

Termal Kamera Ölçümleri için Faydalı Bilgiler

Hazırlayan: Yrd.Doç. Dr. Süleyman ADAK

Kontakt Bilgisi:

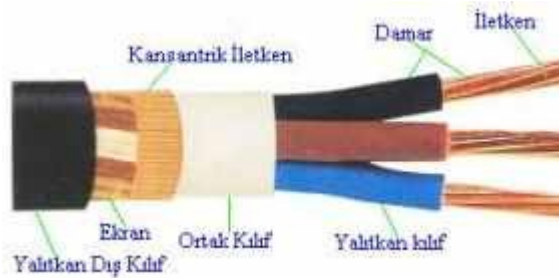
Elektrik Yüksek Mühendisi
Dicle Üniversitesi Mardin Meslek Yüksekokulu
Teknik Programlar Bölüm Başkanı
suleymanadak@yahoo.com

SGE Mühendislik Not: İlgili Makalenin yayınlanması için yazardan onay alınmıştır.

Enerjinin Bir Kablo Yerine Birden Fazla Kablo İle Taşınması Durumunda Yapılan Bakır Tasarrufu

1. Giriş

Kablo, elektrik enerjisini ileten iki cihazı birbirine bağlayan bir veya birden fazla damardan oluşan bir materyaldir ve damar, iletken, kılıf, ekran, konsantrik iletken, zırh gibi katmanlardan oluşur [1]. Günümüzde şehirlerin kalabalıklaşması ve enerji ihtiyacının günbegün artması sonucunda yeraltı kablolarının kullanımını kaçınılmaz kılmaktadır. Yeraltı kabloları kullanıldıkları gerilim grubuna göre izole edilirler[2],[3]. Kablolar toprak altında açık havada ve su altında kullanılırlar. Şekil 1'de NYCY, 0,6 / 1 kV'luk, enerji kablosunun prensip şeması verilmiştir.



Şekil 1: NYCY 0,6 / 1 kV yeraltı kablosunun yapısı.

Kablolu enerji taşınması yerleşim bölgeleri için daha güvenlidir. Kablolar atmosferik olaylardan etkilenmezler. Kablolar döşendikleri yerlerdeki kimyasal etkilere, su, rutubet ve hava koşullarına dayanacak tipte seçilmelidir[4]-[5]. Pratikte bir çok kablo türü kullanılmaktadır.

Bunlar, güç kabloları, doğru akım kabloları, süper iletkenli kablolar, gaz yalıtımlı kablolar, sodyum iletkenli kablolar, çok yüksek gerilim kabloları, deniz kabloları vb. Kablolar çeşitli sınıflara ayrılmaktadırlar.

1.1 Kullanılan malzemenin cinsine göre,

- Alüminyum iletkenli kablolar,
- Bakır iletkenli kablolar,

1.2 Yalıtkan durumuna göre,

- PVC (polivinilklorid) yalıtkanlı kablolar,
- Kağıt yalıtkanlı kablolar,
- PE (Polietilen) yalıtkanlı kablolar,
- XLPE yalıtkanlı çapraz kablolar,

1.3 Kullanılış amaçlarına göre,

- Enerji kabloları,
- Kumanda ve sinyal kabloları,
- Telefon kabloları,
- Haberleşme kabloları,

1.4 İşletme şartlarına göre,

- Ağır işletme kabloları,
- Normal ve hafif işletme kabloları,

olarak gruplandırılabilir. Su altı, maden ocakları ve kimyasal etkilerin fazlaca bulunduğu yerler ağır işletme şartı olan yer grubundandır.

2. Kablo İletken Kesitinin Seçim Kriterleri

Tesis maliyetinde kablolar en büyük paya sahiptirler. Kablolar kesit seçimi büyük bir önem taşımaktadır. Uygun olmayan kesit ısınma sonucunda hasar görür. Tesisin enerjisiz kalmasına neden olur. Küçük kesitte yüksek gerilim düşümleri olur, cihazlar hasar görür. Büyük seçilmiş kesit tesis maliyetinin artmasına neden olur. Optimal kesitin seçilmesinde büyük yararlar mevcuttur. Uzun beslemeli sistemlerde gerilim düşümü en kötü hal olarak karşımıza çıkar. Kısa ve yüklü tesislerde ise ısınma şartı karşımıza en kötü hal olarak çıkar. Bu kriterler dikkate alınmadığında tesiste sık, sık arızalar baş gösterir. Sistemde enerjinin sürekliliği sağlamakta güçlükler çekeriz.

