

MAKÜ

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ELEKTRİK ENERJİ İLETİMİ



HAVAİ HAT İLETKENLERİ

Doç. Dr. Ahmet ÇİFCİ

GİRİŞ

- ✓ **Havai hat iletkenleri**, santrallerde üretilen elektrik enerjisini tüketim bölgelerine taşıyan ve bu bölgelerde dağıtan hatlarda kullanılan iletkenlerdir.
- ✓ Enerjinin taşınması ve dağıtımında kayıpların en aza indirgenmesi için havai hatlarda kullanılacak iletkenler **yüksek iletkenlik özelliğine** sahip malzemelerden üretilmelidir. Diğer yandan, havai hat iletkenleri **mekanik yüklerle** ve **tabiat şartlarına** karşı yeterince dayanıklı, aynı zamanda mümkün olduğunca **hafif malzemelerden** seçilmelidir.
- ✓ **Hattın iletkenliği** ile **mekanik dayanımı**, kullanılan **iletkenin çapı** ve **yoğunluğu** ile ilişkilidir.
- ✓ Gerek taşıdıkları akımdan gerekse de dış faktörlerden dolayı havai hat iletkenleri kolayca ısınır. Bu durumda hattın direnci artar ve direkler arasında gerili olan iletkenlerde sarkmalar görülür. Dolayısıyla iletim hatlarında kullanılan iletkenlerin **ısı dayanımı** da iyi olmalıdır.
- ✓ İletken olarak en yaygın malzeme **bakır** ve **alüminyum**dur veya **çelik özlü alüminyum** iletkenlerdir.

GİRİŞ

- ✓ Enerji iletim hatları **kar**, **buz**, **rüzgâr**, **yağmur**, **güneş** vb. dış faktörlerden dolayı ekstra bir kuvvete maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle, iletkenler bu gibi olumsuz etkilere dayanacak şekilde seçilmelidir.
- ✓ İletken seçiminde en çok **enerji kaybı**, **optimal maliyet**, **gerilim düşümü**, **ısınma durumu** ve **korona kaybı** dikkate alınmalıdır.
- ✓ Enerji iletim ve dağıtımında kullanılan havai hat iletkenleri, **som** (içi dolu veya masif) **tek tel** veya **örgülü çok telli** olarak bakır veya alüminyumdan yapılır.
- ✓ Som telden yapılan iletkenler bir cins malzemedenden ve içi dolu bir tek tel halinde **10 mm²** kesite kadar imal edilir. Bazı özel durumlarda kullanılmak üzere **16 mm²**'lik olanları da yapılmaktadır.
- ✓ Örgülü çok telli iletkenler ise aynı veya ayrı cins metalden imal edilir. İnce tellerin **spiral şekilde örülmesiyle** meydana getirilen çıplak iletkenlerdir. Örgülü iletkenler, büyük kesitlerde **montaj kolaylığı**, **esnek oluşu** ve **taşınma kolaylığı** sebebiyle tercih edilir.

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Elektrik enerjisinin taşınması ve dağıtılmasında bakır, tam alüminyum (all aluminium conductor-AAC), alüminyum alaşımlı (all aluminium alloy conductor-AAAC) ve çelik özlü alüminyum (aluminium conductor steel reinforced-ACSR) iletkenler kullanılır.

İletkenlerin Kullanılan Malzemeye Göre Sınıflandırılması

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.



HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Alüminyum İletkenler (AAC): Alüminyum iletkenler, bakıra göre daha ucuz ve hafif olduklarından dolayı enerji dağıtımında en yaygın kullanılan iletkenlerdir. AAC olarak da tanımlanan bu tür iletkenler, %99,7 elektrolitik olarak arıtılmış alüminyum külçelerden üretilmektedir.

Alüminyum iletkenler, genel olarak yerleşim alanlarında, kısa direk aralıklı alçak gerilim enerji dağıtım hatlarında kullanılmaktadır. Bu tür iletkenler, ayrıca denizcilik sektöründe de yüksek korozyon direncine sahip olmalarından dolayı kullanılabilirler.



Diğer yandan, bakırın gerilme dayanımı $350-450 \text{ MN/m}^2$ olmasına rağmen, alüminyumun gerilme dayanımı ise $154-200 \text{ MN/m}^2$ 'dir. Görüldüğü gibi bakıra göre ucuz ve hafif olmasına rağmen, alüminyumun mekanik dayanımı daha küçüktür. Alüminyumun dayanıklılığını artırmak için demir, silisyum, bakır, çinko gibi maddeler katılır. Alüminyumun bakıra göre iletkenliği küçük olup yaklaşık 0,6 katı kadardır. Bu nedenle, bakır iletkenle aynı akımın taşınması için, alüminyum iletkenin daha büyük bir kesite sahip olması gerekir.

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Tam Alüminyum Alaşımli İletkenler (AAAC): Bu iletkenler, yüksek mekanik dirence sahip ve AAC ve ACSR iletkene nazaran çok daha fazla korozyon direncine sahip olduğundan, enerji nakil ve dağıtım hatlarında kullanılmaktadır. Ağırlık ve gergi oranı yüksek olduğundan, diğer iletken tiplerine nazaran tercih edilirler. AAAC iletkenler aynı çaptaki ACSR iletkenlerine göre daha yüksek elektrik iletkenliğine sahiptir.

