

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

**HAVAI ENERJİ HATLARI
522EE0131**

Ankara, 2011

-
- 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	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. HAVAI HAT İLETKENLERİ ve HAT SABİTELERİ	3
1.1. Havai Hat İletkenleri	3
1.1.1. Tanım	3
1.1.2. Yapılarına Göre Çeşitleri ve Özellikleri	4
1.1.3. Gerilim Değerlerine Göre Çeşitleri ve Özellikleri	10
1.1.4. İletken Üretim Standartları	14
1.1.5. İletken Seçiminde Ölçütler	15
1.2. Hat Sabiteleri	20
1.2.1. Direnç	20
1.2.2. Endüktans	21
1.2.3. Kapasitans	22
1.2.4. Korona Olayı	23
1.2.5. Kaçak Geçirgenlik	25
1.3. İletkenlere Gelen Rüzgâr ve Buz Yükü Etkisi	25
1.4. İletkenlerin Çapını Ölçme Uygulaması	34
1.4.1. Sürmeli Kumpaslar	34
1.4.2. Dijital Kumpaslar	35
1.4.3. Ölçme Hataları	35
1.4.4. Mikrometreler	35
UYGULAMA FAALİYETİ	38
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	40
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	42
2. HAVAI HAT İLETKENLERİNİ ÇEKME ve BAĞLANTILARI	42
2.1. Direkler, İzolatörler ve Donanımları	43
2.1.1. Tanımı	43
2.1.2. Görevleri	43
2.2. Havai Hatlar	43
2.2.1. Tanımı	43
2.2.2. Havai Hattın Avantaj ve Dezavantajları	44
2.2.3. Havai Hat İletkenler Arası Standart Mesafeler	44
2.2.4. Havai Hat İletken Ek Malzemeleri	49
2.2.5. Spacer (Ara Parçası)	55
2.2.6. Havai Hatlarda Sehim	56
2.2.7. Camper (Gevşek irtibat)	57
2.2.8. Damper Tanımı ve Yapısı (Titreşim Amortisörleri)	58
2.2.9. Havai Hat İletkenlerini Çekme Yöntemleri	59
2.3. Alüminyum veya Bakır Örgülü İletken Ek Yapma Uygulaması	66
2.4. İzolatöre İletken Bağlama Uygulaması	67
2.5. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	68
2.5.1. Hava Hatları	68
2.5.2. Çıplak İletkenler	68
2.5.3. Hava Hatları Mekanik Hesaplarında Kullanılacak Varsayımlar	69
UYGULAMA FAALİYETİ	71

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	73
MODÜL DEĞERLENDİRME	74
CEVAP ANAHTARLARI	75
KAYNAKÇA	76

AÇIKLAMALAR

KOD	522EE0131
ALAN	Elektrik-Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Yüksek Gerilim Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Havai Enerji Hatları
MODÜLÜN TANIMI	Havai hat iletkenlerini çekme, hat sabitelerinin önemi ve bağlantı ekipmanları ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Havai enerji hatlarını çekmek
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Havai hat iletkenlerini hat sabiteleri ile birlikte standart değerlere göre hatasız seçebilecek, seçmiş olduğunuz iletkenleri Kuvvetli Akım Yönetmeliği'ne göre bağlantı elemanları ile birlikte direğe montajını yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Mümkün olan her koşulda standartlara ve kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğine uygun olarak havai hat iletkenlerini hatasız seçebileceksiniz. 2. Havai hat iletkenlerini çekip bağlantılarını direklere hatasız olarak yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Atölye, arazi ve hava koşulları Donanım: Arazi ve hava koşullarına göre havai hat iletken çeşitleri, direk, izolatör, iletken ek malzemeleri, kesme aletleri, damper, camper, baret, iş önlüğü, sıkma aletleri, mikrometre, kumpas, halat
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,

Sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesi elektrik enerjisine olan talebi de artırmıştır. Üretilen enerjinin daha verimli ve ekonomik kullanılması, iletilmesi gündeme gelmiştir. Bunun sonucunda iletken üretim ve tasarımcıları yeni talep ve beklentilere cevap verebilmek için teknolojik malzemeler geliştirmiş ve bunların üretimini gerçekleştirmek için yeni araştırmalar yapılmıştır. Enerji iletim hatlarında ilk önce bakır iletkenler kullanılmıştır. Hatların km cinsinden uzaması, iletilen gerilim değerlerinin kV cinsinden yükselmesi, bakır iletkenlerin özgül ağırlığının fazla olması ve maliyetlerinden dolayı vazgeçilmiştir. Alüminyumun, hafif ve ucuz olması sebebiyle tercih edilmeye başlanmıştır. Alüminyum, çelik özlü alüminyum ve son olarak da, Al-Zr (alüminyum-zirkonyum) malzemelerle tasarlanan havai hat iletkenleri kullanılmaya başlanmıştır.

Havai hat iletkenlerini tanıyıp özelliklerini öğrendikten sonra bu iletkenleri çekme ve bağlantı elemanlarını tanımak, havai hattın avantaj ve dezavantajlarını öğrenmek, direk donanımlarını tanımak, en sonunda da iletkenleri direkler arasında çekerken dikkat edilecek hususlar ile işlem sırasını öğrenmek, tabiki tüm bu işlemleri yaparken kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğini çok iyi bilmek gerekmektedir.

Siz bu modülde havai hat iletkenlerinin kullanım avantajlarının yanı sıra elektriksel, mekaniksel özellikleri ile değişik buz yükü bölgelerindeki iletken seçimini öğrenebileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

İletkenlerin çeşitlerini, tiplerini, özelliklerini ve koşula göre seçimini doğru bir şekilde yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Havai hat çeşitleri ile (AG-OG-YG) iletken çeşitlerini, kesit ve malzeme cinsine göre araştırınız.
- Seçmiş olduğunuz iletkenin özelliklerini mevcut buz yükü bölgelerini de dikkate alarak TS, IEC ve kuvvetli akım tesisleri yönetmeliği ile beraber araştırınız.
- Araştırma işlemlerini internetten TEİAŞ, TEAŞ kaynaklarından ve iletim hatlarının bulunduğu arazilerde görebilirsiniz. Ayrıca iletken satıcıları ile iletim hatlarını çeken TEİAŞ şantiye elemanlarından bilgi alabilirsiniz.

1. HAVAI HAT İLETKENLERİ VE HAT SABİTELERİ

1.1. Havai Hat İletkenleri

1.1.1. Tanım

Yüksek gerilim hava hatlarında kullanılan iletkenlerin hem enerji taşınması hem de mekanik yönden uygun olarak seçilmesi gerekir. İletkenlerin gerekli esnekliği sağlamak, askı ve gergi noktalarında oluşan titreşimler sebebiyle kopmasını önlemek amacıyla spiral şekilde örgülü olarak yapılır.

Spiral şeklinde örgülü yapılmış iletkenlerde her bir damarın yüzeyinde meydana gelen kir ve oksit tabakaları sebebiyle akım, damardan damara değil de spiral örgünün içinde akar. Bu bakımdan örgülü iletkenlerin direnç ve endüktansları, dolayısıyla endüktif reaktansları aynı kesit ve cinsteki örgülü olmayan iletkenlere göre daha büyüktür. Endüktans artışını azaltmak için katlardaki damarlar birbirlerini izleyen katlarda ters yönde konsantrik olarak yapılır.

Seçilecek iletkenin tipi tespit edilirken elektrik enerjisinin taşınmasında elektriksel etkilerin olduğu gibi mekaniksel yapısı da dikkate alınmalıdır. Mekaniksel yapı izolatörlere ve direklere etki edeceğinden elektriksel değerlerle birlikte göz önünde bulundurulmalıdır. İletken seçiminde en çok enerji kaybı, optimal maliyet, gerilim düşümü, ısınma durumu ve korona kaybı dikkate alınmalıdır. Ayrıca iletim hatlarının geçtiği güzergâhlarda buz yükleri de dikkate alınmak zorundadır. Ülkemizde beş buz yükü bölgesi olduğu unutulmamalıdır.

Hava hatlarında kullanılan iletkenler, masif tel yani içi dolu som tel ile masif örgülü bakır veya alüminyum tellerden yapılır. Masif telden yapılan iletkenler bir cins malzemeden ve içi dolu bir tek tel hâlinde 10 mm² kesite kadar imal edilir. Bazı özel durumlar için 16 mm²lik olanları da yapılmaktadır.

Masif örgülü iletkenler ise aynı veya aynı cins metalden imal edilir. İnce tellerin spiral şekilde örülmesiyle meydana getirilen çıplak iletkenlerdir. Örgülü iletkenler büyük kesitlerde montaj kolaylığı, esnek oluşu, kangal hâline getirilebilmeleri ve taşınma kolaylığı sebebiyle tercih edilir.

Bugün için ülkemizde YG enerji naklinde 3AWG, 1/0AWG, 3/0AWG, 266 MCM ve 477 MCM St-Al iletkenler kullanılmaktadır.

AWG: American Wire Gauge (Amerikan tel ölçülerinin)'nin baş harfleridir. Kısaltma amacıyla 0000=4/0, 000=3/0, 00=2/0, 0=1/0 şeklinde gösterilir.

3 AWG=3 AWG	Swallow (Kırlangıç)
0 AWG=1/0 AWG	Raven (Kuzgun)
000 AWG=3/0 AWG	Pigeon (Güvercin)

266,8 MCM ve 477 MCM iletkenlerde ise ortada 7 adet çelik tel olup bunların örgülü hâlinde üzerlerine çeşitli kesitlerde 26 adet Al örgülü tel örgülü olarak iki katta sarılmıştır.

MCM: Daha büyük kesitteki St-Al iletkenler (266,8 MCM, 477 MCM) ise ABD'de iletken kesitlerini ifade etmekte kullanılan CM (Circular Mile) olarak belirtilmiştir. 1 cm, çapı 0,001 inch olan daire yüzeyine eşittir.

Al kesiti: $266,8 \times 0,5067 = 135,18 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots 135 \text{ mm}^2$

Al kesiti: $477 \times 0,5067 = 241,69 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots 242 \text{ mm}^2$

1.1.2. Yapılarına Göre Çeşitleri ve Özellikleri

Elektrik enerjisinin taşınması ve dağıtılmasında genel olarak bakır, tam alüminyum (AAC) ve çelik özlü alüminyum (ACSR) iletkenler kullanılır.

*Tam alüminyum iletken (AAC-ALL ALUMINIUM CONDUCTORS)

* Çelik özlü alüminyum iletken (ACSR- ALUMINIUM CONDUCTORS STEEL REINFORCED)

* Çelik alüminyum (St. Al -Steel Aluminum)

1 mil= 0,001 inç =0,0254 mm
1CM = 1 mil kare = 0,0005067 mm² (1 CM çapı 0,001 inch olan daire yüzeyine eşittir.)
1 MCM = 1000 mil kare = 0,5067 mm²
AWG = American Wire Gauge (Amerikan tel ölçęęi)
MCM= Mega Circular Miles (1000000 dairesel mil)

AWG Nu.	Kesit mm²	Çap mm	İletken Direnci W / km
1000 MCM	507	25,4	0,035
750	380	22	0,047
600	304	20,7	0,059
500	254	19,7	0,07
400	203	18,9	0,09
350	178	17,3	0,10
300	152	16	0,12
250	127	14,6	0,14
0000	107,20	11,68	0,18
000	85	10,40	0,23
00	67,50	9,27	0,29
0	53,40	8,25	0,37
1	42,40	7,35	0,47

Tablo 1.1: AWG - mm² dönüşüm tablosu

Kanada Standardı	A1/S1A AWG	Kesit				Tel Sayıları ve Çapları				Eşdeğer Bakır Kesiti	Anma Çapı	
		veya Al/Ç	Al	Çelik	Toplam İletken	Alüminyum		Çelik			Çelik	İletken
						Adet	Çap mm	Adet	Çap mm			
Anma Adı	mm ²	cir.mils	mm ²	mm ²	mm ²	Adet	mm	Adet	mm	mm ²	mm	mm
SWALLOW	27/4	3	26,69	4,45	31,14	6	2,38	1	2,38	16,78	2,38	7,14
SPARROW	34/6	2	33,59	5,60	39,19	6	2,67	1	2,67	21,09	2,67	8,01
ROBINONE	45/7	88 220	44,70	7,45	52,15	6	3,08	1	3,08	28,11	3,08	9,24
RAVEN	54/9	1/0	53,52	8,92	62,44	6	3,37	1	3,37	33,73	3,37	10,11
PIGEON	85/14	3/0	85,13	14,18	99,30	6	4,25	1	4,25	53,52	4,25	12,75
PARTRIDGE	135/22	266 800	134,87	21,99	156,86	26	2,57	7	2,00	85,17	6,00	16,28
OSTRICH	152/25	300 000	152,19	24,71	176,90	26	2,73	7	2,12	95,60	6,36	17,28
HAWK	242/39	477 000	241,65	39,19	280,84	26	3,44	7	2,67	152,00	8,01	21,77
DRAKE	403/65	795 000	402,56	65,44	468,00	26	4,44	7	3,45	253,30	10,35	28,11
CONDOR	402/52	795 000	402,33	53,15	454,48	54	3,08	7	3,08	253,30	9,24	27,72
RAIL	483/34	954 000	483,40	33,60	517,00	45	3,70	7	2,47	300,00	7,40	29,60
CARDINAL	485/63	954 000	484,53	62,81	547,34	54	3,38	7	3,38	304,00	10,14	30,42
PHEASANT	645/82	1 272 000	645,08	81,71	726,79	54	3,90	19	2,34	405,70	11,70	35,1

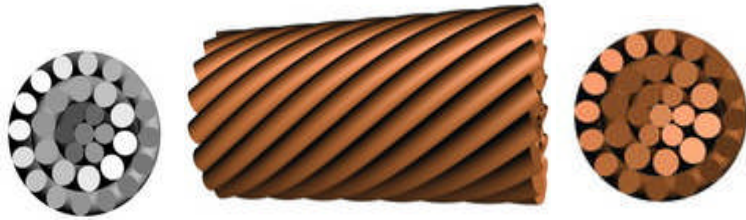
Tablo 1.2: Çelik özlü alüminyum iletkenler (A1/St) yapı, mekanik ve elektriksel özellikleri

Standart Anma Adı	Toplam Kesit (mm ²)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)		
		1	2	3
Swallow (3 AWG)	31,14	120	160	180
Raven (1/0)	62,44	195	230	280
Pigeon (3/0)	99,3	275	300	360
Hawk (477 MCM)	156,86	345	460	510
Cardinal (954 MCM)	280,84	540	670	740

Tablo 1.3: Çelik özlü alüminyum iletkenler (St-Al) Akım taşıma kapasiteleri



Resim 1.1: Alüminyum havai hat iletkenleri



Resim 1.2: Bakır örgülü iletkenler

1.1.2.1. Bakır İletkenler

Mekanik mukavemetin ve elektriksel geçirgenliğin yüksek oluşu nedeniyle tercih edilir. Kopmaya karşı dayanıklı olması için soğuk haddeden geçirilmesi gereklidir. Bakırın pahalı ve özgül ağırlığının fazla oluşundan dolayı bugün hava hatlarında yerini daha ucuz ve hafif olan alüminyum iletkenlere bırakmıştır.

1.1.2.2. Alüminyum İletkenler (AAC)

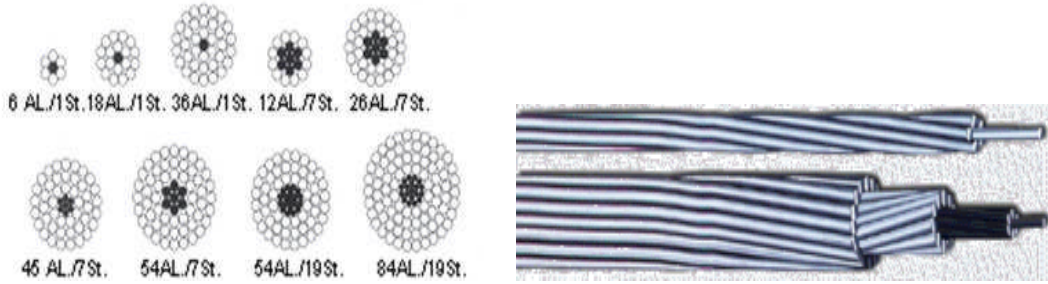
Alüminyum, yeryüzünde oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü elementir. Günümüzde enerji nakil hatları alüminyumdan yapılmaktadır.

Pek çok ülkede alüminyumun iletim ve dağıtım sistemlerinin tüm elemanları için bakırın yerine ana iletken malzemesi olarak kabul edilmesinde pek çok neden bulunmaktadır. Alüminyum bakıra göre çok hafiftir, alüminyumun yoğunluğu, yaklaşık olarak bakırın % 30'u kadardır. Özellikle hava hattı direk yapılarında hafiflik çok önemlidir çünkü ağır iletkenler, ağır direk yapılarına ihtiyaç gösterir. Ayrıca, alüminyum iletkenlerin

taşınması, işlenmesi ve montajı, ağır bakır iletkenlere göre daha kolaydır. Alüminyumun hafifliği, ağır bakır iletkenlere göre birçok avantaj sağlamaktadır.



Resim 1.3: Çeşitli çap ve kesitte alüminyum iletkenler



Resim 1.4: Çelik özlü alüminyum iletkenler

➤ **İletken makarasının işaretlenmesi**

Üreticinin adı, üretim yılı ve standardı, iletkenin cinsi, anma adı, kesiti, çapı, parça adet X uzunluğu, alıcı ve sipariş kodu, makaranın tipi, numarası, brüt ve net ağırlığını belirten madeni bir etiket makara yanağı üzerine yerleştirilmiştir. Makaranın taşınma ve açılma yönü, yanak üzerinde bir ok işareti ile belirtilmiştir.

➤ **Bakır ve alüminyumun teknik değerlendirmesi**

Aşağıdaki tabloda, iletken ve kabloların müşterek malzemesi olan E-Cu (elektrolitik bakır), E-Al (elektrolitik alüminyum) ile bazı hava hatları ve kablolarda da kullanılan alüminyum alaşım AlMgSi'un fiziksel özellikleri bulunmaktadır. Bakır ve alüminyum iletkenlerin belirtilen özellikleri karşılaştırılmak suretiyle çeşitli değerler verilmiştir. Bu değerlerin ışığında Bakır, Cu iletken ile eşit uzunlukta, eşit dirençte ve gerilim düşümündeki alüminyum iletken bakır iletkenin ağırlığının yarısı kadardır.

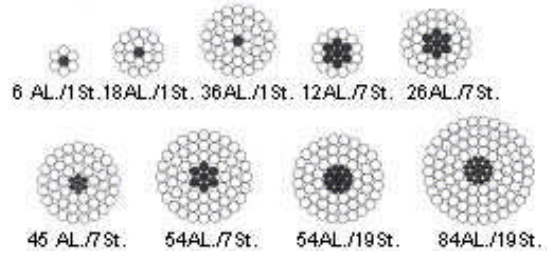
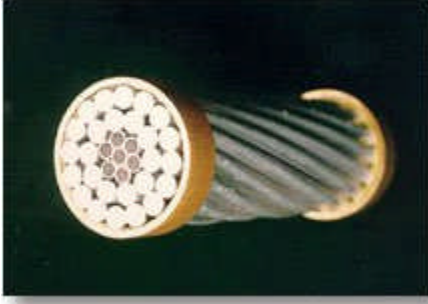
Şartlar	Bakır	Alüminyum
Eşit Kesit	1	1
* Ağırlık	1	0.3
* İletkenlik	1	0,625
*AkımTaşıma Kapasitesi	1	0.8
Eşit İletkenlik	1	1
* Kesit Alanı	1	1.6
* Çap	1	1.3
* Ağırlık	1	0.49
Eşit Sıcaklık Artışı	1	1
* Kesit Alanı	1	1.4
* Çap	1	1,17
* Ağırlık	1	0.42

Tablo 1.4 : Bakır iletken değerleri 1 olarak kabul edilmek şartı ile eş değer alüminyum çıplak yuvarlak iletkenin fiziksel karşılaştırılması

1.1.2.3. Çelik Özlü Alüminyum İletkenler(ACSR)

Alüminyum iletkenlerin orta kısmına çelik damarlı teller yerleştirilmiş ve gerilme dayanımının artması sağlanmıştır. Yani alüminyumun iletkenliğinden çelik telinde mukavemetinden yararlanılmıştır. Bu iletkenler Kanada normuna göre imal edilmişlerdir. Bugün için memleketimizde OG'li iletim ve dağıtım hatlarında çoğunlukla "SWALLOW", "RAVEN" ve "PIGEON" türleri tercih edilir. Çelik alüminyum iletkenlerin "SWALLOW"dan "PARTRIDGE"ye kadar olanları yedi damarlıdır. Bu damarlardan ortada olanı çelik, bunun etrafında olan diğer altı katı da alüminyumdur. Örgülü iletkenlerde katmanlar birbirine zıt yönde sarılmıştır. Bunun nedeni burulmalarda tellerin açılması ve zıt yönde oluşan manyetik alan birbirini yok eder.

