-
50	0.088	0.072	0.127	0.110	0.132	0.117	0.137	0.123
70	0.085	0.072	0.119	0.103	0.124	0.110	0.129	0.115
95	0.082	0.069	0.114	0.099	0.118	0.105	0.123	0.110
120	0.082	0.069	0.109	0.095	0.114	0.101	0.118	0.106
150	0.082	0.069	0.106	0.092	0.110	0.098	0.114	0.102
186	0.082	0.069	0.102	0.090	0.106	0.095	0.110	0.099
240	0.079	0.069	0.098	0.087	0.102	0.091	0.105	0.095
300	-	-	0.095	0.084	0.099	0.089	0.102	0.092
400	-	-	0.091	-	0.095	-	0.098	-
500	-	-	0.089	-	0.092	-	0.094	-

Tablo 1.9: XLPE izoleli kabloların endüktif reaktansları(XL)

Tablo 1.9 incelendiğinde XLPE izoleli kabloların endüktif reaktanslarında da kesit arttıkça endüktif reaktansın azaldığı görülmektedir.

➤ **Kapasitans**

Bir kablo iletkenin yükünün potansiyeline oranına iletkenin kapasitesi denir, C ile gösterilir. Kapasitenin birimi farattır (F). Farat çok büyük bir kapasite birimi olduğu için uygulamada daha çok farat'ın milyonda biri olan mikrofarat (μ f) kullanılır. Yalıtkan ile birbirinden ayrılmış karşılıklı iki iletken kondansatör özelliği gösterir.

Kablo iletkenleri kendi aralarında olduğu gibi toprak zeminle de kondansatör özelliği gösterir. Yüksek gerilim enerji nakil hatlarına uygulanan alternatif gerilimin değişken özelliğinden dolayı elektrik yükünün miktarı da değişir. Elektrik yükündeki bu değişme bir elektrik akımı oluşturur. Elektrik yükündeki bu değişme sebebi ile meydana gelen bu elektrik

akımına şarj akımı denir. Bu şarj akımı hattın geriliminin düşmesini, güç kat sayısını, verimini ve iletim stabilitesinin değişmesinde etkili olur. Kapasite(C) ile gösterilir:

$$C = \frac{0,0242}{\log . d/r} (\mu\text{F/Km}) \text{ formülü ile hesaplanır(3 fazlı eşit aralıklı Enerji Nakil}$$

Hattı -ENH'nın 1km'si için).

$$C = \frac{0,0121}{\log . d/r} (\mu\text{F/Km}) \text{ formülü ise 1 fazlı sistemler içindir.}$$

$XC=1/2.\pi.f.C$ (Ohm) formülü kapasitif reaktans hesaplanması içindir.

XC =Kapasitif reaktans

Örnek: Aralarında 100 cm açıklık bulunan dolu iletkenlerden oluşmuş üç fazlı bir sistemin iletkenleri eşkenar üçgenin köşelerini oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. İletken çapı 20 mm'dir. Bu sistemin km'sinin endüktansını ve kapasitesini hesaplayınız.

$$L = (4,6 . \log . \frac{d}{r} + 0,5) \times 10^{-4} \quad L = (4,6 . \log . \frac{100}{1} + 0,5) \times 10^{-4} = 0,00097 \text{ mH/Km (Endüktansı)}$$

$$C = \frac{0,0242}{\log . d/r} \quad C = \frac{0,0242}{\log . 100/1} = 0,0242/2 = 0,0121 \mu\text{F/Km (Kapasitansı)}$$

Yer altı kablolarının iletken damarları (fazları) arasındaki aralıklar (d) daha küçük olduğundan bu kablolardaki kapasite hava hatlarına göre daha büyüktür.

Kapasite 66 kV'luk gerilimden yüksek olan enerji iletim hatlarında dikkate alınır. Daha düşük gerilimlerde kapasite değeri dikkate alınmaz.

YE3SV 1x35ş/16 mm² 20,3/35 kV kablunun 1 km'sinin çalışma kapasitesi (yaklaşık) 0,116 µf'tır (Kablo kataloğundan).

Elektrik enerjisi dağıtım ve iletim tesislerinin proje çizimi, hesaplamaları ve yapımında hat sabitelerinin önemi büyüktür. Eğer enerji nakil ve dağıtım hatlarının empedansını hesaplamak için kapasitans dikkate alınmadığında empedans $Z=\sqrt{R^2+XL^2}$ ile bulunur. Burada Z =Empedans (Ohm) cinsindedir.

Enerji nakil hatlarında hat sonu geriliminin sabit tutulabilmesi için yüke paralel bağlı senkron makineler kullanılır. Hatların başındaki senkron generatörler(aşırı ikazlı senkron makineler) gereken kapasitif reaktif gücü verebilecek kapasitede iseler hatlara kapasitör konulmasına gerek duyulmaz. Hatlardan çekilen yükler, çoğunlukla endüktif yüküdür. Yani akım gerilime göre geri fazdadır. Bu durum hat başı gerilimi ile hat sonu gerilimi arasında farklar meydana gelmesine sebep olur.

Gerilim farklılığını önlemek için çoğunlukla hatlara şönt kapasitörler konulur. Hatların endüktansı fazla ise endüktif reaktans(XL) üzerinde meydana gelen gerilim düşümünü önlemek için ise seri kapasitörler kullanılır.

Seri kapasitörler enerji nakil hatlarının 2/3 mesafesinde uygun bir yere tesis edilir. Seri kapasitörlerin amacı hattın empedansını azaltmaktır. Devreye seri olarak tesis edilen kondansatör grupları, negatif bir reaktans sağlayarak enerji nakil hatlarının uzunluk ve kesiti ile belirlenen hat empedansını düşürür. Bu sayede de daha fazla güç iletimi sağlanır. Seri kapasitörler enerji nakil hatlarının ortasına (Örnek olarak 380 kV'luk Keban-Gölbaşı ENH için Kayseri'deki kapasitör tesisi verilebilir) veya enerji nakil hattının trafo merkezlerine giriş ve çıkışına(Örnek olarak Seydişehir-Erzincan hattının her iki ucuna %22,5'luk kompanzasyon yapabilecek seri kapasitör tesisi verilebilir.)tesis edilir.

Ayrıca şönt kapasitörler de tesis edilmektedir. Şönt kapasitör yardımıyla şebekeden çekilen reaktif gücün bir kısmı karşılanır. Bu sayede endüktif reaktif akım ve enerji kayıpları düşülerek gerilim yükseltilmiş olur. Bunun sonucu olarak indirici trafo merkezlerinin ve enerji nakil hatlarının yüklenebilme kapasiteleri artırılır. Yer altı enerji hatları kullanılarak sistemin kapasitif değeri artırılabilir.



Alçak veya orta gerilim dağıtım hatlarında sadece direnç, endüktans dikkate alınır. Yüksek gerilimli iletim hatlarında ise direnç, endüktans ve kapasitans gibi sabiteler dikkate alınır. İletken damarları (fazları) arasındaki aralıklar daha küçük olduğundan yer altı kablolarındaki kapasite, hava hatlarına göre daha büyüktür. Yer altı kablolarının geometrik ortalama mesafe (GMD) hava hatlarına göre daha küçüktür. Bu sebeple yer altı kablolarının endüktif reaktansları (XL) çok küçüktür.

1.1.6.2. Gerilim Değerleri

Kablo ve iletkenlerin anma gerilimleri U_0/U şeklinde belirtilmektedir.

U_0 ; Faz iletkeni ile toprak veya konsantrik iletkenler, ekran, zırh ya da metal kılıf gibi topraklama elemanları arasındaki gerilimdir.

U ; İki faz iletkeni arasındaki gerilimdir.

Kablo ve iletkenlerin anma gerilimleri uluslararası standart ve norm kurumlarınca $U_0/U=0,6/1 -1,8/3- 3,6/6 -6/10 -8,7/15 -12/20 -20,3/35 KV$ ve daha yukarı değerlerde standartlaştırılmıştır.

- Üç fazlı dalgalı akım sistemlerinde U_0 gerilimi ile U gerilimi arasındaki oran:
 $U_0=U/\sqrt{3}$
- İletkenlerinden hiçbirisi topraklanmamış olan bir fazlı dalgalı akım veya doğru akım sistemlerinde U_0 gerilimi ile U gerilimi arasındaki oran: $U_0=U/2$
- İletkenlerinden bir tanesi topraklanmış olan bir fazlı dalgalı akım veya doğru akım sistemlerinde ise U_0 gerilimi ile U gerilimi arasındaki oran: $U_0=U$

Kabloların işletme gerilimleri:

Doğru akım(DC) tesislerinde $U_0=0,6 kV$ 'a göre imal edilmiş bir kablonun arıza yapmadan çalışabilmesi için müsade edilen en yüksek işletme gerilimi: **$U_m=1,8kV$ 'tur.**

Bir veya çok fazlı dalgalı akım(AC) tesislerinde ise belli bir anma gerilimine göre imal edilmiş kabloların müsade edilen en yüksek işletme gerilimleri U_m için değerler aşığıdaki Tablo 1.10'da gösterilmiştir.

Anma Gerilimleri U ₀ / U (Um)	Sistem gerilimi						
	Üç fazlı dalgalı akım			Bir fazlı dalgalı akım			
	Anma Gerilimi U _n	Müsaade edilebilir en yüksek işletme gerilimi U _{max}	İki iletken de yalıtılmış		Bir iletken topraklanmış		
			Anma Gerilimi U _n ≤ 2 U ₀	Müsaade edilebilir en yüksek işletme gerilimi U _{max}	Anma Gerilimi U _n ≤ U ₀	Müsaade edilebilir en yüksek işletme gerilimi U _{max}	
	kV	kV	kV	kV	kV	kV	
0.6 / 1 (1.2)	1	1.2	1.2	1.4	0.6	0.7	
1.9 / 3.3 (3.8)	3	3.8					
3.5 / 6 (7.2)	6	7.2	7.0	8.3	3.5	4.1	
6 / 10 (12)	10	12	12	13.5	5.8	6.7	
8.7 / 15 (17.5)	15	17.5	17.4	20.2	8.7	10.1	
12 / 20 (24)	20	24.0	24.0	28.0	12.0	14.0	
18 / 30 (36)	30	36	36	42	18	21	
20.3 / 35 (42)	35	42	40.6	47.3	20.3	23.7	
28 / 45 (52)	45	52					
36 / 60 (72.5)	60	72.5					
64 / 110 (123)	110	123	Bu gerilim kademelerinde kullanılmaz		Bu gerilim kademelerinde kullanılmaz		
78 / 132 (145)	132	145					
89 / 154 (170)	150	170					
127 / 220 (245)	220	245					
220 / 380 (420)	380	420					
DIN VDE 0298 Bölüm 1 IEC 60183 IEC 60071-1	DIN VDE 0101 DIN VDE 0111		DIN VDE 0298 Bölüm 1				

Anma gerilimleri IEC 60071-1 ve IEC 60183'e göre dir.

Tablo 1.10: Kabloların anma ve işletme gerilim değerleri

Tablo 1.10 incelendiğinde, 4. satırdaki 6/10 kV'luk kablo için anma gerilimi 10kV, müsaade edilen en yüksek işletme gerilimi 12kV'tır (üç fazlı dalgalı akım için).

Enerji iletim ve dağıtım yapılarında gerilimin büyük önemi vardır. Enerji nakil gerilimi ne kadar yüksek olursa çekilen akım azalacak ve dolayısıyla enerji nakil iletken kesiti düşecektir. Böylece iletken kesitinin düşmesi maliyeti azaltacaktır.

Örnek: Gücü 1730 KW, güç katsayısı 1 olan bir merkezin beslemesinin önce 10 KV ile sonra da 50 kV gerilim ile yapıldığında, besleme hattının direnci 1 ohm olsun(Hat uzunluğu 1 km).

10 kV gerilimle besleme yapıldığı durum:

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi = 1730000 / (1,73 \cdot 10000 \cdot 1) = 100 \text{ Amper}$$

$$P_k = I^2 \cdot R = 100^2 \cdot 1 = 10 \text{ Kw (Besleme hattındaki kayıp güç)}$$

50 KV gerilimle besleme yapıldığı durum:

$$I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi = 1730000 / (1,73 \cdot 50000 \cdot 1) = 20 \text{ Amper}$$

$$P_k = I^2 \cdot R = 20^2 \cdot 1 = 0,4 \text{ Kw (Besleme hattındaki kayıp güç)}$$

Sonuç olarak besleme hat gerilimi 10 kV'tan 50 kV'a çıkartıldığında hattın çekilen akım 100 amper'den 20 amper'e düşmüştür. Gerilim 5 kat arttırıldığında akım 5 kat düşmüştür.

10 kV besleme geriliminde hatta oluşan güç kaybı 10 kV, 50 kV besleme geriliminde 0,4 Kw güç kaybı oluşmaktadır. Besleme gerilimi 5 kat arttırıldığında güç kaybı 25 kat azalmıştır.

Gerilimi yükseltmekle hem hattın çekilen akımını böylece hatta oluşan güç kaybı çok önemli miktarda azaltılabilir. Akımın azaltılması enerji nakil hattı iletken kesitini de azaltacaktır.

1.1.6.3. Gerilim Düşümü ve Kesit Değerleri

Üç fazlı bir sistemde enerjiyi belli bir uzaklığa iletmek için kullanılan iletkenler gerilim düşümü ve güç kaybı oluşturur. Kullanılan şebeke çeşidine göre uygun görülen gerilim düşümü yüzdesinin belirli bir değerin üstünde olmaması gerekir. İletken kesitlerinin izin verilen gerilim düşümünden daha fazla bir gerilim düşümüne sebep olmaması istenir. Ayrıca iletken kesiti gereğinden fazla kalınlıkta tespit edilirse ekonomik olmaz. Bu sebeple elektrik enerjisi iletim ve dağıtım şebekelerinde kullanılan iletkenlerin kesitleri, izin verilen gerilim düşümü yüzdelere uygun kalınlıkta hesap edilmelidir.

Elektrik enerjisi iletim ve dağıtımında kullanılan iletkenlerin aşağıda belirtilen gerilim düşümü değerinden daha fazla olmaması istenir. Bu gerilim düşümü değerleri şunlardır:

Alçak gerilimli dağıtım şebeke ve hatlarında % 5'ten daha fazla gerilim düşümüne müsaade edilmez. Kendi transformatörü bulunan tesislerde, transformatörlerin AG çıkışından itibaren gerilim düşümü bakımından en kritik durumdaki tüketiciye kadar olan toplam gerilim düşümü aydınlatma tesislerinde % 6,5 motor yüklerinde % 8'i aşmamalıdır. Ring olması hâlinde yüksek gerilim için yukarıdaki açıklamalar aynen geçerlidir.

Orta gerilimli şebeke ve hatlarında % 10'dan daha fazla gerilim düşümü olmamalıdır.

Gerilim düşümü, indirici trafo merkezlerinin sekonderinden itibaren yüksek gerilim dağıtım şebekelerinde % 7'yi aşmamalıdır. Ancak ring şebekeler için ayrıca arıza hâllerinde ringin tek taraflı beslenmesi durumu için gerilim düşümü tahkikleri yapılmalıdır. Bu durumda gerilim düşümü % 10'u aşmamalıdır.

İletken kesitlerinin normalin üstünde bir gerilim düşümü vermemeleri için uygun görülen enerji kaybının % değeri;

Yakıt olarak fuel-oil veya kömür kullanan termik santrallerde üretilen elektrik enerjisinin iletilmesinde % 6-7 alınabilir.

Hidroelektrik santrallerde üretilen elektrik enerjisinin iletilmesinde ise %10-12'den daha fazla olmamalıdır.

Bilindiği gibi enerji nakil hatlarında ve enerji dağıtım şebeke hatlarında üç fazlı alternatif akım kullanılır. Üç fazlı sistemde hatlar üzerinde düşen gerilim düşümünün vektörel toplamı ve yüzde değeri hat gerilimi dikkate alınarak hesaplanır.

Kabloların gerilim düşümü hesaplanırken omik dirençten başka endüktif reaktans da göz önüne alınmalıdır.

➤ **Bir fazlı alternatif akım tesislerinde gerilim düşümü hesabı**

- Akım biliniyorsa

- Gerilim düşümü: $\Delta U = u = \frac{2.L.I.\cos\varphi}{K.S}$ (Volt)

- %Gerilim düşümü: $\%e = \frac{2.100.L.I.\cos\varphi}{K.S.U} = \frac{u}{U} * 100$

- Güç biliniyorsa

- Gerilim düşümü: $\Delta U = u = \frac{2.L.N}{K.S.U}$ (Volt)

- %Gerilim düşümü: $\%e = \frac{2.100.L.N}{K.S.U^2} = \frac{u}{U} * 100$

$\Delta U=u$ =Hatta oluşan gerilim düşümü (Volt) L=Hat uzunluğu (Metre) I=Akım şiddeti (A)

% e=Hatta oluşan toplam gerilim düşümünün işletme gerilimine oranının 100 ile çarpımıdır (%e=u/U)

N=Güç, U=İşletme gerilimi, Cosφ=Güç faktörü (Omik yüklerde ve doğru akım'da 1 alınır) S=İletken kesiti (mm²), K=İletkenlik katsayısı (Cu=56, Al=35)

➤ **Üç fazlı alternatif akım tesislerinde gerilim düşümü hesabı**

- Akım biliniyorsa

- Gerilim düşümü: $\Delta U = u = \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos\varphi}{K.S}$ (Volt)

- % gerilim düşümü: $\%e = \frac{100.\sqrt{3}.L.I.\cos\varphi}{K.S.U} = \frac{u}{U} * 100$

- Güç biliniyorsa

- Gerilim düşümü: $\Delta U = u = \frac{L.N}{K.S.U}$ (Volt)
- % gerilim düşümü: $\%e = \frac{100.L.N}{K.S.U^2} = \frac{u}{U} * 100$

➤ **Güç kaybı hesabı**

Enerji nakil hatlarında kullanılan iletkenlerin kesitleri, hatlarda meydana gelen güç kaybına göre de hesaplanabilir.

$$\Delta P = I^2.R \quad \Delta P = \text{Hattaki güç kaybı} \quad P = \text{Enerji nakil hatlarındaki güç (W)} \quad I = \text{Akım (A)}$$

Eğer hatlar gidiş ve geliş olarak dikkate alınırsa

$$\Delta P = 2.(I^2.R)$$

$R = L/K.S$ olduğuna göre formülde yerine konulduğunda, güç kaybının yüzde değeri (%P) şu şekilde hesaplanır:

$$\%P = \frac{2.L.I^2}{K.S.P} * 100 \quad \text{veya} \quad \%P = \frac{\Delta P}{P} * 100 \quad \text{olur.}$$

➤ **Kesit hesabı**

Üç fazlı hatlarda kullanılan iletkenlerin kesitlerinin hesabında gerilim düşümünden ve güç kaybından yararlanılır.

Akım belli ise fazlar arası gerilim dikkate alındığında iletken kesiti (S) hesabı:

$$s = \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos\varphi}{K.e.U} \quad \text{veya toplam gerilim düşümü belli ise} \quad s = \frac{\sqrt{3}.L.I.\cos\varphi}{K.\Delta U}$$

formülü ile hesaplanır.

➤ **Güç belli ise iletken kesitinin hesabı:**

$$s = \frac{L.P}{K.\Delta u.U} \quad \text{veya,} \quad s = \frac{100.L.P}{K.e.U^2} \quad \text{Güç kaybı belli ise kesit} \quad s = \frac{2.L.I^2}{\Delta P.K}$$

formülleri ile bulunur.

➤ **OG hatlarında gerilim düşümü ve güç kaybı hesabı**

- Mutlak gerilim düşümü

$$\Delta U = L \cdot I \cdot \sqrt{3} (R \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi) \quad [\text{Volt}] \quad \Delta U = \text{Hatlardaki gerilim düşümü (Volt)}$$

➤ **Bağlı gerilim düşümü:**

$$\%e = \frac{\Delta U}{U} \times \frac{100}{10^3} = \frac{L \cdot N \cdot (R \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi)}{U^2} \times 10^{-1}$$

U=Hatlar arası gerilim(KV)

N=Talep gücü(KVA) L=Hat boyu(Km)

%e < %10 olmalıdır.(OG)

- Güç kaybı

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot L \quad I^2 \text{ yerine } (I^2 = N^2 / U^2) \text{ konulduğunda, } \Delta P = \frac{N^2 \cdot R \cdot L}{U^2} \text{ olur.}$$

ΔP =Güç kaybı(KW)

- % güç kaybı:

$$\%P = \frac{\Delta P}{P} \times 100 = \frac{\Delta P}{N \cdot \cos\varphi} \cdot 100 \quad \cos\varphi = 0,8 \quad \%P < \%5 \text{ olmalıdır.}$$

Örnek: Bir şantiye bölgesine 180 m uzakta bulunan 3 fazlı, toplam (P)66 kV ve $\cos\varphi=0,8$ geri endüktif yüklü alıcılar için enerji getirilecektir. Bu hat bakır yer altı kablolu olarak yapılacaktır. Hat üzerinde en fazla $e = \% 3$ gerilim düşümüne izin verilmektedir. Alıcılar (Uh)380 V ile çalışmaktadır.

- Kablo kesitini bulunuz.
- Gerilim düşümü yüzdesini %e 'yi bulunuz.
- Hat sonu geriliminin 380 V olması için hat başı geriliminin kaç volt olması gerektiğini bulunuz.

Çözüm:

➤ $I = P / \sqrt{3} \cdot U_h \cdot \cos \varphi = 66\,000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,8 = 125,5$ Amper

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot e \cdot U_h} \quad S = \frac{1,73 \cdot 180 \cdot 125,5 \cdot 0,8}{56 \cdot 3 \cdot 380} = 49 \quad S_n = \underline{50 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta U = u = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S} \text{ (Volt)} \quad \Delta U = u = \frac{\sqrt{3} \cdot 180 \cdot 125,5 \cdot 0,8}{56 \cdot 50} = 11,12 \text{ Volt}$$

$$\%e = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{K \cdot S \cdot U_h} = \frac{\Delta U}{U} * 100 \quad \%e = \frac{11,12}{380} * 100 = 2,92 < \%3 \text{ kesit}$$

uygun.

➤ Hat başı gerilimi, gerilim düşümü kadar fazla olmalıdır. $U_h = 380 + 11,12 = 391,12$ Volt olmalıdır.

Örnek: 400 kVA'lık direk tipi trafolu tesisin gerilim düşümü hesabı:

Formüller

TR

Mevcut COS Q = 0,74

Hedef COS Q = 0,95

$$\%E=(100 \times L \times N) / (K \times S \times U^2)$$

$$IN=N/(1,73 \times U)$$

$$In=P/ 1,73 \times U \times \text{Cos Q}$$

20		
m	60 m	40 m
AT	DT2	MK2

TR-AT ARASI

Veriler:

Zahiri Güç(N) = 400.000VA(Trafo gücü)

Mesafe = 20 m

Kablo Kesiti = 300 mm² 2(3x150+70) mm²

U trf=400V

$$IN=400.000 / (1,73 \times 400) = \mathbf{578,03 \text{ A}}$$

$$\%E1= (100 \times 20 \times 400.000) / (56 \times 300 \times 400 \times 400) = \mathbf{0,30}$$

SEÇİLEN KESİT 2(3x150+70)mm² NYY 650 A taşıyabildiğinden

uygundur. (2x325 A)=650 A

AT-DT2 arası

Aktif Güç (P) = 195.000W

Mesafe = 60 m

Kablo Kesiti = 190 mm² 2(3x95+70 mm²)

$$I_n = 195.000 / 1,73 \times 380 \times 0,74 = 400,842 \text{ A}$$

$$\%E_2 = (100 \times 60 \times 195.000) / (56 \times 190 \times 380 \times 380) = \underline{0,76}$$

Seçilen Kesit NYY 2(3x95+70 mm²) KABLO 490 A taşıyabildiğinden uygundur.

DT2 -MAKİNA2 ARASI

$$\text{Aktif Güç} = 30.000 \text{ W}$$

$$\text{Mesafe} = 40 \text{ m}$$

$$\text{Kablo Kesiti} = 16 \text{ mm}^2$$

$$I_n = 30.000 / 1,73 \times 380 \times 0,74 = 61,668 \text{ A}$$

$$\%E_3 = (100 \times 40 \times 30.000) / (56 \times 16 \times 380 \times 380) = \underline{0,93}$$

Seçilen Kesit NYY 3x16+10 mm² KABLO 80 A taşıyabildiğinden uygundur.

Toplam gerilim düşümü hesabı

$\%E = \%E_1 + \%E_2 + \%E_3$ $\%E = 0,30 + 0,76 + 0,93 = 1,99 < \% 5$ olduğundan seçilen kesitler uygundur.

Örnek: Düşürücü bir trafo merkezinden 5 km uzaklıktaki 15 MW gücü ve güç kat sayısı 0,8 olan endüstri bölgesine 34,5 kV gerilimle elektrik enerjisi iletilecektir. Enerji nakil hattı bakır iletkenli ve enerji taşınmasında %7 gerilim düşümüne müsaade edildiğine göre

- Enerji nakil hattının iletkeninin kesitini hesaplayınız (Yalnız omik direnç dikkate alınacaktır).
- Standart kesite göre toplam gerilim düşümünü ve yüzdesini hesaplayınız.

Çözüm:

$$L=5 \text{ Km. } \cos \varphi = 0,8 \quad U=34,5 \text{ kV. } \%e=\%7(\text{istenen}) \quad P=15 \text{ MW. } K=56(\text{Cu})$$

$$a) P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad I = P / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi = 15 \cdot 10^6 / 1,73 \cdot 34500 \cdot 0,8 = 314,149 \text{ A.}$$

$$\%e = \frac{100 \cdot L \cdot P}{K \cdot S \cdot U^2} \quad S = \frac{100 \cdot L \cdot P}{K \cdot e \cdot U^2} \quad S = \frac{100 \cdot (5 \cdot 10^3) \cdot (15 \cdot 10^6)}{56 \cdot 7 \cdot (34500)^2} = 16,074 \text{ mm}^2$$

Bulunan kesit değerine en yakın üst değerdeki kablo seçilir.(1*35ş/16 mm² 35 kV)seçildi.

$$b) \Delta U = \frac{L.P}{K.S.U} \text{ (Volt)} \quad \Delta U = \frac{(5.10^3).(15.10^6)}{56.35.34500} = 1109,139 \text{ V}$$

$$\%e = \frac{100.L.P}{K.S.U^2} = \frac{\Delta U}{U} * 100 \quad \%e = \frac{1109,139}{34500} * 100 = 3.21 \quad \%3,21 < \%7$$

olduğundan seçilen kesit uygundur.

Enerji kablolarının nominal kesitlerinin tespit edilmesinde aşağıda belirtilen özelliklerin dikkate alınmasında yarar vardır.

- Kablo kesiti yük artışlarına müsaade edecek şekilde büyük seçilmelidir.
- Çevre şartlarının etkisi dikkate alınmalıdır. Tespit edilen kablonun iletken sıcaklığı sürekli kullanımdaki sıcaklıktan büyük olmalıdır.
- Kablodaki gerilim düşümü yönetmeliklere uygun olmalıdır.
- Seçilen kablo, şebekenin kısa devre akımlarına dayanmalıdır.
- Büyük güçlerin, büyük kesitli bir kablo yerine, eşit kesitli ve birden fazla kablo ile taşınması daha ekonomiktir. Bu durum işletme emniyeti bakımından da daha güvenlidir. Büyük kesitli bir kablo kullanıldığında kablodaki bir arıza durumunda enerjinin tümü kesilir. Birden fazla kablo ile enerji taşındığında kabloların birkaçında arıza olsa dahi enerjinin tümü kesilmez.

1.1.6.4. Kısa Devre Akımına Dayanım ve Akım Taşıma Kapasiteleri

Kablo ile yapılmış tesislerde belirlenen kısa devre akımı, iletkenlerde ve yalıtkanlardaki sıcaklık yükselmesi, termik genişleme, elektromanyetik kuvvetler ve bazen kablo çevresi sınırları gibi pek çok etkene bağlıdır.