Çelik Özlü Alüminyum İletkenler (ACSR, St-Al): Bu iletkenler, % 6-40 oranında değişen çelik özler üzerine sarılmış alüminyum iletkenler ile yüksek çekme ve gerilme özelliklerine uygundur. Bu tür iletkenler, nehir geçişleri ve direk aralıkları uzun olan enerji nakil hatlarında kullanılmaktadır. Çelik özlü iletkenlerin en büyük özellikleri yüksek gerilme mukavemeti, düşük ağırlık, daha az sayıda mesnet ile daha fazla iletim hat mesafesinin sağlanmasıdır. Alüminyum iletkenin kopma gerilmesi 18 kg/mm² iken çelik alüminyum iletkeninki ise 30 kg/mm²'dir. Bu nedenle çelik alüminyum iletken, alüminyum iletkene göre 1,66 kat daha dayanıklıdır. Ayrıca çelik alüminyum iletkenin bakıra göre 2 kat daha hafif oluşu, nakliye ve montajda büyük kolaylık sağlar. Bu durum, orta ve yüksek gerilim enerji iletim hatlarında büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu iletkenler Kanada normuna göre imal edilirler.

HAVAI HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ



AAC İletken

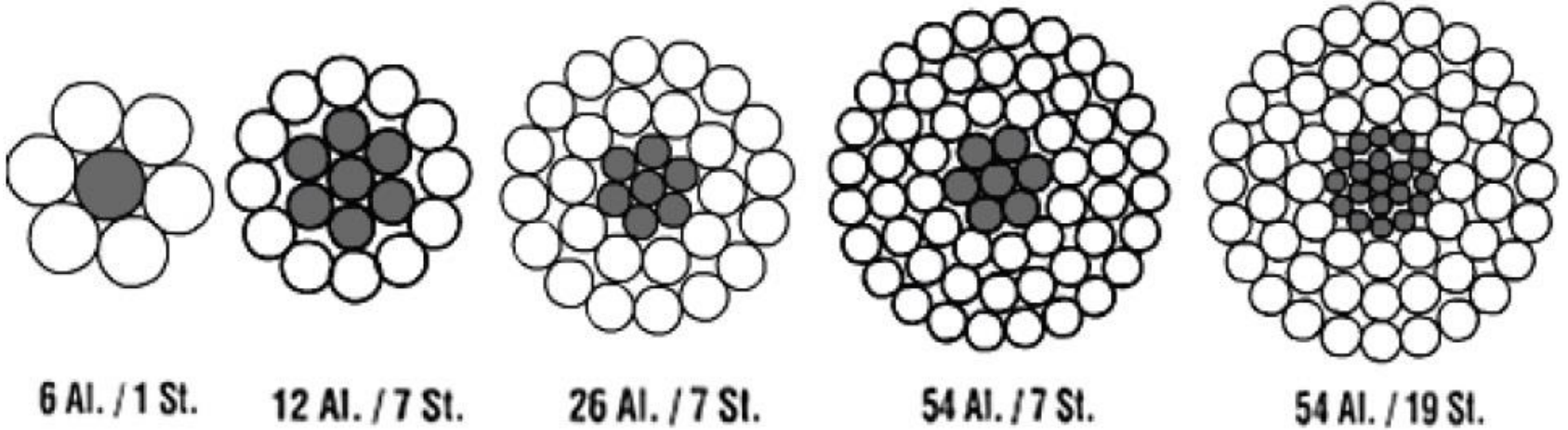


AAAC İletken



Al
St ACSR İletken

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

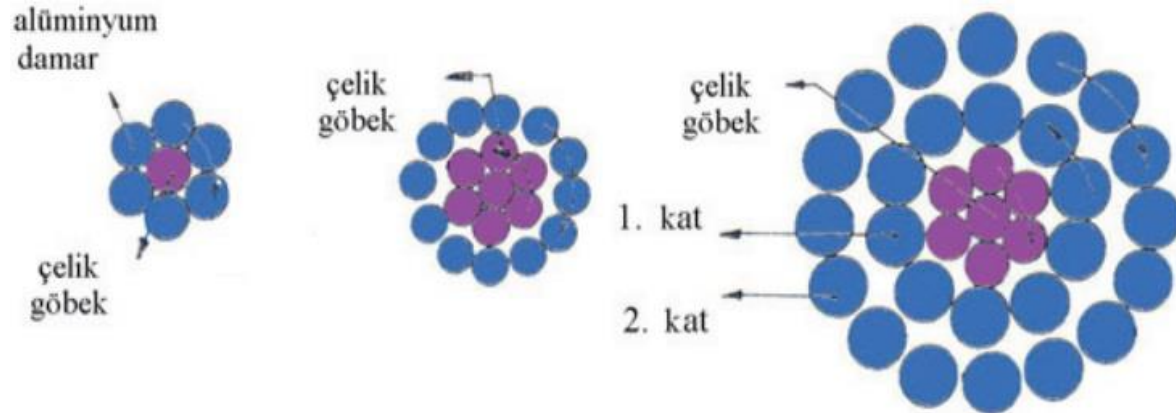


Enerji iletim hatlarında kullanılan çelik özlü alüminyum iletkenleri tanımlamak için **Amerikan Tel Ölçüleri (American Wire Gauge, AWG)** kullanılmaktadır. Ülkemizde enerji iletiminde **3 AWG, 1/0 AWG, 3/0 AWG, 266 MCM ve 477 MCM çelik özlü alüminyum (St-Al) iletkenler** kullanılmaktadır. Kullanılan iletken sembollerinin her birinin ayrı bir anlamı vardır. AWG adlandırmasında, AWG'nin ön kısmı 0000, 000, 00, 0, 1, 2, 3, ..., 40 ile gösterilir. Her bir numara, belli bir çap, dolayısıyla da bir kesite karşılık gelir. 0000 AWG (4/0 AWG) kesiti en büyüktür ve rakamlar ilerledikçe kesit küçülür. Ayrıca her bir farklı kesitin, bir kuş (OG iletkenleri) veya çiçek (AG iletkenleri) ismi vardır.

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

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

