

## KABLOLARDA AKIM TAŞIMA KAPASİTESİNİN SICAKLIKLA DEĞİŞİMİ

### 1. Giriş

Elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtımında kablolar çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında kullanılan kablolarda, iletkenleri birbirinden izole eden hem de dış ortama karşı koruyan çeşitli yalıtkan kimyasal bileşimler kullanılmaktadır. Bu yalıtkan bileşimler, PE(Polietilen), PVC(Polivinil Klorür) ve XLPE(Çapraz bağlı polietilen) gibi sentetik karışımlardan oluşan yalıtkanlardır. Güç Kablolar değişik esaslara göre sınıflandırılırlar.

#### İşletme gerilimlerine göre kablolar,

- Alçak gerilim kabloları (1 KV Kadar.)
- Orta gerilim kabloları (1KV - 35kv)
- Yüksek gerilim kabloları(380 KV kadar)

olarak sınıflandırılabilir.

#### Kullanılan yalıtkan sentetik bileşimlere göre kablolar,

- Kağıt izolasyonlu kablolar
- PVC (Polivinilklorid ) kablolar
- PE (Polietilen) kablolar
- XLPE(Çapraz bağlı polietilen) kablolar

olarak gruplandırılabilir.

#### İletken yapıldıkları malzemeye göre,

- Bakır iletkenli kablolar
- Alüminyum iletkenli kablolar

şeklinde sınıflandırılabilir.

### 2. Enerji Kablolarının Tanımı

Kabloların gruplandırılmasında bazı ortak tanımlar kullanılmaktadır. Bu tanımlamalar TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ile VDE (Alman Standartları) göre gruplandırılmaktadır. Kablolarda kullanılan bazı temel kavramlar aşağıda verildiği gibidir.

**2.1 Kablo:** Elektrik enerjisini ileten, elektriğe karşı yalıtılmış bir veya birden fazla damardan oluşmuş bir mamuldür. Bir veya birden fazla damardan oluşur.

**2.2 Damar:** Kablonun yalıtılmış her bir iletkenidir. İletken kısım ile bunu çevreleyen yalıtkindan oluşur. Kablonun yalıtılmış her iletkenine verilen isimdir.

**2.3 İletken:** Elektrik enerjisini iletmeye yarayan yalıtılmamış tel veya tel demetidir.

**2.4 Kılıf:** İletkeni yalıtıma yarayan mekanik etkilerden korumak amacı ile kullanılır. İletkeni damarı veya damarları içine alan bir gömlektir.

**2.5 Yalıtkan Kılıf:** Çıplak iletkenlerini yalıtın ilk kılıftır. Bu kılıfta kullanılan malzemenin cinsine bağlı olarak kablo, PVC izolasyonlu, kağıt izolasyonlu, lastik izolasyonlu olarak adlandırılır.

**2.6 Ortak Kılıf:** Çok damarlı kablolarda damarları kaplayan yalıtıcı ve doldurucu kılıftır. Damar demetine istenilen çevre biçimini vermeye yarayan kılıftır. Yalıtkan kılıfın üstüne gelen ikinci bir kılıftır.

**2.7 Koruyucu Dış Kılıf:** Çok damarlı kablolarda kabloya silindirik biçimi vermek amacı ile dolgu malzemesinden yapılan ortak kılıftır. Kabloyu dış etkilere karşı korur.

<b>TSE 212</b>	<b>VDE 0271</b>	<b>Anlamı</b>
Y	N	Ağır işletme şartlarına dayanıklı, sabit tesislerde kullanılan kablo.
A	A	İletken malzemesinin alüminyum olduğunu gösterir. Harf yoksa kablo bakır iletkenlidir.
V	Y	Yalıtkan kılıfı PVC maddesinden yapıldığını gösterir.
V	Y	Koruyucu dış kılıfın PVC maddesinden yapıldığını gösterir.
M	C	Konsantrik iletken anlamına gelir.
MH	E	Her damar üzerine ekran sarıldığı anlamına gelir.
Ş	F	Zırh anlamına gelir.
O	R	Zırh yuvarlak kesitlidir.
ÇÇ	Gb	Zırh kesitinin dikdörtgen olduğunu gösterir. Galvanizli çelik şerit.
	S	Sper anlamına gelir.
	SE	Her bir damarda ayrı, ayrı bulunan bakır şeritin oluşturduğu ekran.
	$r_e$	Dolu kesit
	$r_m$	Yuvarlak çok telli kesit
	$s_e$	Sektör dolu kesitli
	$s_m$	Sektör çok telli

**2.8 Ekran:** Yüksek gerilime karşı korumak veya enerji kablolarının haberleşme tesislerine etkisini azaltmak amacı ile kullanılan metal sargıdır. Genellikle her damar üzerine helisel şekilde sarılan bakır şeritlerden oluşur.