İletken ve yalıtkanların sıcaklıkları, kısa devrelerden sonra mekanik ve elektrik dayanıklılıklarını kaybedecek derecede yükseğe çıkmamalıdır. Kablonun belirlenen kısa devre akım değeri, bir saniyelik zaman içinde iletkeni normal, devamlı yüklemeye belirlenen en yüksek sıcaklıktan kablo tesisi için belirlenmiş sıcaklık değerine yükselten kısa devre akımının efektif değeridir.

Kısa devre durumunda 1 sn içinde kablo iletkeninin sıcaklık değeri 150 °C değerini aşmamalıdır. Teorik olarak iletkenler akkor hâline gelene kadar akım taşıma kabiliyetine sahiptir. Ancak pratikte 75 °C üstündeki sıcaklıklarda bakır tavlanmaya uğramakta mekanik dayanımını kaybetmektedir. 20 °C dereceden küçük sıcaklıklarda kablo nominal akımın üstünde bir akım ile yüklenebilir. 20 °C'den büyük sıcaklıklarda kablo nominal akımının altında akım değerleri ile yüklenmelidir.

Soğutma açısından birden fazla kablo ile enerjinin taşınması, tek bir kablo ile enerjinin taşınmasına göre daha avantajlıdır. Isınma, kablunun akım taşıma limitlerine bir sınırlama getirmektedir. Sıcaklık değeri, kablo yalıtkanını oluşturan maddenin yalıtma özelliğinin bozulmaya başlandığı sıcaklık değerinin üstüne çıkmamalıdır. Açık havada döşenen kablolar olabildiğince güneş ışınlarının etkilerinden korunmalıdır.

Kısa devre sırasında, devrenin çeşitli bölümleri elektromanyetik kuvvetlerin etkisine uğrar. Kısa devrede hasarların önlenmesi için tek damarlı kablolar, zemine yeterli derecede sıkı tespit edilmelidir. Çok damarlı kablolar, iletkenlerin sertliği damarların birbirleri üzerine sarılmaları, ortak kılıf katları için yalıtkan bantlar sarılması, konsantrik iletken, zırh veya plastik kılıflar ve çevreleyen toprağın sağladığı dayanım ile kısa devre kuvvetlerine dayanır. Genellikle bu birleşme, uygulamada rastlanan sınırlar içindeki tüm kısa devre kuvvetlerine karşı yeterli dayanımı sağlar.

İletken ile taşınan akım, o iletkenin sıcaklığını bir denge kuruluncaya kadar yükseltir. Böylece meydana gelen ısı çevreye dağılan ısıya eşit olur.

$$\Delta t = \Phi \cdot R_t = I^2 \cdot R \cdot R_t$$

$$\Delta t = \text{İletken ile çevre arasında müsaade edilen sıcaklık farkı (}^\circ\text{C)}$$

$$\Phi = \text{İletkenin birim uzunluğundaki kayıpların sebep olduğu ısı akışıdır. (W/m)}$$

$$R_t = \text{İletkenin birim uzunluğu için iletken ile çevresi arasındaki toplam termik dirençtir. (}^\circ\text{C.m/W)}$$

$$I = \text{İletkenden geçen akım (A)}$$

$$R = \text{İletkenin birim uzunluğundaki alternatif akım direnci (Ohm/m)}$$

Kablolar için müsaade edilen en yüksek akım değerleri şu esaslara göre belirlenir:

- Çevre toprak sıcaklığı(+20 °C)
- PVC yalıtkanlı iletkenin en yüksek sıcaklığı(70 °C)
- Protothen-x yalıtkanlı iletkenin en yüksek sıcaklığı(90 °C)
- İletkende en yüksek sıcaklık artışı(+50 °C)
- Toprağın özgül ısı direnci(100 °C cm/W)

Çevre Isısına Bağlı Ortam Kat Sayıları (k)										
Çevre ısısı (C°)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Yer altındaki kablolar (k)	1.15	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63

Yukarıdaki tabloyu incelediğimizde ortam ısı arttığında yer altı kabloları akım kapasite değeri düşecektir.

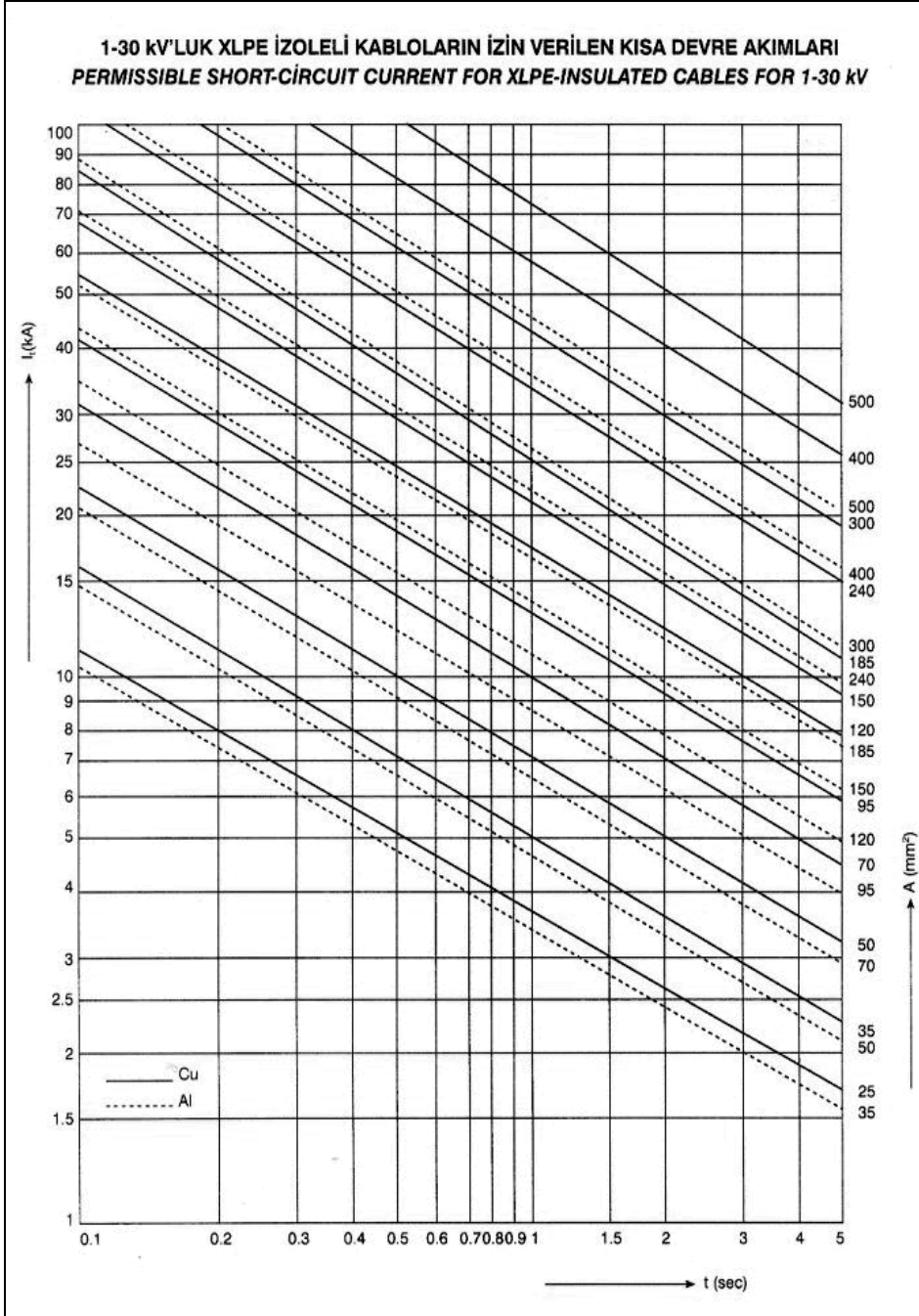
Aşağıda 154 kV ve 380 kV XLPE tipte yer altı güç kablolarının akım taşıma kapasiteleri verilmiştir.

154 kV İletim sisteminde kullanılan yer altı güç kablolarının tipleri ve kapasiteleri			
TİP	Toplam İletken Alanı (mm ²)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	İletim Kapasitesi (MVA)
XLPE Kablo (Bakır)	1000	935	250
XLPE Kablo (Bakır)	630	655	175
380 kV İletim sisteminde kullanılan yer altı güç kablolarının tipleri ve kapasiteleri			
TİP	Toplam İletken Alanı (mm ²)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	İletim Kapasitesi (MVA)
XLPE Kablo (Bakır)	2000	1500	987

Tablo 1.11’de protodur kabloların akım taşıma kapasiteleri verilmiştir.

Toprakta Kablo Cinsi			Prodotur Y Kabloları						Prodotur X Y Kabloları					
Gerilim	0,6/1 kV		3,5/6 kV		5,8/10 kV		8,7/15kV		20,0/35 kV					
Damar Sayısı		3 ve 4		3		1		3						
Döşeme Şekli kesit mm2	Havada	Toprakta	Havada	Toprakta	Havada	Toprakta	Havada	Toprakta	Havada	Toprakta	Havada	Toprakta	Havada	Toprakta
0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	27	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,5	36	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	46	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	58	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	77	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	100	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	130	101	120	105	125	115	105	97	-	-	-	-	-	-
35	155	125	150	130	150	135	130	117	189	199	208	195	172	148
50	185	151	175	155	175	165	155	146	223	238	247	234	204	178
70	230	192	215	195	215	205	190	181	273	296	302	292	251	220
95	275	232	260	240	255	250	225	220	325	358	359	354	300	265
120	315	269	295	275	290	285	260	255	368	412	402	404	335	304
150	355	309	335	315	325	320	300	295	410	465	443	456	375	347
185	400	353	375	360	365	365	340	340	463	532	496	515	-	-
240	465	415	435	430	425	430	400	405	434	627	562	602	-	-

Tablo 1.11: Kabloların akım taşıma kapasiteleri



Tablo 1.12: XLPE kabloların (1- 30 kV) izin verilen kısa devre (kA) akımları

Tablo 1.12 incelendiğinde 50 mm² (Cu) kesitindeki XLPE izolasyonlu iletkenin izin verilen kısa devre akımı 5 saniye için yaklaşık 3,2 kA'dır. Tablodan çıkarılan sonuç kısa devre akım geçiş süresi ne kadar uzarsa kablodan geçebilecek kısa devre akım değeri düşük olmalıdır.

1.1.7. Kullanım Yerlerine Göre Çeşitleri, Yapıları, Özellikleri

Tek iletkenli veya çok iletkenli olarak imal edilen enerji kabloları alçak, orta ve yüksek gerilimde kullanılabilir şekilde sınıflandırılır.

Enerji kabloları döşeme şekillerine ve kullanıldıkları yere göre de şu şekilde sınıflandırılır:

1.1.7.1. Bina İçinde Kullanılan Kablolar

Bina içinde kullanılan kablolar, kapalı kuru yerlerde kullanılan kablolar, ısıya dayanıklı kablolar, lastik yalıtımlı kablolar, ölçü ve kumanda kabloları olarak çeşitleri vardır.

- Kapalı kuru yerlerde kullanılan kablolar

Kapalı kuru yerlerde, sabit tesislerde, sıva altında, boru içinde veya kroşeler üstünde monte edilir. Dağıtım tablosunda cihazlar arası bağlantılarda bakır iletkenli iki damarlı, ince çok telli, bükümlü, fleksible (bükülebilen esnek) kablolar bilhassa hareketli cihazların irtibatında kullanılır.

Ağır işletme şartlarına dayanıklı sabit tesislerde plastik yalıtımlı, Alvinal-D (YAVV veya NAYY), Alvinal-K(YAMV-NAYCY), Alvinal-Z(YAVSV-NAYFYGbY) alüminyum iletkenli kablolar da kullanılmaktadır. Düşük kesitlerde ve dört damarlıdır (Resim 1.1).

Nominal gerilimi 0,6 /1 kV'tur. Siyah PVC plastik yalıtımlı ve damarların faz ayrımı numaralıdır. Damarlar birbirinin üzerine helisel bir şekilde sarılmıştır. Kuvvet ve kumanda merkezleri, endüstri ve genel kullanıma ile ilgili bina tesisatlarında kullanılır.



Resim 1.1: Alvinal kablo(alüminyum)enerji kablosu

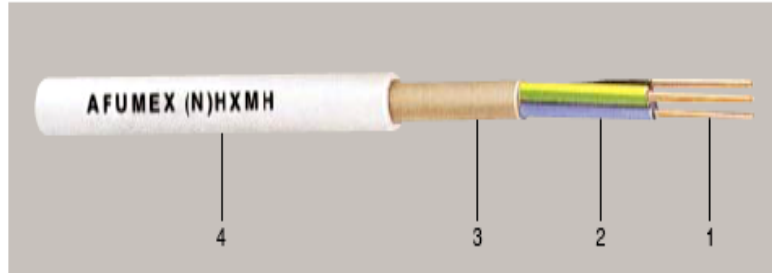
➤ Isıya dayanıklı kablolar

Doğrudan ateş içinde kalan kablo tesislerinin hasarlara sebep vermemesi için kabloların alev iletme özelliği TS-212 standartlarına göre tespit edilmiştir. Bu kabloların kullanıldığı tesislerde yangının yayılması, korozyon, yangın sırasında zehirli gaz ve görüşü engelleyen duman tabakası oluşmaz. Bu özelliğinden dolayı gerilim altında bulunan bakır iletkenli kabloların devre dışı kalması önlenmiş olur.

Bu kablolarla örnek olarak (N)HXSGAFHXÖ 1,8/3 KV (VDE 0250), (N)HXMH 300/500V

(N)HXSHXÖ-J 0,6/1 KV (VDE 0250) enerji kabloları verilebilir.

- (N) HXMH 300 / 500 V
- 1- Bir veya çok telli bakır iletken
Solid or stranded cu-conductor
 - 2- Özel sentetik yalıtkan
Special synthetic insulation
 - 3- Özel dolgu
Special filler
 - 4- Özel sentetik dış kılıf
Special synthetic outer sheath

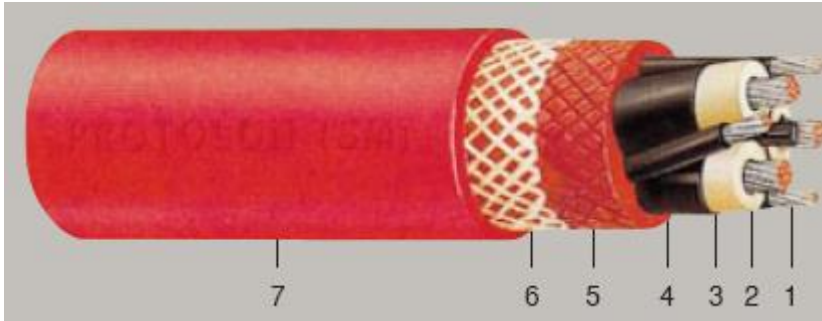


Şekil 1.2: (N)HXMH kablo

➤ Lastik yalıtkanlı kablolar

Kalaylı ince çok telli, bakır iletkenli, lastik yalıtkanlı bir veya çok damarlı kablodur. Rutubetli ortamlardaki cihazlar ile mekanik etkinin az olduğu yerlerde ve tarımsal elektrikli cihazlarda kullanılır.

Kuru ve rutubetli yerlerde açıkta yapılan tesislerde ağır koşullarda kullanılan lastik yalıtkanlı kablolar da vardır. Yüksek mekanik zorlamaların etkisinde kalan motorlarda tercih edilir.



Şekil 1.3: (N) TSCGEWÖU (SM)lastik yalıtkanlı kablo(5,8/10 kV)

- Kalaylı, çok ince çok telli bakır iletken
- İç yarı iletken tabaka
- Protolon yalıtkan
- Dış yarı iletken tabaka
- Lastik iç kılıf
- Textil çorap örgü
- Prototirm dış kılıf

Bu kablo maden ocaklarında, bant sistemlerinde iş makinelerinde kuyruk kablosu ve şantiyelerde besleme kablosu olarak kullanılır ve 3x25 ve 3x120 kesitleri aralığında üretilir.

➤ Ölçü ve kumanda kabloları

Ölçü kumanda ve kontrol kabloları, küçük kesitlerde, sinyal iletişimleri için normal işletme şartlarına uygundur. İhtiyaca göre ağır işletme şartlarında kullanmak için yağa dayanıklı ve özel dış kılıflı olarak imal edilmektedir. Bu kablolar bağlantı kablosu olarak tesisin sinyal ve ölçü değerlerinin dışarıdan gelebilecek elektromanyetik alan etkilerine karşı korunmasının gerekli olduğu yerlerde kullanılır.



Şekil 1.4: HO5VV5-F ölçüve kumanda kablosu

- 1-İnce çok telli bakır iletken
- 2-Protodur yalıtkanlı numara baskılı damarlar
- 3-Protodur dış kılıf

3x0,75 -60x0,75 mm² kesit aralığında üretilirler.

1.1.7.2. Su Altı ve Gemi Kabloları

Kalaylı çok telli bakır iletkenli protolin(etilen-propilen-kauçuk, EPR) yalıtkanlıdır. Bir veya çok damarlı, lastik dolgu üzerinde ince tellerden örülmüş bakır ekranlıdır.

Prototirm(kloropren-kauçuk)dış kılıflıdır. Gemilerde ve her türlü deniz araçlarında kuru, ıslak ve buharlı ortamlarda kullanılabilir. Kapalı ve açık güvertelerde bütün oda ve kapalı yerlerde güvenle kullanılır. Hassas antenlerin bulunduğu yerlerde ve üzerinde bulunan bakır örgü sayesinde ağır işletme şartlarında kullanılır.



Şekil 1.5: MGG 0,6/1 kV ekransız gemi kablosu

- Kalaylı, çok telli bakır iletken
- Protolon lastik yalıtkan
- Lastik dolgu
- Prototirm dış kılıf

1x1,5 - 24x1,5 mm² kesit aralığında üretilirler.

Ekransız oluşları sebebi ile telsiz, radar ve benzeri alıcı-verici cihazların bulunduğu kapalı mahaller ile anten tesisatlarının yakınında kullanılmamalıdır. DIN 89160/VDE 0261 ve IEC 92-3'e göre imal edilir.

1.1.7.3. Yer Altı Kabloları

Yer altı kabloları imalatında genel olarak bakır ve alüminyum iletkenli 1-15 kV'a kadar protodur, 1-154 kV'a kadar protothen-x yalıtkanlı kablolar kullanılır. Y kablolarının yalıtkan kılıfı TS-212'de belirtilen PVC veya EPR (Etile propilen kauçuk) yalıtkanlı malzemedendir.

Protodur(PVC) yalıtkanlı iletken damarları renk kodlu veya numaralı Y kabloları tek veya çok damarlıdır. Protodur izolasyonun altında ve üstünde dielektrik kayıpları azaltmak için iç ve dış iletken tabakalar vardır. Kısa devre akımlarına uygun kesitte bakır ekranlıdır. Üç damarlı kablolarında yassı çelik zırlı ve bunun içinde helis şeklinde sarılmış çelik şeritten tutucu sargı bulunur. Mekanik dış tesirlere karşı çok dayanıklıdır. Çoğunlukla şehir şebekelerinde, şalt tesisleri, cadde aydınlatmalarında toprak altında kullanılır. Kabloların kazma darbesinden zarar görmesi hâlinde nötr iletkeni kablo başındaki şalter veya sigortanın devreyi derhal açmasını sağlar.

Yer altında orta ve yüksek gerilimde protothen-x yalıtkanlı kablolar bilhassa tercih edilir. Protothen-x enerji kablolarında üstün vasıflı bir yalıtkan maddesidir. Organik peroksit katkısıyla yüksek molekülü saf polietilenden imal edilir. İç iletken tabaka protothen-x yalıtkan ve dış iletken tabaka, üçlü püskürtme kafasıyla bir defada iletkenin üzerine püskürtülür. En üstün özelliği termik dayanıklılığıdır. Büyük sıcaklık farkında dahi mekanik ve elektriki değerler hemen hemen sabit kalır. Bundan dolayı protothen-x yalıtkanlı kablolarında devamlı işletme için iletken sıcaklığına 90 °C'ye kadar müsaade edilir. Bu değerler, protodur yalıtkanlı kablolarında 70 °C'dir. Bu kablolar endüstri bölgesinde hariçte kablo kanallarında ve toprak içinde kullanılır. Mekanik dış tesirlere karşı dayanıklıdır. Yer altı kabloları alüminyum ve bakır iletkenli olarak imal edilir.

➤ Alüminyum iletkenli yer altı kabloları

Yer altında ağır işletme şartlarına dayanıklı alvinal-K kabloları da kullanılmaktadır. Plastik izoleli nötrü konsantrik bakır iletkenli, üç damarlı alüminyum iletkenlidir. Nominal gerilimi 0,6/1 kV'tur. Çok telli örgülü siyah PVC plastik ve damarların faz ayırımı numaralıdır. Genel olarak toprak içine tesis edilir. Bilhassa belediye elektrik şebekelerinde, sokak aydınlatması ve dağıtım kablosu olarak kullanılır. Kazma kürek gibi kazıcı aletlerle kablonun zedelenmesi hâlinde konsantrik nötr iletken, ait olduğu fazın sigortasını attırmayı sağlar.

Alvinal-Z kabloları da yer altında ve ağır işletme şartlarında mekanik etkilere dayanıklı bir kablodur. Plastik yalıtkanlı, çelik zırlı düşük kesitli nötr iletkenli dört damarlı alüminyum iletkenlidir. Nominal gerilimi 0,6/1 kV'tur. Bu alüminyum iletkenli yer altı kablosu ağır işletme şartları için imal edilmiştir. Kabloda kullanılan çelik galvanizli şerit telden yapılmış bulunan metal koruyucu kılıf dayanımı temin eder. Bu özelliğinden dolayı kaygan ve çöküntülü arazilerde, maden ocaklarında gerekli dayanımı sağlayacak yapıdadır. Ayrıca nehir ve deniz altı kablosu olarak da kullanılabilir.

➤ Bakır iletkenli yer altı kabloları

En çok kullanılan bakır iletkenli yer altı kabloları ve özellikleri şunlardır:

- YVV kablo

YVV 0,6/1 kV
NYY-O / NYY-J 0,6/1 kV
YY 0,6/1 kV

Standartlar / Standards

TS 11178
VDE 0276
IEC 60502

YVV (NYY) 0,6 / 1 kV
1- Bakır iletken
2- Protodur yalıtkan
3- Protodur dış kılıf



Şekil 1.6: YVV kablo

- **YE3V kablo**

YE₃V 0,6/1 kV
2XY 0,6/1 kV

Standartlar / Standards

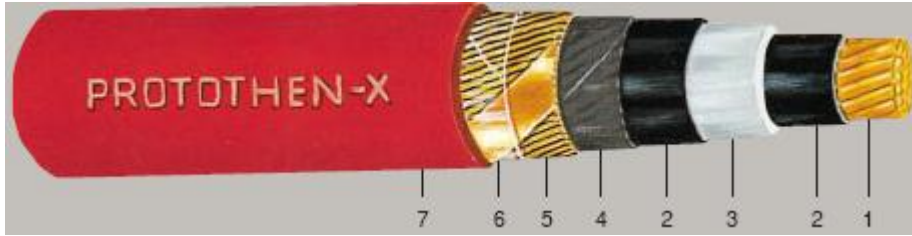
TS 11178
VDE 0276 / IEC 60502

- YE₃V (2XY) 0,6 / 1 kV
1- Bakır iletken
2- Protothen-X yalıtkan
3- Koruma bantı
4- Protodur dış kılıf



Şekil 1.7: YE3V kablo

- **YE3SV(2XSY) kablo**



Şekil 1.8: YE3SV(2XSY) 5,8/10 KV kablo

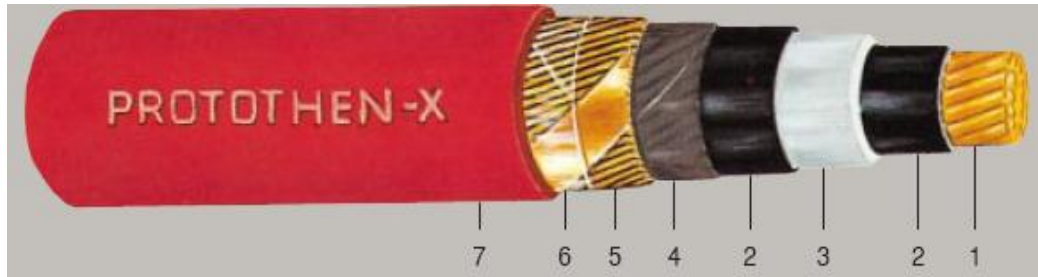
1. Bakır iletken
2. Yarı iletken tabaka
3. Protothen-x yalıtkan
4. Yarı iletken krep kâğıdı
5. Bakır tellerden ekran
6. Koruma bantı
7. Protodur dış kılıf

YE3SV(TS 212)-2XSY(IEC 60502)-N2XSY(VDE 0276) standartlarında üretilir. Anma gerilimi 5,8/10 KV'tur. Çok telli, bakır iletkenli, dielektrik kayıpları çok küçük protothen-x yalıtkanlı elektriki alanı homojenleştirici, özel iç ve dış yarı iletken tabakalı, yüksek kısa devre akımlarına karşı uygun kesitte ve özel olarak takviye edilmiş bakır ekranlı, protodur dış kılıflı, bir damarlı orta gerilim enerji kablosudur. Bu kablolar kısa devre akımlarının büyük olduğu yerleşme ve endüstri bölgelerinin elektrik enerjisi ile beslenmelerinde ve yük artışları beklenen şebekelerde, hariçte kablo kanallarında, dâhilde ve toprak içinde kullanılır. Özel olarak imal edildiklerinde tatlı ve tuzlu suda kullanılır. 1x25ş/16-1x240ş725 mm² kesit aralığında imal edilir.

Nominal kesit	Bakır faktörü	Kablo dış çapı (yaklaşık)	Net ağırlık (yaklaşık)	20°C'de iletken DA direnci	Çalışma indüktansı (yaklaşık)		Çalışma kapasitesi (yaklaşık)	Akım taşıma kapasitesi				Sevk uzunluğu (yaklaşık)
					Operating inductance (approx.)			Current carrying capacity in		toprakta		
Rated Cross-section	Cu factor	Overall diameter of cable (approx.)	Net weight (approx.)	Conductor DC resistance at 20°C	Operating inductance (approx.)		Operating capacity (approx.)	Current carrying capacity in				Delivery length (approx.)
								ground		air		
mm ²		mm	kg / 1000 m	Ω / km	mH/km	mH/km	μF/km	A	A	A	A	m
1 x 25 ₅ /16	422	20,8	700	0,727	0,782	0,443	0,201	179	157	191	162	1000
1 x 35 ₅ /16	518	21,9	810	0,524	0,75	0,419	0,222	212	187	231	195	1000
1 x 50 ₅ /16	662	22,9	940	0,387	0,723	0,399	0,239	249	220	277	234	1000
1 x 70 ₅ /16	854	25,0	1195	0,268	0,692	0,378	0,275	303	269	345	292	1000
1 x 95 ₅ /16	1094	26,7	1465	0,193	0,663	0,361	0,309	358	321	418	354	1000
1 x 120 ₅ /16	1334	28,1	1720	0,153	0,642	0,347	0,336	404	364	481	407	1000
1 x 150 ₅ /25	1723	29,5	2080	0,124	0,624	0,336	0,364	441	405	537	460	1000
1 x 185 ₅ /25	2059	31,2	2445	0,0991	0,605	0,325	0,397	493	457	612	527	1000
1 x 240 ₅ /25	2587	33,8	3020	0,0754	0,58	0,311	0,447	563	528	716	621	1000

Tablo 1.13: YE3SV(2XSY) 5,8/10 KV kablo karakteristik değerleri

• **YE3SV(2XSY) 20,3/35 kV kablo**



Şekil 1.9: YE3SV(2XSY) 20,3/35 KV kablo

1. Bakır iletken
2. Yarı iletken tabaka
3. Protothen-x yalıtkan
4. Yarı iletken krep kâğıdı
5. Bakır tellerden ekran
6. Koruma bantı
7. Protodur dış kılıf

YE3SV(2XSY) TS 2742 standardına göre imal edilmişlerdir. Anma gerilimi 20,3/35 kV'tır. Çok telli, bakır iletkenli, dielektrik kayıpları çok küçük protothen-x yalıtkanlı, elektrik alanı homojenleştirici özel iç ve dış yarı iletken tabakalı, yüksek kısa devre akımlarına karşı uygun kesitte ve özel olarak takviye edilmiş bakır ekranlı, protodur dış kılıflı bir damarlı orta gerilim enerji kablodur. Elektriki kayıpları emsallerine oranla çok küçük olan bu kablolar kısa devre akımlarının büyük olduğu yerleşme ve endüstri bölgelerinin elektrik enerjisi ile beslenmelerinde ve yük artışları beklenen şebekelerde, hariçte, kablo kanallarında, dâhilde ve toprak içinde kullanılır. Özel olarak imal edildiklerinde tatlı ve tuzlu suda da kullanılır.