Enerji kablolarında yalıtım malzemesinin zarar görmemesi için taşınan akıma göre kesitinin seçilmesi lazımdır. Döşemede normalden farklı ne kadar koşul varsa bu koşulların dikkate alınması gerekir. Yükün çektiği hat akımı,

$$I = P / (3^{0.5} U \text{ Cos } \varphi) \quad (1)$$

formülünden bulunur. Burada, U, fazlar arası gerilimi, Cos φ , tesisin güç faktörünü göstermektedir. Tablo 1'den bu akım değerini taşıyacak iletken kesiti seçilir. Normal koşullarda akım değiştirme katsayıları dikkate alınmaz. Normal koşullar,

- Sıcaklığın yeraltında 20°C derece havada 30°C derece olması,
- PVC yalıtkanlı kablo iletkeninde izin verilen sıcaklık derecesi 70 °C derece olması,
- Kabloların yeraltında eksen itibarı ile döşeme derinliği h=70 cm olması,
- Kablonun döşendiği yerde dolgu malzemesi olarak ince elenmiş kum kullanılması, kabloya yataklık eden kumun, kablonun 10 cm altına ve üstüne döşenmesi,
- Kabloya yataklık eden malzemenin özgül ısı direnci $\sigma_E = 100$ (°C .cm/ w) olması,
- Kablonun 10 cm üstüne, yan yana döşemede araya ve üste yerleşim pozisyonuna uygun tuğla kullanılması,

Bu koşullardan biri veya birkaçının sağlanmadığı durumlarda akım değiştirme katsayılarının dikkate alınması gerekir. Koşullar normalden farklı ise hattan çekilen akımın değeri,

$$I_n' = I_n / k_1, k_2, \dots, k_n \quad (2)$$

formülünden bulunur. k_1, k_2, \dots, k_n , koşulların normalden farklı olması durumunda akım değiştirme katsayılarını göstermektedir.



Şekil 2: Uygun seçilmemiş kablonun son durumu

Kablolarda yeraltında veya havada tertip türlerine göre taşıyabildikleri akım değerleri çizelgelerde verilmiştir. Tablo 1'de yer altında kullanılan kabloların taşıyabileceği akım değerleri verilmiştir.

Tablo 1 Enerji kablolarının (0.6/ 1 KV) yer altında yüklenebilecekleri akım akım değerleri (normal şartlarda). En yüksek iletken sıcaklığı 70 °C derecede.

Anma Kesiti (mm ²)	Tel Sayısı (Ad)	İletken çapı (mm)	Yalıtkan kılıf et kalınlığı (mm)	Dış Kılıf Et Kalınlığı (mm)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)
2*2.5	1	1.80	0.9	1.8	41
2*4	1	2.26	1.0	1.8	53
2*6	1	2.80	1.0	1.8	66
2*10	1-7	4.1	1.0	1.8	88
3*2.5	1	1.80	0.9	1.8	36
3*4	1	2.26	1.0	1.8	46
3*6	1	2.80	1.0	1.8	58
3*10	1-7	4.1	1.0	1.8	77
4*2.5	1	1.80	0.9	1.8	36
4*4	1	2.26	1.0	1.8	46
4*6	1	2.80	1.0	1.8	58
4*10	1-7	4.1	1.0	1.8	77
4*16	1-7	5.2	1.0	2.0	100
3*25+16	7	6.4	1.5	2.0	130
3*35+25	7-19	7.7	1.5	2.0	155
3*50+25	19	9.2	1.5	2.2	185
3*70+35	19	11	1.5	2.2	230
3*95+50	19	12.7	1.6	2.4	275
3*120+70	37	14.4	1.6	2.6	315

3*150+70	37	16.1	1.8	2.8	355
3*185+95	37	18	2.0	3.0	400
3*240+120	61-37	20.5	2.2	3.2	460