Orta ve yüksek gerilim iletim hatlarında kullanılan çıplak çelik özlü alüminyum iletkenler, Türk Standardı TS-IEC 1089'a uygun olarak 15...750 mm² kesitleri arasında üretilmektedir. İstek üzerine CSA, ASTM, DIN, BS, SFS, NF gibi diğer ülke standartlarına uygun üretim yapılmaktadır. Genel olarak iletkenler, standart ağaç makaralar üzerinde teslim edilir.



Resim 1.5: Çelik özlü alüminyum iletken ve perspektif görünüşleri

1.1.3. Gerilim Değerlerine Göre Çeşitleri ve Özellikleri

1.1.3.1. Alçak Gerilim İletkenleri AG (1000 Volt)

Alçak gerilim elektrik eneişisinin yerleşim yerlerinde abonelere dağıtılması ve sokak aydınlatılması için kullanılan iletkenlerdir. Kopmaya karşı dayanıklı ve elektriksel geçirgenliğinin iyi olması sebebiyle bakır örgülü iletkenler kullanılırdı. Ancak bakır örgülü iletkenlerin pahalı ve ağır olmaları sebebiyle vazgeçilmiştir. Bunun yerine ekonomik ve hafif olmaları nedeniyle yerini şehir içlerinde alpek kablolar, şehir dışlarında ise alüminyum örgülü iletkenler kullanılır. ROSE, LILY, IRIS, PANSY, PAPPY, ASTER, PHLOX ve OXLIP sembolü ile verilen iletkenler alçak gerilimde kullanılan iletkenlerdir. Bu isimler İngilizce çiçek adlarıdır.

Askı telli, demet biçimli, alüminyum iletkenli hava hattı kabloları (AER) 1960'dan beri tüm dünyada alçak ve orta gerilimde, 1971 yılından itibaren de ülkemizde kullanılmaktadır. Bunun tercih edilmesinin nedenleri güvenli, emniyetli ve ekonomik olmasıdır.



Resim 1.6: Alpek kablo (Yalıtılmış alüminyum iletken)

ALPEK® İletken Adedi ve Kesiti mm ²	Yalıtılmış Faz İletkenleri				Nötr Askı Teli		Tüm Kablo		Standart İmalat Uzunluğu m
	Dağıtım hattı		Sokak		Kesit mm ²	Kopma Yükü kgf	Dış Çap mm	Ağırlık kg/km	
	AdetxKesit mm ²	Azami Akım Amper	AdetxKesit mm ²	Azami Akım Amper					
1x10+16	1x10	55	-	-	16	480	12	100	1000
3x10+16	3x10	50	-	-	16	480	20	200	1000
1x16+25	1x16	70	-	-	25	750	14	140	1000
1x25+35	1x25	100	-	-	35	1050	17	200	1000
1x35+50	1x35	125	-	-	50	1500	20	275	1000
3x16+25	3x16	70	-	-	25	750	22	275	1000
3x25+35	3x25	90	-	-	35	1050	26	400	1000
3x35+50	3x35	115	-	-	50	1500	30	575	1000
3x50+70	3x50	140	-	-	70	2100	35	750	1000
3x70+95	3x70	180	-	-	95	2850	41	1050	1000
1x16+25	-	-	1x16	75	25	750	14	140	1000
1x16+1x16+25	1x16	70	1x16	60	25	750	15	225	1000
3x16+1x16+25	3x16	60	1x16	60	25	750	22	350	1000
3x25+1x16+35	3x25	80	1x16	60	35	1050	26	475	1000
3x35+1x16+50	3x35	95	1x16	60	50	1500	30	625	1000
3x50+1x16+70	3x50	120	1x16	60	70	2100	35	800	1000
3x70+1x16+95	3x70	150	1x16	60	95	2850	41	1100	1000

Tablo 1.5: Alpek kabloların akım taşıma kapasitesi faktörleri

AG'de çıplak veya izoleli tam alüminyum, çıplak veya örgülü bakır; OG'de örgülü bakır veya alüminyum iletkenler; YG'de ise mekaniki dayanıklılığı arttırmak için çelik özlü alüminyum iletkenler kullanılır.

Faz İletkenleri	16 mm ² dairesel kesitli som, 25... 70 mm ² sıkıştırılmış, çok telli yuvarlak alüminyum, diğer kesitler istek üzerine üretilir.
Nötr-Askı İletkeni	Faz iletkenlerinin bir üst kesitinde çıplak, sıkıştırılmış, çok telli yuvarlak alüminyum alaşım (294 N/mm ²)
Yalıtım	TS - 11654 şartlarını karşılayan ve dış hava şartlarına dayanıklı, siyah renkli polietilen
Yapı	ALPEK kablolar, dış hava şartlarına dayanıklı siyah polietilen ile yalıtılmış alüminyum iletkenlerin, tüm mekanik yükleri taşıyan alüminyum alaşımdan yapılmış çıplak bir askı teli etrafına bükülerek sarılması ile oluşturulur. İstek üzerine 16 mm ² sokak aydınlatma fazı eklenebilir.
Fazların Ayrımı	Fazlar, tüm kablo boyunca kesintisiz, dayanıklı iki, üç veya dört adet tırnak ile birbirlerinden ayrılır. Sokak aydınlatma fazı üzerinde tırnak yoktur.
İşaretleme	İki tırnaklı faz iletkeni yalıtkanı üzerinde üretici firma adı, kablo adı, kesiti, işletme gerilimi, TSE garanti işareti, standart nu.su ve üretim yılı kabartma olarak basılıdır.
Standart	TS - 11654 (SFS 2200)

Tablo 1.6: Kablo Yapısı

1.1.3.2. Orta Gerilim İletkenleri (1 KV- 35 KV)

1-35 kV arasında kullanılan çelik özlü iletkenlerdir. Köy ve kasaba hatları ile şehir içindeki dağıtım hatlarında kullanılır. Swallow, raven, pigeon tipi iletkenler orta gerilimde kullanılır. Vadi ve nehir atlamalarındaki çok geniş aralıklarda bazen YG iletkenleri kullanılabilir.

1.1.3.3. Yüksek Gerilim İletkenleri (36 kV – 154 kV Arası)

154 KV iletim hatları, standart 468 mm² 795 MCM Drake, 546 mm² 954 MCM Cardinal ve 726 mm² 1272 MCM pheasant olan çelik takviyeli (ACSR) alüminyum iletken ve tek veya çift devre direkleri kullanılarak tesis edilir. 154 kV hatlarda genellikle her fazda bir iletken bulunur. Çok yüksek talep bölgelerinde iletim hatlarının taşıma kapasitesini artırmak için 154 kV ikili demet cardinal iletkenli çift devre stratejik kısa hatlar tesis edilir.

Havai hatların güzergâhının temin edilemediği yoğun yerleşim bölgelerinde standart olarak 154 kV, 630 mm² veya 1000 mm² kesitli XLPE bakır iletkenli yer altı kablosu tesis edilir.

154 kV iletim sisteminde enerji akışlarının planlanmasında kullanılan iletken termik kapasiteleri ve sınırları ile yer altı güç kablolarının tipleri ve kapasiteleri tabloda düzenlenmiştir.

TİP	Toplam İletken Alanı (mm ²)	MCM	Akım Taşıma Kapasitesi (A)***	Yazlık Kapasite (MVA)	Bahar/Sonbahar Kapasite (MVA)	Termik Kapasite (MVA)
Hawk	281	477	496	110	180	132
Drake	468,4	795	683	153	250	182
Cardinal	547	954	765	171	280	204
2B Cardinal	2x547	2x954	2x765	342	560	408
Pheasant	726	1272	925	206	336	247

Tablo 1.7: 154 kV İletim hatlarında kullanılan iletkenlerin tipleri ve kapasiteleri

* : İletken sıcaklığı: 80 °C, hava sıcaklığı: 40 °C, rüzgâr hızı: 0,1 m/sa.

** : İletken sıcaklığı: 80 °C, hava sıcaklığı: 40 °C, rüzgâr hızı: 0,5 m/sa.

*** : İletken sıcaklığı: 80 °C, hava sıcaklığı: 40 °C, rüzgâr hızı: 0,25m/sa.

2B ikili iletken demetini temsil eder.

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

Tablo 1.7: 154 kV iletim hatlarında kullanılan yer altı güç kablolarının tipleri ve kapasiteleri

1.1.3.4. Çok Yüksek Gerilim İletkenleri (154 kV'tan Yukarısı)

380 kV iletim hatları, standart 954 MCM Cardinal (546 mm²) ve 1272 MCMP heasant (726 mm²) kesitli, her bir fazda iki veya üçlü demet hâlinde çelik takviyeli (ACSR) alüminyum iletkenler kullanılarak tesis edilir. Uygun iklim ve hat profili/mekanik yüklenme şartlarına göre tasarlanan standart tek devre direkler üzerinde yukarıda tanımlanan iletken karakteristikli 380 kV hatlar kullanılır. Yoğun yerleşim bölgeleri gibi istisnai durumlarda tek bir direk üzerinde birden fazla devre kullanılabilir.

İstisnai veya aşırı buz yükünün olabileceği 1600 m yüksekliğin üzerindeki güzergâhlar gibi ilave emniyet gerektiren durumlarda, 1–20 km arasındaki kısıtlı mesafeler için özel tasarlanmış direkler üzerine, her demetteki iki veya üç iletken yerine, bunlara elektriksel olarak eş değer özelliklere sahip 2027 mm² kesitli tek iletken tesis edilir.

Havai hatların güzergâhının temin edilemediği yoğun yerleşim bölgelerinde standart olarak 380 kV 2000 mm² kesitli XLPE bakır iletkenli yer altı kablosu tesis edilir.

380 kV iletim sisteminde enerji akışlarının planlanmasında kullanılan iletken termik kapasiteleri düzenlenmiştir.

TİP	Toplam İletken Alanı (mm ²)	MCM	Akım Taşıma Kapasitesi (A)***	Yazlık Kapasite (MVA)*	Bahar/Sonbahar Kapasite (MVA)**	Termik Kapasite (MVA)***
2B, Rail	2x517	2x954	2x755	832	1360	995
2B, Cardinal	2x547	2x954	2x765	845	1360	1005
3B, Cardinal	3x547	3x954	3x765	1268	2070	1510
3B, Pheasant	3x726	3x1272	3x925	1524	2480	1825

Tablo 1.8: 380 kV iletim hatlarında kullanılan iletkenlerin tipleri ve kapasiteleri

* : İletken sıcaklığı: 80 °C, hava sıcaklığı: 40 °C, rüzgâr hızı: 0,1 m/sa.

** : İletken sıcaklığı: 80 °C, hava sıcaklığı: 25 °C, rüzgâr hızı: 0,5 m/sa.

*** : İletken sıcaklığı: 80 °C, hava sıcaklığı: 40 °C, rüzgâr hızı: 0,25 m/sa.

2B ve 3B sırasıyla ikili ve üçlü iletken demetlerini temsil eder.

1.1.4. İletken Üretim Standartları

Bu standartlara ulaşmak için aşağıdaki internet adresine girilebilir veya TSE'ye gidilebilir. <http://www.teias.gov.tr> adresinden “Yayın-Raporlar” kısmından “Standartlar” linkine tıklayarak ulaşılabilir. Orada verilen dosyaları kontrol ederek mevcut bulunan standartlara ulaşılabilir. Kullanılacak standart TSEN-50182,TSEN50189,Ts11654'tür. Üretim standartlarında uluslararası kuruluşlar aşağıda verilmiştir.

1.1.4.1. TSE, IEC, VDE

➤ TSE (Türk Standartları Enstitüsü)

Türk Standartları Enstitüsü, her türlü madde ve mamuller ile usul ve hizmet standartlarını yapmak amacıyla 18.11.1960 tarih ve 132 sayılı Kanun ile kurulmuştur. Bir standardın mecburi kılınabilmesi için Türk Standardı olması şarttır. Mecburi kılınan standartlar Resmî Gazete'de yayımlanır.

Türk Standardları Enstitüsü'nün görevleri şunlardır :

- Her türlü standardı hazırlamak ve hazırlatmak
- Enstitü bünyesinde veya hariçte hazırlanan standartları tetkik etmek ve uygun bulunduğu takdirde Türk Standardları olarak kabul etmek
- Kabul edilen standartları yayımlamak ve ihtiyari olarak uygulanmalarını teşvik etmek, mecburi olarak yürürlüğe konmalarında fayda görülenleri ilgili bakanlığın onayına sunmak

- Kamu sektörü ve özel sektörün talebi üzerine standartları veya projelerini hazırlamak ve görüş bildirmek
- Standartlar konusunda her türlü bilimsel teknik incelemelerle araştırmalarda bulunmak, yabancı ülkelerdeki benzer çalışmalarını takip etmek, uluslararası ve yabancı standard kurumları ile ilişkiler kurmak ve bunlarla işbirliği yapmak
- Üniversiteler, diğer bilimsel ve teknik kurum ve kuruluşlarla iş birliği sağlamak, standardizasyon konularında yayım yapmak, ulusal ve uluslararası standartlardan arşivler oluşturmak ve ilgililerin faydalanmalarına sunmak
- Standartlarla ilgili araştırma yapmak ve ihtiyari standartların uygulanmasını kontrol etmek için laboratuvarlar kurmak, kamu sektörü veya özel sektörün isteyeceği teknik çalışmaları yapmak ve rapor vermek
- Yurttan standart işlerini yerleştirmek ve geliştirmek için elemanlar yetiştirmek ve bu amaçla kurslar açmak ve seminerler düzenlemek
- Standartlara uygun ve kaliteli üretimi teşvik edecek çalışmalar yapmak ve bunlarla ilgili belgeleri düzenlemek
- Metalurji ve kalibrasyon ile ilgili araştırma, geliştirme çalışmaları yapmak ve gerekli laboratuvarları kurmak

1.1.4.2. IEC (International Electrotechnical Commission)

IEC: (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu) 1906 yılında elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler konusunda uluslararası standart hazırlama çalışmalarına başlayan ve hâlen 51 üyesi bulunan IEC (www.iec.ch)'ye TSE 1956 yılında üye olmuştur. IEC'nin hedefleri global pazar gerekliliklerini karşılamak, ürünlerin ve hizmetlerin kalitesini artırmak, insan sağlığı ve güvenliğine katkıda bulunmak, çevrenin korunmasına katkı sağlamaktır. 200'den fazla komiteye ve 700 çalışma grubuna sahiptir. İlk IEC güvenlik el kitabı 1985'te yayınlanmıştır.

1.1.4.3. VDE (Alman Standartlar Enstitüsü)

1917'de kuruldu. Genel olarak tekniğin ve fen bilimlerinin her alanını temsil eder. Tüm mühendislik dallarında kendi özel sembollerini ve değerlerini oluşturmuştur.

1.1.5. İletken Seçiminde Ölçütler

Elektrik enerjisinin üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine iletimi ve dağıtımını iletkenlerle yapılır. Kullanılan iletkenler iletken özelliği yüksek olan örgülü bakır alüminyum, çelik örgülü alüminyum ve alüminyum gibi metallerden imal edilir. Enerji nakil hatlarında (ENH) ve dağıtım hatlarında kullanılan iletkenlerin görevlerini iyi bir şekilde yerine getirebilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekir. Eğer iletkenlerin sahip oldukları ölçütler önceden bilirse gerilimin büyüklüğüne ve hattın özelliğine göre iletkenlerin seçilmesi daha iyi olur. Bu duruma göre iletkenlerin seçilmesinde dikkat edilmesi gereken ölçütler şunlardır:

1.1.5.1. İletkenlik

Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında en çok bakır ve alüminyumdan yapılan iletkenler kullanılır. İletkenlik veya geçirgenlik, kullanılan metalin cinsine göre değişir. Gümüş, çok iyi iletken olmasına rağmen, pahalı olması sebebi ile tercih edilmez. Bakır iletken de alüminyum iletkene göre daha iyi iletken olmasına rağmen ağır ve pahalı olduğundan dolayı seçilmez. Galvanizlenmiş çelik tel ile tam alüminyum veya alüminyum alaşımı olan aldrey iletkenler hava hatlarında çok kullanılır. İki aynı metalden yapılan iletkenin kullanışlı olmasının nedeni çelik tel ile alüminyum tel arasında hiçbir kimyevi bağının olmamasıdır. Çelik tel sadece dayanım bakımından önemlidir. Esas iletkenlik görevini Alüminyum tel yerine getirir.

1.1.5.2. Koronaya Karşı Dayanıklılık

Hava hatlarında uygulanan gerilime bağlı olarak özellikle nemli ve sisli havalarda iletkenin etrafında mor renkli ışık halkaları görülür. Buna korona olayı denir. Eğer iletkenin etrafında bir zedelenme varsa ve iletkenin etrafındaki bu ışıklı silindirler birbirine temas edecek olursa iletkenin yüzeyinde delinmeler olur. Dolayısıyla bu durum iletken yüzeyinin iyonize olarak aşınmasına sebep olur. Hava hatlarında kullanılan iletkenlerin korona olayının bu olumsuz etkisine karşı dayanıklı ve yüzeyinin düzgün olmasına dikkat edilmelidir.

1.1.5.3. Çap

Yüksek gerilimli hava hatlarında örgülü alüminyum veya çelik örgülü alüminyum iletkenler kullanılır. Alüminyum iletkenler bakır iletkenlere göre daha az iletkenlik gösterdiğinden çapları daha fazla olur. İletken çapı üzerinde buz ve rüzgâr yükü etkili olduğundan iletkenlerin seçilmesinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

1.1.5.4. Özgül Ağırlık

Hava hatlarında kullanılan iletkenlerin özgül ağırlıkları az olursa durdurucu direğe gelen çekme kuvveti de az olur. İletkenlerin mekanik olarak zorlanmasına özgül ağırlığının etkisi büyüktür. Bu sebeple hava hatlarında kullanılan iletkenlerin özgül ağırlığının küçük olması gerekir. Özgül ağırlığının küçük olmasıyla direk ve hava hattı donanım malzemelerinde ekonomi sağlanır.

1.1.5.5. Sehim (Salgı)

Yüksek gerilim enerji nakil hatlarında direkler arasına çekilen bir enerji nakil iletkeni kendi ağırlığı nedeniyle sarkar. Gerilmiş olan iletken uçlarının bağlı olduğu iki izolatör arasındaki var sayılan doğru çizgi ile iletkenin en çok sarktığı yer arasındaki uzaklığa sehim denir.