Nominal kesit	Bakır faktörü	Kablo dış çapı (yaklaşık)	Net ağırlık (yaklaşık)	20°C'de iletken DA direnci	Çalışma indüktansı (yaklaşık)		Çalışma kapasitesi (yaklaşık)	Akım taşıma kapasitesi				Sevk uzunluğu (yaklaşık)
					Operating inductance (approx.)			Current carrying capacity in		toprakta		
Rated Cross-section	Cu factor	Overall diameter of cable (approx.)	Net weight (approx.)	Conductor DC resistance at 20°C	Operating inductance (approx.)		Operating capacity (approx.)	Current carrying capacity in				Delivery length (approx.)
								ground		air		
mm ²		mm	kg / 1000 m	Ω / km	mH/km	mH/km	μF/km	A	A	A	A	m
1 x 35 ₅ /16	518	33,5	1320	0,524	0,775	0,508	0,116	214	192	233	202	1000
1 x 50 ₅ /16	662	34,9	1500	0,387	0,748	0,484	0,123	251	226	279	241	1000
1 x 70 ₅ /16	854	36,6	1760	0,268	0,716	0,457	0,137	306	276	348	299	1000
1 x 95 ₅ /16	1094	38,3	2060	0,193	0,686	0,435	0,151	363	329	421	362	1000
1 x 120 ₅ /16	1334	39,7	2340	0,153	0,665	0,417	0,162	410	373	483	416	1000
1 x 150 ₅ /25	1723	41,1	2725	0,124	0,647	0,403	0,173	449	415	540	469	1000
1 x 185 ₅ /25	2059	42,8	3120	0,0991	0,627	0,388	0,186	503	468	615	536	1000
1 x 240 ₅ /25	2587	45,4	3740	0,0754	0,603	0,374	0,206	576	541	718	630	1000

Tablo 1.14 : YE3SV(2XSY) 20,3/35 KV kablo karakteristik değerleri

➤ **[YE3S(AL)E] 89/154 kV enerji kablosu**



Şekil 1.10: YE3S(AL)E 89/154 kV enerji kablosu

1. Bakır iletken
2. İç yarı iletken tabaka
3. Protothen-x yalıtkan
4. Dış yarı iletken tabaka
5. Yarı iletken suda şişen bant
6. Bakır tellerden ekran
7. Lastik iç kılıf
8. 8-iki tarafı kopolimerli alüminyum bant
9. Polietilen dış kılıf

Bu kablo özel şartnamelere göre IEC 840 imal edilir. Çok telli, bakır iletkenli, dielektrik kayıpları çok küçük protothen-x yalıtkanlı, elektrik alanı homojenleştirici, özel iç ve dış yarı iletken tabakalı, yüksek kısa devre akımlarına karşı uygun kesitle ve özel olarak takviye edilmiş bakır ekranlı, lastik dolgu tabakalı, alüminyum koruyucu kılıflı ve polietilen dış kılıflı, bir damarlı yüksek gerilim enerji kablolarıdır. Ekran boyunca ve radyal yönde su sızdırmaz. İstenilirse iletken de boylamasına su sızdırmaz.

Bu kablolar, güvenlik ve çevre koruması nedeni ile 154 kV havai hatlarla şehir merkezlerine girilemeyen hâllerde yer altına döşenerek gerilim düşümlerini ve kayıpları asgariye indirip şebekeyi kompanze etmekte, enerjiyi 154/34,5/0,4 kV ring sistemlerine iletmekle, enerji üretim merkezlerinden ulusal ve uluslararası enterkonekte şebekelerin beslenmesinde uydu kentlerin ana dağıtım sistemlerine bağlanmasında, hariçte, kablo kanallarında dâhilde ve toprak altında, özel olarak imal edildiklerinde tatlı ve tuzlu suda kullanılır. Müsaade edilen işletme sıcaklığı 90 °C, müsaade edilen kısa devre sıcaklığı 250 °C'dir (kısa devre zamanı $t < 5$ saniye için).

Nominal kesit	Bakır faktörü	Kablo dış çapı (yaklaşık)	Net ağırlık (yaklaşık)	20°C'de iletken DA direnci	Çalışma indüktansı (yaklaşık)	Çalışma kapasitesi (yaklaşık)	Toprakta akım taşıma kapasitesi
Rated Cross-section	Cu factor	Overall diameter of cable (approx.)	Net weight (approx.)	Conductor DC resistance at 20°C	Operating inductance (approx.)	Operating capacity (approx.)	Current carrying capacity in ground
mm ²		mm	kg / 1000 m	Ω / km	mH / km	μF / km	
1 x 630/135	7370	97,0	14300	0,0283	0,689	0,161	1075
1 x 800/135	9475	101,5	16100	0,0221	0,678	0,174	1215
1 x 1000/135	12680	105,6	18100	0,0176	0,663	0,186	1354

Tablo 1.15 : [YE3S(AL)E] 89/154 kV kablo karakteristik değerleri



Şekil 1.11: 550 kV yer altı kablosu

1.2. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

İlgili yönetmelik maddeleri aşağıdaki gibidir.

Madde 58- Bu Yönetmeliğin kapsamına giren tesislerde Türk Standartlarına uygun kablolar kullanılacaktır. Bunlar bulunmadığında Madde 1'de belirtilen standartlara uygun kablolar kullanılacaktır.

➤ **Kablo seçimi:**

Kablo seçiminde aranılan öteki koşulların yanında aşağıdakiler de göz önünde bulundurulacaktır:

- Anma gerilimi:

Kablolar için iki anma gerilimi kullanılır:

U: Fazlar arası gerilim

U0: İletken ile metal kılıf ya da toprak arasındaki gerilim

- Yük akımı:

Kablo kesitleri, yük akımına bağlı olarak çeşitli kablo tiplerine, döşeme durumlarına ve ortam koşullarına göre standartlarda belirtilen ya da yapımcılar tarafından bildirilen yükleme durumlarına göre belirlenir.

Kablo kesitinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak koşullardan bazıları aşağıdadır:

- Gelecekte yük artışları
- İzin verilen iletken sıcaklığı (sürekli kullanmadaki iletken sıcaklığı, seçilen kablo tipi için belirtilen değerlerden büyük olmamalıdır.)
- Kabloda oluşan ısının dışarıya atılmasında etkili olan ortam koşulları (toprağın ısı direnci vb.)
- Kablonun tek ya da çok damarlı oluşu
- Kablonun havada ya da yer altında döşenmiş olması
- Kablonun döşenme yöntemi
- Özgül ısı dayanımı

Bu hesapların yapılmasında ilgili standartlarda yer alan kablolarla ilgili çizelgelerden yararlanılacaktır.

- Kısa devre dayanımı:

Kablolar kullanılacakları şebekelerde oluşacak kısa devre akımlarına dayanmalıdır. Kabloların kısa devre dayanıklılığı hesapla gösterilmelidir. kısa devre sonucunda kablo iletken sıcaklığı PVC yalıtkanlı kablolarda en çok 160 °C, XLPE yalıtkanlı kablolarda en çok 250 °C olacaktır.

Özellikle tek damarlı kablolarda kablo tutturma parçaları, kısa devrenin neden olacağı kuvvetlere dayanacak boyutta seçilmeli ve aralarında yeterli açıklık olmalıdır.

- Gerilim düşümü:

Kabloların gerilim düşümü hesaplanırken omik dirençten başka endüktif empedans da göz önüne alınmalıdır.

Gerilim düşümü indirici trafo merkezlerinin sekonderinden itibaren yüksek gerilim dağıtım şebekelerinde % 7'yi aşmamalıdır. Ancak ring şebekeler için ayrıca arıza hâllerinde ringin tek taraflı beslenmesi durumu için gerilim düşümü tahkikleri yapılmalıdır. Bu durumda gerilim düşümü % 10'u aşmamalıdır.

Alçak gerilim tesislerinde gerilim düşümü % 5'i aşmamalıdır. Kendi transformatörü bulunan tesislerde, transformatörlerin AG çıkışından itibaren gerilim düşümü bakımından en kritik durumda olan tüketiciye kadar olan toplam gerilim düşümü aydınlatma tesislerinde % 6,5, motor yüklerinde % 8'i aşmamalıdır. Ring olması hâlinde yüksek gerilim için yukarıdaki açıklamalar aynen geçerlidir.

- Etkin güç kaybı:

Kablo kesiti madde 58-a/2, 3 ve 4'te belirtilen yöntemlere göre hesaplanacak en büyük kesite uygun olarak seçilir. Ancak hat kayıpları da göz önüne alınarak daha büyük kesitli (ekonomik kesit) kablolar kullanılabilir. Önemli kablo hatlarında ekonomik hesap, kablo maliyeti, hat kayıpları, yıllık kullanma süresi, enerji fiyatı, reel faiz, amortisman süresi göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu durumda ekonomik kesite çıkılması tavsiye edilir.

- Dielektrik kaybı:

Özellikle yüksek gerilimli ve uzun kablolar kullanıldığında özel koşullar dışında dielektrik kaybı düşük olan kablolar (XLPE gibi) seçilmelidir.

- Mekanik koşullar:

Kablo kullanılacağı yerdeki mekanik koşullar göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Mekanik zorlanma olan yerlerde, buna dayanıklı kablo cinsleri seçilmelidir. Örneğin, çekiye çalışan kabloların zırlı olması, eğimli yerlerde ve ek kutularının yakınında, çeki kuvvetini taşıyan kelepçelerle tutturulmalıdır.

Toprağa doğrudan gömülü kabloların çelik zırlı olması tavsiye edilir. Çelik zırlı kabloların yer altında beton kanallar, beton büzler veya beton muhafaza içine alınmış PVC borular içinde kullanılması tavsiye edilir.

- Kimyasal etkiler ve dış etkiler:

Kablolar döşendikleri yerlerdeki kimyasal etkilere, su, rutubet ve hava koşulları ile öteki çevre etkilerine dayanacak tipte seçilmelidir.

- Kablolar işletme koşullarına uygun tipte seçilmelidir.
- Yer durumu:

Kablolar döşenecekleri yerlerin özelliklerine uygun tipte seçilmelidir. İnsanların yoğun bulunduğu, paniğin yaşanabileceği tüm yapılar, yüksek katlı binalar, hastaneler, tüneller, tiyatrolar, okullar, alışveriş merkezleri gibi yapı ve yerlerde yangın anında az duman çıkaran, halojensiz özellikli kablolar kullanılmalıdır.



Şekil 1.12 :YE3SV kablo



Şekil 1.13 : YE3S(AL)E kablo

UYGULAMA FAALİYETİ

Yer altı enerji kablolarını seçiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ YVV kablosunu seçiniz.➤ YE3SV kablosunu seçiniz.➤ YE3S(AL)E kablosunu seçiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Bütün kabloların katalog ve varsa CD'lerini inceleyiniz.➤ YVV kablunun yalıtkan cinsini tespit ediniz.➤ YVV kablo iletkeninin damar sayısını tespit ediniz.➤ YVV kablo iletkeninin kesitini ve akım taşıma kapasitesini tespit ediniz.➤ YVV kablo anma gerilimini tespit ediniz.➤ YE3SV kablunun iç ve dış kılıf yalıtkan cinsini tespit ediniz.➤ YE3SV kablo iletkeninin kesitini ve akım taşıma kapasitesini tespit ediniz.➤ YE3SV kablo anma gerilimini tespit ediniz.➤ YE3SV kablo ekran cinsini ve görevini tespit ediniz.➤ YE3S(AL)E kablunun iç ve dış kılıf yalıtkan cinsini tespit ediniz.➤ YE3S(AL)E kablo iletkeninin kesitini ve akım taşıma kapasitesini tespit ediniz.➤ YE3S(AL)E kablo anma gerilimini tespit ediniz.➤ YE3S(AL)E kablo ekran cinsini ve görevini tespit ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Yer altı kablolarını standart ve yönetmeliklere uygun seçebildiniz mi?		
2. Yer altı kablolarının yalıtkan cinslerini doğru seçebildiniz mi?		
3. Yer altı kablolarının standart sıcaklık değerlerini doğru seçebildiniz mi?		
4. Yer altı kablo anma gerilim değerlerini seçebildiniz mi?		
5. Yer altı kablolarının standart kesit değerlerini seçebildiniz mi?		
6. Yer altı kablo kullanma yerlerini doğru seçebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME



ya

1.

2.

3.

okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü

ne.....denir.

yan yassı veya yuvarlak tellerle yapılmış örgü veya

kuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

yunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz. BS

standartlarının anlamı nedir?

- A) Türk standardı
 - B) Alman standardı
 - C) Fransız standardı
 - D) İngiliz standardı
4. PE'nin anlamı nedir?
- A) Plastik
 - B) Polietilen
 - C) Polivinil
 - D) Poliklorid
5. Sabit tesislerde kullanılan ağır işletme şartlarına dayanıklı kablo harf sembolü TS 212'ye aşağıdakilerden hangisidir?
- A) N
 - B) S
 - C) K
 - D) Y
6. VDE 0271 standardına göre çapraz bağlı polietilen harf sembolü aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 2X
 - B) E3
 - C) SH
 - D) U
7. Orta gerilim şebeke ve hatlarında gerilim düşümü aşağıdaki hangi değerden büyük olamaz?
- A) %20
 - B) %15
 - C) %10
 - D) %25

8. Protothen-x yalıtkanlı iletkenin en yüksek sıcaklık değeri aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 100 °C
 - B) 105 °C
 - C) 90 °C
 - D) 120 °C

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Standart ve yönetmeliklere uygun, yer altı enerji hattı kablolarını hatasız olarak çekebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Elektrik enerjisinin yer altından taşınmasının sakıncaları var mıdır? Araştırınız.
- Yer altı kabloları nasıl döşenir? Araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı, elektrik taahhüt firmaları, elektrik iletim ve dağıtım yapan kuruluşları kullanabilirsiniz. Bu araştırmaları yaparken güvenlik tedbirleri alınması gereken yerlerde güvenlik tedbirlerinin alınmasına dikkat ediniz. Araştırmanızı rapor hâline getirerek arkadaşlarınıza sununuz.

2. YER ALTI ENERJİ KABLOLARI ÇEKİMİ

2.1. Kabloların Yer Altından Döşenmesinin Nedenleri

Elektrik enerjisinin hava hatları ile iletilemediği ve dağıtılamadığı yerlerde yer altından iletim ve dağıtım yapılması gerekmektedir. Şehir içlerinde ve hava hattının kullanılma imkânı olmayan yerlerde, özellikle tercih edilir. Boğaz geçişlerinde enerjinin su altından, yer altı kablosu ile yapılması gerekmektedir. Yer altı kabloları çok az arıza yapar ve önemli derecede bakım gerektirmez. Yer altı enerji hatlarının üstünlük ve sakıncaları şunlardır:

2.1.1. Yer altı Enerji Hatlarının Üstünlükleri

- Yer altı kabloları ile yapılan tesisler, direk ve diğer malzemelere ihtiyaç göstermez.
- Cadde ve meydanların görüntü estetiği bozulmadan tesisler yapılabilir.
- Atmosferik olaylardan (yıldırım, kar, fırtına vb.) etkilenmez.
- Yer altı kabloları cadde, meydan ve parkların özelliklerine uyacak şekillerde düz veya kavis yaptırılarak döşenebilir.
- Havai hatlardaki gibi bakım ihtiyaçları yoktur.
- Yerleşim bölgelerinde, havai hat tesislerine göre daha güvenlidir. Kaza ihtimali azalmıştır.

2.1.2. Yer Altı Enerji Hatlarının Sakıncaları

- Havai hatlara göre kuruluş maliyeti fazladır.
- Kablo arıza tespiti ve onarımı zordur.

2.2. Kablo Güzergâhının Belirlenmesi

Yer altı kablosu oldukça pahalı bir gereç olduğundan kabloyu en kısa ve uygun yoldan döşemek gerekir. Güzergâhın doğru olarak tespitinde çok titiz olmak gerekir. Ancak bu sayede tesisin yapımında işçilik az olur. Planla yapılmış bir tesisin bakımı kolay ve ömrü de uzun olur.

Kablo döşenecek yerin ölçekli planı ya da haritası alınır. Yüksek gerilimli uzak mesafeli kablo döşenmesinde araziye ait her türlü bilgi (bataklık, kumluk, kayalık, kil veya kalkerli yerler ile nehir, yol, köprü, tünel ve varsa başka arazi engelleri veya yerlerdeki binalar)incelenerek plan veya haritaya işlenir. Kablo geçiş yolunun arazi engelleri dikkate alınarak imkân nispetinde en kısa yoldan düz hat şeklinde döşenmesi istenir. Böylece maliyet en aza indirilmiş olur.

Kablo boyu yani yolu uzun olursa kabloları ait ek kutuları, branşman kutuları sayısı artar. Böylece hem maliyet hem de arıza ihtimali artar. Plan yapılırsa ek kutularının yerleri, kablo geçiş yolları uygun olarak seçilir ve plana işlenir. Bu sayede ilerideki onarım ve değişiklikler kolayca yapılabilir. Kablo güzergâhı şehir dışı ve şehir içinde olmak üzere iki türlü belirlenir.

2.2.1. Şehir Dışında Kablo Güzergâhı Belirlenmesi

Açık arazide yani şehirler dışında güzergâh tayin edilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Kablo güzergâhı mevcut yollarla kolayca ulaşılabilir olmalı ve arazi engelleri nispetinde en kısa yollardan geçilmeli kablo geçiş yolu ulaşım yollarından uzakta bulunmamalıdır.
- Kablolar engebeli yerlerden, mesala göl, nehir, orman, yol kavşağı, maden ocakları, kumluk, taşlık yerlerden, nehir yatakları ve benzeri yerlerden döşenmemelidir. Bu gibi yerler kablo döşemeye uygun değildir.
- Kablolar nehir, köprü, demir yolu, karayollarını sık sık kesmemelidir. Bu gibi yerlerde kesinlikle ek kutusu konmamalıdır.
- Yolu kısaltmak için kablolar tarlaların içinden döşenmemelidir. Ek kutuları tarlalar, içine koyulmamalıdır, yerleri belirsiz olduğundan arıza bulma zorlaşır.
- Kablolar, rutubet ve zararlı kimyasal maddelerin bulunduğu endüstri bölgelerinden uzak olmalıdır.
- Kablolar, cadde ve yollar boyunca bunların yanından döşenmelidir. Kablo güzergâhı açık arazide bile işaretlenmelidir. Varsa ek kutuları da güzergâh boyunca emin ve belirli yerlere konmalıdır. İşaret levhaları ya da taşları ile belirtilmelidir. Bu sayede tadilat ve tamirat kolaylıkla yapılabilir.
- Kabloları meyilli araziden, dar boğazlardan, kayalık yerlerden geçirmek gerekirse buralarda çelik bandajlı özel kablolar kullanılmalıdır. Kablo başı ve sonunda fazlalık bırakılması gereklidir. Böylece arıza hâlinde yeni kabloya gerek kalmadan tamirati yapılabilir.
- Kablo bataklık arazide döşenecek ise önce bataklık tahlil edilir, sonra kablolar künklerden borulardan beton veya ağaç kazıklar üzerinden geçirilir. Böylece kablo hem korunmuş hem de kablo yolu sabit hâle getirilmiş olur.

2.2.2. Şehir İçinde Kablo Güzergâhı Belirlenmesi

Şehir, kasaba ve köy gibi meskun yerlerde kabloların güzergâhı belirlenirken şu hususlara dikkat edilir:

- Kablolar şehirlerde mutlaka yol ve sokaklar boyunca ve yaya kaldırımların altına döşenmelidir, kablo döşeniş yolunun kısa olması tercih edilir.
- Kablo yolunun, telefon kabloları, kanalizasyon büzleri, su ve doğal gaz boruları ile karşılaştırılmadan belirlenmesi tercih edilmelidir.
- Kablolar duruma ve ihtiyaca göre yolların bir ya da iki yanına döşenir. Yolun tek yanına döşenmiş bir kablo tesisatından, sonradan yolun diğer yanına elektrik almak gerekirse yol bozulur, trafik aksar buda istenilen bir durum değildir.
- Kablolar, ahır, gübre suları veya kimyevi suların aktığı atölye ya da fabrika civarına döşenmez. Şayet mecburiyet varsa kablo çok derine döşenir ve demir boru içinden geçirilir, borunun iki ağzı ziftli bezlerle sarılır. Böylece kablo tahrip edici sıvılardan korunmuş olur.
- Kablo döşenmesi esnasında her türlü ek kutuları, branşman kutularının yerleri tam olarak ölçülür. Bina ve değişmez yerlere işaret konur. Durum ayrıca plana işlenir.

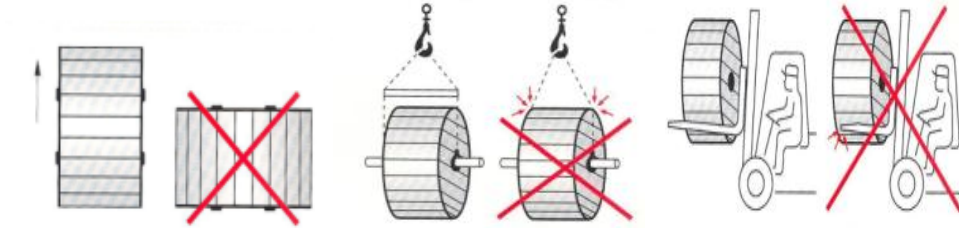


Resim 2.1:Kablo güzergâhı keşfi

2.3. Yer Altı kablolarının Döşenme Yerine Taşınması

Yer altı kablo makaraları üzerinde kablonun cinsi, kablo kesiti, damar sayısı, işletme gerilimi, boyu ve sağılma (serilme) yönlerine ait bilgiler bulunur. Makaralar demir veya tahtadan olabilir, çok ağır oldukları için tesis yerine taşıtlarla götürülür. Bazen makara taşıma özel araçları kullanılmaktadır. Bu araçlardan makara hiç indirilmeden direkt olarak kablo çekilerek döşenebilmektedir (Resim 2.3).

Makaranın taşıttan indirilmesi oldukça önemli bir iştir. Makaranın yere indirilmesi için vinçle indirme işlemi yapılır (Resim 2.2.) veya taşıta bir kalas dayanır. Makara yavaş yavaş kalas üzerinden yuvarlanırken bir halatla ters yönde çekilir. Makaranın hızını kesmek için yere (kalas önüne) engeller konur. Makara yere indirildikten sonra tesis yakınındaki bir yere üzerindeki ok yönünde yuvarlanarak taşınır.



Şekil 2.1: Kablo makarasının taşınma yöntemleri



Şekil 2.2: Kablo makarasının döşenme yerine getirilmesi



Resim 2.2: Kablo makarası ve indirilmesi



Resim 2.3: Kablo makaraları taşıma araçları

2.4. Yer Altı Kablolarının Döşeme Yerine Serilmesi

Makarada olmayan yani kangal hâlindeki kablolar yuvarlanarak serilir (sağılır). Kabloyu çekerek sağmak ve sürüklemek kablo zedelenebileceğinden doğru değildir. Makarada bulunan kablonun sağılması özel aparatlar (bucurgat) yardımıyla yapılır. Bu aparatın ayakları makara yanlarına konduktan sonra makaranın ortasından geçirilen mil, aparatın yuvalarına yerleştirilir. Aparatın vidaları her iki taraftan sıkılarak makara yerden biraz yukarıya kaldırılır.

Serme (sağma) işlemi 3-4 kişi tarafından yapılmalıdır. Bir veya iki kişi makarayı çevirir, bir kişi de makaranın hızlı dönmesini önlemek için bir tahta ile makarayı kenardan firenler. Kablo daha çok makaranın üstünden sağıldığı gibi bazen de makaranın altından sağılır. Serme(sağma) işlemi yapılırken kablo boyu uzadıkça kablonun ağırlığına göre her 5-10 metrede bir taşıyıcı kullanılmalıdır. Gelişmiş ülkelerde kablo makara aparatı kullanılmadan direkt olarak kanala serilmektedir. Kabloların uçlarına yardımcı gereçler (pabuç,kablo kılıfı) takılarak çekilip serilmelidir.



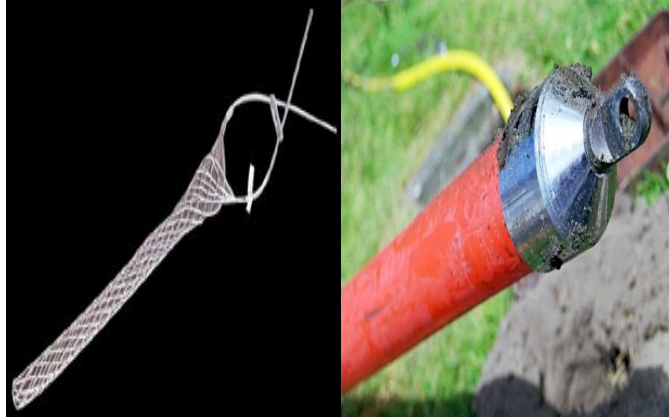
Resim 2.4: Kablo makara aparatları



Resim 2.5: Kablonun serilmesi



Resim 2.6: Kablo taşıyıcı ve kablo serilmesi



Resim 2.7: Kablo çekme için çorap ve kablo ucu

Kabloların serme ve çekme işleminde, kablo uçlarının zarar görmemesi için kablo çorabı ve kablo ucu kullanılır.



Resim 2.8: Kablonun serilmeden dösenmesi

Gerektiğinde serme işlemini yapmadan kablolar direkt olarak kanala dösenebilir.

2.5. Yer Altı Kablolarının Dösenme Yöntemleri

Coğrafi zorluklar, iklim koşulları, güvenlik, strateji, estetik ve elektromanyetik uyumluluk gibi pek çok açıdan yer altı kablolarının kullanımı kaçınılmazdır. Yer altı kabloları değişik şekillerde dösenbilmektedir. Dösenme yönteminin seçilmesinde maliyet, kablo güzergâhının özelliği, estetik gibi unsurlar göz önüne alınır. Genelde yer altı kabloları toprak içine, su altına ve bina içine dösenir.

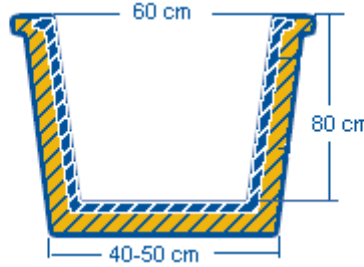
2.5.1. Yer Altı Kablolarının Toprak İçine Dösenmesi

Yer altı kablolarının toprak içine dösenmesi yöntemi sırasıyla şöyledir:

2.5.1.1. Kablo Kanalının Hazırlanması

Kablo kanalı, tespit edilen kablo yolu boyunca uygun araç gereçlerle açılır. Kanalın kazılacağı yerin sert veya toprak zemin olmasına göre kullanılan araç gereçler değişmektedir (Resim 2.9 ve 2.10.). Kanalın derinliği sokak ve alanlarda en az 80 cm, bu yerlerin dışında en az 60 cm olmalıdır. Bu derinlik zorunlu durumlarda özel koruyucu önlemler alınarak 20 cm dolaylarında azaltılabilir. Kablo kanalının dip genişliği 40-50 cm, üst genişliği 60 cm olmalıdır. Bir kanal içine birden fazla kablo dönecekse kablolar arasında 20-25 cm kadar genişlik payı ilave edilir. Aslında kanal ebatı işletme gerilimlerine, kablo sayısı ve kablo çaplarına ve bunların korunması için kullanılan tuğla vb. ebatına göre değişir.