Uygulamada OG'de daha çok tercih edilen iletkenler **Swallow**, **Raven** ve **Pigeon**'dir. Daha büyük kesitli olanlar yüksek gerilim hatlarında kullanılmaktadır. Çelik alüminyum iletkenlerin Swallow'dan itibaren Partridge'e kadar olanları 7 damarlıdır. Bu damarlardan ortada olanı çelik, bunun etrafında olan diğer 6 damarda alüminyumdur. Partridge ve bundan sonra gelen diğer kesitlerdeki çelik özlü alüminyum iletkenlerin çelik göbekleri 7 damarlıdır. Alüminyum damarlar bu çelik göbeğin etrafında katlar halinde spiral bir şekilde sarılı halde yapılırlar.



HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Anma Adı	Kesit		Tel Çapları Sayıları Adet X çap (mm)		Eşdeğer Bakır kesiti mm ²	20°C'de DC direnci	Anma birim Ağırlığı kg/km	Akım Taşıma Kapasitesi		
	AWG veya CM	Toplam İletken Kesidi (mm ²)	Alüminyum	Çelik				Amper		
								I	II	III
Swallow	3	31,14	6x2,38	1x2,38	16,78	1,0742	107,8	120	160	180
Sparrow	2	39,19	6x2,67	1x2,67	21,09	0,8543	135,7	140	180	200
Robione	88,22	52,15	6x3,08	1x3,08	28,11	0,641	179,3	175	200	230
Raven	1/0	62,44	6x3,37	1x3,37	33,73	0,5362	216,2	195	230	280
Pigeon	3/0	99,3	6x4,25	1x4,25	53,52	0,3366	343,9	275	300	360
Partridge	266800	156,86	26x2,57	7x2,00	85,17	0,214	543,8	245	460	51
Ostrich	300000	176,9	26x2,73	7x2,12	95,6	0,1847	612,9	410	490	540
Hawk	477000	280,84	26x3,44	7x2,67	152	0,1194	972,8	540	670	740
Drake	795000	468	26x4,44	7x3,45	253,3	0,0715	1621,5	760	900	1020
Condor	795000	454,48	54x3,08	7x3,08	253,3	0,0718	1519,7	760	900	1020
Rail	954000	517	45x3,70	7x2,47	300	0,0599	1600,2	860	1010	1100
Cardinal	954000	547,34	54x3,38	7x3,38	304	0,0597	1829,8	860	1010	1090
Pheasant	1272000	726,79	54x3,90	19x2,34	405,7	0,0499	2423,5	1000(4)	1160(5)	1300(6)

OG ve YG Çelik Özlü Alüminyum İletkenler

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Örgülü Al iletkenin Adı	Kesit AWG	Kesit mm ²	Akım taşıma (yüklenebil me) kapasitesi A	Tel sayısı	Toplam çap mm	Anma kopma yükü kg	20 °C'de DC direnci Ω/km	Anma ağırlığı kg/km
Rose	4	21,44	110	7	5,88	415	1,3510	57,8
Lily	3	26,66	125	7	6,61	515	1,0720	72,8
Iris	2	33,65	143	7	7,42	640	0,8498	91,8
Pansy	1	42,37	165	7	8,33	775	0,6739	116,4
Poppy	1/0	53,49	193	7	9,36	940	0,5341	146,4
Aster	2/0	67,45	225	7	10,51	1185	0,4236	184
Phlox	3/0	84,99	262	7	11,80	1435	0,3360	232
Oxlip	4/0	107,30	306	7	13,25	1810	0,2664	293