**2.9 Konsantrik İletken:** Bir damarlı kabloda yalıtkan kılıfın, çok damarlı kabloda ortak kılıfın üzerine gelen bakır telden yapılmış sargıdır. Bu sargı nötr iletkeni olarak kullanılır.

**2.10 Zırh:** Kabloyu mekanik etkilerden koruyan yuvarlak tel veya yassı metal şeritlerden yapılmış örgü veya sargı. Ortak kılıf üzerine sarılır.

**2.11 Termoplastik Yalıtkan:** Polyvinylchlorid (PVC), polyethylen (PE) gibi ısıtılarak şekillendirilen ve zamanla ilk sertliği değişmeyen polimer (plastik) maddelerdir.

**2.12 Lastik Yalıtkan:** Sentetik veya doğal kauçuğa veya bunların karışımına bazı katkı maddeleri katılması ile elde edilen hamurun vulkanize edilmiş durumudur.

Kablolarda bir takım sembol ve harfler kullanılmaktadır. Bunları Tablo 2.1’de verilmiştir.

**Tablo 2.1 Kablolarda kullanılan sembol ve harfler**

Şekil 2.1’de ağır işletme koşullarında toprak altında veya su altında kullanılan bir kablunun yapısı verilmiştir.



Şekil 2.1 YVŞV(NYFGbY) Kablolsunun iç yapısı (siemens)

### 3. Isı Akış Kanunu Yardımıyla Kabloların Normal Koşullarda Taşıdığı Akımın Hesabı

Isı akış kanunu ohm kanununa benzer. Toprağın ısı dağılmasına karşı gösterdiği direnimsiz  $\Sigma S$  ile gösterelim. Birim uzunluktaki enerji kaybı  $\Delta N'$  ile gösterelim Bu durumda ısı artışı,

$$\Delta t = \Delta N' \cdot \Sigma S \quad (3.1)$$

olarak ifade edilir. Bu ifadeye ısı akış kanunu denir. Kablonun koruyucu dış kılıf yüzeyinden etrafına doğru bir ısı akışı olur. Başlangıç noktasından itibaren kabloyu kuşatan hava ise havaya, yeraltında ise yatak malzemesine doğru olur. Isı akışına, kablunun ısı direnci  $S_K$ , havanın ısı direnci,  $S_E$  toprağın ısı direnci  $S_L$  mani olur.  $i$  amperlik bir akımın faz sayısı  $m$  olması durumunda enerji kaybı,

$$\Delta N' = m \cdot R_0 I^2 \text{ (w / km)} \quad (3.2)$$

olarak bulunur. (3.2) denkleminde  $R_0$  direncinin yerine işletme sıcaklığındaki alternatif akım direnci dikkate alındığında,

$$\Delta N' = m \cdot R_\omega I^2 \cdot 10^{-5} \quad (3.3)$$

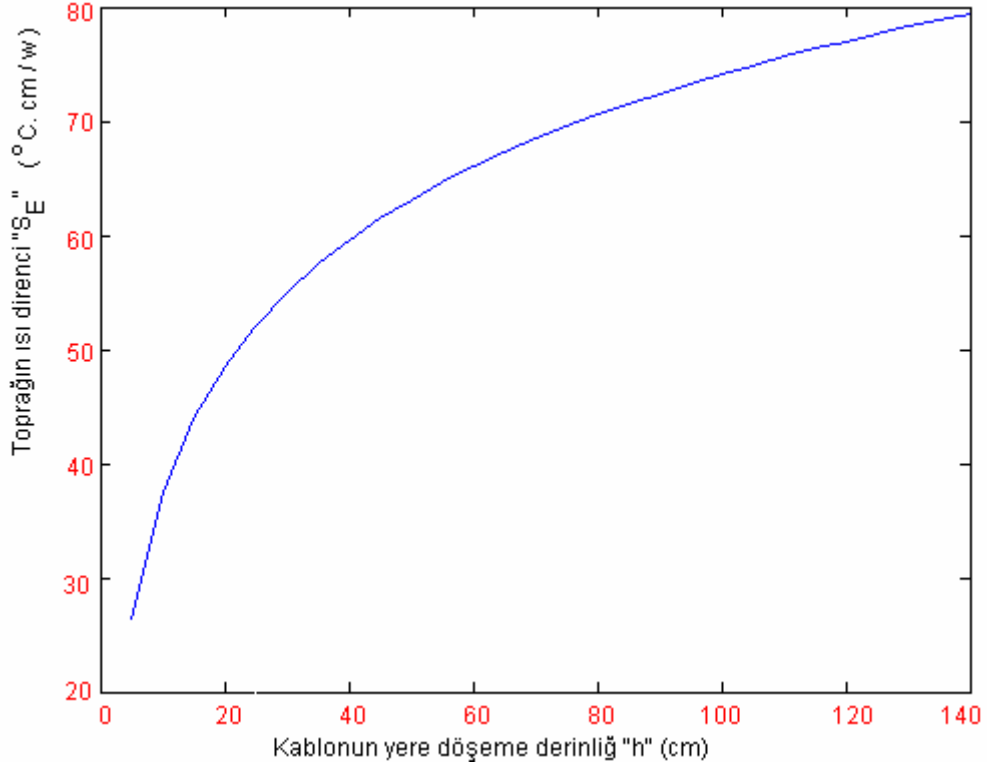
olarak bulunur. (3.3) denklemini (3.1) denkleminde yerine yazılırsa,