Şehir içinde kablo yolu için yol ve caddeler boyunca kazı yapılır. Yaya kaldırımlarında açılan kablo kanalı, bina duvarlarından en az 60-70 cm uzaklıkta olmalıdır.

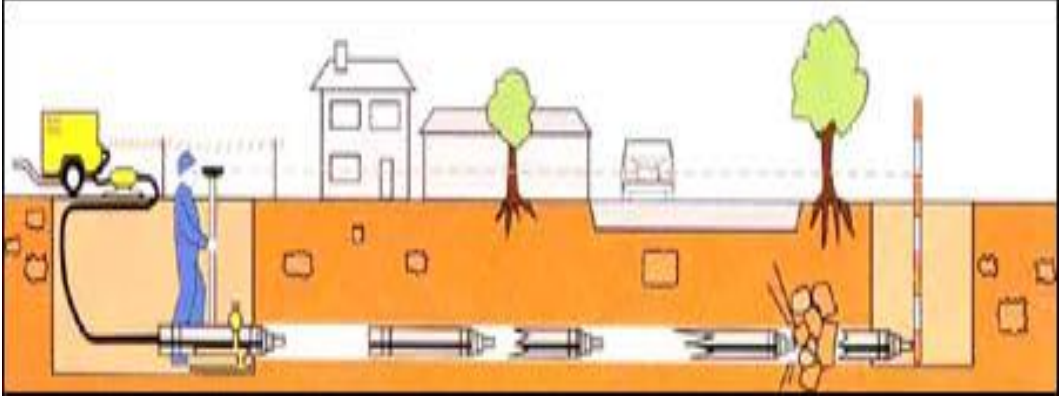


Şekil 2.3: Kablo kanal boyutları

Kablo kanalı derinliği sokak ve alanlarda en az 80 cm, bu yerlerin dışında(şehir dışı) en az 60 cm olmalıdır.

Kablo kanalının dibi düz ve taş gibi engellerden arınmış olmalıdır. Şehir dışında meskun olmayan yerlerde kablolar 50-60 cm derinliğe gömülür. Eğer kanal kâfi derinlikte açılmıyorsa kablo kanalının üstü betonla takviye edilir (çok sert kayalık arazide). Şehir içinde kablolar caddeler boyunca ya da kaldırımlar altına ve duvardan en az 60-70 cm uzağa döşenir. Genellikle kablo, yolların cadde ve sokakların her iki yanına döşenir.

Caddeler dikine kablo çukurları ile yarılmamalıdır. Şayet kablo caddeyi dikine geçecekse cadde harap olur, trafik aksar, işçilik çoğalır. Caddelerden ağır vasıtalar geçtiğinde kablo zedelenebilir. Bunun için kablo en az 1 m derine döşenir. Kablolar eğer demir ya da büzler içine döşenirse boru çapı kablo çapının en az 1,5 misli, künkler veya büzlerin çapı da kablo çapının en az 2 misli olmalıdır.



Şekil 2.4: Yer altından kanal açma yöntemi



Resim 2.9: Sert zeminde kablo kanalı açma



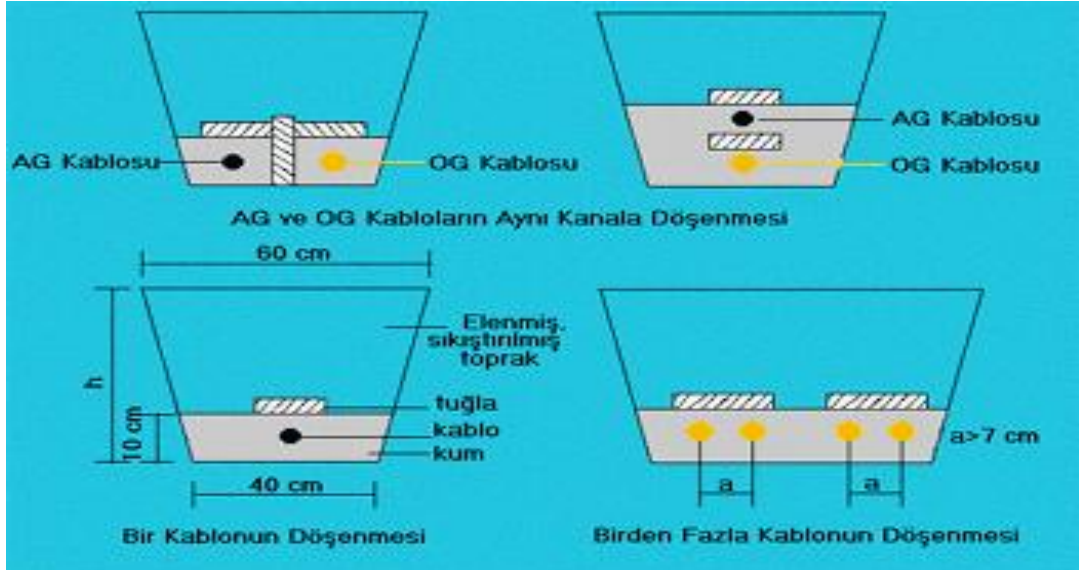
Resim 2.10: Toprak zeminde kablo kanalı açma

2.5.1.2. Kablonun Kanaldan Döşenmesi

Yer altı kabloları doğrudan doğruya açılan kanal içine döşenmez. Doğrudan toprağa döşenen kabloların ömrü kısa olur. Çünkü toprak içinde birçok kimyevi madde vardır. Kanalların tabanı sağlam zeminli ve taşsız olmalıdır. Kablo, açılan kanala 10 cm kalınlığında dökülen elenmiş kum üzerine döşenir. Kablo kumun üstüne sağa sola kıvrımlar yaptırılarak yatırılır. Döşenmiş kablo üzerine tekrar 10 cm kalınlığında elenmiş kum dökülür. Kum tabakası kabloların soğumasını sağlar. Kablo döşenirken burulma, diz verme, sıyrılmaya veya aşırı gerilme gibi durumların oluşmamasına özen gösterilir, kablo yerde sürünmez.

Kablo yeni doldurulmuş bir yere döşeniyorsa ilerideki zemin yerleşmelerinde olabilecek çöktürmeleri giderebilmek için kablo kanal içerisine doğrusal olarak değil, kıvrımlı (S) olarak döşenir. Kabloların sağlam zeminde olduğu gibi döşenmesi kabloların bir fazlalık olmadığı için yerleşen zemine uymayacak ve kopabilecektir. Bu olasılık unutulmamalıdır. Bunun için kablo kanala, fazlalık verilerek kıvrımlı olarak döşenir.

Kabloların üzerindeki kumun üzerine ve aynı kanala yan yana döşenen AG ve OG kabloları arasında tüm kablo boyunca dolu tuğla veya en az 6 cm kalınlıkta beton plaka veya plastik vb. malzemelerden yapılmış koruyucu elemanlar yerleştirilmelidir. Böylece çukuru açan işçilerin kazma darbelerinden kablo korunmalı ve orada kablo bulunduğu önceden anlaşılmalıdır. Bu koruyucunun yaklaşık 30 cm üzerine ise en az 10 cm genişliğinde polietilenden yapılmış uyarı şeridi konulmalıdır. AG ve OG kablolarının üst üste döşenmesinde ise OG kablosu altta, alçak gerilim kablosu da üstte kalacak şekilde döşenir, aralarına enine tuğla döşenir (Şekil 2.5'e bakınız.).



Şekil 2.5: Kablo kanalı özellikleri

Bir enerji kablosu ile başka bir enerji kablosu ya da kumanda kablosu arasındaki açıklık 7 cm'den az olmamak koşulu ile kablo çapı kadar olmalıdır. Bir enerji kablosu ile telekomünikasyon, demiryolu, otoyol vb. ile ilgili kabloların birbirlerine yaklaşmaları ya da birbirlerini kesmeleri durumunda aralarındaki açıklık en az 30 cm olmalıdır. Bu açıklık daha küçük olduğunda kablolar yanmayan gereçlerden yapılan levha, yarım büz ya da borularla korunmalıdır.

Demir yolu, su kanalı ve üzerinden taşıt aracı geçen yolların altından geçirilecek kablolar çelik, HDPE ya da beton muhafazalı PVC borular veya beton kablo kanallarının içine dşenmelidir. Bu boru ve kanalların üst kenarları, ray alt kenarlarından ve yol yüzeylerinden en az 1 m aşağıda olmalıdır.



Resim 2.11: Kanala kum dşenmesi ve kablunun yerleştirilmesi

Kablolar çekilirken zedelenmemeli ve ek yapılmamalıdır. Her ek yeri ve zedelenen yer arıza kaynağı olabilir. 0 °C'nin altındaki ısı değerlerinde kablo dşenmemelidir.



Resim 2.12: Kanala kablunun dşenmesi

Kablolar çekme makinesi ile veya kanala dökme yapan makineler ile de dökenebilir.



Resim 2.13: Kablonun çekme makinesine bağlanması ve dökmesi



Resim 2.14: Kablonun değişik tipte kanallara dökmesi

Kablolar betondan hazırlanmış kanallara da dökenebilir.



Resim 2.15: Kabloların beton kanallara dökmesi ve kanalın kapatılması



Resim 2.16: Kabloların kanala döşenmesi ve tuğlaların yerleştirilmesi

Kablo kanallarında tuğlaların üstüne mutlaka kablo olduğunu belirten uyarı şeridi konulmalıdır.



Resim 2.17: Kablo uyarı şeridi

Kanallara döşenen kabloların bükülme veya dönüş yarıçapı adı verilen belirli bir yarıçapla kavis yaptırılması gerekir. Dönüş yarıçapının istenilen değerlerden küçük tutulması sonucunda, kablo üzerinde çatlaklar oluşur. Bu da yalıtkan malzemenin bozulmasına, kablo ömrünün kısalmasına sebep olur.

Kabloların en küçük kıvrılma yarıçapı, D kablunun dış çapı olmak üzere Tablo 2.1'deki gibi olmalıdır.

Kablo damar Sayısı	Kablo kıvrılma yarıçapı (R)		
	XLPE VE PVC Yalıtkanlı AG	XLPE ve PVC Yalıtkanlı YG	Zırlı Kablolar
Üç damarlı	12 x D	15 x D	15 x D
Bir damarlı	15 x D	15 x D	15 x D

Tablo 2.1: Kablolarda en küçük kıvrılma yarıçapı

Örnek: XLPE (Çapraz bağlı polietilen yalıtkanlı) ve PVC yalıtkanlı AG kabloları kıvrılma (kavis) yarıçapı bir damarlı için kablo çapının en az 15 misli olmalıdır.

2.5.1.3. Kablonun Kanala Döşeme İşleminde Dikkat Edilecek Hususlar

- Kablo kanal güzergâhı, şehir içinde yol ve caddeler boyunca yaya kaldırımlarına yakın olarak seçilmelidir. Şehir dışında da ulaşım yollarına yakın yerler seçilmelidir.
- Gereksiz sık sık nehir, köprü demir yolundan kablo güzergâhı geçirilmemelidir.
- Kablo kanalını uygun araç gereçle açmak gerekir.
- Kablo kanalı derinliği şehir içinde en az 80 cm, şehir dışında en az 60 cm olmalıdır.
- Kablo kanalının dip genişliği 40-50 cm, üst genişliği en az 60 cm olmalıdır (Şekil 2.5.).
- Kablo kanalının zemini sağlam taş gibi engellerden arınmış olmalıdır.
- Kablo kanalı zeminine 10 cm kalınlığında elenmiş kum döşenmelidir.
- Aynı kablo kanalına AG ve OG kabloları döşenecekse aralarına tuğla yerleştirilir ve OG kablosu altta olacak şekilde yerleştirilir (Şekil 2.5).
- Aynı kanala yanyana kablolar döşenecekse aralarında en az 7 cm mesafe olmalıdır (Şekil 2.5).
- Kabloların telefon kablosu, demir yolu, doğal gaz veya su borusu, cadde, yol ve sokak gibi yerlerin altından geçirilmeleri gerektiğinde koruyucu (boru veya büz) içerisine alınmaları gerekir.
- Kablolar çok soğukta döşenmemelidir çünkü çok soğukta kablounun yalıtkan tabakası çatlayabilir.
- Kablo, serme ve döşeme işleminde zedelenmemelidir.
- Kablo kanala gergin olarak değil kıvrımlar yaptırılarak döşenir.
- Kablo kanalının dönüş yaptığı yerlerde, kabloların en küçük dönüş yarı çapı değerlerine dikkat edilmelidir (Tablo 2.1).
- Kanala döşenmiş kablo üzerine 10 cm kalınlığında elenmiş kum döşenir.
- Kumun üzerine enine olarak tuğlalar döşenir (Resim 2.16'ya bakınız.).
- Tuğlaların üzerine uyarı şeridi yerleştirilir (Resim 2.17'ye bakınız).
- Kanal uygun dolgu malzemeleri ile doldurularak kapatılır, üstü düzeltilir.
- Döşeme işlemi bittikten sonra artan kabloların uçları nem girmeyecek şekilde kapatılmalıdır.
- Yer altı kablolarının direkt iniş ve çıkışında, binalara giriş ve çıkışında, metal borular veya sac kanallar kullanılmalıdır.
- Döşeme işleminde emniyet ve iş güvenliği tedbirlerine uyulmalıdır.

2.5.2. Yer Altı Kablolarının Su Altına Döşenmesi

Enerji iletim hatları coğrafi koşullar, enerji iletim güvenliği sağlanması gibi nedenlerden dolayı su altından döşenebilir. Su altından döşenen kablolardan alternatif ve doğru akımla enerji nakili yapılabilir. Bu iki yöntemden en uygun olanı seçilerek su altından enerji nakil hatları sistemleri yapılır.

2.5.2.1. Su Altından Alternatif Akımla Enerji İletimi

Alternatif akımla enerji iletiminde, denizden ve nehirden geçişler yapılabilir. Enerji iletiminde kullanılacak kablo tuzlu suya ve korozyona dayanıklı olmalıdır. Enerji iletiminde orta, yüksek ve çok yüksek gerilimler kullanılabilir. Su altı kablo geçiş güzergâhını seçerken su altı akıntılarına çok dikkat edilmelidir. Fazla akıntı olmayan yerler tercih edilmelidir. Kablo zemin üstüne veya zemin içine dönebilir, zeminin özelliğine göre yöntemler seçilir. Türkiye’de İstanbul Boğazı’ndan, Gökçeada, Bozcaada alternatif akımlı deniz altı kablo geçişleri örnek verilebilir.

2.5.2.2. Su Altından Doğru Akımla Enerji İletimi

Doğru akımla (DA veya DC) su altından enerji nakil sistemlerinde yüksek gerilim kullanılmaktadır. Doğru akımlı yüksek gerilim (HVDC -High voltage direct current) iletimi teknikleri, dünyada geniş uygulama alanlarıyla kendisini kabul ettirmiştir. Bir güç hattında HVDC kullanmak çoğu zaman en iyi ve ekonomik alternatif olmanın yanında çevre açısından da çok fayda sağlar. HVDC sistemi ile güç akışı hızlı ve hassas olarak hem güç seviyesi hem de yön olarak kontrol edilebilir. Diğer yandan yeni AC iletim hatlarının kurulmasının güç veya imkânsız olduğu bölgelerde, mevcut dağıtım sisteminin kapasitesi, AC hatları HVDC’ye çevrilerek çok etkili bir biçimde yükseltilebilir.

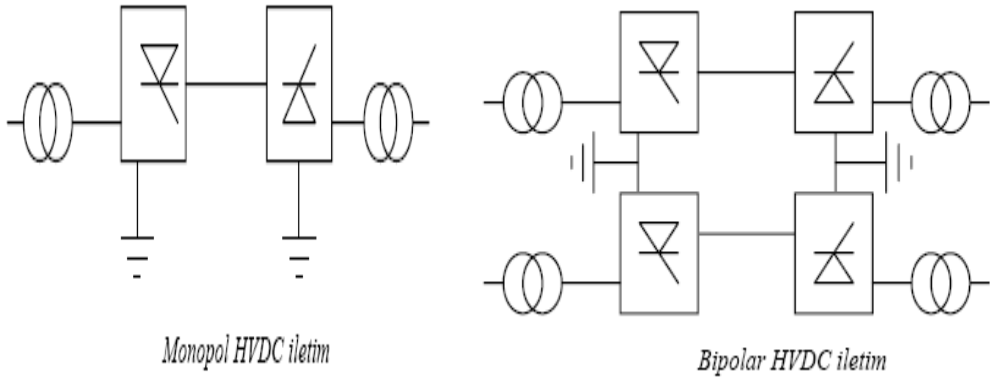
DC ile güç transferi HVDC ve HVDC LIGHT yöntemleri ile yapılmaktadır.

➤ HVDC ile enerji iletimi yöntemi

HVDC (High Voltage Direct Current), Türkçeye yüksek gerilimli doğru akım olarak çevrilebilir. HVDC ile ilgili araştırmalar 1920’lerde başlamasına karşın ilk uygulama 1954’te İsveç ile Baltık denizindeki Gotland adası arasında 20 MW’lık 100 kV’luk 96 km’lik bir proje ile hayata geçirilmiştir. 1970’lerden önce cıva arklı anahtarlar, DC’den AC’ye veya AC’den DC’ye dönüştürmek için kullanılıyordu. Bunlarda sık sık geri atlama frekanslarını içeren birçok problem vardı. 1970’de tristör valflerinin kullanılmasıyla HVDC kullanımı ivme kazanmıştır. 1987’de şu anda da dünyanın en büyük HVDC projesi olan Brezilya’daki 6.3 GW’lık 600 kV ve 800 km’lik proje hayata geçirilmiştir. HVDC dünyada şu anda 80’den fazla projede, yaklaşık 60.000 MW’lık DC iletim için kullanılan kendini kanıtlamış bir tekniktir.

Yüksek doğru gerilimli sistemde temel olarak yapılan üretilen alternatif gerilimin doğrultularak gönderilmesi ve alış ucunda da tekrar alternatif gerilime çevrilmesidir (doğrultucu-evirici). Kullanılan doğrultucular üç faz köprü tipidir. Bazı özel durumlarda mevcut alternatif akım (AC) havai hat veya kabloları güç artırımı sağlama amaçlı DC hattına çevrilerek kullanılabilir. Bu sayede aynı hatlardan $\sqrt{2}$ kat sayısı kadar hatta daha fazla güç, DC olarak iletilebilir. HVDC üç değişik kategoride uygulanmaktadır:

- Noktadan noktaya iletim: Dünyadaki çoğu uygulama havai hat veya deniz altından olmak üzere iki terminal arasındadır. İki değişik teknik vardır: Tek hat ve iki hatlı sistemlerdir.
 - Birçok uygulamada konvertör istasyonları arasında kullanılan tek hat tekniğidir. Bu teknikte iletim monopolar ve toprak ve deniz suyu dönüş olarak kullanılır (Şekil 2.6 bakınız.).
 - Bipolar iletim yani iki hattın kullanıldığı tekniktir. Burada bir hatta arıza olması durumunda diğeri iletime devam edebilir (Şekil 2.6 bakınız.).
- Geriden dönüşüm istasyonları: Bu uygulamadan dünyada birkaç tane vardır. Burada konverter(AA-DA) ve inverter (DA-AA) aynı istasyon içerisinde kurulur ve genellikle aynı veya farklı frekansa sahip iki iletim ağını birbirine asenkron bağlamak için kullanılır. Örneğin 50 hz frekanslı ve 60 hz frekanslı iki sistemin bağlantısıdır.
- Çok terminalli istasyonlar: İki den çok konverter terminali gerektiren uygulamalardır. Daha kompleks bir yapı gerektirir. Ara konverter terminalleri vardır ve dünyada şu anda sadece bir uygulaması vardır (2000 MW Hydro Quebec-New England Kanada).



Şekil 2.6: HVDC iletimin monopolar ve bipolar yapımı

➤ HVDC ile iletimin tercih nedenleri

DC iletimin tercih konusu olması için bazı avantajlarının olması gerekir, bunlar aşağıda sıralandığı gibidir:

- **Düşük yatırım maliyeti:** DC (DA) iletim hatları AC (AA) iletim hatlarından daha ucuza mal olur fakat HVDC AC-DC ve DC-AC konverter istasyonları yatırımları dikkate alınmalıdır. Tüm yatırım maliyet faktörleri incelendiğinde görülmüştür ki havai hatlarda 500-800 km üzeri ve deniz altından yaklaşık 50 km üzeri mesafeler için HVDC çok daha avantajlıdır.

- **Düşük kayıplar:** Aynı güç miktarı için DC iletim hatlarındaki kayıplar, istasyonlardaki kayıplar (% 0,6) eklense dahi AC iletim hatlarına göre çok düşüktür.
- **Deniz altından iletim:** Uzun mesafelerde yüksek kablo kapasitansından kaynaklanan reaktif güç akışı maksimum iletim mesafesini kısıtlamaktadır. DC iletimde böyle bir sınırlama yoktur. İsveç Almanya arasında 250 km'lik bir HVDC kablo iletimdedir.
- **Asenkron bağlantı:** Birbirine senkron olmayan (aynı frekansta olsa dahi) iletim ağları arasında güç alışverişini sağlamak için tek yol HVDC'dir.
- **Kontrol kolaylığı:** HVDC uygulamalarının çoğunda ana kontrol sabit güç transferine dayanır. Kontroller uygulamaya göre değişir. Birçok durumda DC bağlantı ana AC istasyonu sistemin performansını geliştirmek için kullanılabilir. Günümüzün gelişmiş yarı iletken teknolojisi ve programlanabilir kontrol cihazlarıyla DC iletim için sonsuz kontrol seçenekleri yaratmak mümkündür. Ayrıca PSCAD veya EMTDC gibi bazı yazılım programlarını kullanmak da kontrol açısından kolaylık sağlayabilir.
- **Çevre:** Yeni ve özellikle yakıt kullanan elektrik santralleri kurmak yerine, mümkün olan durumlarda mevcut fazla üretimi dağıtmak çevre açısından daha yararlıdır. DC iletimse AC'ye göre daha az elektromanyetik dalga üretmesi açısından avantajlıdır.



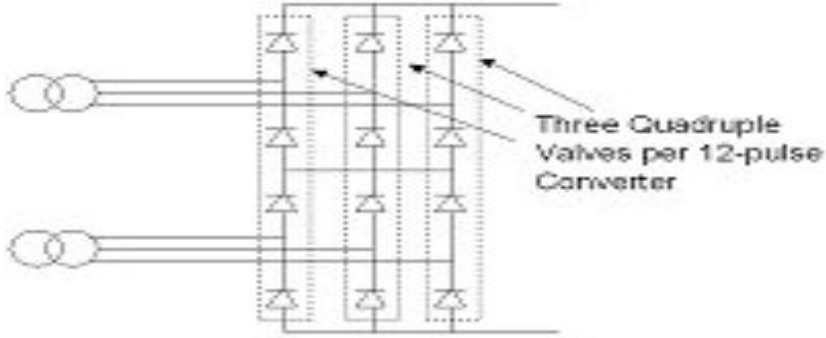
Şekil 2.7: HVDC sistemi ilekara ve denizaltında iletim

- HVDC iletim sistemlerin avantajları:
 - Çevresel etkileri daha azdır.
 - Aynı kesitteki bir iletkenin iletebilecek güç daha yüksektir.
 - İletim hattının uzunluğunda bir sınır yoktur.
 - Ekonomik olarak daha verimlidir. Güç kayıpları DC hatlar üzerinde daha azdır.
 - Yeni teknolojilerle aktif ve reaktif güç kontrolü ekstra kompanzasyon malzemesine ihtiyaç kalmadan yapılabilmektedir.
 - Asenkron bağlantı avantajı (50 hz ile 60 hz gibi).
 - Güç akışı çok hızlı kontrol edilebilir ve güç akış yönü çok hızlı değiştirilebilir.
 - Güvenirlik, stabilite, güç kalitesi, çeviriciler arasındaki iletişim ağı sayesinde arızanın anında tespiti ve takibi DC iletimin güvenirliliğini arttıran bir sebeptir.

- HVDC deniz altı kablo bağlantıları yatırım maliyeti açısından 50 ile 100 km mesafelerde daha avantajlıdır. Karadan iletimde ise 500 km'nin üstünde daha avantajlıdır.

➤ HVDC sistemi ile iletim konverter istasyonları

Üretim, kullarımdaki akım değışken olduğundan HVDC iletim gönderici uçta AC'den DC'ye (doğrultucu) ve alıcı uçta DC'den AC'ye (çevirici) geri dönüştürücü olarak tercih edilir. HVDC iletimde DC'den AC'ye ve AC'den DC'ye dönüştürme için kullanılan temel alet, graetz devresi olarak bilinen üç faz tam dalga köprü doğrultucudur. Bu üç fazlı 6 palslı (darbeli) dönüştürücüdür. Bir-üç faz 12 pals dönüştürücü(Şekil 2.8), iki-üç faz 6 palsın birleşiminden oluşur, gerilim farklılığı 30°lik faz farkıyla sağlanır. 30° lik faz farkı bir Y-Y(Şekil 2.9) transformatörü ve diğeri Y-Δ(Şekil 2.9) transformatörü tarafından bir 6 palslı köprünün yapılmasıyla elde edilir. HVDC dönüştürücüsü AC açıdan bir harmonik akım kaynağı olup şebeke kaynakları ile alıcılar açısından zararlıdır.

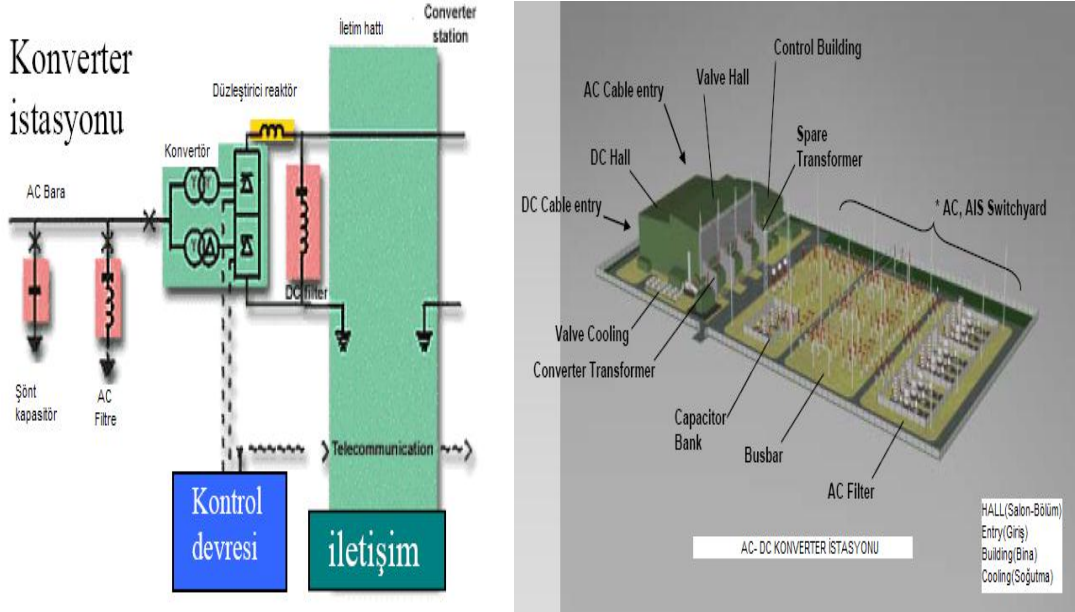


Şekil 2.8: 12 Darbeli seri bağı AA-DA dönüştürücü

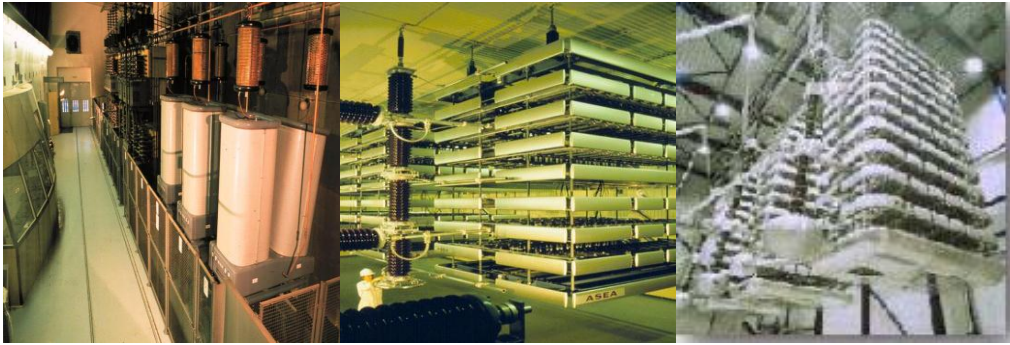
Konverter istasyonları yapılarına göre üçe ayrılır:

- **Doğal komutasyonlu konverter istasyonları:** Anahtarlama tristörlerle yapılır. Çok yüksek (4000A) akım taşıma kapasitesine sahiptir.
- **Kapasitör komütasyonlu konverter istasyonları:** Konverter trafosu ile tristör vanası arasında komütasyon kapasitörü bağlanarak gerçekleştirilir. Arjantin-Brezilya enterkonnektesinde 1998'de kullanılmıştır.
- **Kontrollü konverter istasyonları:** Voltaj kaynaklı konverter teknolojisiyle çalışır ve anahtarlama da IGBTve GTO kullanılır ki bunlar kontrollü elemanlardır. Bu tip konverterler üretim olmadan dahi pasif besleme özelliğine sahiptir. Aktif ve pasif güçleri bağımsız olarak kontrol edebilir.