3. Enerjinin Bir Kablo Yerine Birden Fazla Kablo İle Taşınması

Enerjinin bir kablo yerine birden fazla kablo ile taşınması durumunda (1) denkleminde bulunan akım değeri kablo adedine "n" bölünür. Enerjinin bir kablo yerine birden fazla kablo ile taşınması durumunda,

$$I = I_h / k n \quad (3)$$

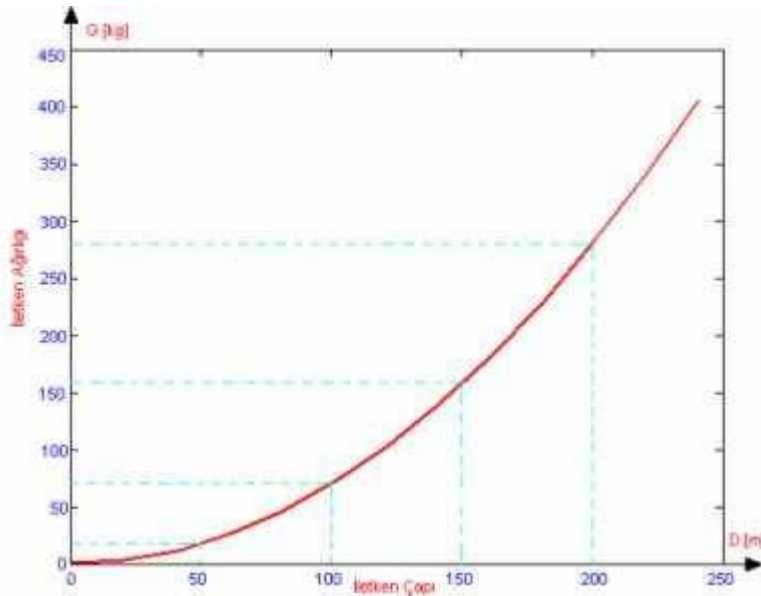
formülünden bulunur. Burada, I_h , hat akımını, k, kanal içinde birden fazla kablo döşenmesi durumunda akım değiştirme katsayısını, n, kablo adedini göstermektedir. Tablo 2.1'den bu akım değerini taşıyan kesit değeri bulunur. Kablonun döşeme şartları normalden farklı ise,

$$I = I_h' / n \quad (4)$$

formülünden bulunur. Burada, I_h' , normalden farklı koşullarda hat akımını, n, kanal içine dönecek kablo adedini göstermektedir. Bu akım değerini karşılayan kesit Tablo 1'den seçilir. Tablo 2'de aynı kanal içine birden fazla kablo döşenmesi durumunda akım değiştirme katsayıları verilmiştir. Kablolarda kullanılan bakır ağırlığı,

$$G_1 = S_1 L \gamma \quad (5)$$

formülünden bulunur. Burada, G_1 , kullanılan bakır ağırlığını, S_1 , iletken kesit alanını, L, kablunun uzunluğunu, γ , bakırın özgül ağırlığını göstermektedir.



Şekil 3: İletken ağırlığının iletken çapına ilişkin değişimi

İletken çapı arttıkça iletken ağırlığı karesel bir şekilde artmaktadır. Enerjinin birden fazla kablo ile taşınması durumunda bakır ağırlığı,

$$G_2 = S_2 \lambda \quad (6)$$

formülü ile hesaplanır. Burada, G_2 , kullanılan bakır ağırlığını, S_2 , iletken kesit alanını göstermektedir. Bu durumda yapılan bakı tasarrufu,

$$G_{\text{fark}} = G_2 - G_1 \quad (7)$$

Formülü ile bulunur. Kaliteli enerji gerilimi, frekansı sabit harmonik oranı standartlarca kabul edilen seviyelerde olan uygun kablo kesitli ve sonsuz güçlü şebekelerle mümkündür.

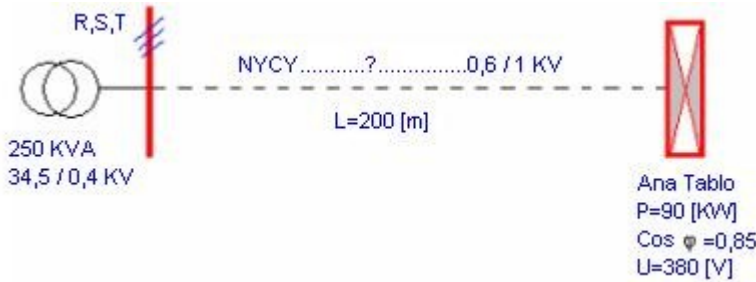
Tablo 2 Kanal İçinde Kablolara Ait Akım Değişirme Katsayısı

Kablolar Arası Uzaklık (cm)	Kanaldaki Kablo Sayısı (Ad)						
	2	3	4	5	6	8	10
0	0,79	0,69	0,63	0,58	0,55	0,50	0,46
7	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
25	0,87	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64

4. Sayısal Uygulama

Talep gücü 90 kW, olan bir tesiste güç faktörü $\cos\phi = 0.85$ 'tir. Bu tesisin enerji ihtiyacı yer altı kablosu ile sağlanacaktır. (Tesiste talep faktörü 1 olarak alınacaktır.)