Hava hattı iletkenleri durdurucu direkler arasına iletkenin cer (çekme ve gerilme) kuvveti, ağırlığı, rüzgâr yükü, buz yükü, iklim şartları ve direkler arası uzaklık dikkate alınarak çekilir. Sehim hava hattı direklerinin geçeceği yerin arazi şekli ve iklim koşullarına

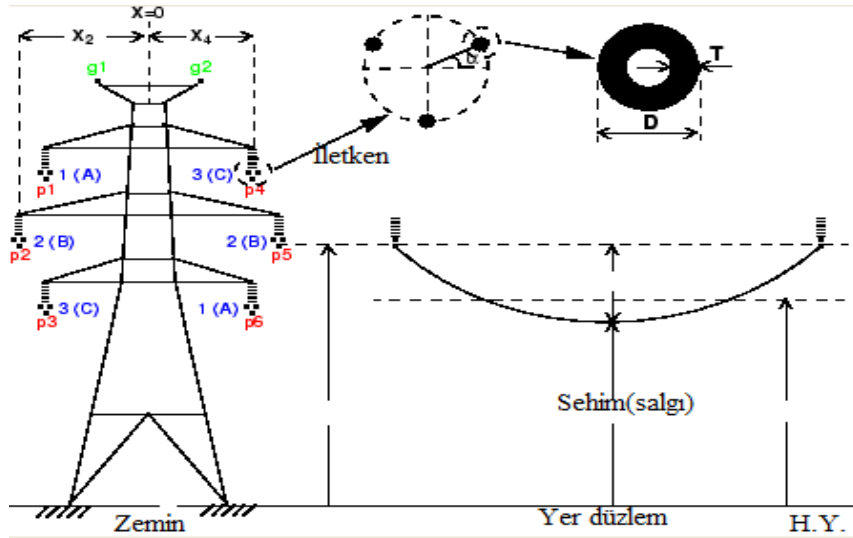
göre ayrılmış, bölgelerin durumlarına göre hazırlanmış olan cetvellerden veya formüllerden hesap edilir.

$$f = \frac{G \cdot a^2}{8 \cdot P}$$

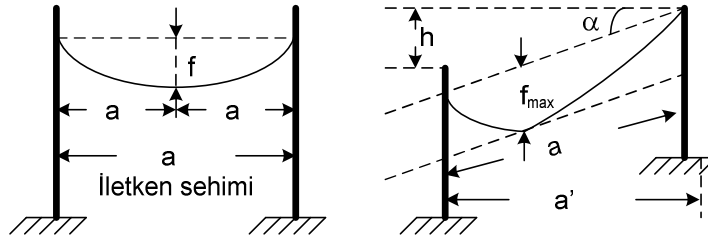
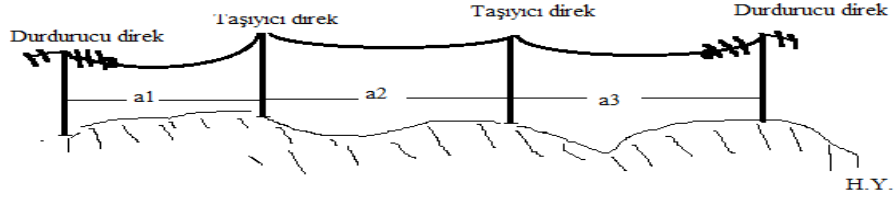
- f = Sehim (m)
P = Gerilme (kg/cm²)
G = İletkenin yoğunluğu (kg/dm³)
a = İki direk arasındaki uzaklık (m)

İletkenin iki tarafında bulunan direkler aynı yükseklikte ise teldeki en büyük sehim direkler arası uzaklığın tam ortasıdır (Şekil 1.1).

Farklı yükseklikteki direkler arasına gerili iletkenin en büyük sehimi ise daha düşük seviyede bulunan direğe yakındır. Kot farkı olan direkler arasındaki sehim Şekil 1.2'de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.1: Havai hat iletkenlerinin sehimi



Şekil 1.2: Taşıyıcı, durdurucu direkler ve iletken sehim

Sehim hesabı, iki durdurucu arasındaki ortalama menzile (aralık) göre yapılır(Şekil 1.2).

Tesis yapılırken iki direk arasında yapılan ölçme yeterlidir. Bileşik kaplardaki sıvılar gibi bütün aralıklarda istenilen sehim değeri gerçekleşir.

Birim açıklık	Salgı (Fleş) -[metre] 1. Bölge							
	metre	+5°C	+10°C	+15°C	+ 20°C	+25°C	+ 30°C	+35°C
I.Bölge δ maks. 11kg/mm ²	80	0,74	0,81	0,89	0,98	1,06	1,14	1,22
	90	1,09	1,18	1,27	1,35	1,43	1,5	1,59
	100	1,54	1,63	1,72	1,81	1,89	1,97	2,06
	110	2,02	2,11	2,20	2,28	2,37	2,46	2,50
	120	2,58	2,67	2,75	2,84	2,92	3,00	3,08
	130	3,15	3,24	3,33	3,40	3,50	3,57	3,65
	140	3,81	3,90	3,97	4,05	4,15	4,21	4,29
	150	4,47	4,58	4,63	4,72	4,79	4,88	4,96
	160	5,21	5,31	5,39	5,47	5,56	5,64	5,69
	170	5,99	6,06	6,12	6,21	6,31	6,37	6,44
	180	6,82	6,89	6,99	7,06	7,13	7,21	7,28
	190	7,65	7,73	7,81	7,89	7,97	8,05	8,13
Gerilme δ r kg/mm ²								

Tablo 1.9: Çelik özlü alüminyum iletkenlerde sehim cetveli

1.1.5.6. Mekanik Dayanıklılık

Enerji nakil hatlarında kullanılan iletkenlerin mekanik dayanımlarının önceden bilinmesi önemlidir. Hava hatlarında kullanılan iletkenler dış tesirlerin etkisinde kalır. Rüzgâr, buz, kar, sıcak ve soğuk havanın etkisinde bulunan iletkenler tüm bu olumsuz şartlara dayanıklı olmalıdır. İletkenlerin mekaniksel olarak dayanıklılığı örgülü alüminyum tellerin iç kısmında ve orta yerde bulunan galvanizli çelik tellerle sağlanır. Eğer iletkenin mekaniksel dayanımı az olursa dış tesirlerin etkisiyle kopabilir. Kopan iletken başka bir hat üzerine düşebilir. Bütün bu durumların önlenmesi için mekanik kopma dayanıklılığının yüksek olması gereklidir.

Malzeme	Daimi gerilme (kg/mm ²)	Tecrübe gerilmesi (kg/mm ²)	Yoğunluk (kg/cm ³)	Sıcaklık kat sayısı 10 ⁰ C için	Elastikiyet kat sayısı (cm ² / kg)
Alüminyum	12	18	2,7 . 10 ⁻³	2,3 . 10 ⁻⁵	$\frac{1}{0,56.10^6}$
Aldrey	24	30	2,7 . 10 ⁻³	1,23. 10 ⁻⁵	$\frac{1}{0,60. 10^6}$
Çelik St.I.	32	40	7,8. 10 ⁻³	1,23. 10 ⁻⁵	$\frac{1}{1,92. 10^6}$
Çelik St II.	56	70	7,8. 10 ⁻³	1,1.10 ⁻⁵	$\frac{1}{1,96. 10^6}$
Çelik St III	90	120	7,8. 10 ⁻³	1,1. 10 ⁻⁵	$\frac{1}{2,0. 10^6}$
Çelik St IV.	110	150	7,8. 10 ⁻³	1,1. 10 ⁻⁵	$\frac{1}{2,0. 10^6}$
Çelik Alüminyum St/Al: 1/6	21	-	3,45. 10 ⁻³	1,95. 10 ⁻⁵	$\frac{1}{0,75. 10^6}$
St/ Al: 1/4,3	24	-	3,5. 10 ⁻³	1,76. 10 ⁻⁵	$\frac{1}{0,79. 10^6}$
St/ Al = 1/3	28	-	3,98. 10 ⁻³	1,66 . 10 ⁻⁵	$\frac{1}{0,87. 10^6}$

Tablo 1.10: Çeşitli iletkenlerin mekanik dayanıklılık karakteristik değerleri

1.1.5.7. Isıya Karşı Dayanıklılık

YG hava hatlarında örgülü çelik alüminyum iletkenler çok kullanılır. Bilindiği gibi üzerinden akım geçen iletken ısınır. İletkenler yaz aylarında hava sıcaklığının artması dolayısıyla daha da ısınır. İletkenin bu ısı artışı sonucu boyu uzar ve sarkma olur. Havanın sıcaklığından dolayı ısı artışı neticesi iletkendeki sarkma sehim hesaplarında dikkate alınmalıdır. Alüminyum iletkenler havadaki hafif bir rüzgârla bile soğuyabilir. Ancak rüzgâr olmadığı ve hava sıcaklığı fazla olduğu zaman iletkendeki uzama çok fazla olur. Bu sebeple

alüminyum iletkenin sıcaklıkla orantılı olarak uzama kat sayısının önceden bilinmesinde fayda vardır. Tablo 1.15'te kullanılan iletkenlerin uzama kat sayıları verilmiştir.

1.2. Hat Sabiteleri

1.2.1. Direnç

Elektrik enerjisi, iletim ve dağıtım hatlarında gerilim düşümü ve güç kaybının meydana gelmesine sebep olan hat sabitesidir. Bu nedenle direncin iyi hesaplanması gerekir. Hatların direnci alternatif akımdaki etkin dirençtir. İletkende meydana gelen aktif güç kaybının geçen akımın karesine bölünmesiyle hesaplanır.

$$R = \frac{P}{I^2} = W / A^2 = \Omega$$

İletkenin doğru akım direnci ise

$$R = \frac{L}{K.S} = \Omega$$

P=Aktif güç (W)

I=Akım (A)

R=Direnç (Ω)

L=İletkenin uzunluğu (m)

K=İletkenlik kat sayısı (m/ohm.mm²)

S=İletkenin kesiti (mm²)

Alüminyum için 20 °C'deki K=35 m Ω .mm²dir.

İçi dolu som enternasyonal tavlı bakır için K= 56 m/ Ω .mm² olarak alınır.

Hava hatlarında çelik alüminyum (St-Al) iletkenler kullanılmışsa ortada bulunan çelik tellerin kesitleri ihmal edilir. Direnç hesabında sadece alüminyum kesit hesaplanır.

Hava hattı iletkenlerinin damarları birbirleri üzerine spiral şeklinde sarılmış olduğundan iletkenin direnci % 2 oranında artar. İletkenlerin doğru akım dirençleri ile alternatif akımdaki etkin dirençleri farklıdır. Özellikle iletkenin damarları spiral şeklinde sarılı olduğu için etkin direnç doğru akım direncinden daha fazla olur. Bu sebeple hat iletkenlerinin etkin direncinin hesap edilebilmesi için doğru akımdaki direncinin bilinmesi gerekir. Hava sıcaklığının değişmesi ile hava hattı iletkenlerinin dirençleri de değişir.

İletkenin ısı derecesinin düşmesiyle direnç azalır. İletkenin ısı derecesi -273 dereceye indiği an direnci sıfır olur. Bu durumdaki iletkene süper iletken denir. Aşağıdaki tabloda değişik sıcaklık derecesindeki dirençler gösterilmiştir.

Malzemenin Cinsi	T ₀ °C	α ₀	α ₂₀	α ₂₅	α ₅₀	α ₇₅	α ₈₀	α ₁₀₀
% 100 Geçirgenliğe Sahip Bakır	234,5	0,00427	0,00393	0,00385	0,00352	0,00325	0,00318	0,00299
% 97,5 Geçirgenliğe Sahip Bakır	241	0,00415	0,00383	0,00376	0,00344	0,00316	0,00312	0,002930
% 61 Geçirgenliğe Sahip	228,1	0,00438	0,00403	0,00395	0,00360	0,00330	0,00325	0,00305

Tablo 1.11: Değişik sıcaklıklarda iletken dirençleri

ÖRNEK:

Bir enerji nakil hattının frekansı 50 Hz'dir. Kullanılan iletkenin anma kesiti 241,65 mm² olan Hawk 477 000 AWG çelik alüminyum iletkenin çekilmesi uygun görülmüştür. Bu durumda

- Enerji nakil hattının 1 km'sinin 20 °C'deki direncini hesaplayınız.
- ENH iletkenin 1 km'sinin 35 °C'deki direncini hesaplayınız.
- 35 °C'deki direncin iletken damarlarındaki spiralliğin göz önüne alınması durumundaki direnç değerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

241,65 mm² alüminyum kesiti olan iletkenin çelik kesiti 39,19 mm² ve toplam iletken çapı da 21,77 mm'dir. (Çelik-alüminyum iletkenlerle ilgili tabloya bak.)

- $R_{20}^0 = \frac{L}{K.S} = \frac{1000}{35.241,65} = 0,118 \Omega / km$
- $R_{35}^0 = R_{20}^0 \left[\frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \right] = 0,118 \cdot \left[\frac{228,1 + 35}{228,1 + 20} \right] = 0,125 \Omega / km$
- Damarlar birbirleri üzerine spiral şeklinde sarılı olduğundan % 2 fazlası alınır.

$$R_{35}^0 = 0,125 \cdot 1,02 = 0,127 \Omega / km \text{ dir.}$$

1.2.2. Endüktans

Üzerinden akım geçen bir iletkenin çevresinde bir manyetik alan oluşur. Eğer oluşan manyetik alan ve iletkenin geçen akım zamana göre değişirse bu iletkenin bir endüktansı oluşur. Eğer endüktans tarif edilecek olursa manyetik akı değişiminin akım değişimine oranıdır ($L = d\phi/di$). Devreden geçen akımın bir frekansı olduğundan devrede endüktif reaktans (XL) meydana gelir. Endüktif reaktans gerilim düşümüne sebep olur. Fakat aktif güç kaybına bir etkisi yoktur.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ (}\Omega\text{)}$$

X_L : Endüktif direnç (Ω)

f : Şebeke frekansı (Hz)

π : Pi sabit sayısı (3.714)

L : Bobinin endüktansı (Henry)

Bir iletkenin endüktansı iletkenin etrafındaki manyetik alan hatları ile ilgilidir. Gidiş ve dönüş iletkenlerinde meydana gelen tek fazlı hatların her ikisinde de manyetik alanlar meydana gelir. Bunların birbirlerine olan etkileri sebebi ile manyetik alan hatlarının iletkenin merkezine göre simetliliği bozulur.

Enerji nakil hatlarının endüktansı, iletkenin cinsine, örgü şekline ve fazlara ait iletkenlerin birbirlerine göre bağlantı durumlarına bağlı olarak değişir. Üç fazlı çelik alüminyum iletkenli bir enerji nakil hattının endüktansı,

$$L = \left[4,6 \cdot \log \frac{GMD}{GMR} \right] \cdot 10^{-4} \text{ H / km}$$

GMD: Geometrik olarak iletkenler arası uzaklıktır.

GMR: İletkenin geometrik ortalamada yarıçapı (Tablodan yararlanılır.)

GMD = $\sqrt{d_{ab} \cdot d_{bc} \cdot d_{ac}}$ formülü ile hesaplanır.

1.2.3. Kapasitans

Bir iletkenin yükünün potansiyeline oranına iletkenin kapasitesi denir ($C=Q/V$). Kapasitenin birimi Farad'dır. F ile gösterilir. Farad çok büyük bir kapasite birimi olduğu için uygulamada daha çok Farad'ın milyonda biri (1×10^{-6}) olan mikrofarad (μF) kullanılır. Hava ile birbirinden ayrılmış karşılıklı duran iki iletkeni kondansatör denir. Enerji nakil hava hatlarındaki iletkenler kendi aralarında kondansatör özelliği gösterir. Hava hattı iletkenleri kendi aralarında olduğu gibi toprak zeminle de kondansatör özelliği gösterir. Aynı durum yer altı kablolarında da görülür.

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

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \text{ (}\Omega\text{)}$$

X_c : Kapasitif direnç (Ω)

π : Pi sabit sayısı (3.714)

f : Şebeke frekansı (Hz)

C : Kondansatör kapasitesi (F)

Yüksek gerilim enerji nakil hatlarına uygulanan alternatif gerilimin değişken özelliğinden dolayı elektrik yükünün miktarı da değişir. Elektrik yükündeki bu değişim bir elektrik akımı oluşturur. Elektrik yükündeki bu değişim sebebi ile meydana gelen bu elektrik

akımına şarj akımı denir. Enerji nakil hattı hava açık olsa bile bir şarj akımı olur. Hava hatlarındaki bu şarj akımı, hattın geriliminin düşmesinde, güç kat sayısının, veriminin ve iletim stabilizesinin değişmesinde etkili olur.

Enerji nakil hattında faz başına kapasitans değeri şu formülle hesaplanır:

$$C = \frac{L}{18.10^9 \cdot \log \frac{GMD}{r}}$$

L: hattın uzunluğu (km)

GMD: Hava hattı faz iletkenleri arası geometrik uzaklık

GMR: Hava hattı iletkeninin geometrik ortalama yarıçapı (r) mm

1.2.4. Korona Olayı

Nemli ve sisli havalarda enerji nakil hattı faz iletkenlerinin yüzeyinde havanın iyonize olması ile mor renkli, ışıklı halkalar görülür. Bu duruma korona olayı denir. İletkenin yüzeyindeki bu mor renkli, ışıklı silindirler birbirine temas edecek olursa iletkenin yüzeyinde delinmeler olur. Bu sırada ısı sesine benzer ses titreşimleri duyulabilir. Bu olaya daha çok aralarında 15 iletken yarıçapından daha az mesafe bulunan faz iletkenleri üzerinde rastlanır.

Nemli ve sisli havanın iletken yüzeyine temas ederek çarpması neticesinde iyonize olan gerilime, kritik korona (U_0) denir. Faz iletkenleri etrafında mor renkli, parlak ışıklı silindir halkaların görüldüğü veya deşarjın devamlı bir şekilde kendini beslediği gerilime ise görünür korona gerilimi (U_k) denir. Korona olayı ısı, ses ve kimyasal reaksiyonlar şeklinde kendini gösteren bir enerji kaybıdır. Enerji nakil hatlarında korona olayı sonucu meydana gelen kayıpları azaltmak için iletkenlerin yüzeyleri oldukça düzgün ve parlak bir sırla kaplanır. Faz iletkenlerinin demetler hâlinde tesis edilmeleri hâlinde de korona kayıpları azaltılır.



Resim 1.7: Çeşitli korona deşarj olayları

Korona iletilen enerji bakımından bir kayıptır. Nakil içindeki enerjinin dışarıya kaçmasından başka bir şey değildir. Bu durumu şu örnekle açıklamak daha uygundur. Üzerinde çok sayıda delikleri bulunan su borusundan gönderilen belli bir miktar su, borunun öbür ucundan aynı miktarda alınamaz. Belki de hiç su alınamayacaktır, suyun tamamı deliklerden akıp giderse elektrik enerjisi de tam korona deşarjı ile nakil hattının diğer ucuna gidemeyebilir.

Korona olayı sonucu meydana gelen kayıplara işletme gerilimi, frekansı, iletkenin yarıçapı ve faz iletkenleri arasındaki uzaklık etkilidir. Ayrıca havanın nemli, sisli, yağmurlu ve karlı oluşu da bu kaybı artırır. İletkenin yüzeyinin düzgün olmaması ve damar sayısı da korona olayı sonucunda meydana gelen kayıpları artırır. Korona kayıplarını hesaplayabilmek için PEEK ve PETERSAN formülleri kullanılır.

1.2.5. Kaçak Geçirgenlik

Dağıtım ve enerji nakil hatlarında faz iletkenlerinin kendi aralarında ve toprak arasındaki kaçak akımların etkisiyle meydana gelen bir hat sabitesidir. Kaçak akımlar hatlarda aktif güç kaybına sebep olur. Ancak çok küçük değerde olduğu için ihmal edilir. 30 km uzunluğundaki 6,3 kV bir enerji iletim hattında kaçak geçirgenliğin etkisiyle meydana gelen kaçak akımların sonucunda 10 W'lık bir aktif güç kaybı olur.

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 alınmazsa

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \text{ formülü ile bulunur.}$$

Z: Empedans (Ω)

R: Omik direnç (Ω)

XL: Endüktif direnç (Ω)

1.3. İletkenlere Gelen Rüzgâr ve Buz Yükü Etkisi

Ağır iklim şartlarının bulunduğu bölgelerden geçen iletim hatları üzerinde meydana gelen buz tabakasının etkisiyle iletkenler kopabilir. Enerji nakil hatları tesis edilirken bu durum göz önüne alınmalıdır (Buz yükü bölgesi iklime ve zemin yüksekliğine göre değişir.).