$$I_n = \sqrt{\frac{\Delta t \cdot 10^{-5}}{m \cdot R_\omega \cdot (S_{En} + S_K)}} \quad (A) \quad (3.4)$$

ifadesi elde edilir. Toprağın ısı direnci,

$$S_{En} = \frac{\sigma_E}{2\pi} \cdot \left( \ln \frac{4h}{d} \right) \text{ (}^\circ\text{C.cm / w)} \quad (3.5)$$

formülünden bulunur. Burada,  $\sigma_E$  öz ısı direnci,  $h$ , kablonun döşeme derinliğini göstermektedir.  $\sigma_E = 100$  ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}/\text{kw}$ ),  $d = 3.8$  (cm) alınması durumunda toprağın ısı direncinin döşeme derinliğine bağlı değişimi Şekil 3.1’de verildiği gibidir.



Şekil 3.1 Toprak ısı direncinin döşeme derinliğine bağlı değişimi

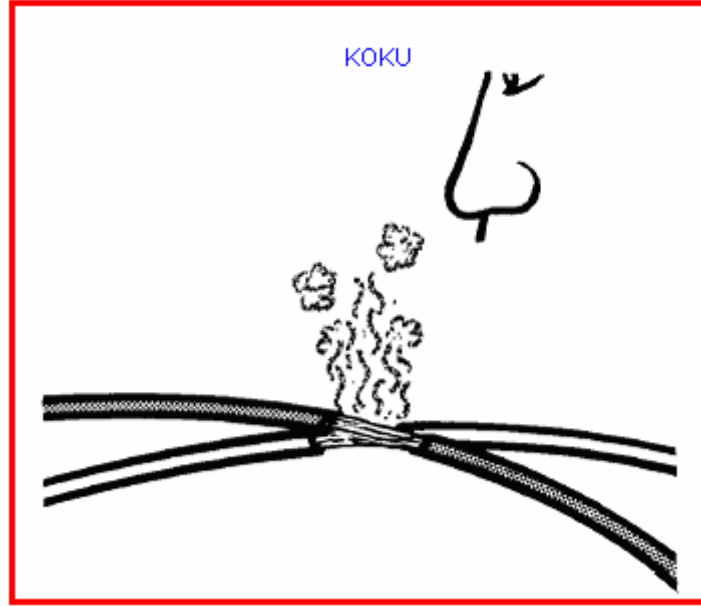
Tablo 3.1 1 KV kadar yer altı kablolarının (normal şartlarda) yüklenebilecekleri akım akım değerleri.

İletken kesiti ( $\text{mm}^2$ )	Bir iletkenli kablo		İki iletkenli kablo		3 ve 4 iletkenli kablo	
	Cu(A)	Al(A)	Cu(A)	Al(A)	Cu(A)	Al(A)
1.5	35	---	30	---	25	---
2.5	50	---	40	---	35	---
4	65	52	50	40	45	36
6	85	68	65	52	60	48
10	110	86	90	72	80	64
16	135	125	120	96	110	88
25	200	160	155	125	135	110
35	250	200	185	150	165	130
50	310	250	235	190	200	160
70	380	305	280	225	245	195
95	460	370	335	270	295	235
120	535	430	380	305	340	270
150	610	490	435	350	390	310
185	685	550	490	390	445	355
240	800	640	570	455	515	410
300	910	730	640	510	590	470
400	1080	865	760	610	700	560
500	1230	985	---	---	---	---

625	1420	1140	---	---	---	---
800	1640	1310	---	---	---	---
1000	1880	1500	---	---	---	---

#### 4. Farklı Sıcaklık Değerlerinde İletken Kesitlerinin Taşıyacağı Akım Değerleri

Kablonun döşendiği yerdeki ortam sıcaklığı 20<sup>0</sup>C dereceden farklı ise Tablo 1.1'deki redüksiyon katsayıları kullanılır. 20<sup>0</sup>C dereceden küçük sıcaklıklarda kablo kesiti nominal akımının üstünde yüklenebilir. Kablonun döşendiği yerdeki ortam sıcaklığı 20<sup>0</sup>C derecenin üstünde ise iletken taşıyabileceği nominal akımın altındaki değerlerde ancak yüklenebilir.