Konverterlerin ortalama inşa süreleri, doğal komutasyonlu 3 sene, kapasitör komütasyonlu 2 sene, kontrollü 1 sene olarak belirtilmektedir. Konvertör istasyonlarının çalışması tamamen otomatiktir, sürekli teknik personele ihtiyaç yoktur, sadece periyodik bakım gerektirir.



Şekil 2.9: Konverter istasyonu elemanları



Resim 2.18: Konverter istasyonunda bulunan tristörler

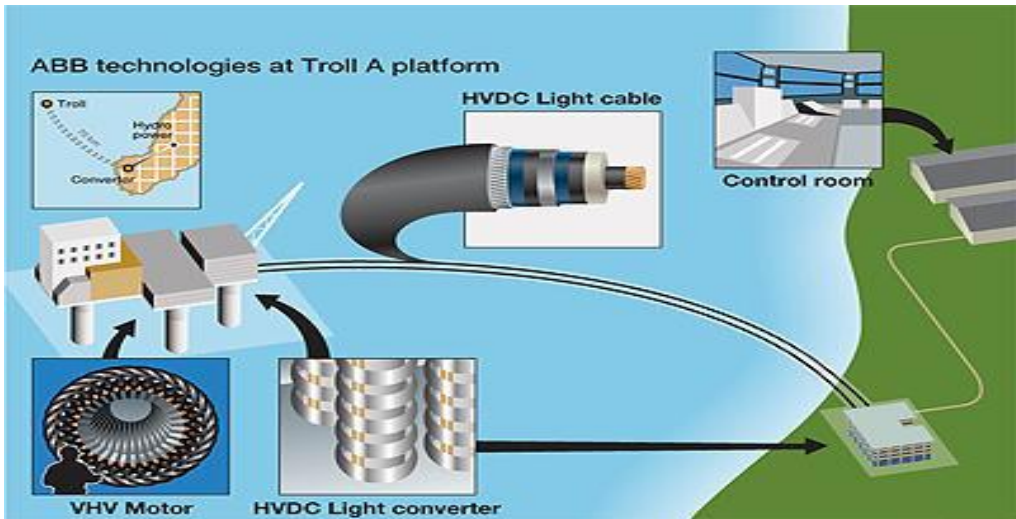
- HVDC LIGHT ile enerji iletimi yöntemi

HVDC ABB tarafından geliştirilen yeni bir DC güç transfer sistemidir. Özellikle orta ve küçük ölçekli üretim ve dağıtım uygulamaları için uygundur. HVDC light birkaç MW'tan 300 MW'a kadar bir güç aralığında ± 150 kV'ta kadar iletim sağlayabilir ve üniteler paralel bağlanabilir.

➤ HVDC LIGHT ile enerji iletim yapım elemanları

HVDC light iki elemandan oluşur, bu elemanlar konverter istasyonları ve bir çift kablodur.

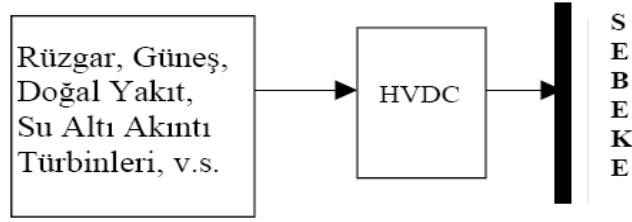
- **İstasyonlar:** İstasyonlar genelde voltaj kaynaklı konverterler olup IGBT yarı iletken teknolojisiyle üretilir. HVDC light modüler bir sistem olup belli bazı standartlarda üretilir. Çoğu ekipman fabrika ortamında birleştirilip istasyon için ayrılan alana kurulur. Bu kolaylık kurulum açısından zaman kazandırır. 65 MVA'lık bir istasyon için yaklaşık 800 m² lik bir alana ihtiyaç duyulur ve bu istasyon yaklaşık 12 ay gibi bir sürede teslim edilebilir ve doğal görüntüye adaptasyon sağlanabilir. İstasyonların bakımı çok azdır ve sadece AC kesiciler ve soğutucu fan ve pompa gibi elemanlar bakımdan geçirilir. İstasyonlar arasında iletişim hattına ihtiyaç yoktur.
- **Kablolarda:** Daha önceki uygulamalar iki tip kabloyla yapıyordu. Bunlar MIND (yüksek viskoziteli yağ ve kağıt kaplamalı), LPOF (düşük viskoziteli yağ ve kağıt kaplamalı) kablolardır. Yeni HVDC light kablolar ise (polimer kablolar) çok yüksek mekanik esneklik ve dayanıklılığı nedeniyle çok derin denizlere ve zorlu deniz tabanlarına dahi serilebilir dayanıklılıktadır. Bu polimerik madde kablonun üstüne uygulanacak güçlü darbeler ve sürekli katlanmaya dayanıklılık kazandırıyor. DC kablolar çift galvanize çelik zırhlarından dolayı manyetik olmayan daha az dayanıklı AC kablolarına göre daha avantajlıdır. Kara uygulamalarında direkt yere gömülebilir hiçbir korumaya ihtiyaçları yoktur. Şu anda dünyada 540 km uygulamaya sahiptirler. HVDC light özellikle deniz aşırı adalara, ana karalardan enerji aktarımı uygulamaları için idealdir.



Şekil 2.10: HVDC LIGHT sistemine örnek (Denizdeki platforma enerji taşınması)

➤ Yenilenebilir enerji kaynakları açısından HVDC önemi

Yenilenebilir enerji kaynakları veya yaygın (bireysel) enerji üretimi (DISTRIBUTED GENERATION) DG açısından bakıldığı zaman HVDC light çok büyük önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji veya Distributed Generation ile yaygın enerji üretiminde depolanan veya asenkron üretilen enerjinin şebekeye verilmesi ancak HVDC ile mümkündür (Resim 2.19'a bakınız.).



DG – HVDC bağlantısı

Şekil 2.11: Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin iletimi



Resim 2.19: Denizde bulunan rüzgâr santrali ve kablo çekimi

➤ Dünyada HVDC uygulamaları

Dünyada yaygın olarak artık HVDC ile enerji iletim uygulamaları kullanılmaktadır. Türkiyede hâlen bu yöntemin uygulaması yoktur. Dünyadaki kara üzerinde yapılan en büyük HVDC iletim projelerinden biri Brezilya'dadır.



Şekil 2.12: Brezilya HVDC uygulaması

Yapım yılı: 1984-1987

Güç: 3150+3150 MW

DC voltaj: ± 600 kV

Havai DC hat uzunluğu: 785 km + 805 km

Seçim nedeni: Uzun mesafe, 50/60 Hz frekans çevirimi



Danimarka Almanya arası bağlantı:

Gücü 600 MW

DC voltaj 400 kV

Denizaltı kablo uzunluğu 50 km

Kullanım nedeni deniz altı uzun mesafe katedilmesi ve asenkron bağlantı



Yunanistan İtalya arası bağlantı:

Monopol Gücü 500 MW

AC 400 kV

DC 400 kV

Kablo uzunluğu 160 km

Yapım yılı 2001



İsveç Almanya arası bağlantı:

Gücü 600 MW

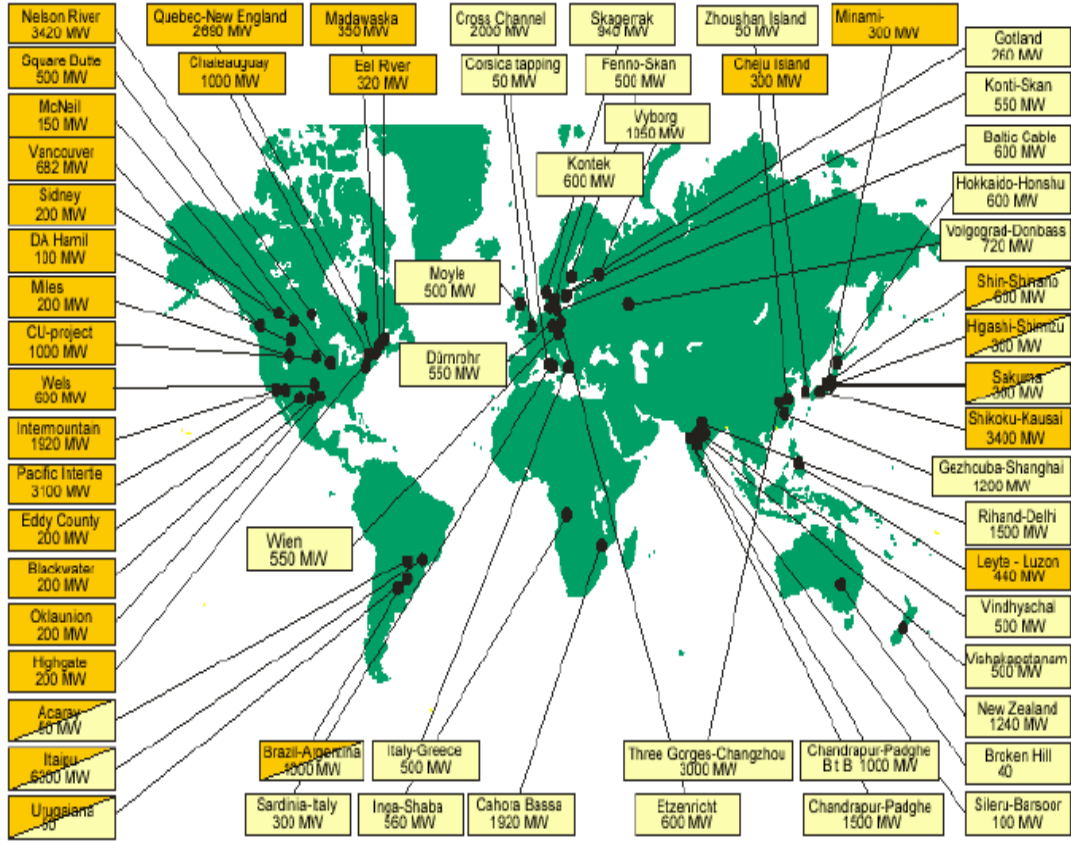
DC voltaj 450 kV

Kablo uzunluğu 250 km

Kullanım nedeni deniz altı uzun mesafe katedilmesi

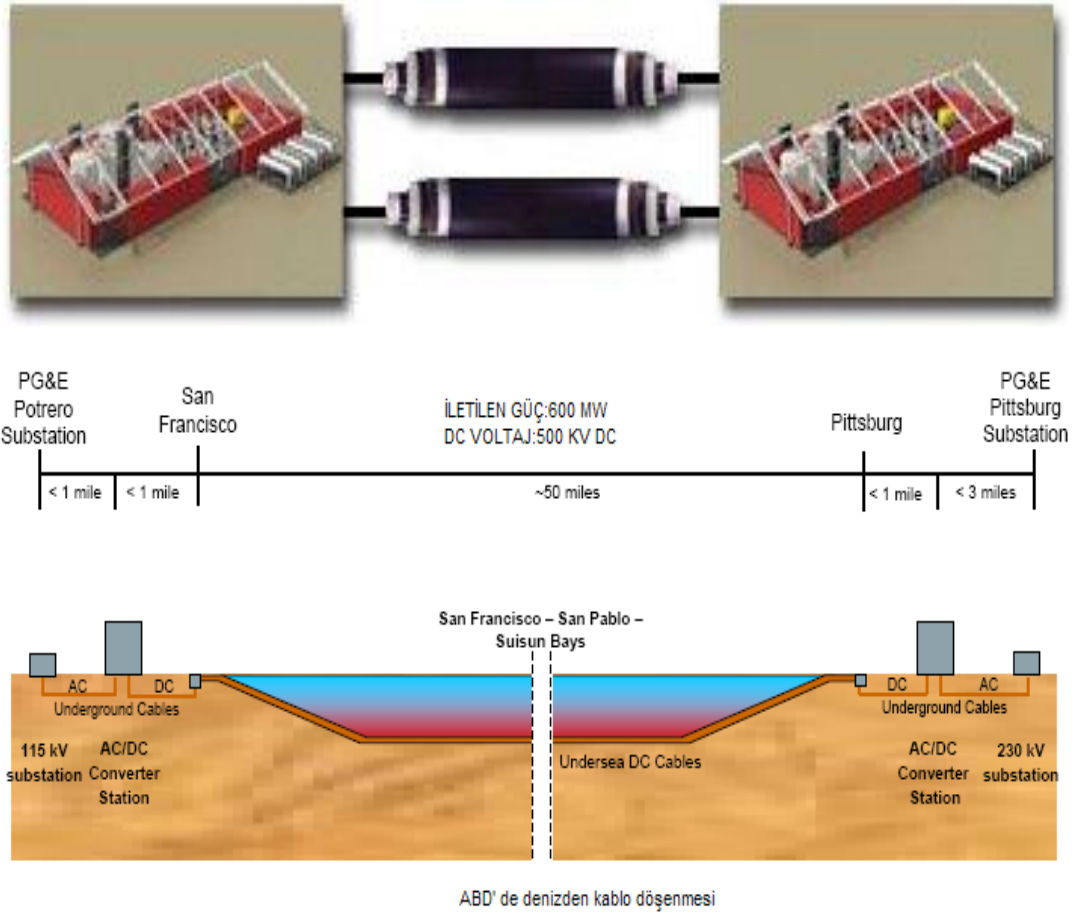
Yapım yılı 1994

Şekil 2.13: Avrupada bulunan HVDC uygulamaları



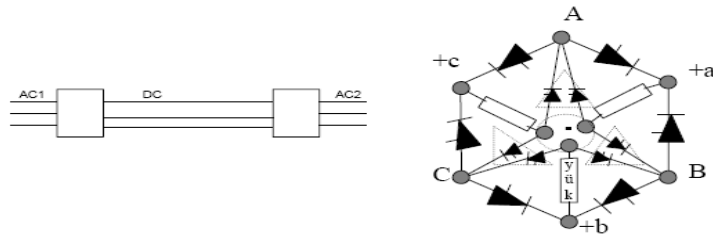
Şekil 2.14: Dünyada bulunan HVDC uygulamaları(60 hz 50 hz)





Şekil 2.15: ABD’de yapılan HVDC ile iletim uygulaması (Pittsburg –Potrero arası)

Tüm bu örneklerden de görüleceği gibi dünyada deniz altı bağlantılarının büyük bir kısmı yüksek gerilim DC ile yapılmaktadır. Esnek AC iletim teknikleri (FACTS-Flexible AC transmission systems) (Şekil 2.16 bakınız.) ile istendiğinde AC iletimde yapılabilecek sistemler kurmak mümkündür. HVDC olarak iki istasyon fakat üç hat çekilerek yapılır ve istasyon doğrultucu ve inverter tasarımları yıldız-üçgen olarak yapılarak senkronizasyon sorunları ortadan kalktığına veya istendiği takdirde AC, istendiği takdirde DC olarak yapılabilir.



Şekil 2.16: FACTS ile iletim(esnek bağlantı)

2.5.2.2.4. HVDC Kabloları Döşemesinde Dikkat Edilecek Hususlar

HVDC ile iletim kabloları çekilirken tuzlu suya ve korozyona dayanıklı özel yapım kablolar seçilmelidir. Kablo güzergâhı için kuruluşlardan gerekli izinler alınmalıdır. Kablo güzergâhı olarak deniz altı akıntılarının az olduğu yerler tercih edilmelidir. Kablo, çekilecek mesafeye uygun boyda olmalıdır, kesinlikle ek yapılmamalıdır ve kablo çekilirken zedelenmemelidir. Kablo deniz dibinde zemin üzerine, zeminin altına ve zemin üzerinde platformlar üzerine döşenebilir. Ayrıca kablo koruyucular içinde de döşenebilir. Kablo çekimi için uygun araçlar seçilmelidir (Resim 2.21-22-23'e bakınız.).



Resim 2.20: Su altı döşeme kabloları



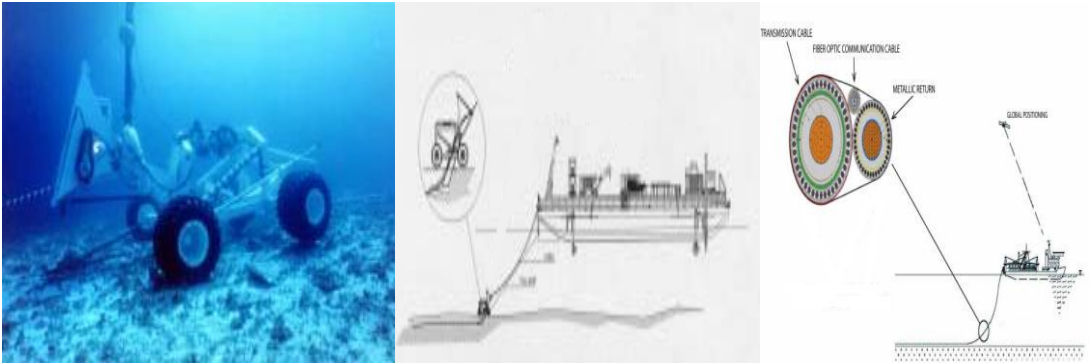
Şekil 2.17: Kablonun sualtı zemin içinden çekilmesi



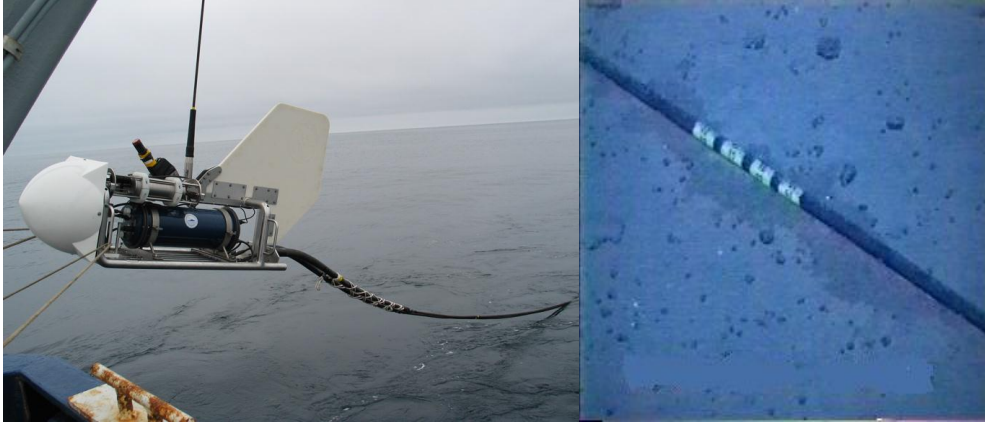
Resim 2.21 : Kablonun döşeme aracından denize indirilmesi



Resim 2.22: Kablonun denizden çekilmesi



Resim 2.23: Deniz dibinden kablo çekme aracı ve deniz dibine kablonun döşenmesi



Resim 2.24: Denizden kablo çekme aracı ve kablunun deniz içindeki görünümü

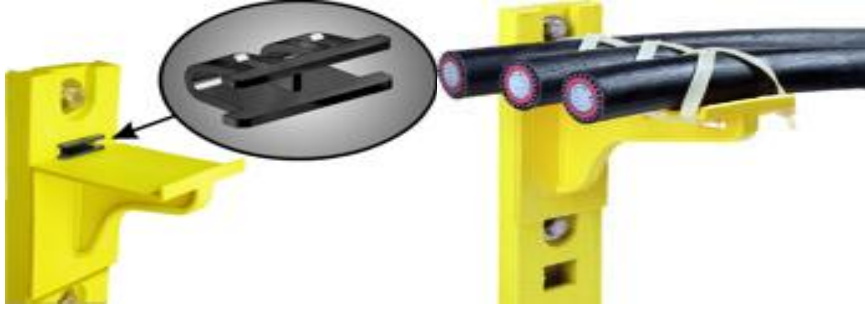
Kabloların denizden döşenmesi için teknolojik yönden ileri düzeyde araç gerece ihtiyacı bulunmaktadır.

2.5.3. Yer Altı Kablolarının Bina İçine Döşenmesi

Yer altı kabloları cadde, meydan ve sokaklar boyunca belirli bir yol (güzergâh) izleyerek binalara girer veya bunun tersine olarak binadan çıkar. Binalara ve tesise giren yer altı kabloları, ana dağıtım panosuna, OG modüler hücrelere, trafo merkezlerinde parafudurlara bağlanarak son bulur. Kablolar bina içine döşenirken mekanik tesirlerden korunmaları için ayak altına döşenmez. Kablolar binaya giriş ve çıkışlarında, boru veya künkten geçirilerek ezilmekten korunmalıdır. Yer altı kabloları hiçbir zaman beton ve sıva içerisine döşenmez. Kablolar ya kanallar içine ya da duvar veya tavanlara, uygun şekilde döşenir.

2.5.3.1. Yer altı Kablolarının Duvar Üstüne Döşenmesi

Yer altı kabloları duvara yatay ve dikey olarak döşenir. Her iki konumda da duvara tespit için kroşeler kullanılır. Dikey olarak kroşe döşenmesinde kroşe aralıkları en çok 80 cm olmalıdır. Yatay olarak döşenen kablolarda ise kroşe aralığı en çok 50 cm olmalıdır. Her iki konumda birden fazla kablunun yan yana döşenmesinde ray tipi kroşeler de kullanılır. Ayrıca metalden yapılmış bir gövde üzerinde birden fazla kroşe bağlanarak özel yapılmış kroşeler de kullanılır. Bunlardan başka duvara tespit edilmiş balkonlar (putreller), kanallar, kablo merdivenleri veya kelepçeler üzerine de döşenebilir (Şekil 2.18-19'a ve resim 2.25-26'a bakınız).



Şekil 2.18: Kablo balkonu (putrel) ve kablonun tutturulması



Şekil 2.19: Kablo merdiveni ve kablonun tutturulması



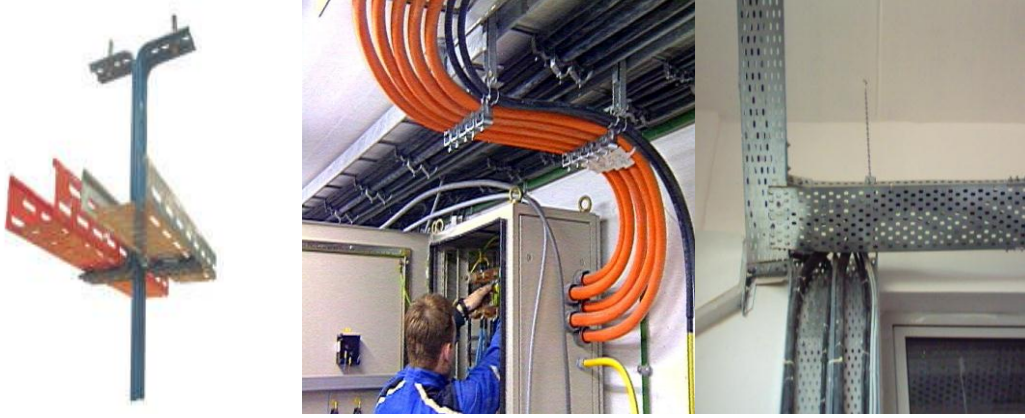
Resim 2.25: Kablo kelepçesi ve tünel geçiş kablosunun tutturulması



Resim 2.26: Kablonun kroşelerle ve kablo merdiveni ile duvardan döşenmesi

2.5.3.2. Yer Altı Kablolarının Tavana Döşenmesi

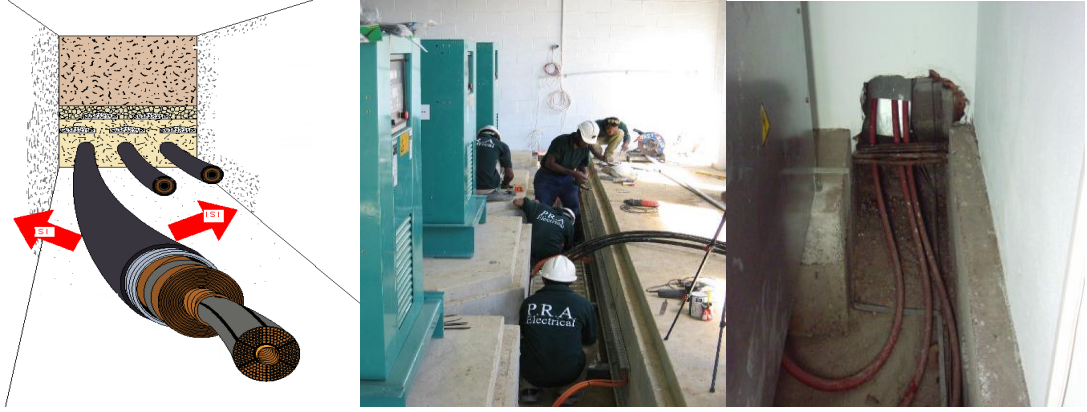
Kabloların tavan altına döşenmesinde, bir kabloyu tavana tutturmak için kroşeler, delikli sac kanallar veya çelik kelepçeler kullanılır. Birden çok kablunun tavadan geçmesi gerektiğinde putrellerden yararlanılır. Kroşeler arası en çok 40 cm olmalıdır (Resim 2.27'e bakınız).



Resim 2.27: Tavan altına kablonun köprü-putrel ve delikli sac kanaldan döşenmesi

2.5.3.3. Yer altı Kablolarının Kanal İçine Döşenmesi

Bina içinde kablolar genellikle çimento ile sıvanmış şekilde ve beton kanallar içerisine döşenir. Kanalların genişliği en az 30 cm, en çok 100 cm olmalıdır. Çünkü kanal çok geniş olduğunda, üstüne kapatılacak kapak bel vererek ve çökebilecektir. Derinliği ise en az 30 cm olmalıdır. Kanalların üst kenarı 40x40x4 mm'lik köşebentle takviye edilir. Kablo kanallarının ağızları ya baklavali sacdan (5 mm kalınlığında) veya betondan yapılmış (6 cm kalınlığında) kapaklarla kapatılır. Kablo sayısının çok olması durumunda, kablolar kanalın yan duvarlarına da döşenir. Kablolar arasında 6 cm'lik aralık bırakılmalıdır.