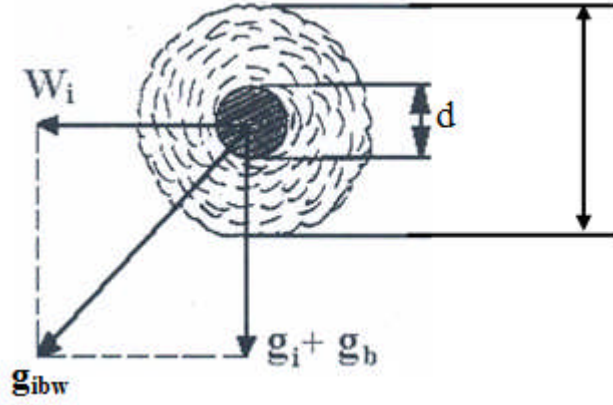
Resim 1.8: İletkenlerde buz yükü



Resim 1.9: İletkenlerde buz yükü



Resim 1.10: İletkenlerde buz yükü



Şekil 1.3: Buz ve rüzgâr yükünün iletkenlere etkisinin vektörlerle gösterilmesi

Hava hatları, düşey buz yüklerinin etkisinde kaldığı gibi yatay rüzgâr kuvvetlerinin etkisinde kalır. Bu sebeple hesaplamalarda rüzgâr kuvvetlerinin dikkate alınması gerekir. Rüzgâr kuvvetleri iletkenlerin ve izolatörlerin salınımları ile direklerin statik hesaplarında dikkate alınmalıdır.

Elektrik kuvvetli akım tesisleri yönetmeliğinde, 380 kV'un üstündeki hava hatlarının projelendirilmesinde buz yükü üzerine 20 kg/m^2 rüzgâr yükünün etki edeceği kabul edilmiştir.

Ülkemiz buz yükü bakımından beş ayrı bölgeye ayrılmıştır. Birinci bölgede buzun oluşmadığı kabul edilmiştir.

Bölge Nu.	Buz Yükü Kat Sayısı k	Buz Yükü kg/m	Ortam Sıcaklığı (°C)	
			En Düşük	En Yüksek
1	0	0	-10	50
2	0,2	$0,2\sqrt{d}$	-15	45
3	0,3	$0,3\sqrt{d}$	-25	40
4	0,5	$0,5\sqrt{d}$	-30	40
5	1,2	$1,2\sqrt{d}$	-30	40

Tablo 1.12: Bölgelere ilişkin buz yükleri ve ortam sıcaklıkları

Buzlu iletken üzerine rüzgâr estiği zaman buz ve rüzgâr yüklü iletkenin ağırlığı ve yoğunluğu hesaplınsın. Hesaplarda buzlu telin çapı db olsun. Bir metre uzunluğundaki iletkenin üzerine toplanan buz kılıfının ağırlığı, buzun-fiziksel yoğunluğu $D= 0,6 \text{ g/cm}^3$ olarak kabul edilsin.

Buz yükü bölgeleri için ayrı ayrı olmak üzere metre başına buz yükü değerleri formülden hesaplanarak buzlu iletken çapı bulunur.

II.Bölge için $200\sqrt{d} = 0,6\frac{\pi}{4}(d_b^2 - d^2)$ formülünden

$$d_b = \sqrt{d^2 + \frac{4.200}{0,6.\pi}.\sqrt{d}} = \sqrt{d^2 + 424,4\sqrt{d}} \text{ mm}$$

d: İletkenin çapı

d_b : Buzlu iletken çapı

g_i : İletkenin bir metresinin çıplak ağırlığı (kg/m)

g_b : İletkenin bir metresinde toplam buz ağırlığı (kg/m)

g_{ib} : İletkenin bir metresinin buzlu ağırlığı

w_i : İletkenin bir metresine etki eden rüzgâr kuvveti (kg/m)

g_{iw} : İletkenin % 100 rüzgârlı metrik ağırlığı

g_{iw70} : İletkenin bir metresinin %70 rüzgârlı ağırlığı (kg/m)

g_{ibw} : Buz ve rüzgârın vektörel kuvveti

İletkenin buzlu hâldeki çapı d_b hesaplandıktan sonra aşağıdaki verilere göre iletkene etki eden rüzgâr yükü hesaplanır.

Örnek olarak nominal kesiti 120 mm^2 , hakiki kesiti 117 mm^2 , çapı 14 mm olan nakille menzil açıklığı 300 m olan üç fazlı iletimde 4. bölgede direğe gelen ek kuvvet (buz+rüzgâr) 1600 kg civarındadır. Bu durum nakil hatlarında dayanım hesabının önemini göstermektedir.

Rüzgâr kuvveti

➤ Faz ve toprak iletkenlerine etki eden rüzgâr kuvvetinin hesaplanmasında,

200 m'ye kadar olan rüzgâr açıklıkları için

$W = c.p.d.a_w$ (kg) bağıntısı,

200 m'den büyük olan rüzgâr açıklıkları için

$W = c.p.d.(80+0,6.a_w)$ (kg) bağıntısı kullanılacaktır.

Arazi koşulları zorunlu kılmadıkça direk açıklıklarının birbirinden çok farklı olmamasına dikkat edilecektir.

Burada

c: Rüzgârın etkisinde olan ögenin biçimine, büyüklüğüne ve yatay niteliğine bağlı dinamik rüzgâr basınç kat sayısı (Çizelge 10'a bakınız.),

p: Dinamik rüzgâr basıncı (kg/m²) (Çizelge 11'e bakınız.),

v: Rüzgâr hızı (m/s),

aw: Varsayılan rüzgâr açıklığı (m),

d: Örgülü ya da tek telli iletkenin çapı (m)'dir.

Nu.	Rüzgârın etkisinde bulunan öğeler	c
1	Profil demirinden yapılmış tek yüzlü kafesler	1,6
2	Profil demirinden yapılmış kare ya da dikdörtgen kesitli kafes direkler	2,8
3	Borulardan yapılmış tek yüzlü kafesler	1,2
4	Borulardan yapılmış kare ya da dikdörtgen kesitli kafes direkler	2,1
5	Daire kesitli ağaç, çelik boru ve beton direkler	0,7
6	Altıgen ve sekizgen kesitli çelik boru ve beton direkler	1,0
7	Çapı 12,5 mm'ye kadar olan iletkenler	1,2
8	Çapı 12,5 ile 15,8 mm'ye kadar olan iletkenler	1,1
9	Çapı 15,8 mm'den büyük olan iletkenler	1,0

Tablo 1.13: Dinamik rüzgâr basınç kat sayıları (c) değerleri



Resim 1.11: Buz yükü ölçer



Resim 1.12: Vibrasyon ölçer

Arazi üzerindeki yükseklik (m)	Dinamik rüzgâr basıncı(kg/ m ²)	
	Direkler, traversler ve izolatörler	İletkenler
0-15	55	44(*)
15-40	70	53
40-100	90	68
100-150	115	86
150-200	125	95

Tablo 1.14: Dinamik rüzgâr basıncı (p)

(*) Uzun aralıklı hatlarda bu değer 53 kg/m² olarak alınacaktır.

ÖRNEK: 70 mm² lik tek metalle enerji iletimi yapılan hattın c=1,2'dir. Bu iletkenin gerçek kesiti 65,8 mm² ve çapı 10,5 mm olan bakır iletken yerden 40 metre yüksekliktedir. İletkenin özgül ağırlığı 8,9.10⁻³ kg/m.mm² dir. Buna göre bu hattın özgül rüzgâr yükünü ve bileşke özgül yükünü hesaplayınız.

ÇÖZÜM: Bu iletkenin kendi özgül ağırlığı, iletkeni dikey doğrultuda aşağıya doğru zorlarken rüzgârda yatay yönde zorlayacaktır. Bu durumda nakil bileşke kuvvetle zorlanacaktır.

$$\begin{aligned} c &= 1,2 \\ s &= 65,8 \text{ mm}^2 \\ d &= 10,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$p = 53$$

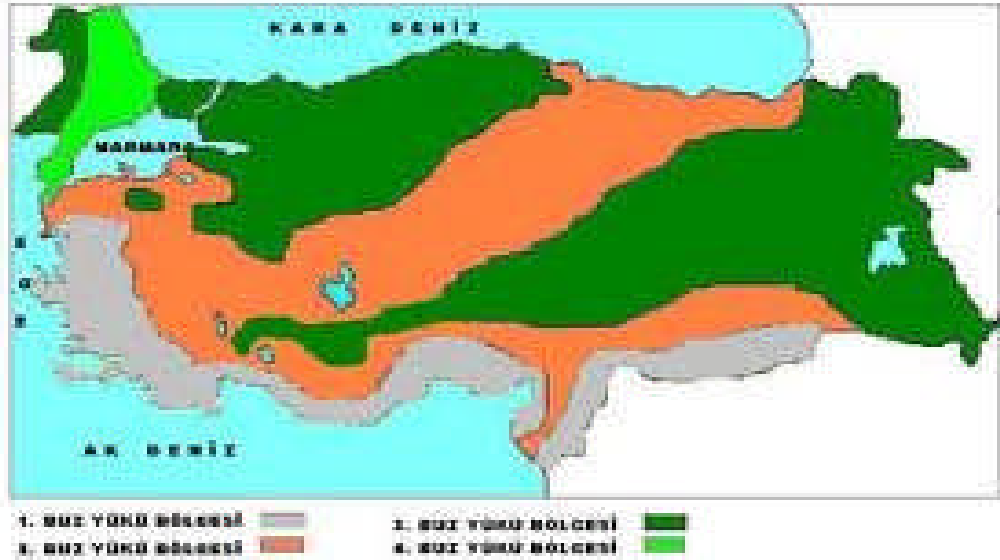
$$g_i = 8,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m.mm}^2$$

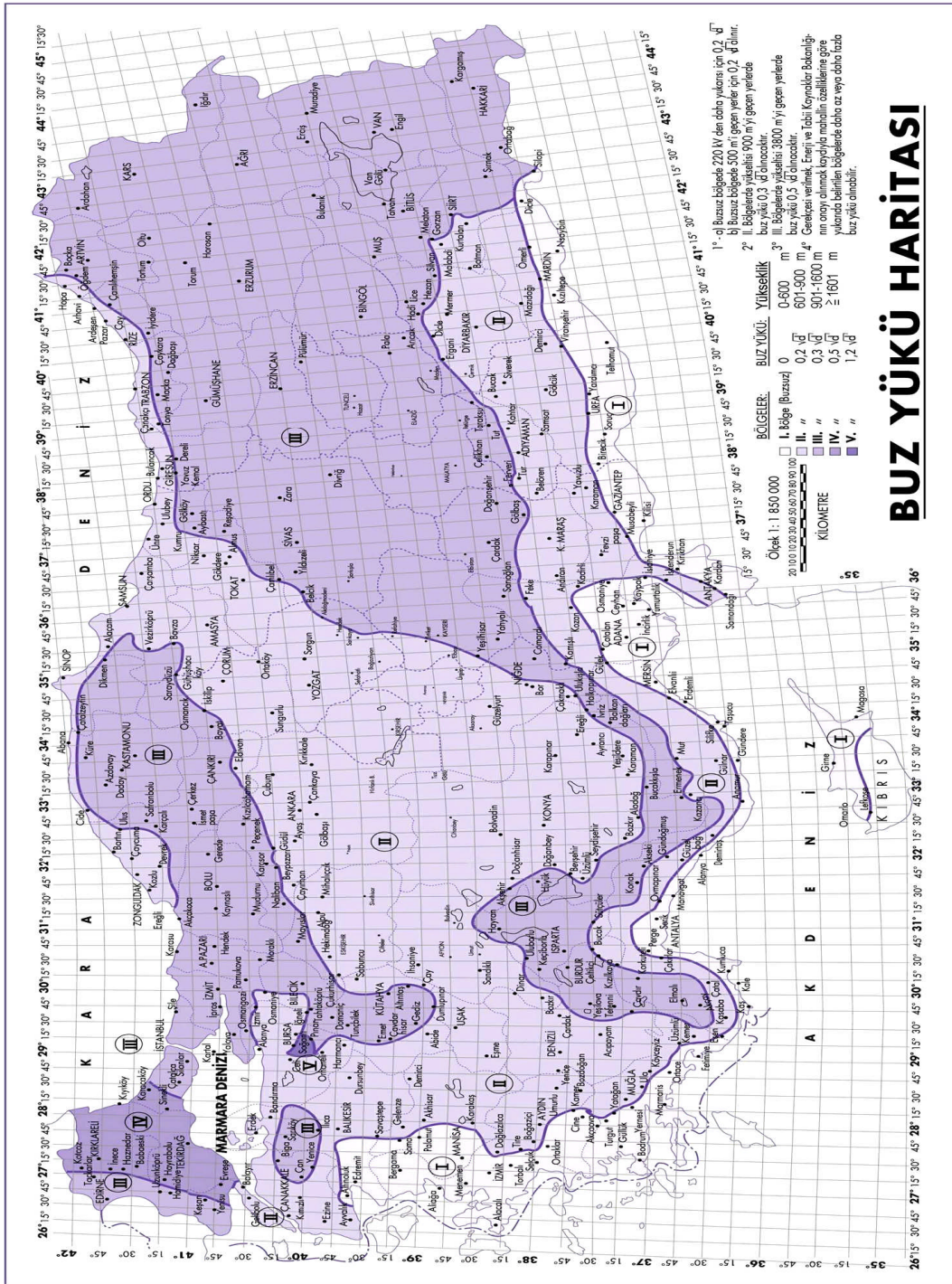
W = c.p.d.aw (kg) bağıntısı,

$$\begin{aligned} W &= 1,2 \cdot 53 \cdot 10,5 \cdot 10^{-3} \\ &= 667,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$w_i = \frac{w}{s} = \frac{667,8 \cdot 10^{-3}}{65,8} = 10,14 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m.mm}^2$$

$$g_{ibw} = \sqrt{(g_i + g_b)^2 + w_i^2} = \sqrt{(8,9 \cdot 10^{-3})^2 + (10,14 \cdot 10^{-3})^2} = 13,49 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m.mm}^2$$





Resim: 1.13: Buz yükü haritası

1.4. İletkenlerin Çapını Ölçme Uygulaması

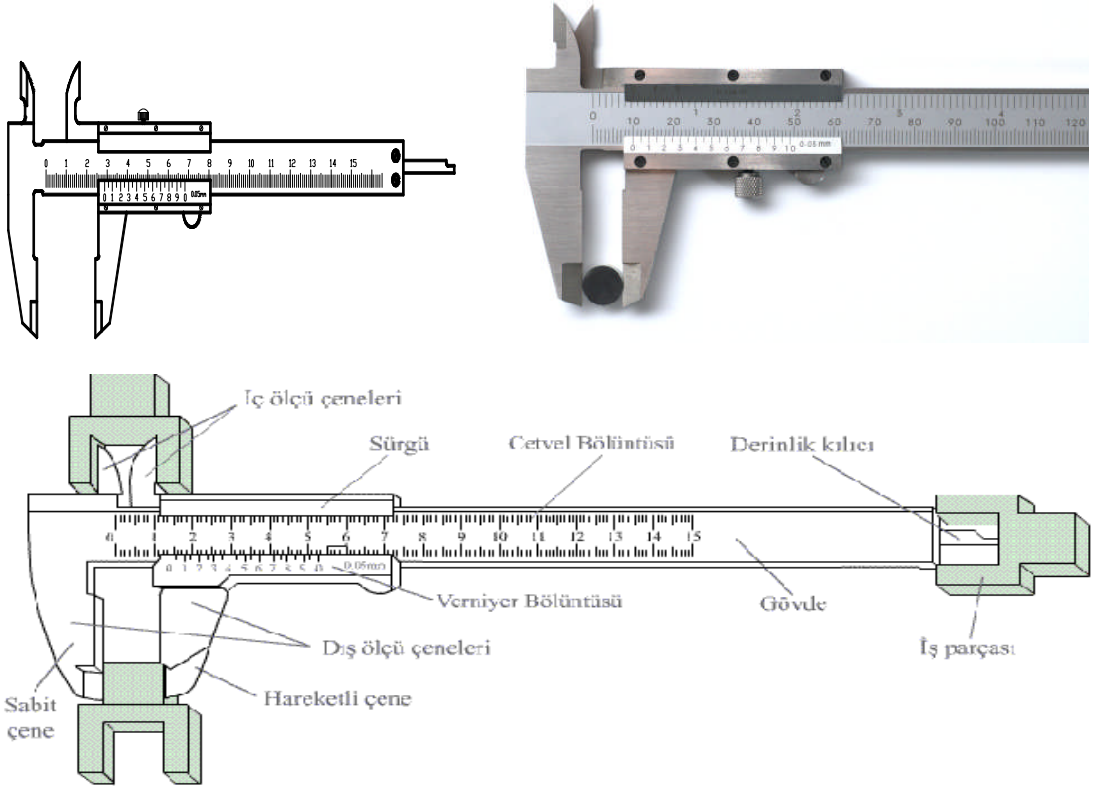
1 metre = 39,37 inç = 3,28 ft

1 inç = 25,4 mm

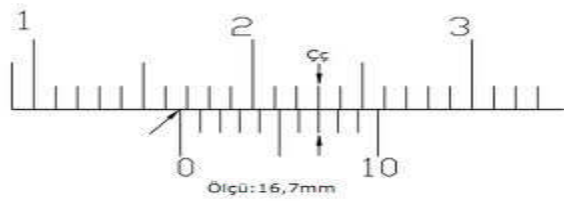
İletken çapını ölçmek için kumpas veya mikrometre kullanılır. Kumpaslar ikiye ayrılır. Bunlar, sürmeli ve dijital kumpaslardır.

1.4.1. Sürmeli Kumpaslar

- 1/10, 1/20, 1/50 milimetrik verniyer



Şekil 1.4: Kumpas



Kumpasta üst kısım 16 mm çizgisini geçmiş, alt tarafta 8. çizgi çakışmıştır. Ölçüm 16,7 mm'dir.

1.4.2. Dijital Kumpaslar

Göstergeli kumpaslardır. Ölçülen değer kumpas üzerinden doğrudan okunur.



Resim 1.14: Dijital kumpas

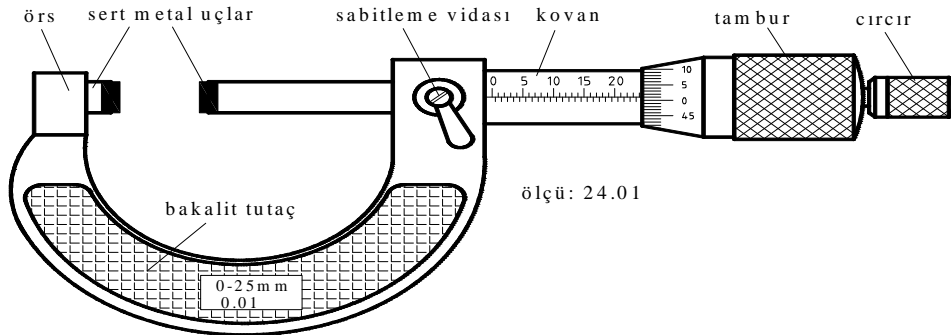
1.4.3. Ölçme Hataları

- Ölçme aletinden meydana gelen hatalar
- Ölçme anındaki baskı kuvvetinden oluşan ölçme hatalar
- Yanlış okumadan oluşan hatalar
- Ölçme aleti ile parçayı yanlış ölçmeden kaynaklanan hatalar

1.4.4. Mikrometreler

1.4.4.1. Mikrometrenin Tanımı

Kumpaslara göre daha hassas olan ölçme ve kontrol aletleridir. Mekanik kumandalı vida-somun sistemine göre çalışır. 0,01 – 0,002 – 0,001 mm hassasiyetlerinde ölçmeler yapılıır.

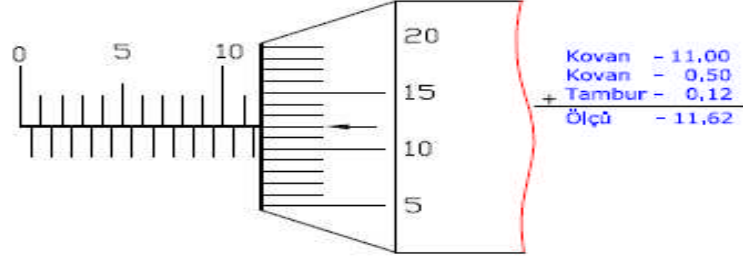


Şekil 1.5: Mikrometre

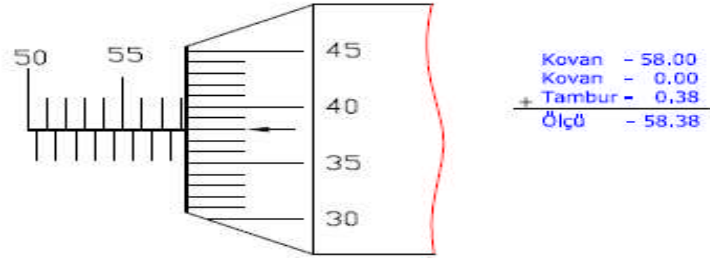
1.4.4.2. Mikrometrenin Okunması

Milimetrik bölüntü kovani üzerindeki çizgilerden eksen üstündeki çizgilerin kaç mm olduğunu gösterir. Eksenin altındaki çizgiler ise 0,50 ölçüsünün ilave edilip edilmeyeceğini gösterir. Tambur üzerindeki çizgilerden hangisi çakışırsa üçü toplanarak ölçü okunur.