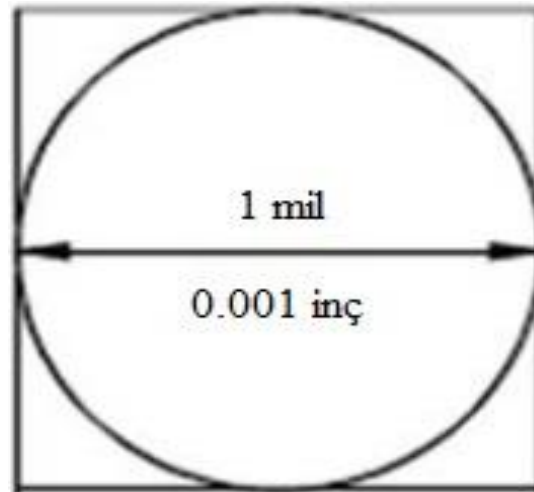
AG Alüminyum İletkenler

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Daha büyük kesitli St-Al iletkenlerin kesitleri, **CM (Circular Mil)** olarak adlandırılan bir birimle ifade edilir. Burada 1 CM, çapı 0,001 inç olan daire yüzey kesitine eşit olup, değeri $0,0005067 \text{ mm}^2$ 'dir. 1 MCM (Mega Circular Mil) ise 1000 CM'dir ve 0,5067 değerine eşittir.

Örneğin, 266,8 MCM Partridge (Keklik) iletkenin Al kesiti $266,8 \times 0,5067 = 135,18 \text{ mm}^2$ (135 mm^2) ve St kesiti $21,99 \text{ mm}^2$ (22 mm^2) olduğundan, anma değeri $\text{Al/St} = 135/22$ olarak ifade edilir.

477 MCM Hawk (Şahin) iletkenin Al kesiti $477 \times 0,5067 = 241,69 \text{ mm}^2$ (242 mm^2) ve St kesiti $39,19 \text{ mm}^2$ (39 mm^2) olduğundan, iletken $\text{Al/St} = 242/39$ olarak adlandırılır.



HAVAI HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

İletkenlerin İmal Ediliş Şekline Göre Sınıflandırılması

Som (İçi dolu) İletkenler: Bu tür iletkenler, yalnız bir cins malzemeden ve içi dolu tek bir tel halinde olmak üzere 10 mm^2 kesite kadar imal edilmektedirler.

Örgülü İletkenler: Havai hat iletkenleri örgülü olarak yapılırlar. Örgülü iletkenlerde teller ortak eksen etrafında bir veya birkaç katman oluşturacak biçimde sarmal olarak sarılır. Çok katmanlı örgülü iletkenlerde komşu katmanlar, dış katmanın sarılma yönü sağ yönde olacak şekilde birbirine zıt yönde sarılır. Örgülü iletkenlerde, çapları eşit olan ortada bir tel ve bu telin çevresindeki her bir katmanda bir önceki katmandakinden 6 fazla olmak üzere teller bulunur. Buna göre;

✓ 1 telli (som) iletken,

✓ $1+6=7$ telli, bir katmanlı,

$$N=3x^2+3x+1$$

✓ $1+6+12=19$ telli, iki katmanlı,

(N: iletken sayısı, x: tabaka (kat) sayısı)

✓ $1+6+12+18=37$ telli, üç katmanlı

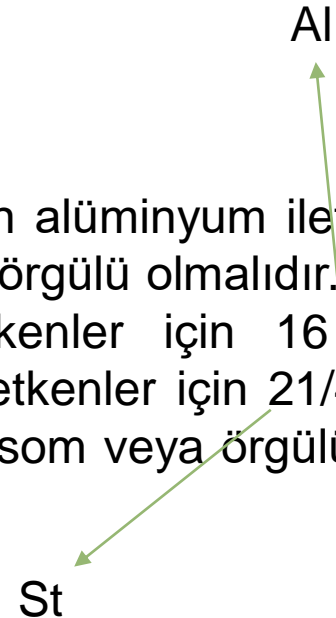
✓ $1+6+12+18+24=61$ telli, dört katmanlı örgülü iletkenler imal edilir.

HAVAI HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

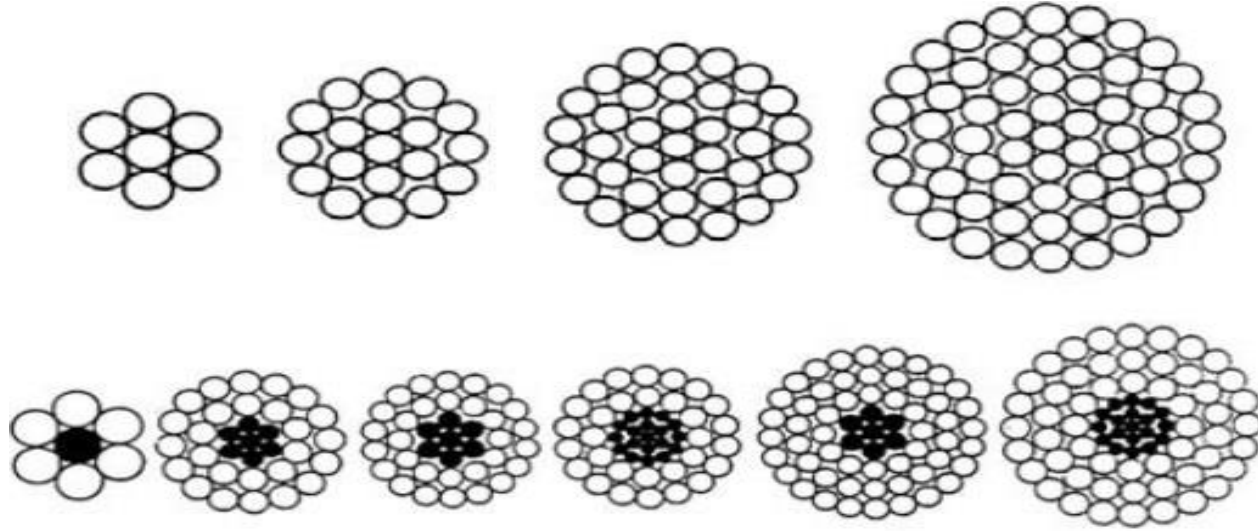
Çelik özlü alüminyum iletkenlerde ise, ortasında çapları eşit olan 1 telli veya 7 ve 19 telli örgülü galvanizli çelik teller, bunların çevresindeki her bir katmanda bir önceki katmandakinden 6 fazla olmak üzere, çapları eşit olan alüminyum teller bulunur. Örneğin,