Resim 2.28: Kabloların beton kanala dösenmesi

2.6. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

Kabloların dösenmesi ile ilgili yönetmelik maddeleri şunlardır:
Madde 58-b.

b) Kabloların dösenmesi:

1) Yer altı kablolarının döldendikleri yerler kimyasal, mekanik ve ısı etkilerden olabildiğince uzak ya da bunlara karşı korunmuş olmalıdır.

2) Kablo ve çevresini yangın tehlikesinden korumak ve yangının yayılmasını önlemek için kablolar yanıcı maddeler üzerine döldenmemelidir. Kabloların varsa jüt tabakaları soyulmalıdır.

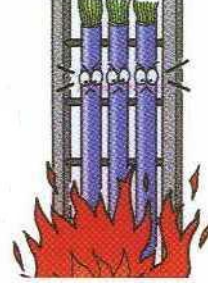
3) Yapı girişlerinde kablolar boru içine alınmalı, kablo ile boru arasındaki boşluk elastik silikon ya da benzeri bir madde ile doldurulmalıdır. Bu amaçla çimento kullanılamaz. Mekanik darbelerin oluşabileceği durumlarda çelik borular kullanılmalıdır. Çelik borular nerede kullanılırsa kullanılsın üç faz aynı borudan geçirilmelidir. Tek damar olması durumunda anti manyetik malzeme kullanılmalıdır.

e) Kablo yerlerinin işaretleme:

Kablo tesisleri bulunan kuruluşlar, bunların yerlerini tam olarak işaretleterek bu kabloların geçiş güzergâhlarını gösteren planları, belediye ve mücavir alan sınırları içinde ilgili belediyelere, diğer yerlerde de ilgili mülki idare amirliklerine vermelidir. Yer altı kablo güzergâhları kaplamasız yerlerde işaretleli beton kazıklarla, kaplamalı yerlerde oyulmuş işaretlelerle belirtilmelidir. Şöyle ki güzergâhı görünmeyen kablolar (mesela hendek içindekiler), kablo güzergâhı ve niteliği anlaşılacak şekilde işaretlelenmelidir.

Bu çerçevede düz güzergâh maksimum 100 m'de bir, ek ve branşman yerleri dönüş noktaları vb. yangıyı önleyecek şekilde işaretlenmelidir. Bu işaretler yerine göre beton kazık, pirinç veya döküm levha ya da kaldırım kaplamasında oyulmak suretiyle yapılmalıdır.

f) Kablo renk kodları TS 6429 standardına uygun olacaktır.



UYGULAMA FAALİYETİ

Yer altı kablolarının duvara sac kanaldan döşenmesini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kablo geçiş yerini işaretleyiniz.➤ Kabloya uygun sac kanalı seçiniz.➤ Yer altı kablosunu seçiniz.➤ Kablo kanalını duvara tutturunuz.➤ Kabloyu kanala tutturunuz.➤ Kanal kapağını kapayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kablo geçiş yerini dikey olarak işaretleyiniz.➤ Kablo geçiş yerini düzgün olarak işaretleyiniz.➤ Kablo kanalının delikli tipte olmasına dikkat ediniz (kabloların rahat soğuması için).➤ Kablo çapına uygun kalınlıkta kanal seçiniz.➤ Kanal deliklerinden duvara işaret koyunuz.➤ İşaretlediğiniz yerlere uygun bir şekilde delikler açınız.➤ Deliklere dübelleri takınız.➤ Kablo kanalını uygun bir şekilde duvara tutturunuz.➤ Kabloları kanala kablo bağı ile tutturunuz.➤ Kabloları birbirinden aralıklı olarak kanala tutturunuz.➤ Kapağı kapatırken kabloların zedelenmemesine dikkat ediniz.➤ Kapağı kanala vidalayarak tutturunuz.➤ İş güvenliği ve güvenlik tedbirlerine uyunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kablo kanal döşeme yerini doğru işaretlediniz mi?		
2. Kablo kanalını ve kabloyu doğru seçebildiniz mi?		
3. Kablo kanalını duvara tutturma deliklerini doğru ve uygun olarak deldiniz mi?		
4. Kablo kanalını doğru ve uygun olarak duvara deliklerinden tutturdunuz mu?		
5. Kabloları doğru ve uygun olarak kanala tutturdunuz mu ve kablo kanal kapağını kapattınız mı?		
6. İş güvenliği ve emniyet tedbirlerine uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME



bi

1.

2.

3.

4.

5.

6.

boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen

iz.

erik olaylardan etkilenmezler.

a tespiti ve onarımı kolaydır.

rek çekilmelidir.

kuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

Kablo kanalı derinliği yeneşim merkezlerinde en az kaç cm olmalıdır?

- A) 40 cm
- B) 60 cm
- C) 70 cm
- D) 80 cm

Kablo kanalı dip genişliği en az kaç cm olmalıdır?

- E) 10 cm
- F) 20 cm
- G) 30 cm
- H) 40 cm

Kablo kanalı dibine en az kaç cm kalınlığında elenmiş kum döşenmelidir?

- I) 2 cm
- J) 4 cm
- K) 10 cm
- L) 8 cm

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

7. (...) HVDC ile iletimde AC'den DC'ye doğrultma (çevirme) konverterle yapılır.

8. (...) HVDC ile iletimde kullanılan tek hat tekniğinde toprak ve deniz suyu dönüş olarak kullanılır.

9. (...) HVDC ile iletimde deniz altından 50 km altı mesafelerde yatırım maliyeti avantajlıdır.

Aşağıda verilen cümlede boş bırakılan yere doğru sözcük/ sözcükleri yazınız.

10. HVDC LIGHT sistem ile iletimve.....ölçekli üretim ve dağıtım uygulamaları için uygundur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Standart ve yönetmeliklere uygun, kablo başlığı montajını hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

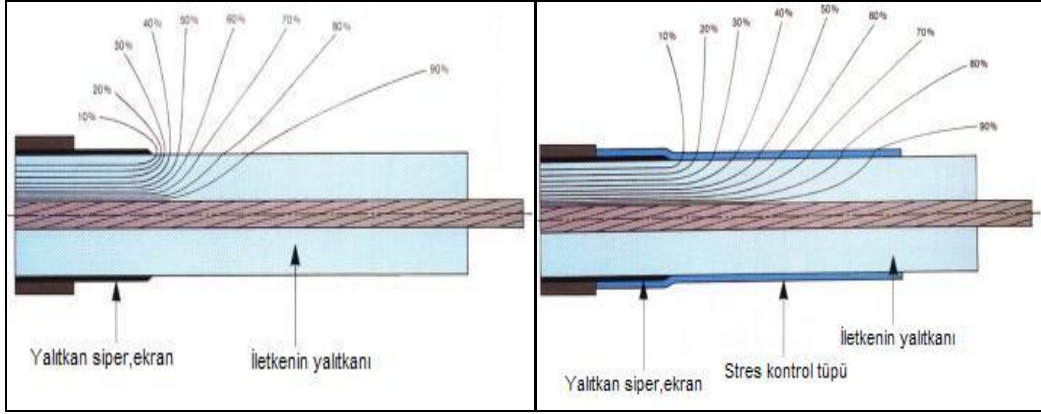
- Kablo başlıklarının takılma nedenlerini araştırınız.
- Kablo başlıklarını takma yöntemlerini araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı (kablo başlığı üreten firmalar), elektrik taahhüt firmaları, elektrik iletim ve dağıtımı yapan kuruluşlardan yararlanabilirsiniz. Bu araştırmaları yaparken güvenlik tedbirleri alınması gereken yerlerde güvenlik tedbirlerinin alınmasına dikkat ediniz. Araştırmanızı rapor hâline getirerek arkadaşlarınıza sununuz.

3. KABLO BAŞLIKLARI

3.1. Kablo Başlığı Tanımı ve Görevi

Alçak gerilim ve yüksek gerilim kablo uçlarının nemden, tozdan etkilenmemesi ve elektrik alanının kontrol altına alınması ile kısa devre zorlanmalarına karşı direnç göstermesini sağlayan gereçlere kablo başlıkları denir.

Yüksek gerilim kabloları, elektriksel stresin (zorlanmanın) herhangi bir boşalım veya izolasyon bozulmasına meydan vermeyecek şekilde tasarlanır. Kablonun kendi yapısı herhangi bir şekilde (ek veya başlık sistemlerinde olduğu gibi) bozulduğunda, kablo boyunca oluşan stres yapısı bozulmuş olur. 6,6 kV ve üzeri ekranlı kablolarda, izolasyon tabakasının çıkarıldığı noktada çok yüksek bir stres oluşur (Şekil 3.1.a bakınız). Bu stres, kablo yüzeyindeki havayı bile iyonize etmeye yeterlidir. Bu iyonizasyonla oluşan ısı ve diğer etmenler bir zaman sonra izolasyon yüzeyini bozacaktır. Bu deşarj ve izolasyon bozulmasını önlemek için ekran uçlarındaki stres seviyesini azaltacak bir stres kontrol sistemine ihtiyaç vardır. Başlık sistemlerinde bu stres kontrol işlevini yine ek ve başlık gövdesinin içinde bulunan ayrı bir stres kontrol tabakası yapmaktadır (Şekil 3.1.b bakınız.). Bu tabaka hacim genişlemelerine ve daralmalarına dayanıklı ve stres bölgesini düzleştirici bir yapıdadır. Bu parça da ısı büzümeli olduğundan değişik kablo üreticilerinin ufak üretim farklarından (çap ve şekil farkı) etkilenmez.



Şekil 3.1: Kablolarda başlık ile elektriksel stres kontrolü

3.2. Kablo Başlığı Çeşitleri ve Yapıları

Kablo başlıkları dâhilî ve harici olmak üzere iki tipte üretilir.

3.2.1. Dâhilî Tip Kablo Başlıkları

Kablo uçlarını, bina içerisinde veya kapalı bölgelerde bağlamak için kullanılan gereçlere denir. Tek damarlı ve üç damarlı değişik kesitli kabloların kapalı ortamlardaki şalt tesislerine irtibatında kullanılır. Çok tozlu, nemli ve benzeri ağır işletme şartlarına karşı dayanıklı olarak üretilir. 1 KV'luk kablolarda dâhilî başlığa ihtiyaç duyulmaz. 1 kV'un üzerindeki kablolarda ise elektrikli alanın kontrolü, kısa devre dinamik ve termik zorlamalara karşı dâhilî kullanımda da kablo uçlarına başlık takılması gerekir. Yapım gereçleri olarak silikon-kauçuk ve çok yüksek gerilim için porselen kullanılmaktadır.

Başlıklar, -50 °C ile + 250 °C arası sıcaklıklarda fiziksel herhangi bir değişikliğe uğramadan sorunsuz olarak görevini yapmalıdır. İzolatörlerin üzerindeki kanatlar vasıtası ile gövde üzerindeki kuru bölgelerde su birikmesi önlenmiş ve aynı kanatlar sayesinde ark atlama mesafesi uzatılmıştır. İzolatörler silikon-kauçuk'tan imal edilmiştir. İzolatörler su geçirmez ve 130 °C sıcaklıktaki buhar altında çalışabilir. Silikon-kauçuk izolatörlerin önemli özelliklerinden birisi maksimum işletme sıcaklığında damar yalıtkan malzemesini sıkıca sarmasıdır. İzolatörler ark atlamalarından dolayı bünyeleri içinde meydana gelebilecek gazları kolayca dışarı atabilecek fiziksel yapıya sahiptir.

İzolatörler kimyasal olarak zayıf asitlere, alkali mineral bazlı yağlar ve alkole dayanıklıdır. Her izolatörün içinde, imalat sırasında yerleştirilmiş elektrikli alanın dağılımını düzenleyici, yarı iletken ve özel silikon-kauçuktan yapılmış bir deflektör (saptırıcı) bulunmaktadır. Silikon-kauçuk izolatörlü kablo başlıkları 40 kA (tepe değer) veya özel montaj şekli ile 125 kA (tepe değer) kadar kısa devre akımlarına karşı dayanıklıdır.



Resim 3.1: Dâhilî silikon-kauçuk kablo başlığı

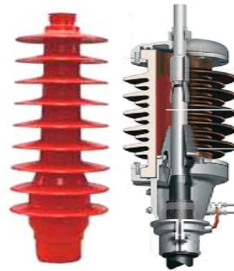
3.2.2. Haricî Tip Kablo Başlıkları

Harici tesislerde kablo uçlarının bağlanması için kullanılan gereçlere denir. 1 kV'luk kablolarda yağmur, kar suyu ve rutubetin kablo içine sızmasını önlemek için kablo ucunda, damarların birbirlerinden ayrıldığı bölgeye kablo başlığı montajı gerekir. 1 kV'un üstündeki kablolarda ise kablo başlığı, aynı zamanda elektriki alanı kontrol altına alır ve kısa devre zorlamalarına direnç gösterir. Tek damarlı ve üç damarlı değişik kesitli kabloların açık yerlerdeki şalt tesislerine irtibatında kullanılır. Her türlü açık hava şartlarına karşı dayanıklı olarak üretilir. -50 °C ile +250 °C arası sıcaklıklarda fiziksel herhangi bir değişikliğe uğramadan sorunsuz olarak çalışırlar. Güneş ışığına, ozona, ultraviyole ışınlarına karşı dayanıklıdır. İzolatörler silikon-kauçuktan imal edilmiştir, izolatörler su geçirmez ve 130 °C sıcaklıktaki buhar altında çalışabilir.

İzolatörler ark atlamalarından dolayı bünyeleri içinde meydana gelebilecek gazları kolayca dışarı atabilecek fiziksel yapıya sahiptir. İzolatörler kimyasal olarak zayıf asitlere, alkali mineral bazlı yağlara, alkol ve fenollere dayanıklıdır. Her izolatörün içinde, imalat sırasında yerleştirilmiş, elektrikli alanın dağılımını düzenleyici, yarı iletken ve özel silikon-kauçuktan yapılmış bir deflektör bulunmaktadır. Silikon-kauçuk izolatör ve özel kablo pabuçu izolatörün içine kir ve nem sızmasını önleyecek biçimde şekillendirilmiştir.

Harici başlıklarda silikon-kauçuk izolatörlerin dip kısmı bakır ekran iletkenlerinin üzerine tam oturacak şekilde imal edilir. Böylece izolatör gövdesi üzerinde meydana gelecek kaçak akımların kolayca ve doğrudan doğruya temas ettiği bakır ekran iletkenleri vasıtası ile tehlikesizce toprağa akması sağlanır.

Üç damarlı kablolarda kullanılan harici başlıklarda damar ayırım yeri protolin ile doldurulur. Protolin dolgu, topraklama sistemi ile birlikte damarların ayırım yerinde elektriki ve mekanik güvenliği sağlar. Silikon-kauçuk izolatörlü kablo başlıkları 40 kA(tepe değer) veya özel montaj şekli ile 125 kA(tepe değer) kadar kısa devre akımlarına dayanıklıdır.



Resim 3.2: Haricî silikon ve YG porselen kablo başlığı

Haricî başlık izolatörlerinin kanatları dâhilî başlıklara göre uzun ve uçları su damlalarını gövdeden uzak tutacak biçimde şekillendirilir, böylece ark atlama mesafesi ve su yolu uzatılmıştır.

3.3. Kablo Başlığı Montajı

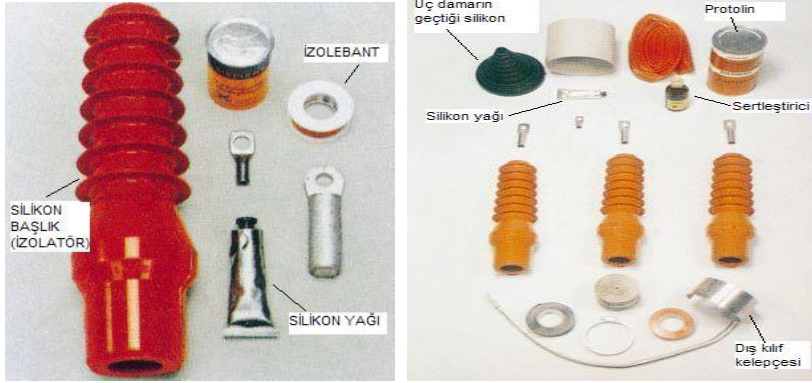
Dâhilî ve harici kablo başlıklarının montajını ayrı ayrı inceleyeceğiz.

3.3.1. Dâhilî Tip Kablo Başlığı Montajı

Dâhilî tip kablo başlığı montajında kullanacağımız araç gereçlerle, montajda dikkat edeceğimiz hususlar aşağıda incelenecektir.

3.3.1.1. Montaj Araç ve Gereçleri

Dâhilî tip kablo başlıklarının takılmasında kablo kesme ve soyma aletleri, YG üç damarlı (Resim 3.4 bakınız.) ve YG tek damarlı (Resim 3.3 bakınız.) dâhilî kablo başlık montaj seti, iş güvenliği ve emniyet araç gereçleri (eldiven vb.) kullanılmaktadır.



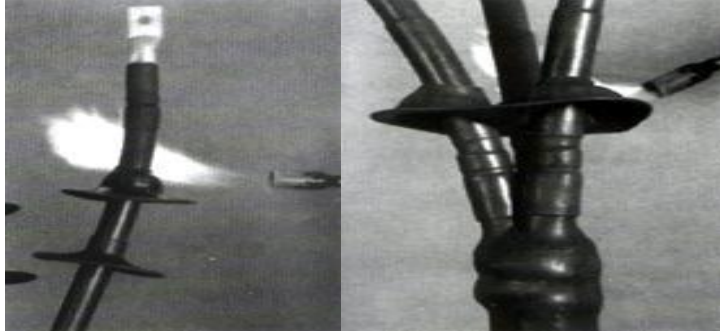
Resim 3.3: Tek damarlı kablo başlık malzemeleri Resim 3.4: Üç damarlı kablo başlık malzemeleri



Resim 3.5: Kablo kesme aparatı

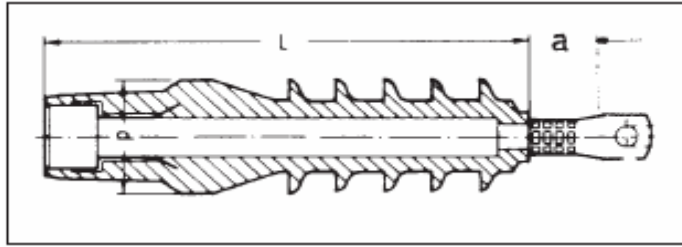
3.3.1.2. Tek Damarlı Dâhilî Tip Kablo Başlığı Montajı

Dâhilî kablo başlıkları tek damarlı ve üç damarlı kablolarla takılabilir. Silikon-kauçuk kablo başlıklarını takmak çok kolaydır. Uygun boyda kablo yalıtkanı soyulduktan sonra silikon yağı sürülerek başlık sıkı bir şekilde kablo damarı üzerine geçirilir. Diğer başlık takma yönteminde, ısı büzüşmeli başlık kullanılırsa başlık kablo damar üzerine geçirilir ve dışarıdan bir ısı kaynağı ile başlık ısıtılarak montaj tamamlanır(Resim 3.6'a bakınız.).



Resim 3.6: Isı ile büzüşmeli kablo başlığı takma

Kablo dış kılıf yalıtkanının kullanılan gerilim ve kablo kesitine göre soyulması gerekir. Bunun için kablo başlığı imalatçılarının hazırladığı tablolardan yararlanabiliriz (Şekil 3.2. ve Tablo 3.1'e bakınız.).



Şekil 3.2: Tek damarlı dâhilî tip kablo başlığı boyutları

İşletme Gerilimi : 5,8/10 kV				İşletme Gerilimi : 8,7/15 kV			İşletme Gerilimi : 20,3/35 kV		
Kablo Kesidi (mm ²)	Ölçüler (mm)			Ölçüler (mm)			Ölçüler (mm)		
	D	L	a	D	L	a	D	L	a
1x25ş/16	36	175	Kablo pabucu boyun uzunluğu	56	203	Kablo pabucu boyun uzunluğu	---	---	Kablo pabucu boyun uzunluğu
1x35ş/16	36	175		56	203		84	318	
1x50ş/16	36	175		61	203		84	318	
1x70ş/16	36	175		61	203		84	318	
1x95ş/16	40	175		61	203		84	318	
1x120ş/16	40	175		61	203		84	318	
1x150ş/25	40	175		64	203		84	318	
1x185ş/25	45	175		64	203		84	318	
1x240ş/25	45	175		70	203		84	318	

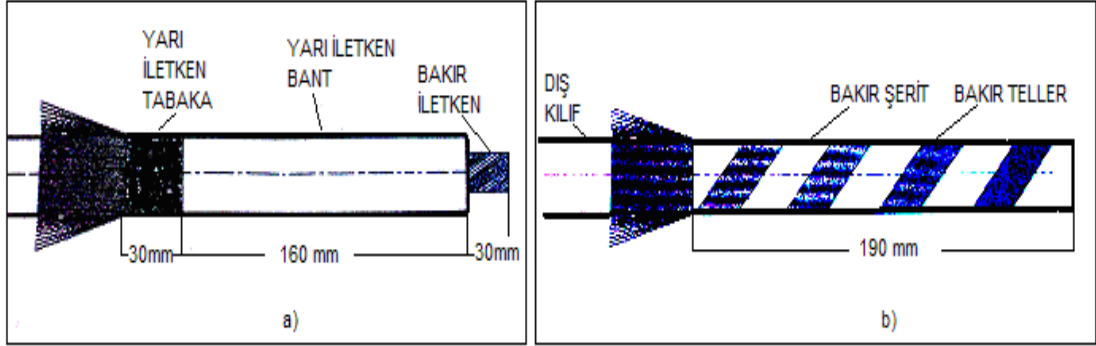
Tablo 3.1: Tek damarlı dâhilî tip kablo başlığının gerilime ve kesite göre boyutları

Dâhilî tip kablo başlıkları tek kanatlı veya çok kanatlı olabilir. Değişik tipte kablo başlığı olabilir, bunlarda izolator (kanatlar) ve başlık izolasyonu ayrıdır (Resim 3.7'ye bakınız.) veya izolator başlık izolasyonu aynı gövde üzerinde olabilir (Resim 3.3'e bakınız.).

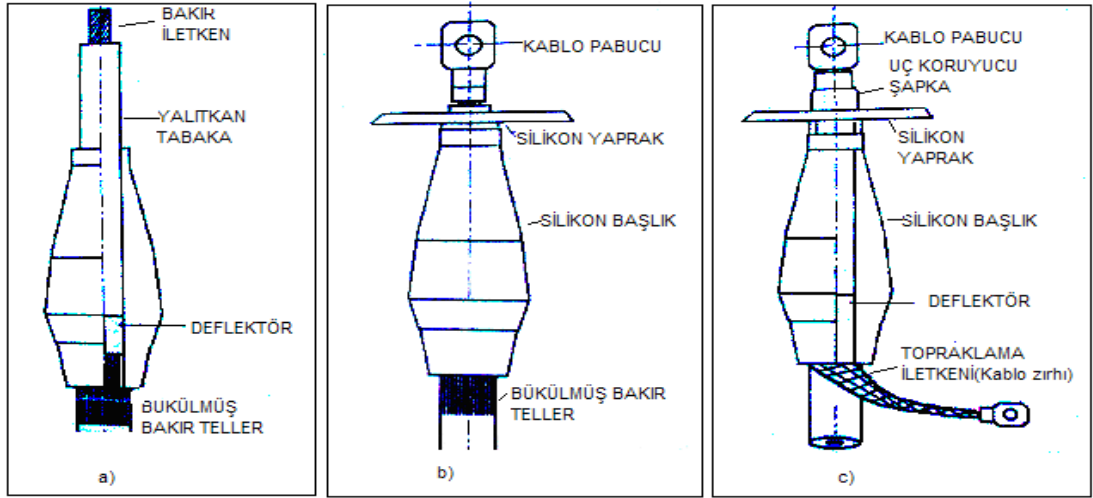


Resim 3.7: Başlık izolasyonu ve izolator ayrı ayrı (parçalı tip) kablo başlığı

İncelenecek kablo başlığı montajı, izolator ve başlık izolasyonu ayrı ayrı tipte olacaktır. Kablo YE3SV tipindedir.



Şekil 3.3: YG kablonun yalıtkanının soyulmasının boyutu



Şekil 3.4: Kablo başlığı montajı

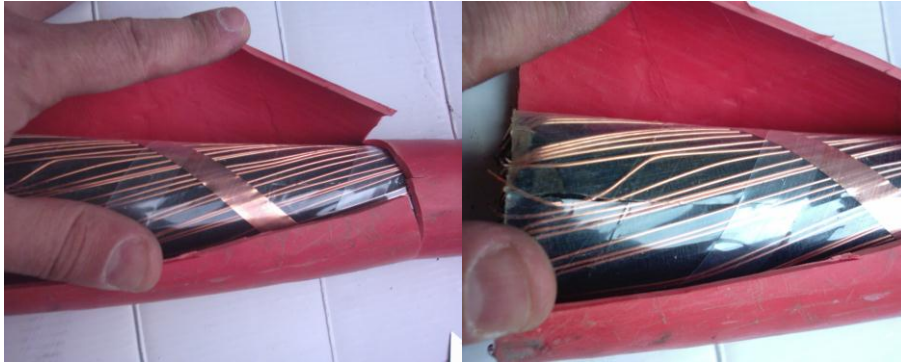
- Kablo dış kılıfını ve altındaki koruma bandını Tablo 3.1'den faydalanarak ölçülere (L) göre kesip çıkarınız (Şekil 3.3 ve Resim 3.8'e bakınız.).
- Tellerin üzerindeki bakır şeridi kablo ucundan dış kılıfa gelecek kadar kesip çıkardıktan sonra ortaya çıkacak olan bakır telleri geriye doğru bükünüz ve iletken kâğıt ile yarı iletken bantı, ucundan itibaren kesilen dış kılıf hizasına kadar kesip çıkarınız (Resim 3.9'a bakınız.).
- Montaj setinde bulacağınız cam parçası ile bakır iletken üzerindeki protethen-x yalıtkan tabakanın üzerindeki ince yarı iletken tabakayı dış kılıf hizasına kadar yalıtkan tabakanın şeklini bozmadan iyice kazıyarak temizleyiniz. Kazıma esnasında yalıtkan parçaların kalmamasına özen gösteriniz. Uçtan itibaren yalıtkan tabakayı kesip çıkarınız, kablo yarı iletken tabakasının deflektör yarı iletken tabakasını geçmemesine çok dikkat ediniz (Resim 3.11'e bakınız.).

- Kablo iletkenine kesite uygun kablo pabucu geçirip pens ile üç ayrı noktadan iyice sıkınız. Başlığı ve izolatörü geçirmeden önce ambalaj içerisinde bulacağınız silikon yağını iletken damar üzerindeki yalıtkan tabakaya ince film şeridi şeklinde sürerek başlık içerisindeki deflektörün burkulmuş bakır tellere değinceye kadar itilmesi sağlandıktan sonra izolatör yaprağını başlık üzerine boşluk kalmayacak şekilde sıkıca takınız ve yaprağın tam oturmasına özen gösteriniz (Resim 3.13 – 3.14 - 3.15'e bakınız).
- Aşağıya doğru bükmüş olduğunuz bakır telleri örgü şeklinde birleştirerek uygun kesitteki kablo pabucunu takıp pens ile sıkıldıktan sonra sistem topraklamasına irtibatlayınız. Uç koruyucu şapkayı kablo pabucunun üzerinden geçirerek alt eteğinin izolatör yaprağının üst kenarını örtecek kadar inmesine dikkat ediniz (Resim 3.15'e bakınız).
- Böylece kablo başlığımız işletmeye hazır konuma gelmiştir (Şekil 3.4'e bakınız.).