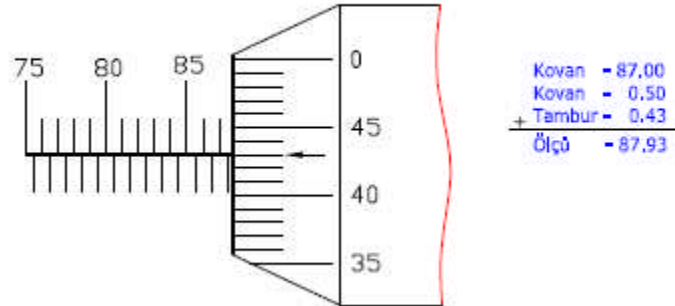
Örnek: 11,62 mm ölçüsünün 1/100 duyarlıklı mikrometrede gösterimi.



Örnek: 58,38 mm ölçüsünün 1/100 duyarlıklı mikrometrede gösterimi.



Örnek: 87,93 mm ölçüsünün 1/100 duyarlıklı mikrometrede gösterimi.



Örneğin, 32,82mm

- 32,00 mm (Üstteki çizgilerden okunacak.)
- 0,50 mm (Alttaki çizgiyi geçerse ilave edilir.)
- 0,32 mm (Tamburdan okunacak.)

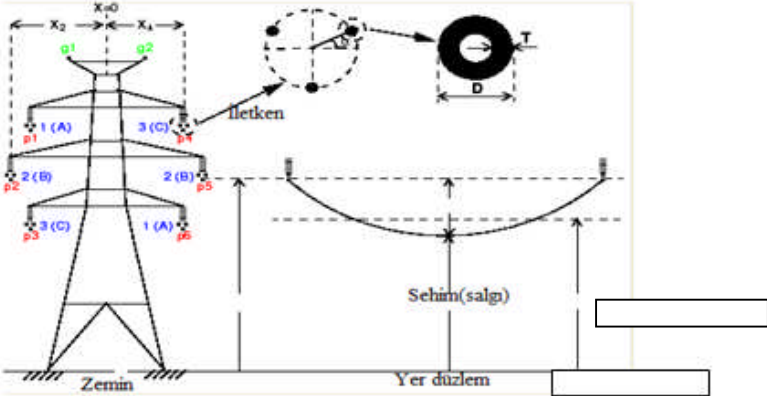
toplam 32,82 mm

IACS : International Annealed Copper Standart
AWG : American Wire Gauge veya Ameritean Steel Wire Gauge (Amerikan tel ölçüleri)
ACSR : Alüminium Cable Steel
CM= Circular Mil
1CM=Çapı 1/1000 inch olan bir dairenin alanıdır ve 0,0005067 mm²ye eşittir.
MCM: 1000 Circular Mildir ve 0,5067 mm² ye eşittir.

Örnek: CM 477000 veya MCM 477 şeklinde belirtilen iletkenin alüminyum kısmının gerçek kesiti $477 \times 0,5067 = 241,65 \text{ mm}^2$ veya anma kesit ölçüsü olan $242,39 \text{ mm}^2$ olan ve HAWK adı ile anılan çelik özlü alüminyum iletken demektir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Okul bahçesine okulun ihtiyacını karşılayacak şekilde dikmiş olduğunuz direklere uygun tel seçimini yapınız ve iletken çapını ölçünüz.

İşlem Basamakları	Öneriler
$f = \frac{G.a^2}{8.p}$  <p> $f = ?$ (m) $P = 5$ (kg/cm²) $G = 1.5$ (kg/dm³) $a = 50$ (m) </p> <p> $f = ?$ (m) $P = 5$ (kg/cm²) $G = 1.5$ (kg/dm³) $a = 50$ (m) </p> <p>➤ Verilen değerlere göre sehim (f) hesabını yapınız.</p>	<p>➤ Buz yükü dikkate alınmalıdır.</p> <p>➤ Sehim hesabı yalnız yapıldığında iletkenlerin sarkmasının fazlaşacağı can ve mal kayıplarının meydana gelebileceği unutulmamalıdır.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Sehim hesabını doğru olarak yapabildiniz mi?		
2. İletkenlerin çapını kumpasla tam ve doğru olarak ölçebildiniz 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

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Havai hatta kullanılan çelik özlü alüminyum iletkenler kısaca hangi harflerle gösterilir?
A) AAA B) ACSR C) AASR D) AACR
2. Aşağıda kV cinsinden verilmiş ifadelerden hangisi yüksek gerilim değeridir?
A)10,5kV B)34.5kV C)154kV D)380kV
3. Aşağıdakilerden hangisi iletken seçiminde bir ölçüt değildir?
A) İletkenlik B) Koronaya karşı dayanıklılık
C)Özgül ağırlık D)Sıcaklık
4. Alüminyum iletkenin kesiti aynı akımı taşımak koşuluyla bakıra göre neden daha yüksektir?
A)Akım yoğunluğundan B)Gerilimden
C)Dirençten D)Güçten
5. Bakır iletken ile eşit uzunlukta, eşit dirençte ve gerilim düğümündeki alüminyum iletken arasında ağırlık yönünden nasıl bir oran vardır? .
A)1/1 B)2/1
C)1/3 D)1/2
6. Rüzgâr iletken üzerinde hangi yönde bir ek kuvvet meydana getirir?
A)Yatay B)Düşey
C)Hem yatay hem düşey D)Hiçbiri
7. Buz yükü iletken üzerinde hangi yönde bir ek kuvvet meydana getirir?
A)Yatay B)Düşey
C)Hem yatay hem düşey D)Hiçbiri
8. Aşağıdakilerden hangisi tam alüminyum bir iletkendir?
A) Swallow B)Raven C)Pigeon D) Rose
9. Aşağıdakilerden hangisi çelik özlü bir iletkendir?
A)Lilly B)Pansy C)Hawk D)Popy

10.  Yandaki şekildeki iletkenin özelliği aşağıdakilerden hangisidir?
A) 7Al B)6St/1Al C) 6Al/1St D)7St

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

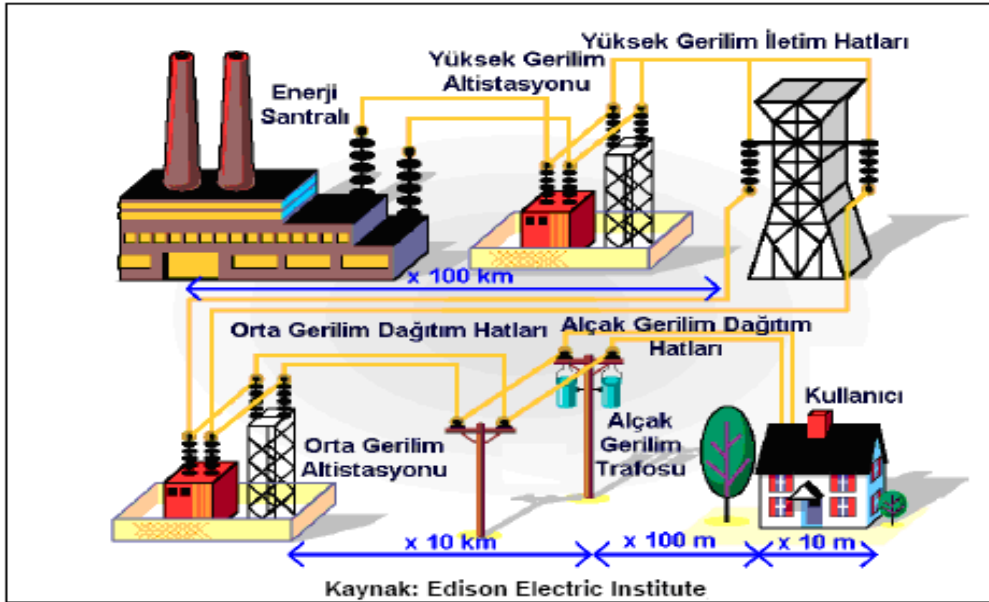
Uygun çalışma ortamı sağlandığında havai hat iletkenlerini çekebilecek bağlantılarını, çeşitlerini ve özelliklerini koşullara göre seçimini doğru bir şekilde yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Bu öğrenme faaliyetinde önce havai hat iletkenlerin nasıl çekildiğini, iletkenleri çekerken dikkat edilecek konuları araştırınız.
- Havai hat iletkenleri çekilmiş direklere hat bağlantılarının nasıl yapıldığını, saha elemanlarından ve TEAŞ yüksek gerilim iletken montajcılarından, Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ne uygun yapılışını öğreniniz.

Araştırma işlemlerini internette TEAŞ kaynaklarından ve iletim hattı çekilen yerlerden yapabilirsiniz.

2. HAVAI HAT İLETKENLERİNİ ÇEKME VE BAĞLANTILARI



Resim 2.1: Elektriğin üretilmesi ve dağıtılması

2.1. Direkler, İzolatörler ve Donanımları

2.1.1. Tanımı

Yüksek gerilim elektrik enerjisinin üretildiği yerden tüketim merkezlerine iletilmesi için havai hatları kullanılır. İletim ve dağıtım hatlarında kullanılan ve iletkenleri birbirlerinden belirli uzaklıkta havada tutmaya yarayan ve hat boyunca uygun aralık ve yükseklikte yerleştirilen şebeke donanımına direk denir.

Yapıldıkları malzemeye göre direk çeşitleri şunlardır:

- Ağaç direkler
- Betonarme direkler
- Demir direkler

İzolatörler hava etkilerine ve işletme sırasında oluşacak elektrik, mekanik ve elektrodinamik zorlanmalara dayanacak nitelikte olmalıdır.

2.1.2. Görevleri

Ayrıntılı bilgi, Direkler ve İzolatörler modülünde verilmektedir.



Resim 2.2: İzalatör çeşitleri

2.2. Havai Hatlar

2.2.1. Tanımı

Kuvvetli akım enerji iletimini sağlayan mesnet noktaları, direkler ve bunların temelleri, yer üstünde çekilmiş iletkenler, iletken donanımları, izolatörler, izolatör bağlantı elemanları ve topraklamalardan oluşan tesislerin tamamını kapsayan kısma, havai hatlar denir.

Havai hatların çekilmesinde dikkat edilecek hususlar:

Hattın toprağa en yakın noktası en az 6 m, işlek yerlerde, yol ve kavşaklarda 7 m alınmalıdır İki hat arası mesafe en az 35 cm olmalıdır..

2.2.2. Havai Hattın Avantaj ve Dezavantajları

Havai hat sistemlerinin yer altı sistemlerine göre

➤ Avantajları

Havai hattın tercih ediliş sebepleri genel olarak şunlardır:

- Yer altı kablosu ile iletme göre maliyeti daha ucuzdur, dolayısıyla daha ekonomiktir.
- Arıza yerinin tespiti ve onarımı daha pratiktir.
- İlave elemanları kullanarak tesisin kapasitesini artırmak her zaman mümkündür.
- Bakır iletkenlere göre daha hafif olduklarından direk mekanik hesabı daha azdır.
- Köprü, nehir, vadi, demir yolu ve su geçişleri daha kolaydır.

➤ Dezavantajları

- Çevre ve doğa şartlarından etkilenir.
- Arızalar doğa şartları müsait değilse hemen yapılamaz.
- Ömürleri uzun değildir (30-40 yıl).
- Ormanlık alanlardan geçişlerinde yangınlara sebebiyet verebilir.

2.2.3. Havai Hat İletkenler Arası Standart Mesafeler

Gerilim altındaki iletkenler için kabul edilen azami yaklaşma mesafesi aşağıda belirtilmiştir:

50 V– 3500 Volt arası.....:	35 cm
3500V – 10 000 Volt arası.....:	60 cm
10.000V – 50.000 Volt arası.....:	90 cm
50.000V – 100.000 Volt arası.....:	150 cm
100.000V– 250.000 Volt arası.....:	300 cm
250.000V – 450.000 Volt arası.....:	450 cm

➤ Kuvvetli Akım Yönetmeliği'ne göre uzaklıklar

Madde 44-a) Hava hatlarında iletkenler arasında alınması gerekli en küçük uzaklıklar aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

1) Malzeme, kesit, salgı ve anma gerilimleri aynı olan, aynı ya da farklı yatay yüzeylerde bulunan iletkenler arasındaki en küçük “D” uzaklığı aşağıdaki formüle göre hesaplanacaktır.

$$D = k \cdot \sqrt{(F_{mak} + I)} + \frac{U}{150}$$

Burada

D: Direk üzerinde iletkenler arasındaki uzaklık (m)

k: Bir kat sayı olup bu kat sayı alçak gerilimde 0,35 yüksek gerilimde 0,50 alınacaktır.

Fmak.: Hesaplanan direğin en büyük açıklığına ilişkin en büyük salgı (m)

l: Taşıyıcı zincir izolatörün uzunluğu (m) (Mesnet izolatöründe l=0 alınacaktır.)

U: Hattın fazlar arası anma gerilimi (kV)

2) Bir direk üzerinde birden fazla sistem bulunursa ve bunlarda malzeme, kesit, salgı ve anma gerilimleri farklı ise bu iletkenler arasında alınacak en küçük "D" uzaklığı, her devrenin kendi salgı ve gerilimlerinin madde 44-a/1'de verilen formülde yerine konması ile bulunacak değerlerden en büyüğüne eşit olacaktır.

b) Konsol ve travers boyları ile bunlar arasındaki uzaklıklar madde 44-a/1 ya da a/2'deki gibi hesaplanmakla birlikte ayrıca aşağıda belirtildiği gibi çizilecek iletken salınım diyagramlarına (Şekil-8'e bakınız.) göre gerilim altındaki iletkenler arasındaki uzaklığın (U/150) m'den daha az olmadığı doğrulanacaktır. Bu uzaklık 0,20 m'den az olamaz.

Bu salınım diyagramları, +5Cø ve %70 rüzgâr yükü ile bölgenin en büyük sıcaklığında ve % 42 rüzgâr yükünde çizilecektir.

İletken salınım kontrolünde en büyük sapma açısı (alfa), 50ø'ye kadar (alfa)/4, 50ø-62ø30'a kadar 12ø30' sabit ve 62ø30'dan büyük sapma açılarında ise iletken salınımları arasında (alfa)/5'e kadar bir açısız kayma varsayılarak gerekli doğrulamalar yapılacaktır.

Bu madde yalnızca yüksek gerilimli büyük aralıklı hatlara uygulanır.

c) Yukarıda hesaplanan konsol ve travers boyları ile bunlar arasındaki uzaklıklar ayrıca kamçılanma kontrolü yapılarak doğrulanacaktır.

Bir direkte birbirinin üstünde bulunan iletkenlerden alttaki iletkenin üzerindeki buz yükünün birdenbire düşmesinden sonra alttaki iletkenin düşey düzlemde bir sıçrama yapacağı varsayılarak sıçramadan sonra üstteki buzlu iletkene uzaklığı (U/150) m'den az olmayacaktır. Bu uzaklık 0,20 m'den az olamaz.

Bu madde yalnızca yüksek gerilimli büyük aralıklı hatlara uygulanır.

d) Aynı direk üzerinde bulunan yüksek ve alçak gerilimli iletkenlerin bağlantı noktaları arasındaki düşey uzaklık en az 1,5 m olacaktır.

e) Alçak gerilimli küçük aralıklı hatlarda iletkenler arasındaki uzaklık 0,40 m'den az olmayacaktır.

Bu uzaklıklar aşağıdaki durumlarda küçültülebilir:

- Gerilimleri birbirine eşit olan aynı faz iletkenlerinde

- İletkenlerin birbirine değmemesi için gerekli güvenlik önlemleri alınmış olan hatlarda

f) Hat iletkenleriyle topraklanmış metal bölümler arasındaki uzaklık en az $(U/150 + 0,05)$ m olacaktır. Bu uzaklık yüksek gerilimli hava hatlarında 0,20 m'den, alçak gerilimli hava hatlarında da 0,05 m'den az olamaz.

U: Fazlar arası anma gerilimidir (kV).

g) Toprak iletkeni ile faz iletkenleri arasındaki uzaklık, toprak iletkeninin faz iletkenlerini yıldırıma karşı maksimum 30ø'lik açı altında koruyabileceği biçimde hesaplanacaktır.

h) İletkenlerin 46'ncı maddeye göre hesaplanan en büyük salgılı durumda üzerinden geçtikleri yer ve cisimlere olan en küçük düşey uzaklıkları verilmiştir.

İletkenlerin üzerinden geçtiği yer	Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi (kV)					
	0-1 (1 dâhil)	1-17,5	36	72,5	170	420
En küçük düşey uzaklıklar (m)						
Üzerinde trafik olmayan sular (suların en kabarık yüzeyine göre)	4,5*	5	5	5	6	8,5
Araç geçmesine elverişli çayır, tarla, otlak vb.	5*	6	6	6	7	9,5
Araç geçmesine elverişli köy ve şehir içi yolları	5,5*	7	7	7	8	12
Şehirler arası kara yolları	7	7	7	7	9	12
Ağaçlar	1,5	2,5	2,5	3	3	5
Üzerine herkes tarafından çıkılabilen düz damlı yapılar	2,5	3,5	3,5	4	5	8,7
Üzerine herkes tarafından çıkılmayan eğik damlı yapılar	2	3	3	3,5	5	8,7
Elektrik hatları	2	2	2	2	2,5	4,5
Petrol ve doğal gaz boru hatları	9	9	9	9	9	9
Üzerinde trafik olan sular ve kanallar (bu uzaklıklar suların en kabarık düzeyinden geçebilecek taşıtların en yüksek noktasından ölçülecektir.)	4,5	4,5	5	5	6	9
İletişim (haberleşme) hatları	1	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5
Elektriksiz demir yolları (Ray demirinden ölçülecektir.)	7	7	7	7	8	10,5
Otoyollar	14	14	14	14	14	14

Tablo 2.1: Hava hattı iletkenlerinin en büyük salgı durumunda üzerinden geçtikleri yerlere olan en küçük düşey uzaklıkları

(*) Yalıtılmış hava hattı kabloları kullanıldığında bu yükseklik değerleri 0,5 m azaltılacaktır.

i) Hava hattı iletkenleri ile yanından geçtikleri yapıların en çıkıntılı bölümleri arasında, en büyük salınım konumunda en az verilen yatay uzaklık bulunmalıdır.

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi		Yatay uzaklık
kV		m
0-1	(1 dâhil)	1
1-36	(36 dâhil)	2
36-72,5	(72,5 dâhil)	3
72,5-170	(170 dâhil)	4
170-420	(420 dâhil)	5

Tablo 2.2: Hava hattı iletkenlerinin en büyük salımlı durumda yapılara olan en küçük yatay uzaklıkları

k) Yüksek gerilim hatları, hatlara rastgele dokunmayı önleyecek önlemler alınmak koşulu ile elektrik işletme yapılarına tespit edilebilir.

l) Yapıların yanından geçen ya da tespit edilmiş bulunan alçak gerilim hatları herhangi bir aygıt kullanmaksızın rastgele dokunulmayacak biçimde tesis edilmelidir.

m) Elektrik kuvvetli akım tesislerinin civarlarındaki diğer tesislere olan yaklaşım mesafeleri verilmiştir.

	Yer Altı Kablolarıyla		Enerji Nakil Hatlarıyla				Topraklama Sistemleriyle
	Yan yana veya paralel olma mesafeleri (m)	Birbiriyle keşişme hâli mesafeleri (m)	Yan yana veya paralel olma hâli (Dış iletkenin maks. salımlı iz ile boru eksen) mesafeleri	Birbiriyle keşişme hâli(direk ayağına) mesafeleri(m)			Direk veya diğer elektrik topraklamaları ile olan mesafeleri (m)
	0-170 kV	0-170 kV	0-72 kV (72kVdâhil)	72-420 kV	0-72 kV (72 kVdâhil)	72-420 kV	0-420 kV
Doğal Gaz ve Petrol Boru Hattı (LNG,LPG dâhil)	0.6*	0.4*	4(10***)	10(30***)	3	10	2**

Tablo 2.3: Elektrik kuvvetli akım tesislerinin civarındaki tesislere olan en küçük yaklaşım mesafeleri (m)

n) İletken çekimini ve hat güvenliğini bozan bütün ağaçlar budanmalı ya da kesilmelidir. Meyve ağaçlarının kesiminden olabildiğince kaçınılmalıdır.