Şekil 4.1 Normlara uygun seçilmemiş aşırı yüklenmeden yanan bir kablo

Sıcaklık katsayısını "k" ile gösterildiğinde normalden farklı sıcaklık değerleri için iletkenin gecen akım değeri,

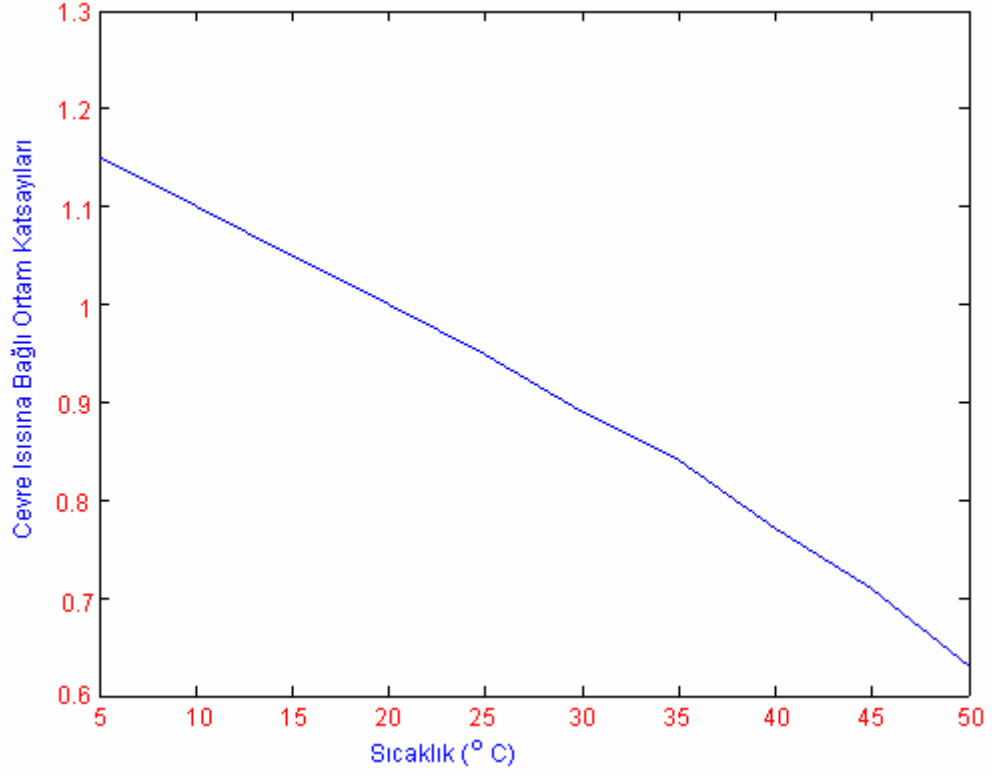
$$I' = \frac{I}{k} \quad (4.1)$$

formülü ile bulunur.

Tablo 4.1 Çevre ısısına bağlı ortam katsayıları("k")

Çevre ısısı (Derece)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Yeraltındaki kablolar	1.15	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63

Kablonun döşendiği ortamdaki farklı sıcaklık değerleri için redüksiyon katsayısının sıcaklığa bağlı değişimi Şekil 4.2 'de verilmiştir.



Şekil 4.2 Sıcaklığa bağlı ortam katsayılarının değişim

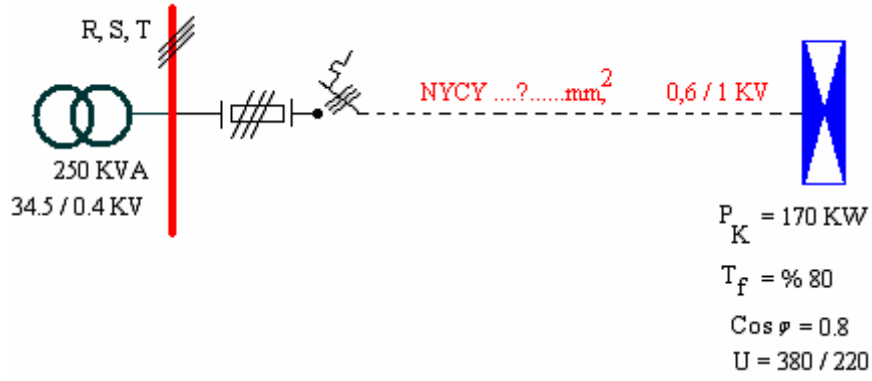
Standartlar gerilim düşümü ile sıcaklığa bazı sınırlamalar getirmiştir. Sıcaklı ve gerilim düşümü sınırlamaları arasında iletken kesitlerinin taşıdığı güç değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Gerilim düşümü ve sıcaklık sınırlamaları altında kesitlerin taşıyacağı güç değerleri