- Şartların normal olması durumunda yer altı kablosunun iletken kesitini bulunuz.
- Enerjinin iki adet kablo ile taşınması durumunda yer altı kablosunun kesitini bulunuz.
- Her iki durumda kullanılan bakır ağırlığı ile bakırda yapılan tasarrufu bulunuz.



Şekil 4: Tesisin yer altı kablosu ile beslenmesi

Çözüm:

a) Enerji Bir Tek Kablo İle Taşınması Durumunda İletken Kesiti,

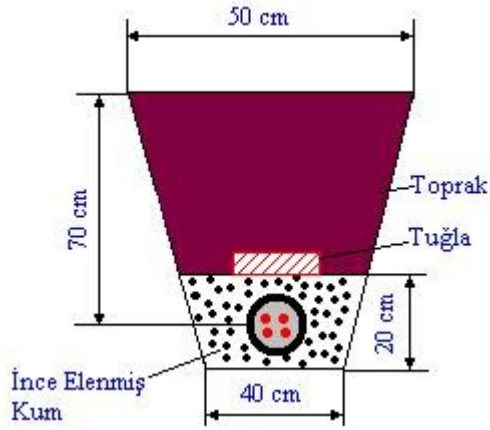
(1) denkleminde hat akımı,

$$I_h = 90.000 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.85) = 160.87 \text{ (A)}$$

olarak bulunur. Tablo 1'den bu akımı taşıyan iletken kesiti,

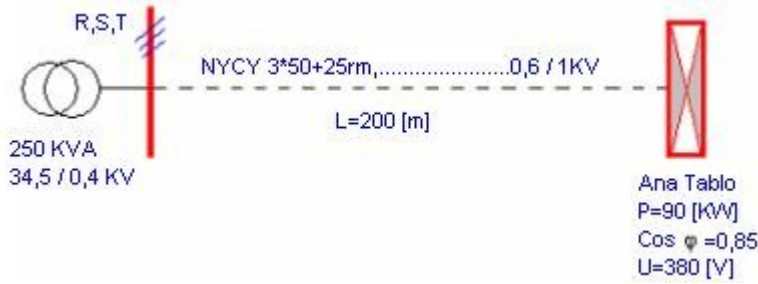
NYCY 3*50+25rm; 0,6 / 1 kV

olarak bulunur. Bu kabloda R,S,T, fazları 50 mm² kesitinde, nötr iletkeni 25 mm² kesitindedir. Şekil 5’de kablunun döşenmesi gösterilmiştir.



Şekil 5: Enerjinin kablunun döşenmesi

Tesise ait prensip şeması Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6: Enerjinin bir kablo ile taşınması

b) Enerjinin İki Kablo İle Taşınması Durumunda İletken Kesiti

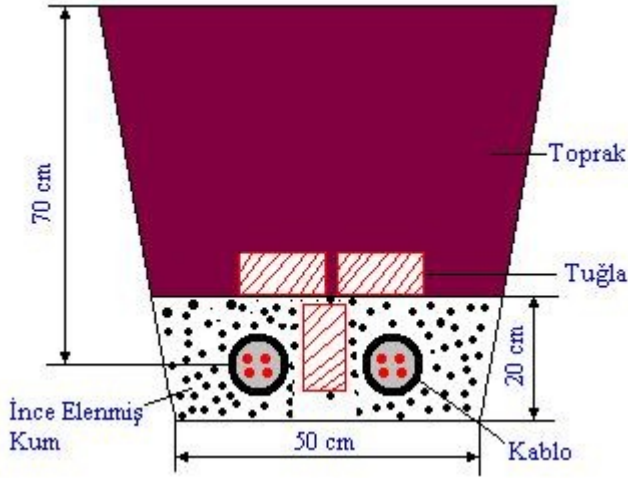
Tablo 2’den ($k=0,85$ bulunur). (2) denkleminden hat akımının değeri,