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi kV	Yatay uzaklık m
0-1 (1 dâhil)	1
1-170 (170 hariç)	2,5
170	3,0
170-420 (420 dâhil)	4,5

Tablo 2.4: Hava hattı iletkenlerinin ağaçlara olan en küçük yatay uzaklıkları

o) Alçak ve yüksek gerilimli demir direklere zeminden en az 4 m yükseklikte ve gerilimli bölüme 3 m'den daha fazla yaklaşmayacak bir tırmanma engeli tesis edilecektir.

**Ayrıca yüksekliği 50 metreyi geçen hatlarda gündüz işareti ve 80 metreyi geçen hatlarda gündüz ve gece işareti bulundurulması zorunludur.

**Yüksekliği 30 metreyi geçen hatlarda renkli ikaz küreleri takılmalıdır.

**Yüksekliği 30 metreyi geçen hat direkleri üstü renkli boyanmalıdır.



Resim 2.3: Renkli ikaz küresi ve koruma iletkenine takılması

p) Her tip yüksek gerilim direğine zeminden en az 2,5 m yükseklikte ve kolayca sökülmeyecek biçimde bir ölüm tehlike levhası takılacaktır. Yalnızca beton direkler üzerine gömme ya da yağlı boya ile çıkmayacak biçimde ölüm tehlikesi işareti yapılabilir.

r) Hava alanı pist orta noktasından 5 km uzağına kadar olan yerlerde ve hava seyrüsefer cihazlarının bulunduğu yerlerde, havacılıkla ilgili kuruluşların kurallarına aynen uyulur.

2.2.4. Havai Hat İletken Ek Malzemeleri

Normal şartlarda alüminyum iletkenlerin yüzeyleri gri renkte ve son derece az elektrik geçirgenliği olan bir oksit tabakası ile kaplıdır. İki iletkenin birbirine bağlanmasından önce oksit tabakası tamamen ve sürekli olacak şekilde ortadan kaldırılmalıdır. Dolayısıyla ek malzemeleri bu prensibe göre imal edilmelidir. Bütün ek malzemeleri ek yerindeki oksit tabakası engelini yok edebilecek kadar sıkma basıncı devamlı sağlanmalıdır. Bunun sonucunda ek yerinde meydana gelebilecek tehlikeli ısınmayı önleyerek uzun süre kullanılabilir olması gerekir.

Hava hatlarında kullanılan alüminyum iletkenlerin ek malzemeleri şunlardır:

- Cıvatalı klemensler
- Bükme boru ekler
- Sıkma (kompresyon) tipi klemensler
- Zırh çubukları

2.2.4.1. Cıvatalı Klemensler

Cıvatalı klemensler yeterli ve gerekli mekanik dayanıklılığı sağlayacak şekilde özel alüminyum alaşımdan imal edilmektedir. Montaj kolaylığının sağlanması için klemenslerin alt pabucu kalın imal edilir, dış açılır ve böylece cıvata için ayrıca bir somuna ihtiyaç duyulmaz. Bu sayede cıvataların dış tesirlerin etkisiyle somunla kaynamaları önlenerek tekrar kullanma imkânı sağlanır.

Cıvatalı klemenslerde kullanılan cıvatalar Türk Standartlarındaki G 8 kalitesindeki çelik malzemeden daha aşağı kalitede olmamalıdır. Cıvatalar metrik dişli, galvanizli ve en az 8 mm olması, sıkmanın emniyeti ve cıvatanın gevşemesini önlemek için gereklidir.

Al-Cu klemens alüminyumdan bakırla ek almak için kullanılır. (TKB A40 B25 klemens 40 mm² alüminyum, 25 mm² bakır ve TKB A70 B50 klemens ise 70 mm² alüminyum, 50 mm² bakır eklemek için kullanılır.

Alüminyum kolayca oksitlenip yüzeyinde yalıtkan bir tabaka meydana getirir. Bunu önlemek için sarı macun kullanılır. Ayrıca alüminyum ve bakır iletkenleri eklemek gerektiğinde elektro korozyon (pil etkisi) oluşmaması için özel bimetalik klemensler kullanılır.

ALCU KLEMENSLER

Bakır ve Alüminyum iletkenlerin, Ek ve Branşmanların yapılmasında kullanılır.

A 25	B 16
A 40	B 25
A 70	B 50
A 120	B 70
A 240	B 120



ALÜMİNYUM AL CU HAWK KLEMENSLER

Trafo ve geçit izolatörlerinde, çelik özlü Alüminyum iletkenlerle Bakır Tj iletkenlerin eklenmelerinde kullanılır. (Piyasa dilinde Takoz Klemensler olarak tanınır.)

A240 - B240
A240 - B300



SARI ve BAKIR KLEMENSLER

Hava hattı Bakır iletkenlerinin eklenmelerinde kullanılırlar. iletkenlerine göre, tekli, çiftli ve üçlü gruplar olarak imal edilmektedirler.

Tekliler:	B25-B25
	B40-B40
Çiftliler:	B70-B70
Üçlüler:	B95-B95
	B120-B120



SARI TIRNAKLI KLEMENSLER

Hava hattı Bakır iletkenlerin eklenmelerinde kullanılır.

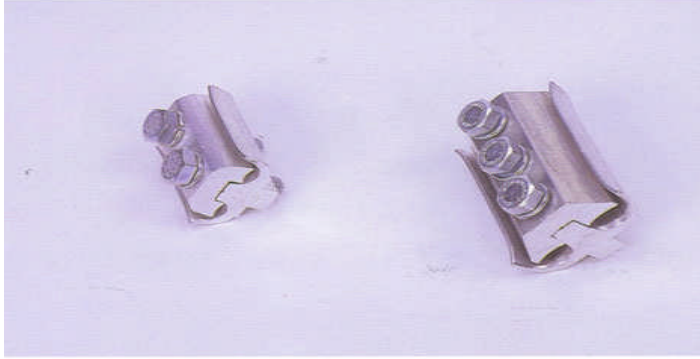
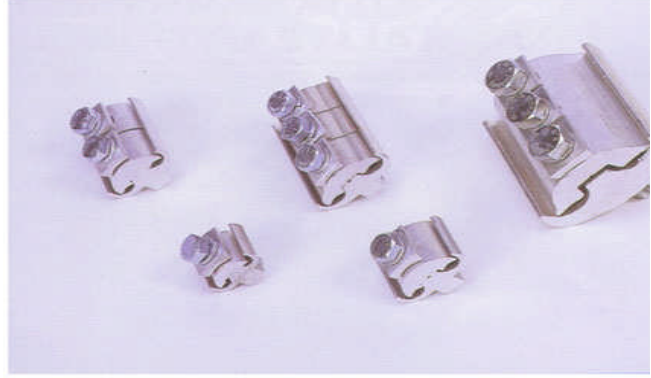
10 mm, 16 mm, 25 mm, 35 mm,
50 mm, 70 mm, 95 mm,
120 mm, 150 mm, 185 mm

Resim 2.4: Havai hat klemens çeşitleri

BRANŞMAN KLEMENSLER

Hava hattı direklerinin üzerinde bulunan aynı kesitteki çıplak ve yalıtılmış Alüminyum iletkenlerinin ek ve montajlarında kullanılır,

A 25	A 25
A 40	A 40
A 70	A 70
A 120	A 120
A 240	A 240



DURDURUCU KLEMENSLER

Durdurucu direklerde, izolatörlü ve izolatörsüz Hava hattı iletken sisterlerinin eklerinde, bağ ve montajları kullanılır,

50 mm² kadar 16-50
95 mm² kadar 50-95

ALÜMİNYUM HAWK KLEMENSLER

Çelik özlü Alüminyum iletkenlerin eklenmelerinde kullanılır. (Piyasa dilinde Takoz Klemens olarak tanımlanır.)

A240-A240



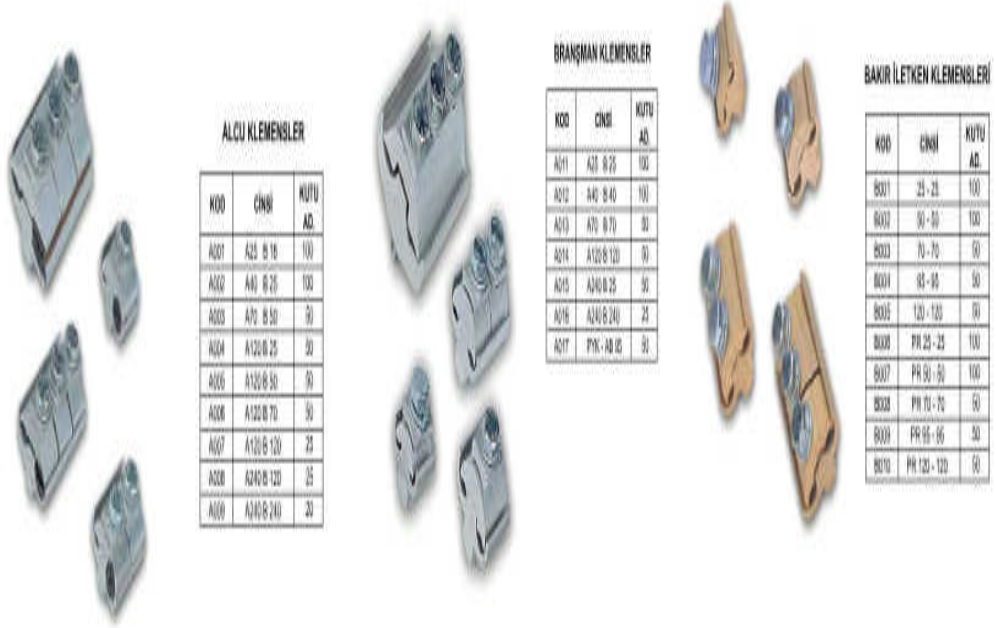
Resim 2.5: Havai hat klemens çeşitleri



Resim 2.6.a: Al- Cu klemens (alüminyum- bakır klemens)



Resim 2.6.b: Alüminyum hat klemensi bağlantısı yapılması



Resim 2.7: Cıvatalı klemens çeşitleri ve özellikleri

2.2.4.2. Bükme Boru Ekler

Alçak ve orta gerilim elektrik şebekeleri tesis edilirken alüminyum iletkenlerin eklenmeleri gerekli olduğu hâllerde bükme boru ekleri kullanılmalıdır. 100 mm² kesite kadar olan iletkenler bükme boru ekleri ile eklenir. Kullanılacak bükme boru eklerinin elektriksel iletkenliği yüksek alüminyumdan imal edilmiş olması gereklidir. İletken uçları boru boyu kadar düzeltilip oksit ve kirleri tel fırça ve sarı macunla temizlenir. Ek borusunun her iki ucuna birer bükme anahtarının uygun çenesi ile yerleştirilir. Bir kişi anahtarını sabit tutarken diğeri saat ibresi yönünde çevirerek bükür. Bu şekilde sola bükümlü iletkenlerin ek boruları iletken tellerinin bükümlerinin ters istikametine bükülmüş olur.

Sarı macun: Alüminyum hava hattı iletkenlerin üzerinde meydana gelen alümin denen oksit tabakasının elektriki geçirgenliği çok kötüdür. Bu oksit tabakasının iletkenlerin ve ek malzemelerinin üzerinden tel fırça ile temizlenerek üzerine sarı macun sürülür. Bu sayede oksit tabakasının tekrar meydana gelmesi önlenmiş olur. Sarı macun tüp ve kartuş olarak SM 140 tüp içinde SM 270 kartuş şeklinde bulunur. Sarı macun temizleyici değil, daha çok koruyucu amaçla kullanılır.

ALÜMİNYUM BÜKME BORU EKLERİ

Alüminyum çıplak iletkenlerinin birbirine eklenmelerinde kullanılır.

PAP 25
PAP 40
PAP 63
PAP 99



Resim 2.8: Alüminyum bükme boru ekler

2.2.4.3. Sıkma (Kompresyon) Tipi Klemensler⁸

Yüksek gerilim hava hatlarında kullanılan çelik özlü alüminyum iletkenler ve çelik koruma iletkenlerin eklenmesi, durdurulması ve tamir edilmesi alçak gerilimli hatlardan farklıdır. Genel olarak çok büyük direkler arası açıklıklarda ve büyük enerji naklinde kullanılır.

Yüksek mekanik dayanım için eklenecek iletkenlerin çelik özleri birbirine çelik bir ekle eklenir. Mekanik dayanımla birlikte yüksek elektrik geçirgenliğini temin etmek için çelik ekin üzerine alüminyum ek malzemesi ile alüminyum telleri birbirine ekleyecek şekilde eklenir. Ekleme ek malzemelerinin birbirlerine olan uzaklıkları 100 m'den az olmamalıdır. Ek malzemesinin direğe olan uzaklığı ise direk boyunun 1,5 katı kadar uzakta olmalıdır. Ayrıca her aralıkta sadece bir eke izin verilir.

Üzeri zedelenmiş tellerin görevlerini yapabilmeleri için tamir edilmeleri de alüminyum bir ekle yapılır. Topbaşı, ek manşonu ve tamir manşonlarının yapılması altıgen şekilli sıkma (kompresyon) ekleme sistemine göre yapılır. Bu sistem 70-100 tonluk bir hidrolik prese, iletken ve ek boyutlarına göre de prese uygun sıkma kalıplarına ihtiyaç vardır.

2.2.4.4. Zırh Çubukları

Yüksek gerilim hava hatlarındaki taşıyıcı direklerde iletkenleri, askı tipi izolatlara bağlamaya yarayan alüminyum tellerdir.

Zincir izolatörlerin askı takımlarının iletkenlerle temas boyları kısa olduğundan, iletkenlerin alüminyum tellerinin ezilmesini önler. Hattın titreşimler sebebiyle yorulmasını önler ve titreşimlerini söndürür. Alüminyum tele göre daha sert alüminyum malzemeden hattın çapına göre önceden şekillendirilir. Bu nedenle hiçbir yardımcı teçhizata ihtiyaç olmadan kırmızı boya ile işaretlenmiş orta noktaları askı takımının ortasına denk gelecek

şekilde hat iletkenin üzerine sarılır. Hiç boşluk bırakılmadan telin iletken üzerine sarılması ve zırh çubukları sarıldıktan sonra askı takımının bağlanması yeterlidir.

2.2.5. Spacer (Ara Parçası)

Çok yüksek gerilimli elektrik enerjisinin hava hatları ile iletilmesinde aynı faza ait iletkenlerin kesitleri yeterli olmadığı takdirde iletken sayıları 2-3 veya 4 demet şeklinde çekilir.

Ülkemizin enterkonnekte şebeke sistemine dâhil olan 380 kV enerji nakil hatlarında A WG veya MCM Rail tipi çelik özlü alüminyum iletkenler kullanılmaktadır. Kullanılan bu iletkenin akım taşıma sınırı 1010 amperdir. Eğer hava hattından 1010 amperin üzerindeki değerden daha yüksek değerde bir akım iletilmesi gerekirse aynı fazlara ait iletken sayıları 2-3 veya 4 hat şeklinde tesis edilir.

Aynı faza ait iletkenler 2'li-3'lü veya 4'lü demet şeklinde çekildiği zaman rüzgârın etkisiyle birbirlerine çarparak temas edebilir. Bu durumda alüminyum iletkenin dış kısmında ezilme şeklinde zedelenmeler olur. Bu olumsuz durumu önlemek için aynı faza ait olan bu iletkenler hat boyunca 60-70 metre aralıklarla karşılıklı olarak birbirlerine esnek bir parça ile tutturulur. Aynı faza ait olan iletkenleri birbirlerine tutturan bu esnek parçaya spacer (sipeysır) denir.



Resim 2.9.a: Spacer (Ara parçası)



Resim 2.9.b: Spacer (ara parçası) montajı

2.2.6. Havai Hatlarda Sehim

Büyük aralıklı hatlarda iletkenlerin çekme gerilmeleri ve bu gerilmelere ilişkin en büyük salgıları hesaplamak için aşağıdaki varsayımlar ayrı ayrı göz önüne alınacaktır.

Madde 46-a) İletkenlerin en büyük zorlanmaları:

1) Hava hatlarında kullanılacak iletkenlerin en büyük çekme zorlanmaları, iletkenin kopma dayanımının % 45'ini geçmeyecektir.

2) Hava hatlarında kullanılacak iletkenlerin +15 °C'da rüzgârsız durumda çekme zorlanmaları iletkenin kopma dayanımının % 15'ini geçmeyecektir. Ancak titreşimi söndürücü önlemler alındığında bu değer % 22'ye kadar artırılabilir.

3) Küçük aralıklı hatlarda (müşterek direkli hatlar dâhil), 10 mm² kesitli bakır iletkenler için 12 kg/mm² ve 21 mm², alüminyum iletkenler için 7 kg/mm²lik en büyük çekme gerilmesi esas alınarak +5 °C için hesaplanan salgılara paralel olacak şekilde öteki iletken gerilme ve salgılarına göre hazırlanacak çizelgeler kullanılacaktır. Büyük aralıklı hatlarda -5 °C'da iki kat buz yükü alınarak askı noktalarında iletkenin en büyük gerilmesinin kopma dayanımının % 70'ini aşmadığı doğrulanacaktır.

b) Büyük aralıklı hatlarda iletkenlerin çekme gerilmelerini ve bu gerilmelere ilişkin en büyük salgıları hesaplamak için aşağıdaki varsayımlar ayrı ayrı göz önüne alınacaktır.

- 1) İletken,
 1. Bölgede -10 °C
 2. Bölgede -15 °C
 3. Bölgede -25 °C
 4. ve 5. Bölgelerde -30 °C sıcaklıkta rüzgârsız ve buzsuz olarak bulunmaktadır.
- 2) İletken üzerinde -5 °C sıcaklıkta buz yükleri vardır.

Bölge Nu.	Buz Yükü Kat Sayısı k	Buz Yükü kg/m	Ortam Sıcaklığı (°C)	
			En Düşük	En Yüksek
1	0	0	-10	50
2	0,2	0,2√d	-15	45
3	0,3	0,3√d	-25	40
4	0,5	0,5√d	-30	40
5	1,2	1,2√d	-30	40

Tablo 2.5: Bölgelere ilişkin buz yükleri ve ortam sıcaklıkları

3) 1. bölgede 50 °C, 2. bölgede 45 °C, 3., 4. ve 5. bölgelerde 40 °C sıcaklıklarda rüzgâr esmediği varsayılacaktır.

4) İletkenler üzerine -5 °C sıcaklıkta, yatay ve hatta dik yönde rüzgâr estiği varsayılacaktır. Rüzgâr kuvveti madde 48-b/1'de belirtildiği biçimde hesaplanacaktır.

c) Özel durumlar:

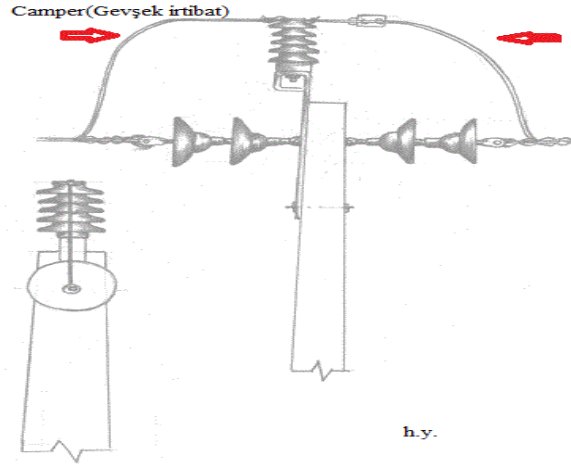
1) Hat, birden fazla bölgeden geçiyorsa her bölgedeki hat bölümü o bölgeye ilişkin değerlerle hesaplanacaktır.