Kablo başlığı takılması:



Resim 3.8: YE3SV kablunun dış kılıfının kesilmesi



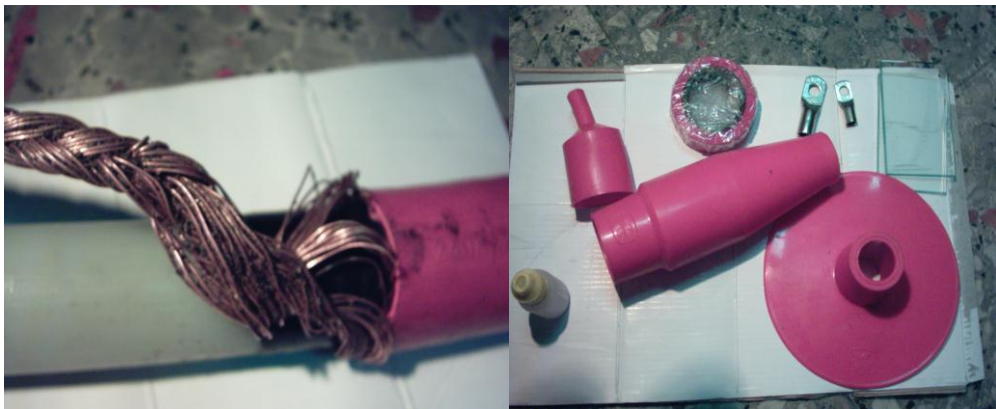
Resim 3.9: YE3SV kablunun kesilen dış kılıfının ve koruma bandının çıkarılması



Resim 3.10: YE3SV kablunun bakır şeridi ve telleri, kâğıt koruyucu(siyah) ve yarı iletken tabaka



Resim 3.11: YE3SV kablunun yarı iletken tabakasının cam parça ile soyulması



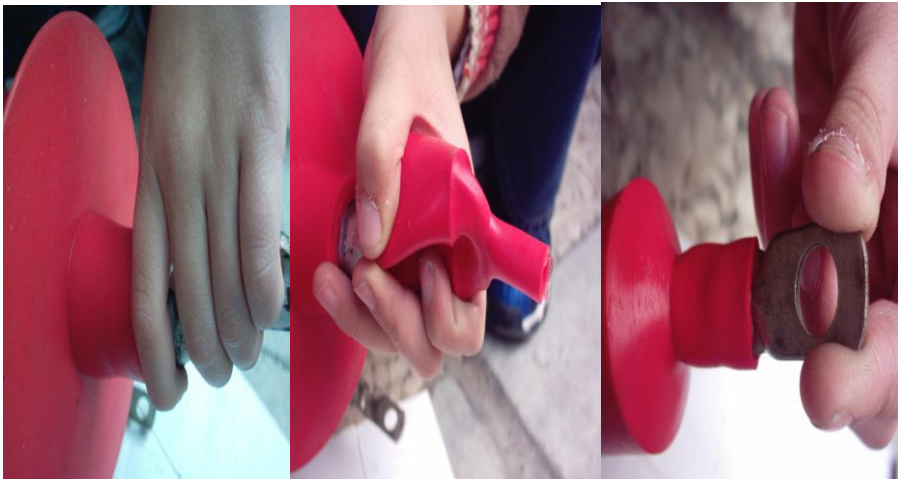
Resim 3.12: YE3SV kablunun bakır tellerinin burulması ve kablo başlığı montaj seti



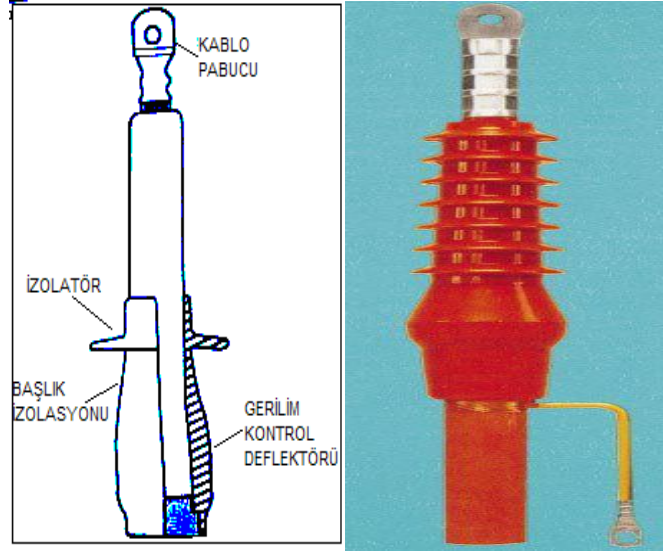
Resim 3.13: YE3SV kablo yalıtkanı üzerine başlığı takmadan önce silikon yağının sürülmesi



Resim 3.14: YE3SV kabloya silikon başlığın takılması



Resim 3.15: YE3SV kabloya silikon izolatör (yaprak) ve uç koruyucu şapka takılması

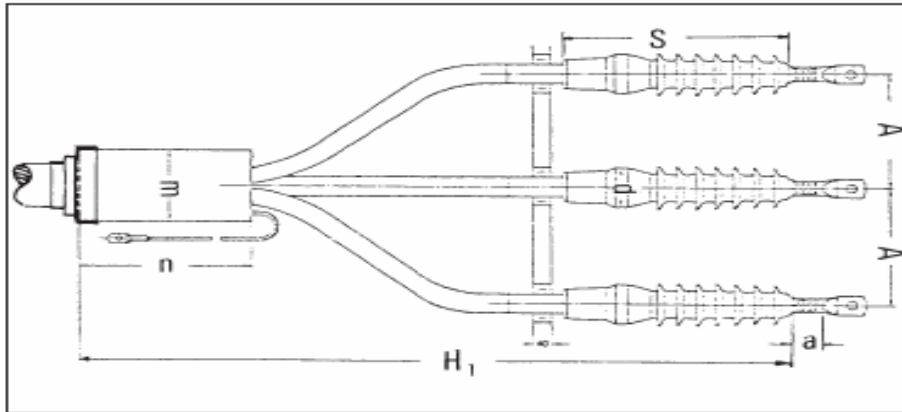


Şekil 3.5: Kablo başlığı

Silikon-kauçuk parçalı tip kablo başlığı montajında, önce başlık izolasyonu çevirerek sıkıca kablo damarı üzerine geçirilir sonra başlık izolatörü sıkıca çevirerek geçirilir.

3.3.1.3. Üç Damarlı Dâhilî Tip Kablo Başlığı Montajı

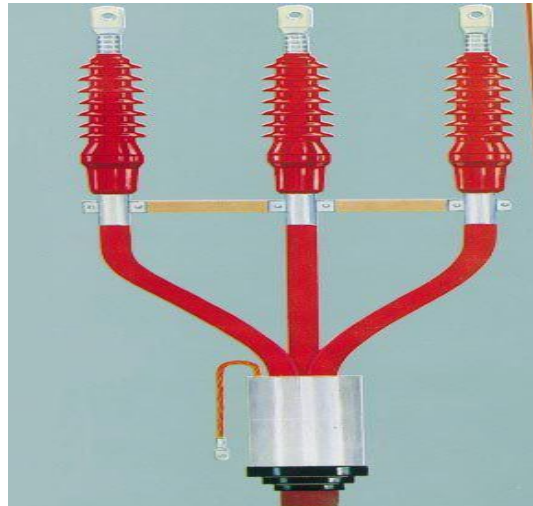
Üç damarlı dâhilî tip kablo başlığı montajı, bir damarlı kablolar için yapılan montajın aynısıdır. Kablo dış kılıfı ve damar yalıtkan kılıfları gerilime ve kesite uygun olarak soyulur (Şekil 3.6 ve tablo 3.2'ten yararlanılır). Kablo damarlarının çıkış kısmına (damar ayırım yeri) silikon başlık takılır ve protolin dökülür sonra damarların yalıtkan kılıfları soyulduktan sonra her damarın başlıkları takılır. Pabuçları takılarak başlık kullanıma hazır hâle getirilir.



Şekil 3.6: Üç damarlı dâhilî tip kablo başlığı boyutları

İşletme Gerilimi : 5,8/10 kV							İşletme Gerilimi : 8,7/15 kV							İşletme Gerilimi : 20,3/35 kV							
Kablo Kesidi (mm ²)	Ölçüler (mm)							Ölçüler (mm)							Ölçüler (mm)						
	S	d	A min.	H ₁	m	n		S	d	A min.	H ₁	m	n		S	d	A min.	H ₁	m	n	
3x25ş/16	175	36	115	740	90	120	Kablo pabucu boyun uzunluğu	203	56	215	1150	110	120	Kablo pabucu boyun uzunluğu	---	---	---	---	---	---	Kablo pabucu boyun uzunluğu
3x35ş/16	175	36	115	740	90	120		203	56	215	1150	110	120		318	84	325	1350	125	120	
3x50ş/16	175	36	115	740	90	120		203	61	215	1150	110	120		318	84	325	1350	125	120	
3x70ş/16	175	36	115	740	110	120		203	61	215	1150	125	120		318	84	325	1350	125	120	
3x95ş/16	175	40	115	740	110	120		203	61	215	1150	125	120		318	84	325	1350	140	120	
3x120ş/16	175	40	115	740	110	120		203	61	215	1150	125	120		318	84	325	1350	140	120	
3x150ş/25	175	40	115	740	110	120		203	64	215	1150	140	120		318	84	325	1350	140	120	
3x185ş/25	175	45	115	740	125	120		203	64	215	1150	140	120		318	84	325	1350	140	120	
3x240ş/25	175	45	115	740	125	120		203	70	215	1150	140	120		318	84	325	1350	140	120	

Tablo 3.2: Üç damarlı dâhilî tip kablo başlığının gerilime ve kesite göre boyutları



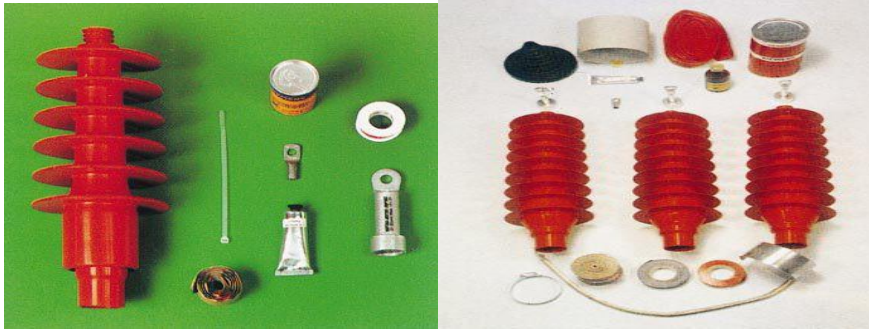
Resim 3.16: Üç damarlı dâhilî kablo başlığı

3.3.2. Haricî Tip Kablo Başlığı Montajı

Haricî tip kablo başlığı montajında kullanılacak araç ve gereçlerle montajda dikkat edilecek hususlar aşağıda incelenecektir.

3.3.2.1. Montaj Araç ve Gereçleri

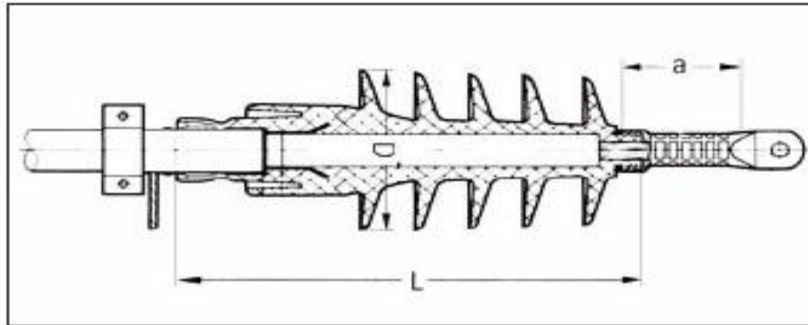
Haricî tip kablo başlıklarının takılmasında kablo kesme ve soyma aletleri, OG üç damarlı (Resim 3.18'e bakınız.) ve OG tek damarlı (Resim 3.17'e bakınız.) haricî kablo başlık montaj seti, iş güvenliği ve emniyet araç gereçleri (eldiven vb.) kullanılmaktadır.



Resim 3.17: Tek damarlı kablo başlık malzemeleri Resim 3.18: Üç damarlı kablo başlık malzemeleri

3.3.2.2. Tek Damarlı Haricî Tip Kablo Başlığı Montajı

Tek damarlı haricî tip kablo başlıkları montajı, silikon tipleri için dâhilî tiptekilerin aynısıdır. Önce kablo yalıtkanı soyulur, yalıtkan başlık boyutuna uygun olarak soyulmalıdır (Şekil 3.7 ve tablo 3.3'ten yararlanılabilir.). Haricî tip kablo başlıklarının boyutları görüleceği gibi dâhilî başlıklardan daha büyüktür. Yarı iletken tabaka uygun boyda temizlenir, silikon yağ sürülür ve izolatörlü kablo başlığı sıkıca takılır. Kablo pabucu ve örgülü bakır iletken pabuç takılır.



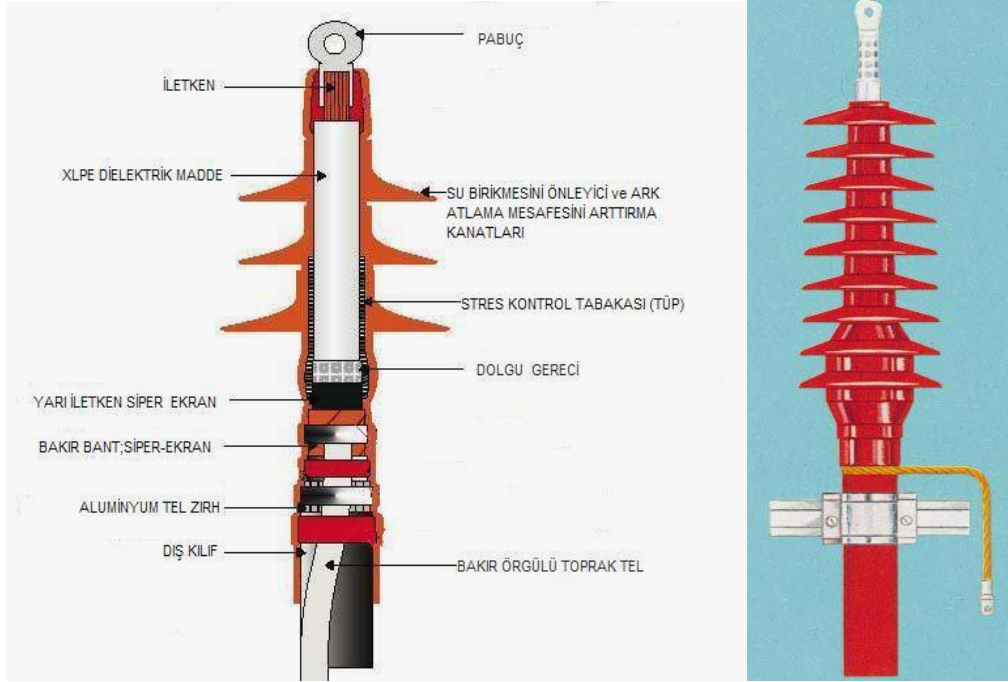
Şekil 3.7: Tek damarlı haricî tip kablo başlığı boyutları

	İşletme Gerilimi : 5,8/10 kV			İşletme Gerilimi : 8,7/15 kV			İşletme Gerilimi : 20,3/35 kV		
Kablo Kesidi (mm ²)	Ölçüler (mm)			Ölçüler (mm)			Ölçüler (mm)		
	D	L	a	D	L	a	D	L	a
1x25ş/16	105	270	Kablo pabuca boyun uzunluğu	136	291	Kablo pabuca boyun uzunluğu	---	---	Kablo pabuca boyun uzunluğu
1x35ş/16	105	270		136	291		142	465	
1x50ş/16	105	270		136	291		142	465	
1x70ş/16	105	270		136	291		142	465	
1x95ş/16	105	270		136	291		142	465	
1x120ş/16	105	270		136	291		142	465	
1x150ş/25	105	270		136	291		142	465	
1x185ş/25	105	270		136	291		142	465	
1x240ş/25	105	270		136	291		142	465	

Tablo 3.3: Tek damarlı haricî tip kablo başlığının gerilime ve kesite göre boyutları



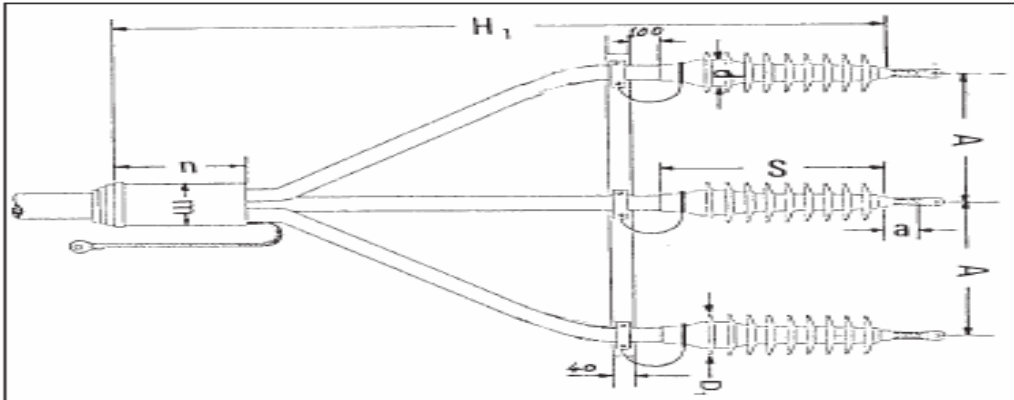
Şekil 3.8: Haricî tip tek damarlı kablo başlığının takılması



Şekil 3.9: Tek damarlı harici tip kablo başlığı

3.3.2.3. Üç Damarlı Haricî Tip Kablo Başlığı Montajı

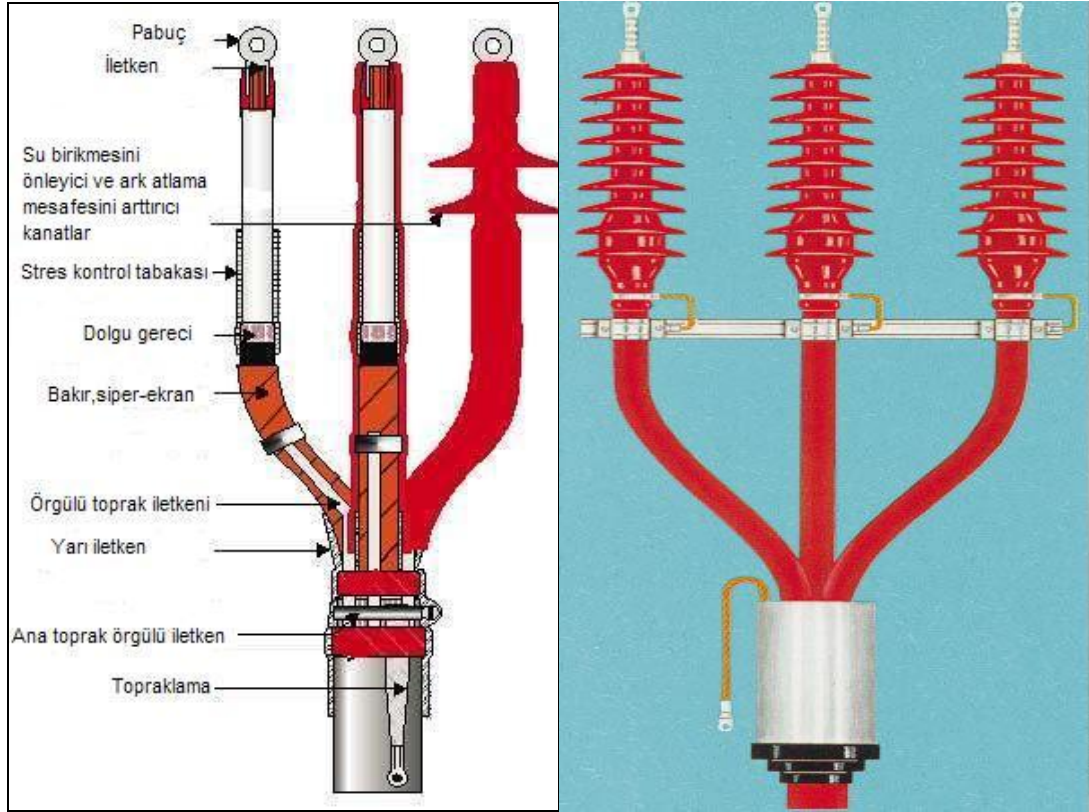
Üç damarlı haricî tip kablo başlığı montajı, bir damarlı kablolar için yapılan montajın aynısıdır. Kablo dış kılıfı ve damar yalıtkan kılıfları gerilime ve kesite uygun olarak soyulur (Şekil 3.10. ve tablo 3.4.'ten yararlanır). Kablo damarlarının çıkış kısmına silikon başlık takılır ve protolin dökülür sonra damarların yalıtkan kılıfları soyulduktan sonra her damarın başlıkları takılır. Pabuçları takılarak başlık kullanıma hazır hâle getirilir.



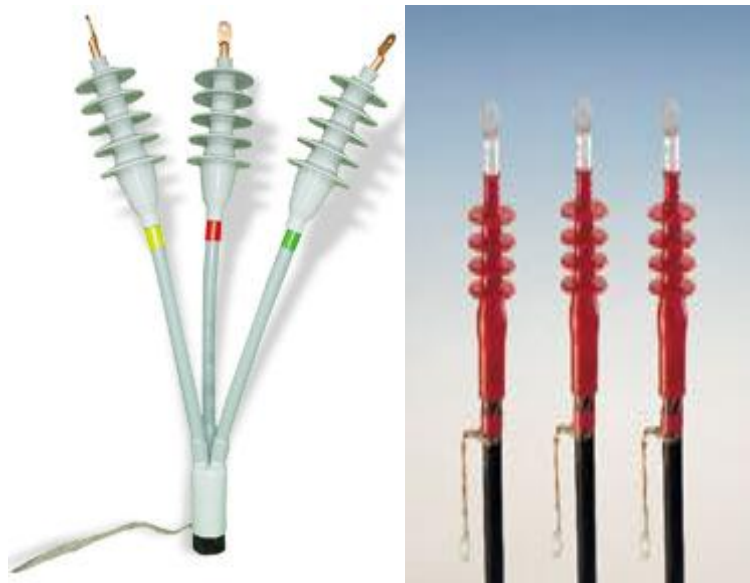
Şekil 3.10: Üç damarlı haricî tip kablo başlığı boyutları

	İşletme Gerilimi : 5,8/10 kV									İşletme Gerilimi : 8,7/15 kV									İşletme Gerilimi : 20,3/35 kV								
Kablo Kesidi (mm ²)	Ölçüler (mm)									Ölçüler (mm)									Ölçüler (mm)								
	S	d	D ₁	A min.	H ₁	m	n	a		S	d	D ₁	A min.	H ₁	m	n	a		S	d	D ₁	A min.	H ₁	m	n	a	
3x25ş/16	270	59	105	115	1100	110	120	Kablo pabucu boy un uzunluğu	291	76	136	215	1500	110	120	Kablo pabucu boy un uzunluğu	--	---	--	---	---	---	---	Kablo pabucu boy un uzunluğu			
3x35ş/16	270	59	105	115	1100	110	120		291	76	136	215	1500	110	120		465	90	142	325	1800	110	120				
3x50ş/16	270	59	105	115	1100	110	120		291	76	136	215	1500	110	120		465	90	142	325	1800	125	120				
3x70ş/16	270	59	105	115	1100	125	120		291	76	136	215	1500	125	120		465	90	142	325	1800	125	120				
3x95ş/16	270	59	105	115	1100	125	120		291	76	136	215	1500	125	120		465	90	142	325	1800	140	120				
3x120ş/16	270	59	105	115	1100	125	120		291	76	136	215	1500	125	120		465	90	142	325	1800	140	120				
3x150ş/25	270	59	105	115	1100	140	120		291	76	136	215	1500	140	120		465	90	142	325	1800	140	120				
3x185ş/25	270	59	105	115	1100	140	120		291	76	136	215	1500	140	120		465	90	142	325	1800	140	120				
3x240ş/25	270	59	105	115	1100	140	120		291	76	136	215	1500	140	120		465	90	142	325	1800	160	120				

Tablo 3.4: Üç damarlı haricî tip kablo başlığının gerilime ve kesite göre boyutları

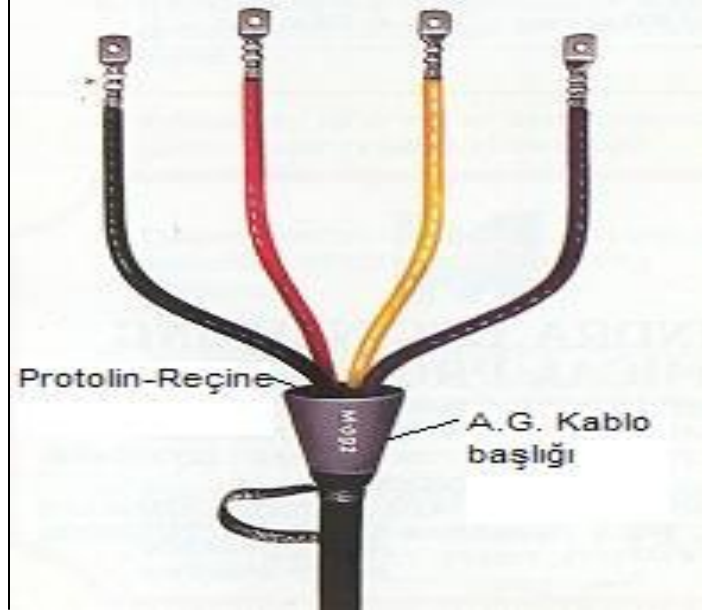


Şekil 3.11: Üç damarlı haricî tip kablo başlığı



Resim 3.19: Üç damarlı haricî tip kablo başlığı

Alçak gerilim enerji hatlarında haricî olarak bağlantı yapılması gerektiğinde mutlaka resimde görüldüğü (Resim 3.20) gibi başlık takılması gerekir. Bu başlığın yapımında silikon huni şeklindeki başlık kablo damarları soyulduktan sonra kabloya geçirilir ve içine protolin sertleştirici dökülür. Sertleştirici kuruduktan sonra kablo bağlantıları yapılır.



Resim 3.20: Alçak gerilim kablo başlığı



Resim 3.21: Kablo başlığında ark oluşumu

3.4. Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

İlgili yönetmelik maddeleri şunlardır:

Madde 58-b;

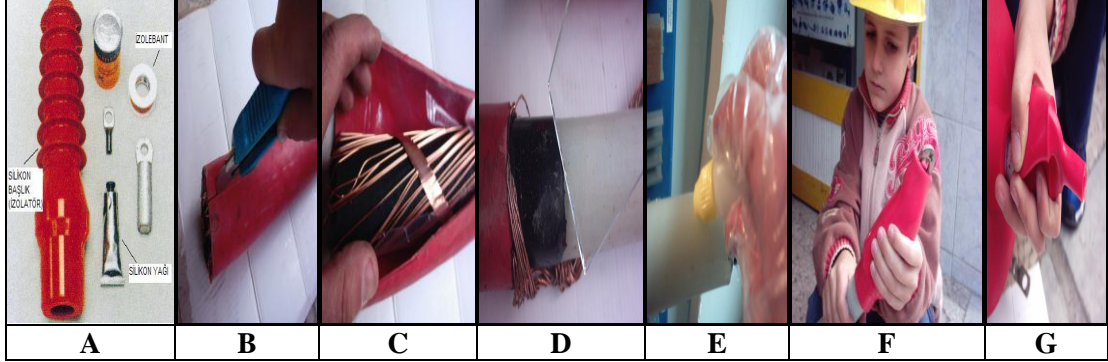
4) YG kablolarına dahilde ve hariçte kablo başlığı yapılacaktır. Kablo başlıkları kabloya su, nem girmesini önleyecek şekilde olmalıdır. AG kablolarda su girmesini önleyecek tedbirlerin alınması durumunda kablo başlığı kullanılmayabilir.

5) Kablo ekleri mutlaka özel ek aksesuarları veya ek kutularında yapılmalıdır.

6) Kabloların koruyucu kılıfları ya da yalıtkanları buldukları yerlerde zorlanmamalı ve zedelenmemelidir.