- ✓ 18 Al/7 St: $6+12=18$ Al ve $1+6=7$ St
- ✓ 26 Al/7 St: $10+16=26$ Al ve $1+6=7$ St
- ✓ 42 Al/7 St: $8+14+20=42$ Al ve $1+6=7$ St
- ✓ 54 Al/19 St: $12+18+24=54$ Al ve $1+6+12=19$ St tellidir.

Kesitleri ve cinsleri ne olursa olsun hava hatlarında kullanılan alüminyum iletkenler ile, kesitleri 16 mm^2 'den (16 mm^2 dahil) büyük bakır iletkenler örgülü olmalıdır. Havai hatlarda kullanılan örgülü iletkenlerin kesitleri, bakır iletkenler için 16 mm^2 , alüminyum iletkenler için 21 mm^2 ve çelik özlü alüminyum iletkenler için $21/4 \text{ mm}^2$ den küçük olamaz. Alçak gerilim hatlarda kesiti 10 mm^2 olan som veya örgülü bakır iletkenler kullanılabilir.

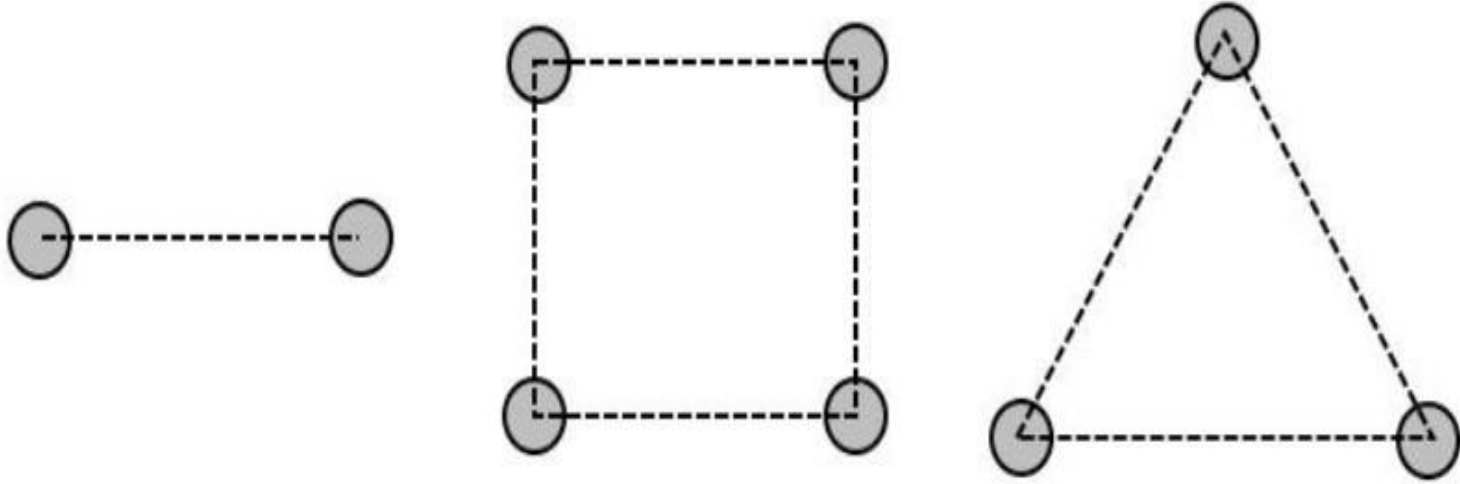


HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ



Demet İletkenler: Havai hatlarda gerilim büyüdükçe ve iletken çapı küçüldükçe elektrik alan şiddeti büyüyeceğinden korona olayı yaşanır. 220 kV'un üzerindeki gerilimlerde korona olayı önem kazandığından, önceleri iletken çapını büyütme amacı ile içi boş iletkenler kullanılmıştır. Daha sonra, her faz için bir yerine, çoklu demet iletken kullanılarak iletkenin çapının büyütülmesi yoluna gidilmiştir. Demet iletkenleri oluşturan bileşen iletkenler genellikle, merkezleri arasında 400 mm açıklık bulunacak şekilde ara tutucularla(spacer) birbirlerine bağlanır. Demet iletken kullanıldığında, hattın endüktif reaktansı azalacağından, hatta meydana gelen reaktif güç kayıplarında bir azalma gözlenecektir.