Güç (kw)	Akım Şiddeti		İletken Kesiti (mm <sup>2</sup> )															
	(A)	Cos $\phi$	1.5*	2.5*	4*	6*	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	
2.5	5		240	400	640													
3	6		200	330	535	800												
3.5	7		170	285	455	685												
4	8		150	250	400	800	1000											
4.5	9		135	223	355	530	890											
5	10		120	200	320	480	800											
6	12		100	166	265	400	670	1070										
7	14		85	142	225	340	570	920										
8	16		75	125	200	300	500	800										
9	18		66	110	175	265	440	725	1120									
10	19			100	160	240	400	640	1000									
12	23			82	133	200	335	535	835	1170								
14	27			70	113	170	285	460	720	1050								
16	31				100	150	250	400	630	880								
18	35				88	130	220	355	560	800								
20	37					120	200	320	500	700	1000							
25	46					95	160	255	400	560	800							
30	55						130	215	335	470	670							
35	65						115	189	285	400	570	805						
40	72						100	160	250	350	500	705						
45	83							140	220	310	445	625	850					
50	93								200	280	400	560	770					
60	107								160	220	335	470	635	800				
70	125									200	285	400	550	690				
80	143									175	250	350	480	600	755			
90	160										220	310	425	535	670			
100	180										200	280	380	480	600	740		
110	197											255	340	440	550	675		
130	232											228	290	370	465	570		
150	268												250	320	400	495	640	
180	320													265	335	410	535	
200	350														300	370	480	
250	405															295	385	
300	500																	310

### 5. Sayısal Uygulama

Kurulu gücü 170 KW, güç katsayısı 0.8 olan bir un fabrikasına 250KVA'lık bir transformatörden yer altı kablosu döşenecektir. Talep faktörü %80 olup, faz arası gerilim 380V tur.



Şekil 5.1 Belirli güç ve talep faktöründeki bir tesisin prensip şeması.

- Koşulların normal olması durumunda döşenecek kablonun norm kesitini
- Kablonun döşeneceği yerdeki ortam sıcaklığı dışındaki şartların normal olması durumunda döşenecek kablo kesitini bulalım (Ortam sıcaklığı 40<sup>0</sup> C derece).

**a) Kablonun döşendiği yerdeki ortam sıcaklığının 20<sup>0</sup> C olması durumunda kablo secimi.**

Talep güç kurulu gücün talep faktörü ile çarpılması sonucunda bulunur.

$$P_T = P_K * T_f \quad (5.1)$$

$$= 170 * 0.80 = 136 \text{ (KW)}$$

Hattan akan akım,

$$I = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \text{Cos} \phi} \quad (5.2)$$

formülünden,

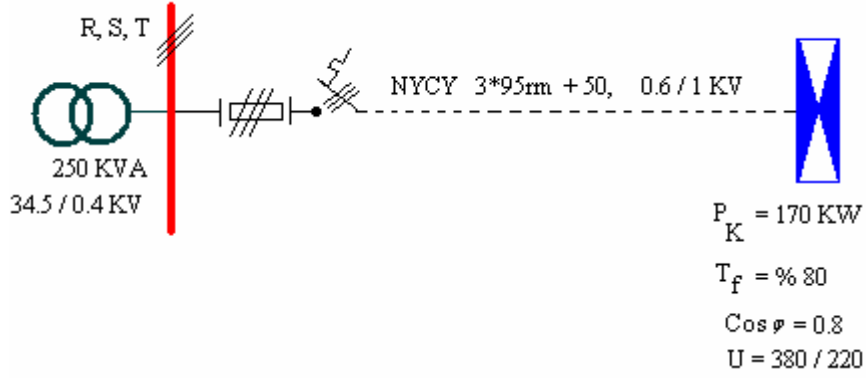
$$I = \frac{136000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.8} = 258.26 \text{ (A)}$$

olarak bulunur. Tablo 3.1'den iletken kesiti,

$$3 * 95 + \text{rm} + 50, \quad 0.6 / 1 \text{ KV}$$

olarak bulunur. Normal sıcaklık değerlerinde tesisi besleyen kablo ve prensip şeması Şekil 5.2' de verilmiştir.





Şekil 5.2 Yer altı kablosu ve tesisin yerleşim planı( 20<sup>0</sup>C ortam sıcaklığında)

### b) Ortam Sıcaklığının 40<sup>0</sup> C Olması Durumunda Kablo Kesitinin Bulunması

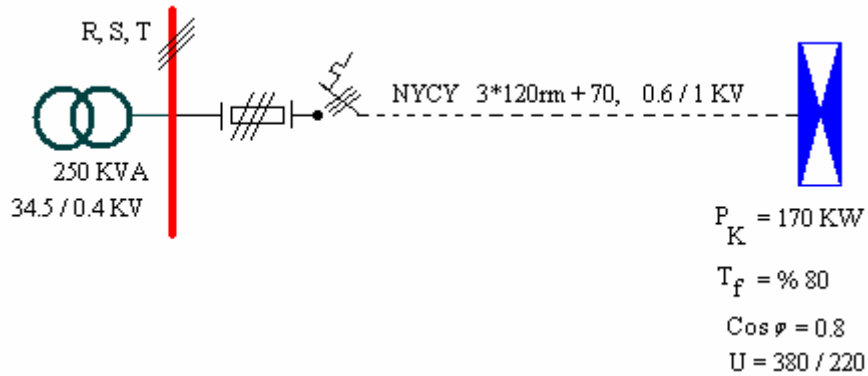
(4.1) denkleminden ortam sıcaklığın hesabı katılması durumunda hat akımı,