7) Tek damarlı kabloların tespitinde kullanılan elemanlar manyetik halka oluşturmamalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ



Tek damarlı silikon kablo başlığını takınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kablo dış kılıfını soyunuz. ➤ Kablo damarındaki yarı iletken tabakayı soyunuz. ➤ Silikon kablo başlığını takınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kablo katalog ve varsa CD'lerini inceleyiniz. ➤ YE3SV kablosunu seçiniz. ➤ Kablo soymak için uygun araç gereçleri hazırlayınız (başlık montaj seti, kesme soyma aletleri). ➤ Kablo dış kılıfını soyarken, fazla derinden kılıfı kesmeyiniz (Resim B-C'ye bakınız.). ➤ Kablo damarı üzerindeki bakır telleri burununuz. ➤ Yarı iletken tabaka soyma işleminde montaj setinden çıkan cam parçayı kullanınız ve dış kılıftan en az 10 mm kalacak kadar soyunuz. Fazla miktarda soyulması elektrik alanının homojenliğini bozacaktır (Resim D'ye bakınız.). ➤ Silikon kablo başlığını seçiniz, kablo başlıklarının parçalı veya tek parça olarak üretildiğini hatırlayınız. ➤ Önce montaj setinden çıkan silikon yağını damar yalıtkanı üzerine sürünüz (Resim E). ➤ Silikon kablo başlığını damar üzerine çevirerek ve sıkıca takınız (Resim F-G'ye bakınız). ➤ Başlığın soyulan dış kılıf içinde kalacak ve bakır ekran iletkenlerinin üzerine tam oturacak şekilde takılmasına dikkat ediniz. ➤ Kablo damarı üzerinde bulunan burduğunuz bakır tellere uygun pabuç takınız. ➤ Kablo başlığı montajında iş güvenliği ve emniyet tedbirlerine uyunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kablo damar dış kılıfını yöntemine uygun soyabildiniz mi?		
2. Kablo damarı yarı iletken tabakasını uygun boyda ve yöntemle soyabildiniz mi ?		
3. Kablo başlığını kullanım yerine uygun seçebildiniz mi?		
4. Kablo başlığını çevirerek ve sıkıca bakır ekran tellerine degecek şekilde takabildiniz mi?		
5. Bakır ekran tellerini burarak ucuna pabucu uygun yöntemle takabildiniz mi?		
6. Kablo başlığı montajında iş güvenliği tedbirlerine uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME



bil

1.

2.

3.

4.

boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen

ın nem, toz, elektrik alanının kontrolü ve kısa devre
rmelerini sağlayan gereçtir.

250 °C arası sıcaklıklarda görevini sürdürmelidir.

kanatları dâhilî başlıklara göre daha kısadır.

(...) Uç damarın kablo başlık montajında damar ayırım yerine protolin dökülür.

Aşağıda verilen cümlede boş bırakılan yere doğru sözcükleri yazınız.

5. Kablo başlık izolatör kanatlarının görevive.....'tır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Standart ve yönetmeliklere uygun, yer altı enerji hattı kablo bağlantılarını hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yer altı enerji hattı kablo bağlantılarında kullanılan araç gereçler nelerdir, araştırınız.
- Yer altı enerji hattı kabloları bağlantılarında dikkat edilmesi gereken hususları araştırınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı, elektrik taahhüt firmaları, elektrik iletim ve dağıtım yapan kuruluşları kullanabilirsiniz. Bu araştırmaları yaparken güvenlik tedbirleri alınması gereken yerlerde güvenlik tedbirlerinin alınmasına dikkat ediniz. Araştırmanızı rapor hâline getirerek arkadaşlarınıza sununuz.

4. YER ALTI ENERJİ HATTI BAĞLANTILARI

4.1. Yer Altı Kabloları Bağlantı Yerleri

Yer altı kabloları ile bağlantı yerlerine örnek olarak şunlar verilebilir. Trafo merkezlerine enerji giriş ve çıkış bağlantılarında, şalt sahaları bağlantılarında, tesislere enerji verilmesinde, enerji hatlarının birbiri ile kesişme durumlarında (bir enerji hattının geçtiği yerden diğer bir enerji hattının geçmesi gerektiği yerlerde, diğer hat yer altından geçirilir), havai hatların geçirilemediği yerlerde yer altı kablo bağlantıları yapılabilir.



Resim 4.1: Yer altı kablo bağlantı yerleri (Dağıtım trafo merkezleri)

4.2. Enerji Hatlarının Etrafındaki Tesislere Yaklaşım Mesafeleri

Enerji hatlarının (yer altı ve havai hatların) bazı tesislere en küçük yaklaşma mesafelerine uyulması gerekir. Bu yaklaşım mesafeleri ile ilgili hazırlanmış tablolardan faydalanılabilir. Tablo 4.1’de enerji hatlarının tesislere en küçük yaklaşım mesafeleri verilmiştir.

Tesis Türü		Doğal Gaz ve Petrol Boru Hattı (LNG, LPG dahil)
Yer Altı Kabloları İle	Yan yana veya paralel olma mesafeleri (m) 0-170 kV	0.6 *
	Birbiriyle kesişme hâli mesafeleri (m) 0-170 kV	0.4 *
Enerji Nakil Hatları İle	Yan yana veya paralel olma hâli (Dış iletkenin maks. salınımlı iz düşümü ile boru eksenine) mesafeleri (m) 0-72 kV 72-420kV	4(10***) 10(30***)
	Birbiriyle kesişme hâli (direk ayağına) mesafeleri (m) 0-72 Kv 72-420kV	3
		10
Topraklama Sistemleri İle	Direk veya diğer elektrik topraklamaları ile olan mesafeleri (m) 0 - 420 kV	2 **

Tablo 4.1: Enerji hatlarının tesislere olan yaklaşım mesafeleri

Tablo 4.1' de

- Zorunlu hâllerde yöre ve özel şartlar karşısında bu mesafeler alınacak bazı tedbirlerle yukarıda belirtilen mesafelerin yarısına kadar küçültülebilir. Yer altı kablosu ile gaz ve petrol boru hattı arasında izole PVC veya PE gibi maddeler konulmalıdır. Bu gibi maddelerin boyutları, et kalınlığı en az 5 mm olmak şartı ile
- Elektrik tesisleri topraklamaları ile gaz veya petrol boru hattı tesisleri veya topraklamaları kesişiyor veya aralarındaki uzaklık 2 metreden az ise, topraklama iletkeninin her iki tarafı gaz veya petrol borusu üzerindeki kesişme noktasından itibaren ikişer metre olmak üzere veya boru hattındaki temas gerilimi 50 volt tan az olacak şekilde izole edilmelidir.
- Basınç yükseltme (pompa-kompresör), basınç düşürme ve dağıtım istasyonları gibi boru hattı bölümlerinin yeryüzünde erişilebilen teçhizatlarına vb. kısımlarına olan en küçük yaklaşım mesafeleridir.

Tablo 4.1'de

ENH direklerinin demiryolu ve karayoluna olan en yakın yatay uzaklığı, metre olarak hangisi daha büyükse ya direğin toprak üstü tüm boyundan 2 metre daha büyük ya da karayolu veya demir yolu istimlak sınırının dışında olmalıdır. GSM baz istasyonu kulelerinin elektrik kuvvetli akım tesislerine olan en yakın yatay uzaklığı, kulenin toprak üstü boyundan 2 metre daha büyük olmalıdır. Ayrıca “Mobil Telekomünikasyon Şebekelerine Ait Baz İstasyonlarının Kuruluş Yeri, Ölçümleri, İşletilmesi ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” hükümlerine de uyulur.

4.3. Yer Altı Enerji Kablolarının Bağlantı Yöntemi

Yer altı enerji kablolarının bağlantı yönteminde kablo pabuçlarının nasıl takıldığı ve bağlantı yapımında dikkat edilecek hususlar incelenecektir.

4.3.1. Yer Altı Kablolarına Pabuç Takılması

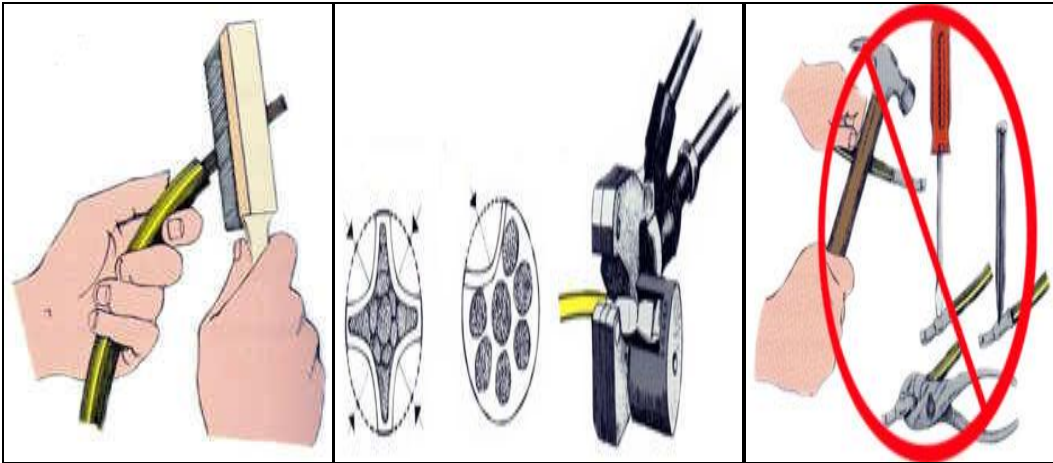
Yer altı kablolarına pabuç takmadan bağlantılarının yapılmaması gerekir. Takılacak pabuçların kablo kesitine uygun seçilmesi gerekir. Kablolarına pabuç takılmasında, kablo ucunun gereğinden fazla açılmaması ve pabuçların özel pensle sıkılması gerekir. Kablonun pabuca gevşek tutturulması ark oluşmasını sağlar, arkın oluşması da tesisler için çok tehlikelidir. Kablo pabuçları 6 mm²den 400 mm² kesitine kadar olan iletkenler için kullanılır.



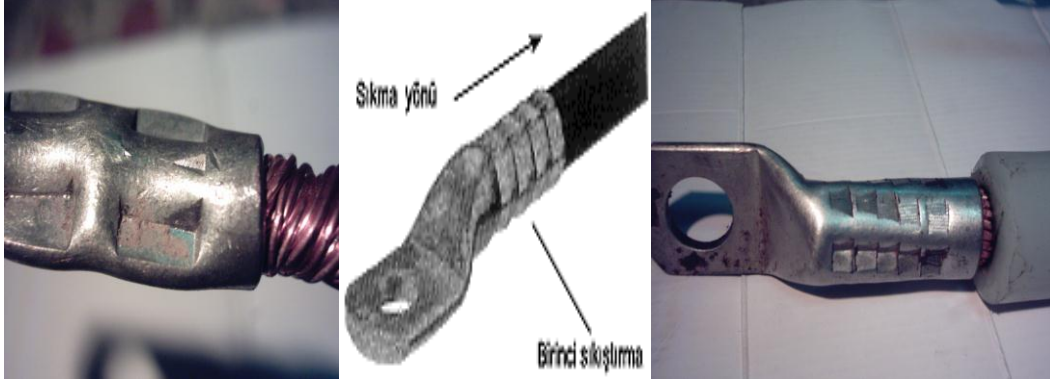
Resim 4.2: Kablo pabuçları ve sıkma pensesi

Yer altı kablolarına pabuç takarken dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Kablo ucunu pabuca uygun olarak açmalıyız (pabuca girme derinliğine göre).
- İletken uçlar bir bez veya fırça ile temizlenmelidir (Şekil 4. 1.a'ya bakınız).
- İletkeni sonuna kadar kablo pabucuna veya konnektöre takınız.
- Pabuca uygun sıkma pensi ucunu pense takınız. Kesinlikle başka aletlerle ezerek pabuç takma yapmayınız (Şekil 4. 1.b-c. bakınız).
- Pabucu en az iki yerinden pense ile sıkınız (Resim 4.4.'e bakınız).
- Pabucun iyice sıkıldığını kontrol ediniz.



Şekil 4.1: İletkenin fırça ile temizlenmesi ve sıkma pensesi ile pabuç takılması



Resim 4.3: Pabucun sıkılması



Resim 4.4: Pabucun pens ile sıkılması yöntemi

4.3.2. Yer Altı Kablo Bağlantılarında Dikkat Edilecek Hususlar

Yer altı kablo bağlantılarının çok dikkatli, emniyet ve iş güvenliği tedbirlerine uyularak yapılması gerekir. Bağlantıların yanlış yapılmasından dolayı tesislerde istenmeyen sakıncalar oluşabilir. Yer altı kablo bağlantılarının yapımında dikkat edilecek hususlar:

- Yüksek gerilim kablo bağlantılarında mutlaka kablo başlığı kullanılmalıdır.
- Kablo başlıkları uygun şekilde direk üzerine veya bağlantı yerlerine tutturulmalıdır.
- Alçak gerilim haricî kablo bağlantılarında kablo başlığı kullanılmalıdır.
- Kablo uçlarına uygun pabuçlar yöntemine göre takılmalıdır.
- Kabloların pabuçlarla bağlantılarında gevşek irtibat olmamasına özen gösterilmelidir.

Özellikle yüksek gerilim kablolarının, havai hatlara bağlantı noktalarında parafudurlar ile kabloların korunması sağlanmalıdır (Resim 4.10'a bakınız.).

- Oluşabilecek kısa devrede hasarların önlenmesi için tek damarlı kablolar zemine (direk, trafo platformu, duvar vb.) sıkı bir şekilde tespit edilmelidir. Özellikle tek damarlı kablolarda kablo tutturma parçaları, kısa devrenin neden olacağı kuvvetlere dayanacak boyutta seçilmeli ve aralarında yeterli açıklık olmalıdır. Çok damarlı kablolar, damarların birbirleri üzerine sarılması ortak kılıf ve bantların kullanılması konsantrik iletken zırh veya plastik kılıflar ve toprağın sağladığı dayanım ile kısa devrede oluşan kuvvetlere dayanır (Resim 4.7'ye bakınız.).
- Kablolar kısa devrelere karşı termik manyetik şalterlerle korunmalıdır. Kablonun aşırı ısınması ve gereksiz açmaları önlemek için sigorta akımı kablonun taşıyacağı akımdan büyük olmalıdır.
- Yer altı kablolarının direğe iniş ve çıkışlarında mekanik darbelere karşı koruyucu sac kanal veya borulardan geçirilmesi gerekir (Koruyucular anti manyetik malzemeden olmalıdır. Resim 4.5'e bakınız.). Tek damarlı faz kabloları aynı borudan geçirilmemelidir (Resim 4.6'ya bakınız).
- Yer altı kablolarının metal kılıfları tesislerin topraklama sistemine irtibatlandırılmalıdır.



Resim 4.5: Direkte bağlantı yapılan kabloların sac kanal ile korunması



Resim 4.6: Kabloların ayrı ayrı boru içinden geçirilerek korunması



Resim 4.7: Yer altı kablolarının direğe sabitlenmesi



Resim 4.8: Şalt sahasında porselen başlığa yer altı kablo bağlantısı(240 KV)



Resim 4.9: Kablo başlıklı bağlantı



Resim 4.10: Başlıklı kabloların havai hatlara bağlantısı(parafudur korumalı)



Resim 4.11: Dâhilî başlıklı kabloların trafo ve modüler hücrelere bağlantısı



Resim 4.12:Trafo merkezine başlıklı kablo bağlantısı



Resim 4.13: Yer altı kablolarının ana dağıtım pano baralarına bağlantısı

Kablolar konektörler ile de bağlanabilir.



Resim 4.14: Konektör ile kablo bağlantısı yapımı

4.3.3. YG Yer Altı Kabloları Metal Kılıflarının Topraklanması

Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği'nin Ek-J bölümünde hava hatları koruma tellerinin ve yer altı kabloları metal kılıflarının toprağa akan hata akımlarının bir kısmını taşıyabileceği belirtilmektedir. YG yer altı kablolarının bunu gerçekleştirebilmesi için ise her iki baştan da topraklanması gerekmektedir. Bazı uygulamalarda kablunun metal kılıfının yalnız bir uçtan topraklandığı görülmektedir.

YG bir damarlı kablolarda, kablo fazından geçen işletme akımı metal kılıfta bir endüksiyon gerilimi doğuracak ve kılıf her iki baştan da topraklanmışsa kılıf üzerinden işletme akımına zıt bir endüksiyon akımı akacaktır. Sözü edilen bu akım kablunun yüklenme yeteneğini azaltacaktır.

Bu yüzden işletme akımı, izin verilebilir yüklenme akımına yakın değerlerde ise metal kılıf yalnız bir başta topraklanmalıdır (üretim tesisleri, indirici merkezler vb.). 34,5 / 0,4 kV - 50 kVA bir trafo postasının YG tarafı anma akımı 0,84 A ve 34,5/0,4 kV - 2500 kVA trafo postası YG tarafı anma akımı ise 42 A'dır.

Yerel uygulamalarda bu tip trafo merkezlerinin YG tarafında 3(1x95/16) mm² XLPE kablo standart olarak kullanılmaktadır. Sözü geçen kablo, bazı koşullar altında (*) 360 A akım taşımaktadır. ((*) 20 °C toprak sıcaklığında, ısıl direnci 1 Km/W olan bir toprakta, 0,7 ile 1,2 m arası döşeme derinliğinde, 7 cm açıklıkla yan yana döşenmiş, sıkıştırılmış kum içinde ve üzeri dolu tuğla ile örtülmüş 3 adet bir damarlı kablunun her bir damarı için yüklenme akım)

Görüldüğü gibi YG şebekelerinde kullanılan kabloların işletme akımları ile izin verilebilir yüklenme akımları arasında büyük farklar vardır. Üçüncü şahıs trafo merkezlerinde kullanılan YG kablolarının işletme akımlarının sınır değerden çok küçük olduğu gözükmemektedir.

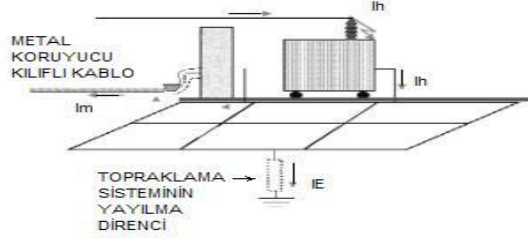
Sadece bir uçta yapılan topraklamalarda potansiyel bir tehlike daha vardır. Herhangi bir kısa devre durumunda, açık uçta kablo uzunluğuna bağlı olarak tehlikeli gerilimler oluşabilir.

Örnek: 1x95/16 mm² bir damarlı kabloda faz iletkeni ile metal zırhın karşılıklı endüktansı L=0,4 mH/km olup 8 kA bir kısa devrede ve 500 m kablo uzunluğunda, topraklanmamış açık uçta toprağa karşı

$E=Ik. W. L. l= 8 \text{ kA} \times 314 \text{ rad/s} \times 0,4 \text{ mH/km} \times 0,5 \text{ km} = 500 \text{ Voltluk bir gerilim belirir.}$

YG koruma düzenleri açmıca kadar tesirli olacak bu gerilimden sakınmak gerekmektedir. Bir damarlı çok uzun kablolarda (l > 500 m) belirli aralıklarda komşu kabloların metal zırhları birbirleri ile çaprazlanabilir.

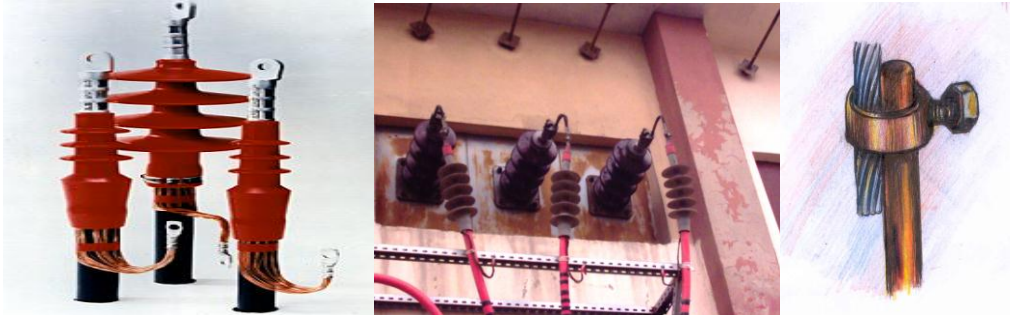
Bir trafo merkezinde, faz toprak hata akımı (I_h), koruma teli ya da yer altı kablo metal zırhı üzerinden akan akım (I_m) ve merkezin koruma topraklamasından geçen akım (IE) ile gösterilirse Kirchoff'un birinci yasası uyarınca I_h = I_m +IE yazılabilir. Trafo merkezi koruma topraklamasından geçen IE akımının, I_h hata akımına oranına azalma (redüksiyon) faktörü denir ve r = I E / I h ile gösterilir. Yer altı kablosu metal zırhı her iki başta topraklanmamışsa r = 1, dolayısıyla I_h = IE olur. Ayrıca metal zırhtan kaçacak akımın I_m = (1-r) x I_h olduğu kolayca görülebilir.



Şekil 4.2: Kablolardan geçen hata akımı

Sonuç:

- YG bir damarlı kablolarının işletme akımları, izin verilebilir yüklenme akımlarından oldukça küçükse, metal kılıflar her iki tarafta topraklanabilir.
- İşletme akımları ile yüklenme akımları aynı mertebede ise metal kılıflar bir tarafta topraklanmalıdır.
- Topraklama ölçümü yapılırken metal kılıfın trafo merkezi koruma topraklamasına olan bağlantısı ayrılmalıdır.
- UE topraklama gerilimi, (R_k) trafo merkezi koruma topraklaması direnci, (I_h) tek kutuplu hata akımı ve (r) redüksiyon faktörü olmak üzere, redüksiyon yoksa topraklama gerilimi $UE = R_k \times I_h$ bağıntısı ile, redüksiyon varsa $UE = R_k \times I_h \times r$ bağıntısı ile hesaplanabilir.



Resim 4.15: Yer altı kablolarının topraklanması

UYGULAMA FAALİYETİ

Üç damarlı başlıklı kablonun bağlantılarını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Başlıklı kabloları montaj yerine sabitleyiniz.➤ Kablo bağlantılarını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Kablo başlık katalogu ve varsa CD'lerini inceleyiniz ve montajınızda üstteki şekilden yararlanınız.➤ YG kablolarını sabitlerken birbirlerine en çok yaklaşma mesafelerini göz önüne alınız.➤ Bu mesafeler, 35 kV için min. 325 mm'dir (tablo 3.4'e bakınız).➤ Kablo damarlarının sabitlenmesi için uygun montaj kelepçelerini ve galvanizli profili temin ediniz.➤ Kablo damarlarını aralarındaki mesafelere dikkat ederek profile kelepçeleri sıkarak zedelemeyen tutturunuz (Kısa devrede oluşan zorlanmaları için kabloların sabitlenmesi gerektiğini hatırlayınız).➤ Kablonun damar ayrımı (dış kılıf) kısmında uygun şekilde sabitleyiniz.➤ Kablo damar ve dış metal kılıf iletkenlerini koruma topraklamasına irtibatlayınız.➤ Üç adet bulunan kablo iletkenlerini pabuçlarından baralara (trafo veya panonun) veya havai hat iletkenlerine irtibatlayınız.➤ Bütün kablo bağlantılarında pabuç kullanınız.➤ Bütün bağlantılarınızda gevşek irtibat olmamasına dikkat ediniz.➤ İş güvenliği ve emniyet tedbirlerine uyunuz.➤ Bağlantılarınızda baret ve eldiven kullanınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.	Uygun kabloları sabitleme profil ve kelepçelerini seçebildiniz mi?		
2.	Kablo damarlarını, aralarındaki müsaade edilen mesafelere uygun sabitleyebildiniz mi?		
3.	Kablo damar ayırımı (dış kılıf) kısmını uygun şekilde sabitlediniz mi?		
4.	Kablo metal kılıf iletkenlerini topraklamaya irtibatlayabildiniz mi?		
5.	Kablo damar iletkenlerini uygun bir şekilde bağlayabildiniz mi?		
6.	Bağlantılarında iş güvenliği tedbirlerine uydunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME



1. ...kuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.
- ...ve petrol boru hattı arasında (yan yana veya paralel ...malıdır?
2. ...ve petrol boru hattı arasında (birbiriyle kesişme hâli 0-170 KV) mesafeler en az ne olmalıdır?
- A) 0,40 m
B) 0,35 m
C) 0,30 m
D) 0,25 m

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

3. (...) Yer altı kablosu ile gaz ve petrol boru hattı arasında izole PVC veya PE gibi maddeler konulmalıdır.
4. (...) İletken, fırça veya bez ile temizlenmeli ve uygun pabuç pensi ile sıkılmalıdır.
5. (...) Tek damarlı faz kabloları, direk iniş ve çıkışlarında aynı koruyucu borudan geçirilebilir.
6. (...) Yer altı kablolarının metal kılıfları tesislerin topraklama sistemine irtibatlandırılmalıdır.
7. (...) Oluşabilecek kısa devrede hasarların önlenmesi için tek damarlı kablolar zemine (Direk, trafo platformu, duvar vb.) sıkı bir şekilde tespit edilmemelidir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Modülün Adı	Yer altı enerji hatları	Öğrencinin Adı...:		
Amaç	Gerekli atelye ortamı ve donanımlar sağlandığında uygun yer altı kablolarını ve başlıklarını seçmek yer altı kablolarının döşenmesi ve bağlantılarını yapmak	Soyadı:		
		Sınıfı :		
		No.....:		
AÇIKLAMA: Aşağıda listelenen davranışların her birini öğrencide gözleyemediyse (0), Zayıf nitelikli gözlemlediyseniz (1), Orta düzeyde gözlemlediyseniz (2), ve iyi nitelikte gözlemlediyseniz (3) rakamın altındaki ilgili kutucuğa X işareti koyunuz.					
DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		0	1	2	3
Yer altı kablolarının seçimi					
A)Yer altı kablolarının kullanım yerlerini bilme					
B)Yer altı kablolarının yapı elemanlarını bilme					
C)Yer altı kablo anma sıcaklık değerlerini bilme					
D)Yer altı kablo anma gerilim değerlerini bilme					
E)Yer altı kablo standart kesitlerini bilme					
Yer altı kablolarının duvarda kanala döşenmesi					
A)Malzeme montaj araç gereçlerini bilme					
B)Kablo kanal güzergâhını doğru belirleme					
C)Kablo kanalını ve kabloyu doğru olarak seçme					

D)Kablo kanalını duvara doğru ve uygun tutturma				
E)Kabloyu kanala uygun şekilde tutturma				
F)Kullandığı malzemeleri tam ve sağlam olarak teslim etme, çalışma ortamını temizleyip düzenleme				
Kablo başlığı takılması				
A)Uygun kablo ve başlığın seçilmesi				
B)Kablo damar dış kılıfının doğru soyulması				
C)Kablo damarı yarı iletken tabakanın soyulması				
D)Kablo başlığının doğru ve yöntemine uygun takılması				
Yer altı kablo bağlantılarının yapılması				
A)Kablo bağlantı araç gereçlerinin hazırlanması				
B)Kablunun zemine sabitlenmesi				
C)Kablo metal kılıf iletkenlerinin topraklamaya irtibatlandırılması				
D)Montaj ve bağlantılarda emniyet ve güvenlik tedbirlerine uyma				
E)Eldiven, baret, çizme ve diğer ekipmanların kullanımı				
TOPLAM PUAN				

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Damar
2	Zırh
3	D
4	B
5	D
6	A
7	C
8	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Yanlış
4	D
5	D
6	C
7	Doğru
8	Doğru
9	Yanlış
10	Orta-Küçük

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Doğru
5	yağmur suyu girişini önleme- ark atlama mesafesini uzatmak

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru
7	Yanlış

KAYNAKÇA

- ALTIN Mahir, Mustafa ÜSTÜNEL, Mehmet KIZILGEDİK, **Elektrifikasyon**, Ankara, 2001.
- Ünsal YILMAZ, Hayati DURMUŞ, **Elektrik Tesisat Projesi Meslek Resmi**, Ankara, 2002.
- Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, Ankara, 2002.
- Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği, Ankara, 2000.