HAVAİ HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ



HAVAI HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

İletkenlerin Gerilim Değerlerine Göre Sınıflandırılması

Alçak Gerilim İletkenleri (1-1000 V): Alçak gerilim (AG) iletkenleri, elektrik enerjisinin şehir, kasaba veya köy gibi yerleşim yerlerinde abonelere dağıtılması ve sokak aydınlatılması için kullanılan iletkenlerdir. Ekonomik ve hafif olmaları nedeniyle, AG'de Alpek kablolar olarak bilinen askı telli, demet biçimli alüminyum iletkenli havai hat kabloları ve alüminyum örgülü iletkenler kullanılır. İngilizce çiçek isimleri ile anılan Rose, Lily, Iris, Pansy, Poppy, Aster, Phlox ve Oxlip sembolü ile verilen iletkenler alçak gerilimde kullanılan alüminyum iletkenlerdir.

! **Alpek kablolar;** askı telli, demet biçimli, plastik yalıtkanlı alüminyum kablolardır.

Orta Gerilim İletkenleri (1-35 kV): Köy ve kasaba hatları ile şehir içindeki orta gerilim (OG) hatlarında, çelik özlü alüminyum iletkenler kullanılmaktadır. Ülkemizde, 34,5 kV iletim ve dağıtım hatlarında, 3 AWG (Swallow) , 1/0 AWG (Raven), 3/0 AWG (Pigeon), 266,8 MCM (Partridge) ve 477 MCM (Hawk) iletkenleri kullanılmaktadır. 477 MCM (Hawk) tipi yüksek gerilim iletkenleri vadi ve nehir atlamalarındaki çok geniş aralıklarda kullanılmaktadır.

HAVAI HAT İLETKENLERİNİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Yüksek Gerilim İletkenleri (35-154 kV): 154 kV iletim hatları, standart 477 MCM (Hawk), 795 MCM (Drake), 954 MCM (Cardinal) ve 1272 MCM (Pheasant) çelik özlü (ACSR) alüminyum iletkenler ile tek veya çift devre direkler 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 yeraltı kablosu tesis edilir.

! XLPE kablolar; dielektrik kayıpları düşük, akım taşıma ve kısa devre akımı dayanım kapasiteleri yüksek, orta ve yüksek gerilim tesislerinin yer altı şebekelerinde kullanılan kablo çeşididir.

Çok Yüksek Gerilim İletkenleri (154 kV'tan Yukarısı): 380 kV iletim hatlarında, standart 954 MCM (Cardinal) ve 1272 MCM (Pheasant) her bir fazda iki veya üçlü demet halinde çelik özlü alüminyum iletkenler kullanılır.

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

HAVAI HAT İLETKEN SEÇİMİNDE KRİTERLER

Havai hatlarda meydana gelecek kayıpları azaltmak ve hattın emniyetli bir biçimde çalışmasını temin etmek için kullanılacak iletkenler, belirli kriterler göz önüne alınarak seçilmelidir. Bu kriterler iletkenlik, iletkenin çapı, özgül ağırlığı, ısı dayanımı, mekanik dayanımı, korona kayıpları, kaçak geçirgenliği, sehimi kapsamaktadır.

İletkenlik (Geçirgenlik): Enerjinin taşınmasına ekonomik olarak bakıldığında elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında en çok bakır ve alüminyumdan yapılan iletkenler kullanılır. İletim hatlarındaki aktif güç kaybını en alt seviyede tutmak için iletken olarak iletkenliği iyi olan malzemeler seçilmelidir. Bakır gümüşten sonra en yüksek iletkenliğe sahip malzemedir. Ancak bakır iletkenler, ağır ve pahalı olmasından dolayı havai hatlarda yaygın olarak kullanılmaz. Bunun yerine daha hafif ve ucuz olduğundan, galvanizlenmiş çelik tel ile tam alüminyum veya alüminyum alaşımı olan aldrey iletkenler havai hatlarda çok kullanılır. Çelik özlü alüminyum iletkenlerde, çelik tel mekanik dayanımı artırmak bakımından önemlidir. Esas iletkenlik görevini alüminyum damarlar yerine getirir.

! Aldrey İletken; içerik olarak magnezyum (%0,3 ile % 0,5), silisyum (%0,4 ile %0,7), demir (%0,3) ve alüminyumdan (geri kalanı) oluşur.