$$I' = 335.40 \text{ (A)}$$

olarak bulunur. Tablo 3.1'den bu akım değerini taşıyacak kesit değeri,

$$3*120\text{mm}+70, \quad 0.6/1 \text{ KV}$$

olarak bulunur. Bu tesise ait prensip şeması Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 Farklı sıcaklıkta ( 40<sup>0</sup> C derecede) besleme kablosu ve tesisin yerleşim planı

## 6. Sonuçlar ve Öneriler

Kablo elektrik enerjisini ileten elektriksel olarak yalıtılmış bir veya daha fazla damardan oluşmuş bir mamuldür. Kabloların akım taşıma kapasitelerinin ve çeşitli ortam sıcaklık değerlerinde yüklenebilirliğinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuç ve öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- Büyük güçlerin, büyük kesitli bir kablo yerine, eşit kesitli ve birden fazla kablo ile taşınması daha ekonomiktir. Bu durum işletme emniyeti bakımından da daha güvenlidir. Büyük kesitli bir kablo kullanıldığında kablodaki bir arıza durumunda enerjinin tümü kesilir. Birden fazla kablo ile enerji taşındığında kabloların birkaçında arıza olsa dahi

enerjinin tümü kesilmez. Enerjinin sürekliliği açısından bu durum önemlidir. Soğutma açısından birden fazla kablo ile enerjinin taşınması, tek bir kablo ile enerjinin taşınmasına göre daha avantajlıdır. Isınma, kablonun akım taşıma limitlerine bir sınırlama getirmektedir. Sıcaklık değeri, kablo yalıtkanını oluşturan maddenin yalıtma özelliğinin bozulmaya başladığı sıcaklık değerinin üstüne çıkmamalıdır. Açık havada döşenen kablolar olabildiğince güneş ışınlarının etkilerinden korunmalıdır.

- Teorik olarak iletkenler akkor hala gelene kadar akım taşıma kabiliyetine sahiptirler. Ancak pratikte  $75^{\circ}\text{C}$  üstündeki sıcaklıklarda bakır tavlanmaya uğramakta mekanik dayanımını kaybetmektedir. Kablolarda yalıtım malzemesinin zarar görmemesi için kablo iletkeninin taşıyabileceği akım değerine göre kesitinin belirlenmesi gerekmektedir.  $20^{\circ}\text{C}$  aşan sıcaklıklarda redüksiyon katsayılarının dikkate alınması gerekmektedir.  $20^{\circ}\text{C}$  dereceden küçük sıcaklıklarda kablo nominal akımının üstünde bir akım ile yüklenebilir.  $20^{\circ}\text{C}$  dereceden büyük sıcaklıklarda kablo nominal akımının altında akım değerleri ile yüklenmelidir. Bu durumlar için çizelgelerden faydalanılmalıdır. Kablolar işletme koşullarına uygun tipte seçilmesine dikkat edilmelidir seçilmelidir.
- Kablo ve çevresini yangın tehlikesinden korumak ve yangının yayılmasını önlemek için kablolar yanıcı maddeler üzerine döşenmemelidir. Kabloların varsa jüt tabakaları soyulmalıdır. Döşeme sırasında kabloyu çekmek için bütün iletkenler bir araya getirilip çekme klemensi ile birbirine bağlanmalıdır. En büyük çekme gerilmesi bakır iletkenler için  $5\text{ kg/mm}^2$ , alüminyum iletkenler için  $3\text{ kg/mm}^2$  ,yi geçmemelidir. Yapı girişlerinde kablolar boru içine alınmalı, kablo ile boru arasındaki boşluk elastik silikon yada benzeri bir madde ile doldurulmalıdır. Bu amaçla çimento kullanılmamalıdır.
- Kablo kullanılacağı yerdeki mekanik koşullar göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Mekanik zorlanma olan yerlerde, buna dayanıklı kablo cinsleri seçilmelidir. Örneğin üzerinden taşıtları seçtiği güzergahta seçilen kablolar zırhı olmalı, eğimli yerlerde ve ek kutularının yakınında, çeki kuvvetini taşıyan kelepçelerle tutturulmalıdır. Toprağa doğrudan gömülü kabloların yönetmenliklerin gösterdiği koşullara göre döşenmesi . Çelik zırhsız kabloların yeraltında beton kanallar, beton büzler veya beton muhafaza içine alınmış PVC borular içinde kullanılması tavsiye edilir. Kablolar döşendikleri yerlerdeki kimyasal etkilere, su, rutubet ve hava koşulları ile öteki çevre etkilerine dayanacak tipte seçilmelidir.
- Kablo tesisleri bulunan kuruluşlar, bunların yerlerini tam olarak işaretleyerek bu kabloların geçiş güzergahlarını gösteren planları, belediye ve mücavir alan sınırları içinde ilgili belediyelere, diğer yerlerde de ilgili mülki idare amirliklerine vermelidir. Yer altı kablo güzergahları kaplamasız yerlerde işaretli beton kazıklarla, kaplamalı yerlerde oyulmuş işaretlerle belirtilmelidir. şöyle ki güzergahı görünmeyen kablolar (mesela hendek içindekiler), kablo güzergahı ve niteliği anlaşılacak şekilde işaretlenmelidir. Bu çerçevede düz güzergah maksimum 100 m'de bir, ek ve branşman yerleri dönüş noktaları vb. yangıyı önleyecek şekilde işaretlenmelidir. Bu işaretler yerine göre beton kazık, piriç veya döküm levha yada kaldırım kaplamasında oyulmak suretiyle yapılmalıdır.
- Bir enerji kablosu ile başka bir enerji kablosu yada kumanda kablosu arasındaki en küçük açıklık 7 cm' den az olmamak koşulu ile kablo çapı kadar olmalıdır. Kumanda kabloları arasında açıklık gerekmez. Kabloların koruyucu kılıfları yada yalıtkanları buldukları