$$I = 160.87 / (0.85 * 2) = 94.63 \text{ (A)}$$

olarak bulunur. Tablo 1’den bu akım değerini taşıyan kablo kesiti,

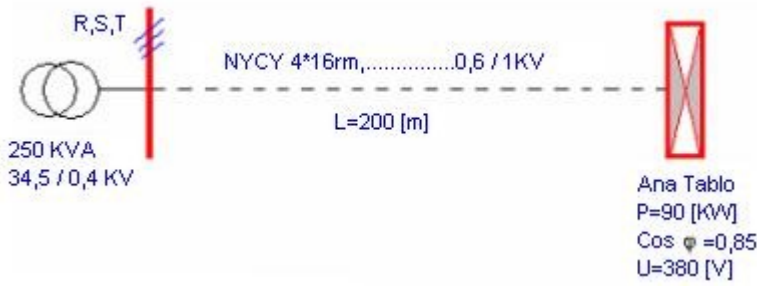
$$2*(NYCY 4*16 \text{ rm}; 0,6 / 1 \text{ kV})$$

olarak bulunur. Kabloların döşenmelerine ait prensip şeması Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7: Kanal içine iki kablonun döşenmesi

Tesisin prensip şeması Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8: Enerjinin iki kablo ile taşınması

c) Kullanılan bakırın ağırlığı (bakırın özgül ağırlığı $\gamma = 8.89 \cdot 10^{-3} \text{ kg / cm}^3$) ,

Enerji bir kablo ile taşındığında kullanılan bakır ağırlığı (5) denkleminde;

$$G = (3 \cdot 50 + 25) \cdot 10^{-2} \cdot 120 \cdot 10^2 \cdot 8,89 \cdot 10^{-3} = 186.69 \text{ (kg)}$$

Enerji iki adet kablo ile taşındığında kullanılan bakır ağırlığı (6) denkleminde,

$$G = 2 \cdot (4 \cdot 16) \cdot 10^{-2} \cdot 120 \cdot 10^2 \cdot 8,89 \cdot 10^{-3} = 136.55 \text{ (kg)}$$

olarak bulunur. (7) denkleminde yapılan bakır tasarrufu,

$$G_{\text{Fark}} = 186.69 - 136.55 = 50.14 \text{ (kg)}$$

olarak bulunur.

Sonuçlar ve Öneriler

Günümüzde yerleşim birimlerinin kalabalıklaşması ile birlikte enerji tüketimi günbegün artmaktadır. Enerjinin havai hatlarla bir yerlere taşınması neredeyse imkansız hale gelmiştir. Yeraltı kablolarının gerilim ve akım değerlerinin yarattığı yüksek elektriksel ve ısı zorlanmalar

dolayısıyla bu kabloların analizi diğer iletim hatlarına nazaran daha karışıktır. Enerjinin bir kablo yerine birden fazla kablo ile taşınmasında işletme emniyeti ve ekonomiklik bakımından birçok faydalar vardır. Enerjinin bir kablo yerine birden fazla kablo ile taşınmasının 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. Açık havada döşenen kablolar olabildiğince güneş ışınlarının etkilerinden korunmalıdır.
- Enerjinin bir kablo yerine birden fazla kablo ile taşınması durumunda kullanılacak bakır miktarında önemli azalmalar oluşur. Bu da günümüz ekonomik darboğazında oldukça önemli bir avantajdır. Tesisin maliyeti, teknik ve ekonomik kriterler bakımından optimum şartları sağlamalıdır.
- Kısa devreler elektrik tesislerinde istenmeyen olaylardır. Kısa devrelerin en şiddetlisi üç faz arası kısa devredir. Elektrik kablolarında iletken seçimi faz nötr arası kısa devreye göre belirlenir. Bu kısa devre durumunda koruyucu sigortanın hemen devreyi açması istenir. Bu kısa devre durumunda devreyi açan bir sigorta diğer kısa devre durumlarında devreyi daha kısa sürelerde açar.
- Kablo iletkeninin işletme sıcaklığına ulaşma süresi yaklaşık olarak "6. 1" değerindedir. Burada, "1" minimum işletme sıcaklığını göstermektedir. Kısa devre durumlarında işletme sıcaklığına ulaşma süresi oldukça kısalmaktadır. PVC izolasyonlu kablolarda izin verilen iletken sıcaklık derecesi 70 °C dir. Kısa devreler ile aşırı yüklenmelerde iletken bu sıcaklık derecesine hemen ulaşır. Bundan dolayı elektrik tesislerinde aşırı yüklenme ve kısa devrelere karşı sistemin korunması gerekir. Kısa devre hesapları mutlak surette yapılmalıdır
- Kablo güzergahı seçilirken, bataklık, göl, nehir, orman ve köprü gibi yerler ile maden ocakları, taşlık ve engebeli yerlerden elden geldiğince kaçınılmalıdır. Şehir merkezlerinde ise, su borusu, doğalgaz tesisleri, kanalizasyon borularından kaçınılmalıdır.
- Kısa devrede hasarların önlenmesi için tek damarlı kablolar zemine sıkı bir şekilde sabitlenmelidir. Kablolar kısa devrelere karşı termik manyetik şalterlerle korunmalıdır. Kablo ve çevresini yangın tehlikesinden korumak ve yangının yayılmasını önlemek için kablolar yanıcı maddeler üzerine döşenmemelidir.
- Toprağa doğrudan gömülü kabloların yönetmenliklerin gösterdiği koşullara göre döşenmesi sağlanmalıdır. Çelik zırhsız kabloların yeraltında beton kanallar, beton büzler veya beton muhafaza içine alınmış PVC borular içinde kullanılması yerinde olur. Kablolar döşendikleri yerlerdeki kimyasal etkilere, su, rutubet ve hava koşullarına dayanacak tipte kablolar seçilmelidir.
- Bir enerji kablosu ile başka bir enerji kablosu ya da 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 ya da yalıtkanları buldukları yerlerde zorlanmamalı ve zedelenmemelidir. Kablolar gerektiğinde koruyucu büz yada borular içine alınmalıdır. Kablo kanala, 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 döşenmeli dolgu maddesi olarak çakıl kum karışımı kullanılmalıdır.
- Yeraltı 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 şart olarak karşımıza çıkar. Bu nedenle uzun tesislerde, gerilim düşümü veya enerji kaybına göre tespit edilir. Gerekirse ısınma yönünden de kontrol edilir. Normal şartlar yakalanmadığında akım değiştirme katsayıları dikkate alınmalıdır. Ağır taşıtların geçtiği güzergahtan geçen kablolar mutlak surette çelik zırlı seçilmelidir.