HAVAI HAT İLETKEN SEÇİMİNDE KRİTERLER

İletkenin Çapı: Havai hatlarda kullanılan iletken malzemelerin iletkenlik özellikleri dikkate alınarak iletken çapı seçilmelidir. Alüminyum iletkenler bakır iletkenlere göre daha az iletkenlik gösterdiğinden çapları daha büyük olur. Örneğin, alüminyum iletkenin bakır iletkenle aynı iletkenliğe sahip olması için, çapı bakır iletkenin çapının 1,3 katı olması gerekmektedir. Ancak iletkenlerin çaplarının büyük olması, daha fazla yüklenmeye maruz kalması demektir. İletken çapı büyüdüğünde, üzerindeki buz ve rüzgâr yükü artarak iletkenin mekanik dayanımının azalmasına neden olur. İletkenlerin seçilmesinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Özgül Ağırlık: Enerji iletim hatlarında, iletkenin özgül ağırlığı dikkate alınarak mekanik dayanım hesabı yapılır. İletken seçiminde iletkenin özgül ağırlığının az olması istenir. Özgül ağırlığın az olması, durdurucu direğe gelen çekme kuvvetini azaltır. Bakır iletkenin özgül ağırlığı $8,9 \text{ g/cm}^3$ iken alüminyumun özgül ağırlığı ise $2,7 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Alüminyum özgül ağırlığının bakıra kıyasla 3-4 kat daha küçük olması, alüminyum iletkenleri enerji iletiminde daha çok tercih edilir hale getirmiştir. Ayrıca iletkenin özgül ağırlığının küçük olmasıyla, direk ve havai hat donanım malzemelerinin ekonomik olması sağlanır.

HAVAI HAT İLETKEN SEÇİMİNDE KRİTERLER

Isı Dayanımı: Enerji iletiminde kullanılan iletkenlerin ısı dayanımı iyi olmalıdır. İletkenlerin ısı, gerek iletkenin içinden geçen akımdan dolayı, gerekse dış faktörlerden dolayı artar. Özellikle iletkenler yaz aylarında hava sıcaklığının artması dolayısıyla daha da ısınır. İletkenin ısı artışı, iletkenin boyunun uzamasına ve dolayısı ile sarkmasına neden olur. İletkendeki sarkma (sehim) hesaplarında, havanın sıcaklığından dolayı ısı artışı mutlaka dikkate alınması gereken bir durumdur. Alüminyum iletkenler havadaki hafif bir rüzgârla bile soğuyabilir. Ancak rüzgâr olmadığı ve hava sıcaklığı fazla olduğu zaman iletkendeki uzama çok fazla olur.

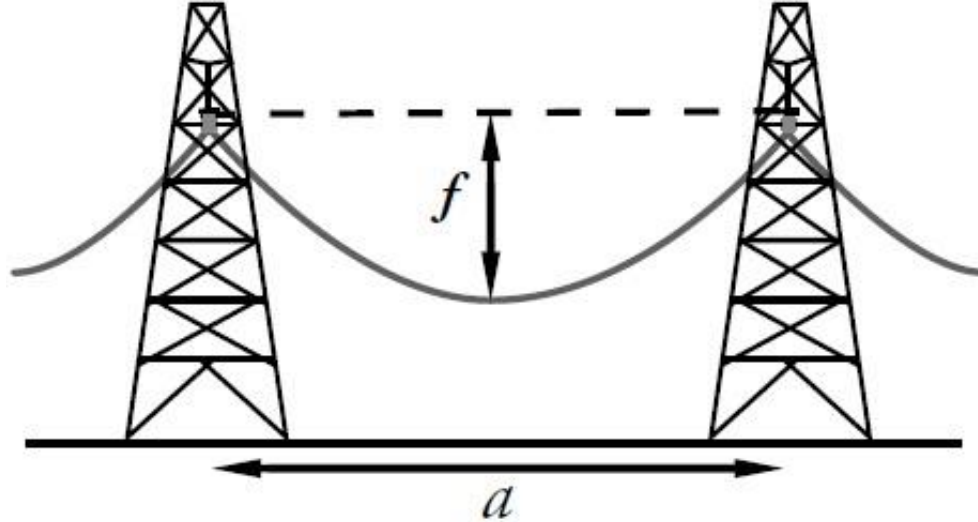
Mekanik Dayanım: Havai hatlarda kullanılan iletkenler rüzgâr, buz, kar, sıcak ve soğuk hava şartları gibi dış tesirlerin etkisinde kalır. Bu dış tesirler, iletkenlerin ve direklerin kendi ağırlıklarına ilave olarak ekstra bir kuvvete maruz kalmasına neden olmaktadır. Bu ilave kuvvetler, iletkenin kopmasına yol açabilir. Kopan iletken başka bir hat üzerine düşebilir. Bütün bu durumların önlenmesi için iletkenlerin mekanik kopma dayanıklılığının yüksek olması gereklidir. Bakır iletkenlerin mekanik dayanımı alüminyum iletkenlerden daha yüksektir. Alüminyum iletkenlerin mekanik dayanımı, örgülü alüminyum tellerin iç kısmında ve orta yerde bulunan galvanizli çelik teller kullanılarak artırılmaktadır. Alüminyum iletkenin kopma gerilmesi 18 kg/mm^2 iken çelik alüminyum iletkeninki ise 30 kg/mm^2 'dir. Bu nedenle çelik alüminyum iletken mekanik açıdan, alüminyum iletkene göre 1,66 kat daha dayanıklıdır.