yerlerde zorlanmamalı ve zedelenmemelidir. Kablolar gerektiğinde koruyucu büz yada borular içine alınmalıdır.

- Kablolar kullanılacakları şebekelerde oluşacak kısa devre akımlarına dayanmalıdır. Kabloların kısa devre dayanıklılığı hesapla gösterilmelidir. Kısa devre durumunda 1sn süre içinde kablo iletkeninin sıcaklık değeri  $150^{\circ}\text{C}$  değerini aşmamalıdır. Kısa devrede hasarların önlenmesi için tek damarlı kablolar zemine sıkı bir şekilde tespit edilmelidir. Özellikle tek damarlı kablolarla kablo tutturma parçaları, kısa devrenin neden olacağı kuvvetlere dayanacak boyutta seçilmeli ve aralarında yeterli açıklık olmalıdır. Çok damarlı kablolar, damarların birbirleri üzerine sarılması ortak kılıf ve bantların kullanılması konsantrik iletken zırh veya plastik kılıflar ve toprağın sağladığı dayanım ile kısa devrede oluşan kuvvetlere dayanırlar.
- Kablolar kısa devrelere karşı termik manyetik şalterlerle korunmalıdır. Kablonun aşırı ısınması ve gereksiz açmaları önlemek için, sigorta akımı kablonun taşıyacağı akımdan küçük olmalıdır.
- Alçak ve orta gerilimli kısa hatlarda hattın kapasitesi ihmal edilmekte, hattın direnci ile endüktansı dikkate alınmaktadır. Kablo kanala döşenirken ilerde zemin değişimleri dikkate alınarak "S" şeklinde döşenmelidir. Alçak gerilim ile orta gerilim kabloları aynı kanal içine döşendiğinde araya tuğlalar konmalıdır. Üst üste döşenirse alçak gerilim kablosu üste gelecek şekilde döşenmelidir. Bu durumda da araya tuğlalar döşenmelidir.
- Kablolar döşenecekleri yerlerin özelliklerine uygun tipte seçilmelidir. İnsanların yoğun bulunduğu, tüm yapılar, yüksek katlı binalar, hastaneler, tüneller, tiyatrolar, okullar, alışveriş merkezleri gibi yerlerde yangın anında az duman çıkaran, halojensiz özellikli kablolar tercih edilmelidir.
- Isınmaya göre kesitin tespit edilmesi yeraltı kablolu tesislerde önemlidir. Daha çok kısa uzaklık ile akım değeri büyük olan tesislerde önem taşır. Endüstride ısı işlemlerle hammadde üreten tesislerde özel olarak dikkate alınması gereken bir durumdur. Yer altı kablolarının akım taşıma kapasiteleri buldukları ortamın ısı iletme özelliği ile sıkı sıkıya bağlıdır. Kablonun döşendiği yerdeki ısı iletme özelliğinin bilinmesi gereklidir. Uzun tesislerde gerilim düşümü ve enerji kaybı, genellikle kötü şartlı olarak karşımıza çıkar. Bu nedenle uzun tesislerde, gerilim düşümü veya enerji kaybına göre tespit edilir. Gerekirse ısınma yönünden de kontrol edilir.
- Bir enerji kablosu ile telekomünikasyon, demiryolu, otoyol vb. ile ilgili kabloların birbirlerine yaklaşmaları yada birbirlerini kesmeleri durumunda aralarındaki açıklık en az 30 cm. olmalıdır. Bu açıklık daha küçük olduğunda kablolar yanmayan gereçlerden yapılan levha, yarım büz yada borularla korunmalıdır.
- Alçak gerilim şebekeleri, yeraltı kablolu veya havai hat veya bunların karışımından oluşur. Alçak gerilim şebekesi yeraltı kablolu ise mekanik dayanım için kontrole gerek duyulmaz. Yer altı kablolarında kullanılan plastik ve kağıt yalıtkan, mekanik zorlanmalara karşı çelik bandaj (zırh) ile korunmuştur. Kablo kesitleri, yük akımına bağlı olarak çeşitli kablo tiplerine, döşeme durumlarına ve ortam koşullarına göre standartlarda belirtilen yada yapımcılar tarafından bildirilen yükleme durumlarına göre belirlenir. Kabloların gerilim düşümü hesaplanırken omik dirençten başka endüktif reaktansta göz önüne alınmalıdır. Alçak gerilim tesislerinde gerilim düşümü %5'i aşmayacak şekilde iletken kesiti belirlenmelidir.
- Mekanik darbelerin oluşabileceği durumlarda çelik borular kullanılmalıdır. Çelik borular nerede kullanılırsa kullanılsın üç faz aynı borudan geçirilmelidir. Tek damar olması durumunda anti manyetik malzeme kullanılmalıdır. Yüksek Gerilim kablolarına dahil de ve