2) Direkler üzerinde malzeme ve kesiti farklı iletkenlerin bulunması durumunda direk açıklığı, en küçük açıklığı veren iletkene göre saptanacaktır.

3) 1. bölgede bulunup yükseltisi (kotu) 600 m'yi aşan arazideki hatların hesabı 2. bölge koşullarına, 2. bölgede bulunup yükseltisi 900 m'yi aşan arazideki hatların hesabı 3. bölge koşullarına ve 3. bölgede bulunup yükseltisi 1600 m'yi aşan arazideki hatların hesabı 4. bölge koşullarına göre yapılacaktır. Bu durumda madde 46-c/1 de göz önüne alınmalıdır. Küçük aralıklı alçak gerilim hatlarında arazi yükseklik farkları göz önüne alınmaz.

2.2.7. Camper (Gevşek irtibat)

Enerji nakil hatlarının durdurucu ve köşede durdurucu direklerinde aynı faza ait iletkenleri, izalatörlerin uç kısımlarından birbirine irtibatlandırmaya camper (gevşek irtibat) denir.



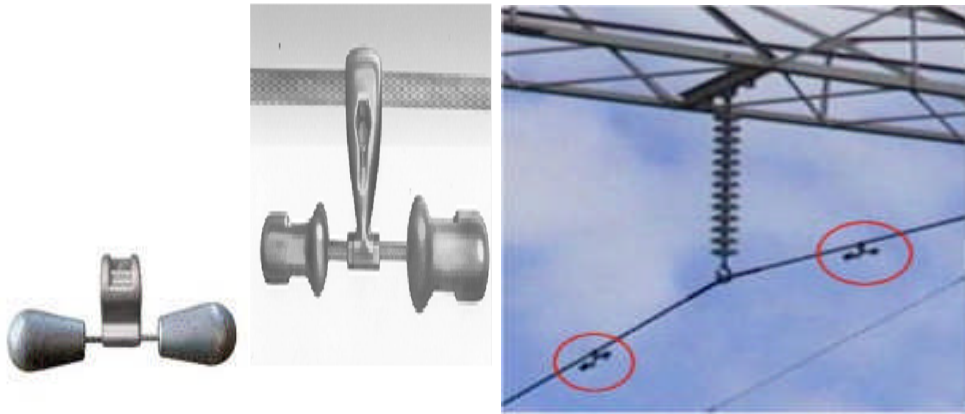
Resim 2.10.a: Camper (Gevşek irtibat)



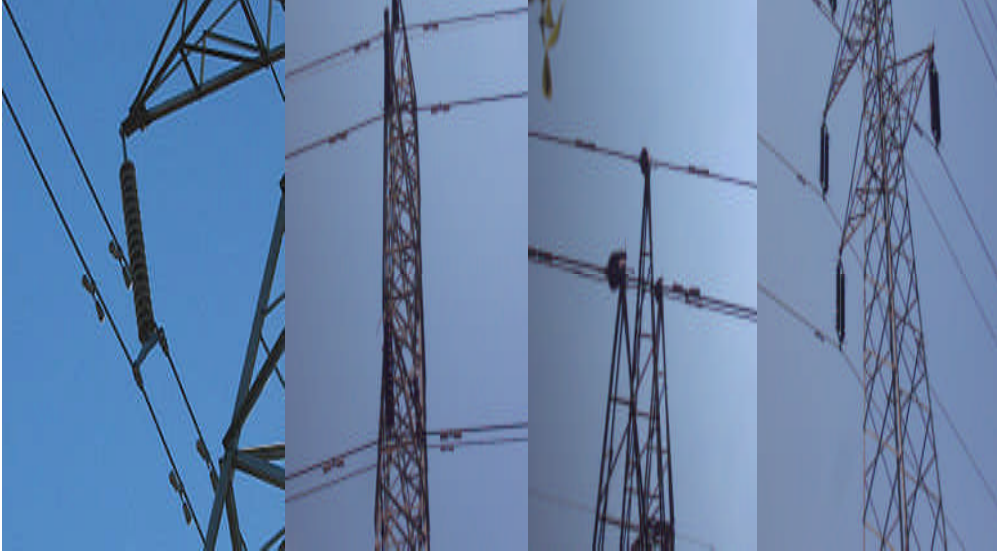
Resim 2.10.b: Camper (Gevşek irtibat)

2.2.8. Damper Tanımı ve Yapısı (Titreşim Amortisörleri)

YG enerji nakil hatlarında rüzgâr, iletkene titreşim yaptırır. Rüzgâr estiğinde, rüzgârın estiği yönün ters tarafında girdaplar meydana gelir. Bu girdap kuvveti iletkeni aşağı veya yukarı doğru hareket ettirmek için zorlar. Bu kuvvet iletkenin yorulmasına dolayısıyla kopmasına sebep olabilir. Aynı titreşim izolatörde ve direklerin cıvatalarında gevşemelere neden olmaktadır. İletkenlerin titreşimini önlemek için izolatörün uç kısmına yakın yere konan ek parçasına damper denir. Resim 2.10'da damperin hat üzerindeki montaj yeri görülmektedir.



Resim 2.11.a: Damper

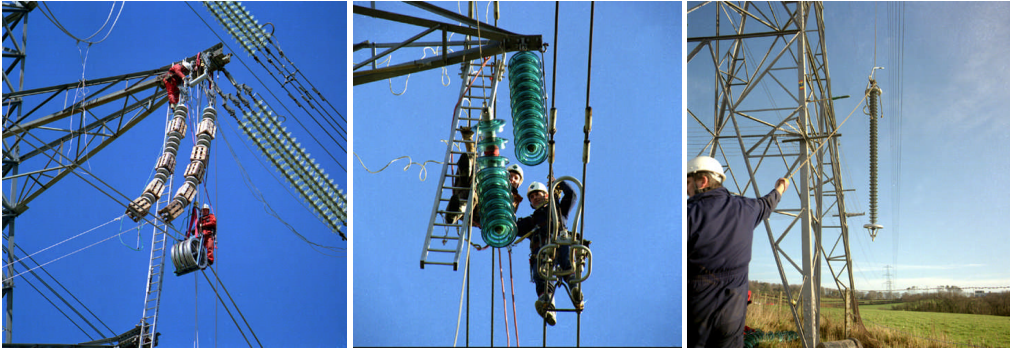


Resim 2.11.b: Damper

2.2.9. Havai Hat İletkenlerini Çekme Yöntemleri

İletkenler çekilirken hattın başına iletken makaraları özel sehpa veya sistemler üzerinde yerleştirilir. Bu işlem iletkenin cinsine yani makaranın ağırlığına bağlıdır. Bazen her makara için fren tertibatlı arabalı özel araçlar gerekebilir. İletkenler kapma, çorap vb. özel malzemelerle iletkenin ağırlığına göre traktör veya dozer gibi bir araca bağlanır.

Her direkte makaralara alınarak son direğe veya durdurucuya gelinerek sıcaklık durumuna göre gözle veya gerilme kuvvetine göre dinamometre ile sehimleri alınarak hattın uçları ilk ve son direklere sabitlenir. Yaklaşık bir gün bekledikten sonra sehimler tekrar kontrol edilir, sonra makaraların olduğu noktalardan izolatörlere tam dik olarak bağlanır. Eğer izolatörler tam dik değilse ya doğru bağlanmamış ya da hatta sonradan bir arıza olmuş demektir. Bu durum taşıyıcı direğe gereğinden fazla bir yük getirerek yıkılmasına sebep olabilir. En kısa zamanda düzeltilip hattın tamamı kontrol edilmelidir. Bazen bu hata hattın tamamının makaraya alınıp tekrar izolatöre bağlanmasını gerektirebilir.



Resim 2.12.a: Havai hat çekilmesi

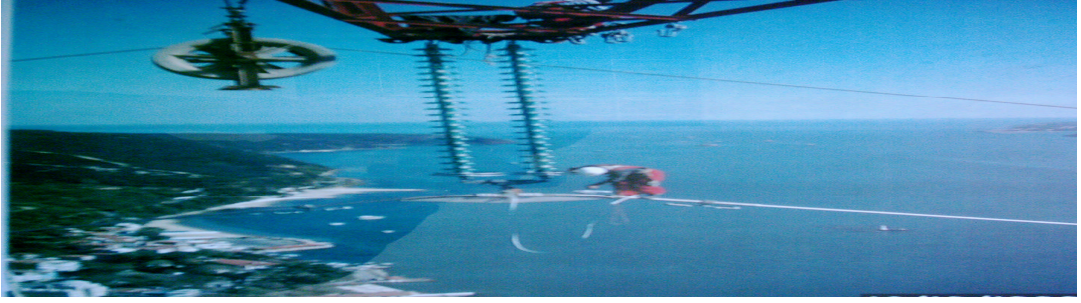


Resim 2.12.b: Havai hat çekilmesi

Havai hat çekilmesinde iş güvenliği kurallarına kesinlikle ve zorunlu olarak uyulmalıdır.



Resim 2.12.c: Havai hat çekilmesi



Resim 2.12.d: İstanbul boğazi geçiş hattının yapılıması

“ALPEK” kablo montajı:

“ALPEK” kablolar, yapılarına göre izolatörlü veya izolatörsüz montaj sistemlerine göre uygun olarak üretilmiş olup özel montaj malzemeleri ile tesis edilir. Montaj sistemlerinin kullanım ve şartları ile ilgili olarak Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmenliği’nde gerekli açıklamalar bulunmaktadır.

“ALPEK” kabloların hafif olması pek çok yerde insan gücü ile çekme imkânı verir. Faz yalıtkanlarının ve çıplak nötr askı telinin çekim sırasında zedelenmemesi için sivri taş ve travers gibi sert parçalara, dikenli tellere, yoğun ve yeni gübrelenmiş toprak zemine temas etmemesi sağlanmalıdır. “ALPEK” kabloların sarılı oldukları makaraların bekletilmeleri süresinde ıslak zemine temas etmeyecek şekilde depolanmasına özen gösterilmelidir.

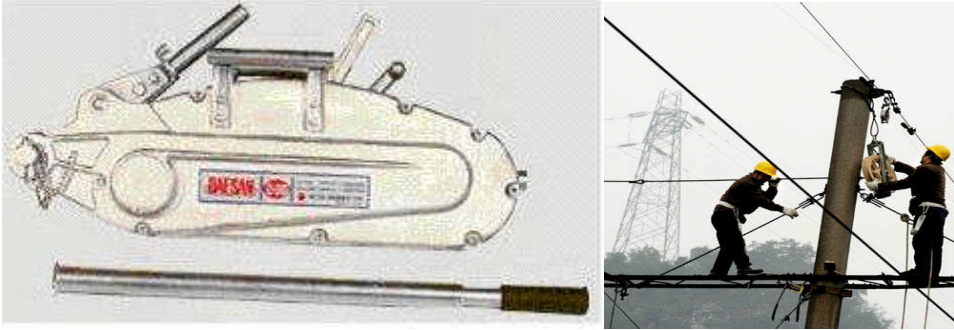
“ALPEK”, genel olarak branşmanlarda çıplak alüminyum iletkenler için kullanılan paralel oluklu veya bimetalik klemensler kullanılır ve üzerleri plastik kutularla (TK-PAK 70 gibi) tehlikeli sonuçlar verebilecek dokunmalara karşı kapatılır.

“ALPEK” kablo branşmanları için özel geliştirilmiş, dişli klemens (TK-PYK-AB 95) kullanılması hâlinde kablo yalıtkanının soyulması, temizlenmesi, macunlanması, yalıtkan bir kutu ile kapatılması gibi işlem ve klemense ihtiyaç yoktur. Gerekli emniyet tedbirleri alınarak gerilim altında, şebeke gerilimi kesilmeden bakır veya alüminyum iletkenli branşman kablolarına bağlantı yapmak mümkündür.

2.2.9.1. Havai Hat İletkenlerini Çekme İşlem Sırası

İletkenlerin çekilmesi üç aşamada tamamlanır.

- İletkenler direktteki tel çekme makaralarının üzerine kaldırılır.
- İletkenler germe kuvvetiyle gerilir.
- İletkenler makaraların üzerinden izolatörlere bağlanır ve atlama (camper) bağlantıları yapılır.



Resim 2.13: Trifor

- **İletkenlerin Çekilmesi**

AG ve OG şebekelerinde iletkenler tel çekme makinelerine gerek duyulmadan el gereçleri ile çekilir. İletkenler kesinlikle travers ve deve boynu izolatör demirlerinin üzerinden kaydırılarak çekilmemeli, bunun için alüminyum tel çekme makaraları kullanılmalıdır.

- **İletkenler Germe Kuvvetiyle ve Salgı ile Gerilme**

İletkenleri germek için AG ve OG'de kapma dediğimiz gergi takımları kullanılır. Daha büyük kesitli iletkenlerde trifor kullanılır.



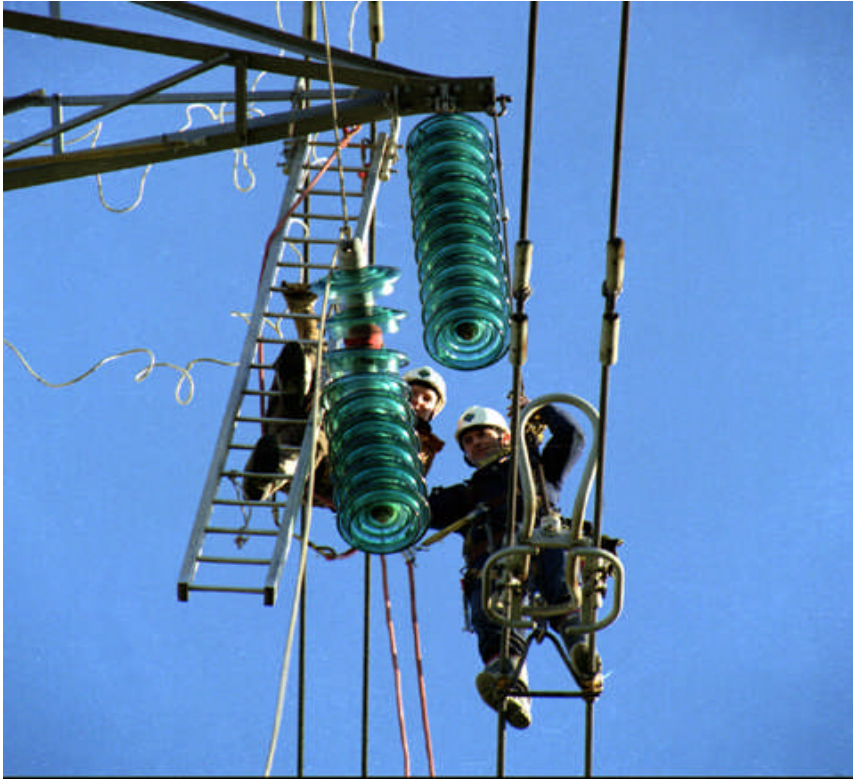
Resim 2.14 a: Alpek (Yalıtılmış alüminyum iletken) çekilmesi



Resim 2.14 b: Alpek kablonun gerdilmesi ve sehimin verilmesi

- **İletkenlerin İzolatörlere Bağlanması**

İletkenlere salgi verildikten ve iki durdurucu direkte izolatöre durdurucu bağ ile bağlandıktan sonra aradaki taşıyıcı direklerde mesnet izolatörlerinin yan veya üst yuvasına taşıyıcı bağla bağlanır. İzolatör bağları bittikten sonra durdurucu direklerde atlama bağlantıları (camperler) yapılır.



Resim 2.15: İletkenlerin izolatörlere bağlantısı

2.2.9.2. Havai Hat Çekilirken Dikkat Edilecek Hususlar

- İletken seçimi esnasında gevşek kalmış bir bağ veya iletken zedelenmesi, kuş gözü yapılması liflerin kopması ileride çok büyük arızaların doğmasına sebep olur. Hattın işletilmesi esnasında sık sık kesintiler meydana gelir.
- İyi sıkılmamış bir klemens, iyi yalıtılmamış bir topbaşı veya kötü bir ek tesisin verimini ve güvenilirliğini düşürür.
- Hat güzergâhı da iletken çekimi kadar önemlidir. Kesilmemiş ağaçlar, fazla sayıda aç vermez, yoldan uzak ve ulaşımı zor bir güzergâhın seçilmesi hattın işletme ve bakımını zorlaştırır.
- İletkenler kontrollü bir şekilde makaradan boşaltılarak herhangi bir yere sürmeden, direğe asılmış makaralara alınarak çekilmelidir.
- Monte edilmiş izolatöre bağ yapmadan önce izolatör silinmeli, çatlak ve kırık olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- İletken izolatör oyuğuna köşeli direklerde dışa normal direklerde iç kısma bağlanmalıdır. Çok rüzgârlı bölgelerde bu değiştirilebilir.
- Topbaşı işleminde iletken form vermek, iletkenin izolatör oyuğuna gelen kısmına bant sermek, durdurucu klemensleri uygun bir şekilde takmak ve camper atlamaları için yeterli miktarda pay bırakmak önemli hususlardır.

2.2.9.3. Havai Hat Çekilmesinde Gerekli Emniyet ve Güvenlik Tedbirleri

Havai hat çekilirken İş Güvenliği Yönetmeliği'ne göre uygun hareket edilmelidir.

TEİAŞ İş Güvenliği Yönetmeliği

Madde 76 -Enerji iletim hatları üzerinde yapılacak tamirat ve izolatör değiştirilmesi gibi ekip çalışmalarında kazaya uğrayan kimsenin kurtarılması için gerekli indirme malzemesi ile ilk yardım malzemesi ekibin yanında bulunacaktır.

Madde 77 -Tel çekiminde kullanılan çekme ve fren makineleri ile hareketli iletken topraklanacaktır.

Madde 78 -Gergi altına alınmış iletkenlerin gergi yükü uygun şekilde kaldırılmadan kesme işlemi yapılmayacaktır.

Madde 79 -Koruma teli çekimi sırasında hareket hâlindeki koruma teli tamburlarının en az 5 m'lik emniyet mesafesinde eleman bulunmayacaktır.

Madde 80- Direk üzerine çıkmadan önce direğin her türlü gerilimden arındırıldığından emin olunacaktır. Direğe çıkan bir kimsede; emniyet kemeri, güvenlik ayakkabısı, baret vb. kişisel koruyucular ile takım torbası bulundurulacaktır. Direğin cinsine göre hazırlanmış tırmanma cıvataları, özel kanca ve merdiven gibi tırmanıcılarla direk donatılacaktır. Emniyet kemeri çalışma süresince düşmeyi önleyecek sağlam noktalara bağlanacaktır.

Madde 81-Malzeme ve aletler kesinlikle fırlatılmayacak tek dilli makaralı halat sistemi ile çıkarılıp indirilecektir. Küçük el aletleri (pense, tornavida, anahtarlar vb.) çalışanın kemerine takılmış takım torbasında taşınacaktır.

Madde 82 - Bir direğe birden fazla kişinin çıkması çalışma için gerekli ise aynı çıkış aksında birinci şahıs çıkmadan ikinci şahıs çıkmayacaktır.

Madde 83 - Kaldırma ve taşıma araçlarının gerilim altında bulunan veya bulunmayan iletkenlerinin yakınında kullanılması ve hareket ettirilmesi esnasında bu araçların iletkenlere olan güvenlik mesafelerini ihlal veya temas etmemeleri için özel önlemler alınacaktır.

Madde 84 -Çalışma sahasının sınırlandırılmasında cihazların boyutları, iş makine ve araçlarının manevra edebilme imkânları ve hatların kopma ihtimali göz önünde bulundurulacaktır.

Madde 85 -Müşterek hatlar ve çok devreli hatlar üzerinde çalışırken hatlardan herhangi birinde enerji var ise gerilim altında çalışma hükümlerine uyulacaktır.

Madde 86 - Tesisatın çok yakınındaki çalışma, elektrikle ilgili olmasa da önce çalışma müsaadesi alınacak ve tesisatın enerjisi kesilecektir. Enerjinin kesilmesi mümkün olmazsa AG tesisleri için madde 51'deki OG ve YG tesisleri için madde 62'deki önlemler alındıktan sonra çalışmaya başlanacaktır.

Madde 87-Gerilim altındaki tesislerin yakınında elektrikle ilgili olmayan çalışmalarda alınacak önlemlerde güvenlik mesafesine ve tesisatın karakteristiklerine uygun alet kullanılacaktır.