HAVAİ HAT İLETKEN SEÇİMİNDE KRİTERLER

Koronaya Karşı Dayanıklılık: Yüksek gerilimli hava hattı iletkenlerinin etrafında, elektrik alanı etkisiyle havanın iyonize olması sonucu bazen ışıklı mor halkalar görülür. Bunu meydana getiren gerilime gelinmeden önce ısıklık veya vızıltı sesi de duyulabilir. Bu olaya **korona olayı** denir. Korona gerilimine etki eden birçok faktör vardır. Hatlarda kullanılan iletkenlerin yarıçapı, iletkenler arası geometrik ortalama uzaklık, havanın sıcaklık, nem, basınç, sis, yağmur, buzlanma, kar ve rüzgar gibi değişik şartları korona olayını etkiler, belirtilerinin ve etkilerinin artmasına neden olur. 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. Korona özellikle çok yüksek gerilimlerde daha önem kazanır. Bu gerilim düzeylerinde korona etkisini azaltmak için demet iletkenler kullanılır.

Sehim (Fleş, Salgı): Yüksek gerilim enerji nakil hatlarında iki direk arasında gerili bulunan iletkenin kendi ağırlığı üzerinde biriken kar veya buz yükleri sebebiyle sarkmasına **sehim** denir. Şekilde gösterilen havai iletim hattında iletken uçlarının bağlı olduğu iki izolatör arasındaki varsayılan doğru çizgi ile iletkenin en çok sarktığı yer arasındaki uzaklık sehim olarak alınır.

HAVAİ HAT İLETKEN SEÇİMİNDE KRİTERLER



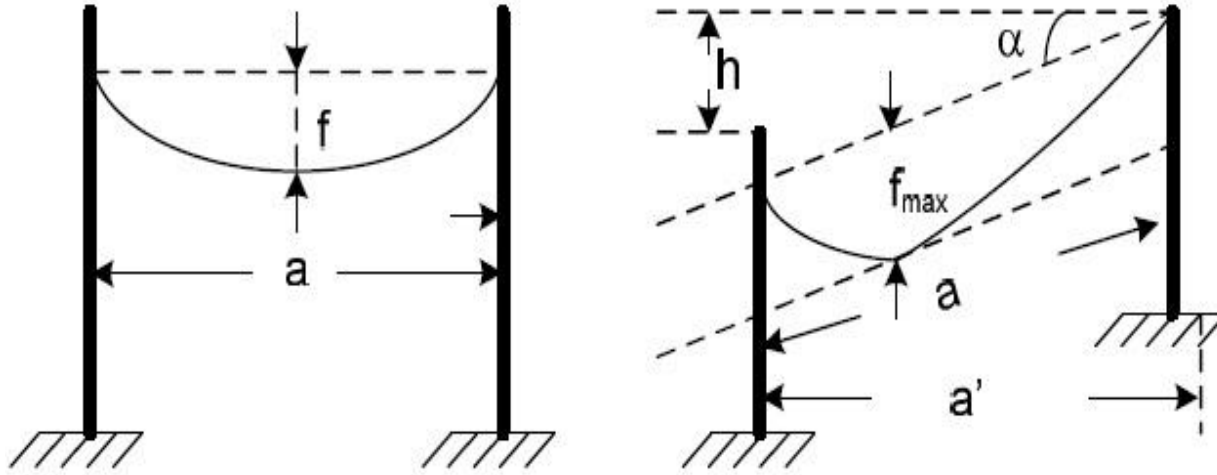
Havaî hat iletkenleri, durdurucu direkler arasına iletkenin çekme ve gerilme kuvveti, ağırlığı, rüzgâr yükü, buz yükü, iklim şartları ve direkler arası uzaklık dikkate alınarak çekilir.

Sehim $f = \frac{Ga^2}{8T}$ formülü ile hesaplanır.

Burada; G iletkenin kg/dm^3 cinsinden yoğunluğunu, a iki direk arasındaki m cinsinden uzaklığı ve T ise kg/cm^2 cinsinden gerilmeyi göstermektedir.

HAVAİ HAT İLETKEN SEÇİMİNDE KRİTERLER

İletkenin iki tarafında bulunan direkler aynı yükseklikte ise iletkendeki en büyük sehim, direkler arası uzaklığın tam ortasıdır. Farklı yükseklikteki direkler arasına gerili iletkenin en büyük sehimi ise daha düşük seviyede bulunan direğe yakındır.



Bir iletim hattında iki direk arasındaki uzaklık 15 m, gerilme kuvveti 7 kg/cm² ve iletkenin yoğunluğunun 8,9 kg/dm³ ise sehim kaç m'dir?

$$f = \frac{Ga^2}{8T} = \frac{(8,9 \text{ kg/dm}^3)(15 \text{ m})^2}{8(7 \text{ kg/cm}^2)} = 35,76 \text{ dm} = 3,576 \text{ m}$$

KAYNAKLAR

- Demir, S., Elektrik Enerjisi İletimi ve Dağıtımı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2013.
- Turgut, E., Selçuk, K., Elektrik Enerjisi Üretimi İletimi ve Dağıtımı, Detay Yayıncılık, Ankara, 2009