hariçte kablo başlığı yapılacaktır. Kablo başlıkları, kabloya su, nem girmesini önleyecek şekilde olmalıdır.

- Kablolar duruma göre toprak içine, kablo kanallarına yada duvarlara tutturulan delikli tavalara veya merdiven raflara döşenmelidir. Deliksiz yapılmış tavalarla kablo döşenmesi tavsiye edilmez. Toprak içine yerleştirilen kabloların altında ve üstünde yaklaşık 10 cm kalınlıkta elenmiş kum bulunmalıdır. Kablonun üzerindeki kumun üzerine ve aynı kanala döşenen Alçak gerilim ve yüksek gerilim kabloları arasına tüm kablo boyunca dolu tuğla veya en az 6 cm kalınlıkta beton plaka veya plastik vb. malzemelerden yapılmış koruyucu elemanlar yerleştirilmelidir. Böylece çukuru açan işçilerin kazma darbelerinden kablo korunmalı yada kablo bulunduğu önceden anlaşılmalıdır. Bu koruyucunun yaklaşık 30 cm üzerine ise en az 10 cm genişliğinde polietilenden yapılmış uyarı şeridi konulmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

Anders, G., Bayram, M., (2000), **Kuvvetli Akım Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu**, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Bayram, M., (1995), **Elektrik Tesislerinde Güvenlik**, Beta Yayınları, İstanbul.

Cıgre; (1992), “**The Thermal Behavior of Overhead Conductors**”, CIGRE WG12, ELECTRA No.144 .

Çakır, H., (1989), **Enerji İletimi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Dalkılıç, T., Akay, S.K. ve Avinç, A., (2004), **İletim Kablolarında Dielektrik Kayıp Faktörü**, S.D. Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Vol:8,sayı:2, İsparta.

Flatabo N., (1972), **Transient heat conduction problems in power cables solved by the finite element method**, IEEE PES Summer Meeting, San Francisco July 9–14.

Hürer, A., (1990), **Elektrik Tesisat Bilgisi**, Çilt I, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.

Hürer, A., (1990), **Elektrik Tesisat Bilgisi**, Çilt II, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.

Heinhold, Editor.,(1990), **Power Cables and Their Applications** (Third Edition ed.), Siemens Aktiengesellschaft, Elangen .

IEEE; (1993), “**IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors**”, IEEE Standard 738-1993.

IEC Standart 287, 1982.

IEC Standart 853-1-2, 1989.

Liang, M.,(1999), “**An assessment of conductor temperature rises of cables caused by a sudden application of short pulse in a daily cyclic load**”. IEEE Trans. Power Delivery 14 2, pp. 307–313.

Peşint, A. M.A, (1977), **Enerjinin Üretimi, İletimi ve Dağıtımı**. Yüksek Teknik Öğretmen Okulu, Ankara

Uçku, K., (1974).**Elektrikle Enerji Dağıtımı ve Projesi**. Birinci Kısım. Ankara

Uçku, K., (1974) **Elektrikle Enerji Dağıtımı ve Projesi**. İkinci Kısım. Ankara

Uzunoğlu, M., Kızıl, A. ve Onar, Ç.Ö., (2002), Kolay Anlatımı İle İleri Düzeyde Matlab, Türkmen Kitabevi, İstanbul.

Wilson, M. N., (1983), **Superconducting Magnets**. Clarendon Press, Oxford, Amemiya, N.,