Madde 88 -Tesisatın çok yakınında olmayan çalışmalarda tesisatın çalışılan yere uzaklığı güvenlik mesafesinde ise hatların gerilim dışı bırakılmasına gerek yoktur. (Bak madde 7) Ancak, personelin güvenlik mesafesine doğrudan doğruya veya vasıtalı olarak yaklaşmasını önlemek için gerekli tüm önlemler alınacaktır.

2.2.9.4. Havai Hat İletkenleri Bağlantı Yöntemleri

İki direk arasında eklerden olabildiğince kaçınılmalıdır. Artık teller eklenerek kullanılamaz. Zorunlu durumlarda iki direk arasında her iletken için ancak bir ek yapılabilir.

Lehim ve kaynakla ek yapılmamalıdır. Eklerde iyi bir iletkenlik ve sürekli bir sağlamlık sağlanmalıdır. Alüminyum iletkenler, örülerek ek yapılmaz.

Çekmeye zorlanan iletken ekleri, en büyük çekme kuvvetinin 2,5 katı ile iletken kopma kuvvetinin % 90'ından küçük olanına dayanmalıdır. Ek malzemeleri, ilgili standartlara uygun olmalıdır.

- **Havai Hat İletkenlerini Bağlama İşlem Sırası**

Havai hat iletkenleri direklere çekilirken aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

- **Havai Hat İletken Bağlantı ve Ek Yöntemleri**

Havai hat iletkenlerinin bağlantı ve ek yöntemleri aşağıda uygulamalı olarak anlatılmıştır.

- **. Havai Hat İletken Bağlantılarında Gerekli Olan Emniyet ve Güvenlik Tedbirleri**
 - Hattın enerjisi kesilir.
 - Bağ yapma teli ve gerekli malzemeler ile birlikte direğe çıkarılır.
 - Direkte emniyet kemeri bağlanır.
 - TEİAŞ İş Güvenliği Yönetmeliği'ne uygun hareket edilir.

2.3. Alüminyum veya Bakır Örgülü İletken Ek Yapma Uygulaması

Havai ve daha büyük kesitli çelik-alüminyum iletkenlerin durdurulması ve atlama yapılması için vidalı klemensler kullanılamaz. Nedeni elektriksel temas ve çekme dayanıklılığı bakımından güvenilir değildir. Bu amaçla sıkmalı topbaşı manşonu kullanılır.

Partridge iletkenin de sıkmalı topbaşı manşonu ile durdurulması önerilir. Sıkmalı topbaşı manşonunun uygulanmasında izlenecek işlem sırası şöyle olmalıdır:

- Çelik öz ve çelik alüminyum iletkenine uygun sıkma kalıpları seçilir.
- İletkenin ucu hasarlıysa sağlam yere kadar kesilir.
- İletken topbaşı manşonun içinden geçirilir ve ucu 1 m kadar dışarı çıkarılır.
- Çelik öz çok telli ise tellerin dağılmaması için ucuna tel sarılarak bağlanır. Bu amaçla iletkenin ucunun 3 cm gerisine tel sarıldıktan sonra çelik öze zarar vermeden alüminyum teller bağın dibinden kesilir.
- İletken çelik özün ucunun gözlü çelik şişin içindeki delik derinliğinin % 25 fazlası kadar ilerisinden tel sarılarak bağlanır. Bağlantının biraz önünden çelik öz zedelenmeden alüminyum teller kesilir. Çelik özün zedelenmemesi için dış katmanlardaki alüminyum teller testere ile kesilir. İç katmanlardaki çelik teller ise çapının 2/3'üne kadar testere ile çentiklendikten sonra bükülerek koparılır.
- Üzerindeki alüminyum teller kesilmiş olan çelik özün üzerinde gözlü çelik şişin delik derinliği kadar uzunluk işaretlenir. Çelik öz 2 cm kadar gözlü çelik şişin deliğine sokulur ve tel bağ çözüldükten sonra işaretli yere kadar deliğe sürülür.
- İçine çelik öz geçirilmiş olan gözlü çelik şişin üzerindeki yivlerin bitiminden ucuna doğru hidrolik preste altıgen iz basılır. Sıkmaya her basışta basılmış kısmın 1/3 kadar yürünerek devam edilir. Kalıbın her oturtuluşunda 2/3'sinin basılmış tarafta kalmış olmasına bakılır.
- Gözlü çelik şiş topbaşı manşonunun içine bu manşonun ucundan iletken çekilerek sokulur. Topbaşı manşonun kırmızı boyalı kısmının kenarından başlanarak önce bir uca sonra öbür uca doğru altıgen iz basılır. İzler arasında iz genişliğinin 1/3'i kadar boşluk bırakılır. Kırmızı boyalı kısımların ortasında delik varsa bu delikten yağdanlıkla ek macunu doldurulur ve sonra deliğin tapası takılır.
- Atlama bağlantı manşonunda borunun içine atlama iletkeninin ucu dibe kadar sokulduktan sonra bağlantı laması tarafından başlanarak topbaşı manşonunda olduğu gibi altıgen iz basılarak ek yapılır.

- Preste sıkıldıktan sonra manşonlarda eğilme olursa eğrilik ağaç veya plastik çekiçle düzeltilir.

2.4. İzolatöre İletken Bağlama Uygulaması

- İzolatöre iletken bağlama uygulaması için işlem basamakları:
 - Özel bağ yapma teli ve gerekli malzemeler ile birlikte direğe çıkılır.
 - Direkte emniyet kemeri bağlanır.
 - Makara direğe monte edilir.
 - İzolatörün yanında bağ yapma pozisyonu alınır.
 - Bağ telinin orta noktası bulunur.
 - İletkenin izolatöre gelecek yerin sağ ve soluna 8-10 tur sipir atılarak zırh yapılır.
 - İletken izolatörün oyuk yerine oturtulur.
 - Taşıyıcılarda, bağ teli direk tarafına,
 - Köşelerde, bağ teli zaviyesinin tersine getirilir.
 - Bağ telinin üst ucu izolatörün arka kısmından geçirilir ve iletken telin alt kısmından iki tur bağ teli dolandırılır.
 - Aynı şekilde alttan gelen bağ teli ucu izolatörün arkasından ve iletkenin üstünden iki tur iletkene dolandırılır.
 - Sonra izolatörün arkasından bağ teli çaprazlanıp sağında ve solunda turlar atılarak bağ teli iletkene sarılır.
 - Bağ teli uçları pense ile yatırılır.



Resim 2.16: İletkenin izolatöre bağlantısı



Resim 2.17: İletkenin izolatöre bağlantısı

2.5. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

2.5.1. Hava Hatları

Madde 4-c)

1) Hava hattı: Kuvvetli akım iletimini sağlayan mesnet noktaları, direkler ve bunların temelleri, yer üstünde çekilmiş iletkenler, iletken donanımları, izolatörler, izolatör bağlantı elemanları ve topraklamalardan oluşan tesisin tümüdür.

2.5.2. Çıplak İletkenler

Madde 43-a) Çıplak iletkenler:

1) İletkenlerin özellikleri ve kullanılması:

i) İletkenler bakır, tam alüminyum, çelik özlü alüminyum ya da sağlamlık ve kimyasal dayanıklılık bakımından bunlara eş değer olan alaşımlardan yapılmalıdır. İletkenler ilgili standartlara uygun olacaktır.

ii) Bir telli (som) ya da örgülü çelik iletkenler ancak kullanıldıkları yerde oluşabilecek korozyon etkilerine karşı sürekli olarak dayanabilecek şekilde metal örtü ile kaplandıkları takdirde kullanılabilir.

iii) Kesitleri ve cinsleri ne olursa olsun hava hatlarında kullanılan alüminyum iletkenler ile kesitleri 16 mm^2 den (16 mm^2 dâhil) büyük bakır iletkenler örgülü olmalıdır.

iv) Bir merkezin çıkışı ile ilk mesnet noktası olan direk arasında ve direk üstündeki köprüleme ve atlamalarda bir telli iletken kullanılabilir.

v) Yüksek gerilimli hava hatlarında yalnız örgülü iletkenler kullanılır.

vi) İletkenlerin kopma kuvveti, alçak gerilimli hatlarda en az 350 kg, yüksek gerilimli hatlarda ise en az 550 kg olmalıdır.

vii) Hava hatlarında kullanılan çıplak örgülü iletkenlerin kesitleri aşağıdaki değerlerden küçük olamaz.

	<u>AG</u>	<u>YG</u>
Bakır	10 mm ²	16 mm ²
Tam alüminyum	21 mm ²	---
Çelik/alüminyum	----	21/4 mm ²
Çelik	16 mm ²	16 mm ²
Bronz	16 mm ²	16 mm ²

Alçak gerilimli küçük aralıklı hatlarda 10 mm² kesitli bir telli veya örgülü bakır iletkenler ya da iletkenlik bakımından buna eş değer olan başka iletkenler kullanılabilir.

2.5.3. Hava Hatları Mekanik Hesaplarında Kullanılacak Varsayımlar

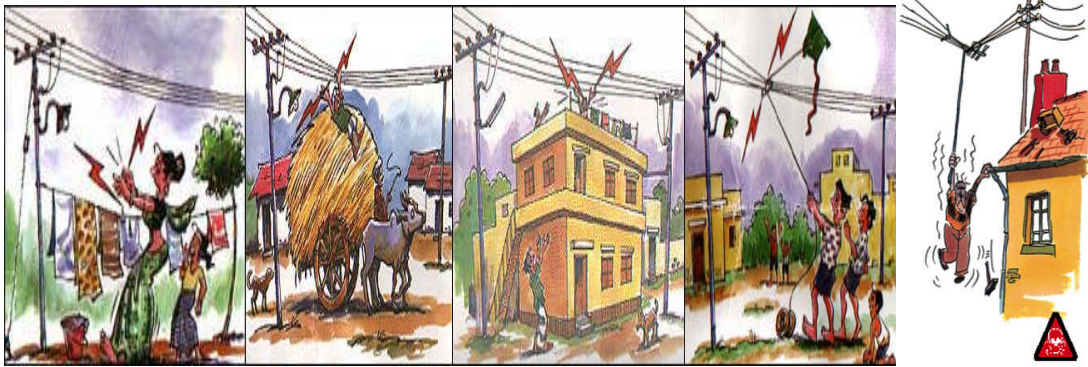
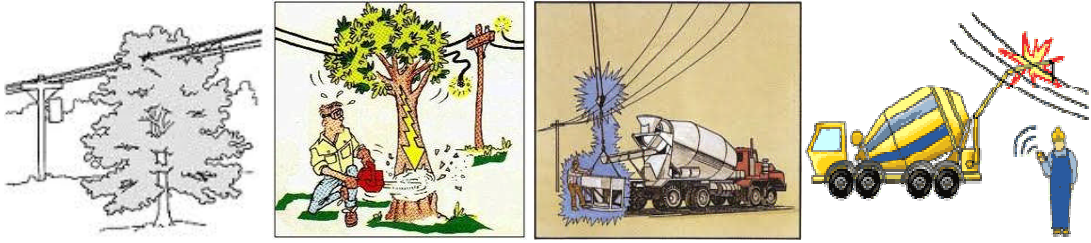
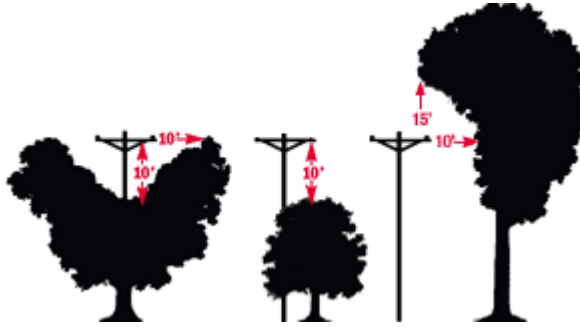
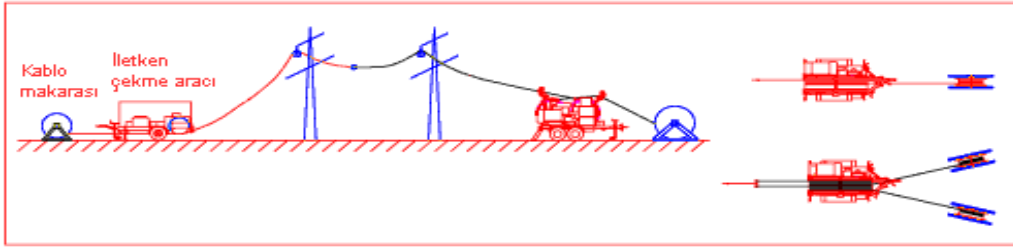
Hava hatlarının mekanik hesaplarında kullanılacak varsayımlar

Madde 45- Hava hatlarının mekanik hesaplarında göz önüne alınacak varsayımların kullanılacağı bölgeler ile bu bölgelere ilişkin buz yükleri ve en düşük, en yüksek ortam sıcaklıkları Çizelge-9'da gösterilmiştir. Bu bölgeleri gösteren harita, Yönetmeliğin sonunda eklidir.

Özel koşullar gereği, tabloda belirtilenlerden daha yüksek buz yükü olduğu bilinen veya beklenen yerlerde daha büyük kat sayılar kullanılır. Buz yoğunluğu 0,6 kg/dm³ alınacaktır.

Bölge Nu.	Buz Yükü Kat Sayısı k	Buz Yükü kg/m	Ortam Sıcaklığı (°C)	
			En Düşük	En Yüksek
1	0	0	-10	50
2	0,2	0,2√d	-15	45
3	0,3	0,3√d	-25	40
4	0,5	0,5√d	-30	40
5	1,2	1,2√d	-30	40


Tablo 2.6: Bölgelere ilişkin buz yükleri ve ortam sıcaklıkları





Resim 2.18: Havai hatlarla ilgili tehlikeler

UYGULAMA FAALİYETİ

Okul bahçesine okul ihtiyacını karşılayacak şekilde dikmiş olduğunuz direklere uygun tel seçimini yaptıktan sonra iletken çekimini gerekli güvenlik tedbirleri ile birlikte öğretmeninizin gözetiminde yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
 <ul style="list-style-type: none">➤ Uygun iletkeni seçiniz.➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız.➤ İletkeni yere seriniz.➤ İletkeni trifor veya elle direğe çekiniz.➤ İletkeni izolatlörlere tutturunuz.➤ İletkenleri uygun sehimde geriniz.➤ Camper bağlantısını yapınız.➤ İletkenlere damper montajını yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ İletken seçiminde ölçütler ile ilgili kısmı inceleyiniz.➤ “ALPEK” kablo montajı hakkında çekilen fotoğraflara bakınız.➤ Havai hat çekilen bir yerde iletkeni yere sermeyi gözlemleyiniz.➤ Havai hat çekilen bir yerde iletkeni direğe çekmeyi gözlemleyiniz.➤ Havai hat çekilen bir yerde iletkeni izolatlöre tutturmayı gözlemleyiniz.➤ Havai hat çekilen bir yere iletkenler arasında sehim vermeyi gözlemleyiniz.➤ Havai hat çekilen bir yere camper ve damper montajını gözlemleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Uygun iletkeni seçiniz. ➤ İş güvenliği tedbirlerini alınız. ➤ İletkeni yere seriniz. ➤ İletkeni trifor veya elle direğe çekiniz. ➤ İletkeni izolatlörlere tutturunuz. ➤ İletkenleri uygun sehimde geriniz. ➤ Camper bağlantısını yapınız. ➤ İletkenlere damper montajını yapınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ İletkenleri klemensten dışarıda en fazla 1 cm fazlalık kalacak şekilde yerleştiriniz. ➤ Klemens vidalarını çok fazla sıkmanız iletkeni zedeler, gevşek bırakılmasında ark oluşumuna neden olabilir.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Uygun sehime göre iletkenleri direğe çekebildiniz mi?		
2. İzolatöre iletken bağlantısını tekniğine uygun yapabildiniz mi?		
3. Havai hat klemensi kullanarak iletken eklerini yapabildiniz 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

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Bir havai hattın 380kV gerilimde evlerin çatılarına olan düşey uzaklığı kaç metre olmalıdır?
A)3,5 B)4,7 C)6,2 D)8,7
2. Petrol ve doğal gaz hatlarının geçtiği bir enerji iletim hattına azami düşey olarak kaç metre yaklaşılmalıdır?
A)5 B)9 C)4,5 D)6
3. Aşağıdakilerden hangisi havai hatta kullanılan ek malzemelerinden değildir?
A) İzole bant B) Cıvatalı klemens
C) Zırh çubukları D) Bükme boru ekler
4. Yüksek gerilimde aynı faza ait olan iletkenleri birbirlerine tutturan esnek parça aşağıdakilerden hangisidir?
A) Camper B) Klemens C) Spacer D) Damper
5. YG havai hatlarda iletkenleri gerdirmek aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
A) Trifor B) Kapma C) İzolatör D) Makara
6. Kaç metreyi geçen hatlarda gündüz ve gece işareti bulundurmamak zorunludur?
A)30 B)50 C)80 D)100
7. İletken titreşimlerini önlemek için ne kullanılır?
A)Camper B)Damper C)Direk D)Klemens
8. İletken çekme sırası aşağıdaki sıralamalardan hangisine göre olmalıdır?
I.İletkenler direkteki tel çekme üzerine kaldırılır.
II.İletkenler germe kuvvetiyle ve salgı ile gerilir.
III.İletkenler makaraların üzerinden izolatörlere bağlanır ve atlama (camper)bağlantıları yapılır.
A) I,II B) II,I C) I,II,III D) II,III,I
9. Türkiye’de kaç adet buz yükü bölgesi vardır?
A)3 B)4 C)5 D)6

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan paranteze, cümlede verilen bilgi doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

10. () Alüminyum iletkenler örülerek ek yapılır.

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

1. Bir havai hattın 380kV gerilimde evlerin çatılarına olan düşey uzaklığı kaç metre Havai hatta kullanılan çelik özlü alüminyum iletkenler kısaca hangi harflerle gösterilir?
A) AAA B) ACSR C) AASR D) AACR
2. Aşağıda kV cinsinden verilmiş ifadelerden hangisi yüksek gerilim değeridir?
A)10,5kV B)34.5kV C)154kV D)380kV
3. Aşağıdakilerden hangisi iletken seçiminde bir ölçüt değildir?
A) İletkenlik B) Koronaya karşı dayanıklılık
C)Özgül ağırlık D)Sıcaklık
4. Alüminyum iletkenin kesiti aynı akımı taşımak koşuluyla bakıra göre neden daha yüksektir?
A)Akım yoğunluğundan B)Gerilimden
C)Dirençten D)Güçten
5. Bakır iletken ile eşit uzunlukta, eşit dirençte ve gerilim düğümündeki alüminyum iletken arasında ağırlık yönünden nasıl bir oran vardır? .
A)1/1 B)2/1
C)1/3 D)1/2
6. olmalıdır?
A)3,5 B)4,7 C)6,2 D)8,7
7. Petrol ve doğal gaz hatlarının geçtiği bir enerji iletim hattına azami düşey olarak kaç metre yaklaşılmalıdır?
A)5 B)9 C)4,5 D)6
8. Aşağıdakilerden hangisi havai hatta kullanılan ek malzemelerinden değildir?
A) İzole bant B) Cıvatalı klemens
C) Zırh çubukları D) Bükme boru ekler
9. Yüksek gerilimde aynı faza ait olan iletkenleri birbirlerine tutturan esnek parça aşağıdakilerden hangisidir?
A) Camper B) Klemens C) Spacer D) Damper
10. YG havai hatlarda iletkenleri gerdirmek aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
A) Trifor B) Kapma C) İzolatör D) Makara

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 modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	A
5	D
6	A
7	B
8	D
9	C
10	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	B
3	A
4	C
5	A
6	C
7	B
8	C
9	C
10	Yanlış

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	A
5	D
6	D
7	B
8	A
9	C
10	A

KAYNAKÇA

- SANERYetkin, **Güç Dağıtımı (3)**, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.
- ÜSTÜNEL Mustafa, Mahir ALTIN, Mehmet KIZILGEDİK, **Endüstriyel Elektrik**, MEB Yayınevi, Ankara, 2001.
- **Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği**, TMMOB Elk. Mühendisleri Odası
- **Elektrik Dağıtım Tesisleri Genel Teknik Şartnamesi**, TMMOB Elk. Mühendisleri Odası