- 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 ya da borularla korunmalıdır. Yüksek gerilim yeraltı kablo güzergahının belirlenmesinde uygun aralıklarla kalıcı işaretler konulmalıdır.
- Yeraltı kabloları üzerinde çalışmaya başlamadan önce (özel bir talimatın bulunmaması halinde) kablonun beslendiği bütün noktalar enerjisiz ve topraklı hale getirilecektir. Birden çok yeraltı kablosunun aynı kanaldan geçtiği durumlarda çalışma yapılacak kablonun seçilmesinde uygun gerilim kontrol cihazları kullanılacaktır. Çalışma yerinde işe başlamadan önce koruyucu güvenlik önlemleri alınacak ve izole malzeme kullanılarak kapasitif boşaltmayı temin amacı ile bütün iletkenler kısa devre edilerek topraklanacaktır. Çalışma bitiminde faz kontrolü ve benzeri çalışmalar için topraklama kaldırıldığında, yeniden gerilim altına girme tehlikesine karşı bütün ayırıcı ve kesiciler açık olacaktır.
- Alçak gerilim şebekesi yeraltı kablolu ise mekanik dayanım için kontrole gerek duyulmaz. Yeraltı 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.
- Mekanik darbelerin oluşabileceği güzergahlarda 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 ve hariçte kullanılması durumunda kablo başlığı takılmalıdır. Kablo başlıkları, kabloya su ve nemin girmesini önleyecek şekilde olmalıdır. Alçak gerilim kablolarında su girmesini önleyecek tedbirlerin alınması durumunda kablo başlığı kullanılmayabilir.
- Toprak içine yerleştirilen kabloların altında ve üstünde yaklaşık 10 cm kalınlıkta elenmiş ince kum kabloya yataklık etmelidir. 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.
- 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. Kablolu dağıtım sistemlerinde yangın oluşmasına mutlak surette engel olunmalıdır. Yatay olarak serilen PVC yalıtkanlı kablo demeti üzerinde yangının ilerleme hızı 20 m/dk'dır (CEGB, İngiliz kuruluşu). PE (polyethylene) ve PP (polypropylene) malzemeleri içeren kablolar çok daha kolay yanabildikleri gibi ayrıca eriyen damlaların oluşturduğu sıcaklık ile diğer komşu malzemeleri de kolayca yakabilirler. Diğer plastiklerden mesela sert PVC yangını üzerinde taşımamakla birlikte kısa zamanda yumuşaması ve erimesi ile sıcaklığın yükselmesine ve doğal olarak yangının kısa zamanda binanın başka bölümlerine yayılmasına neden olmaktadır. PVC kablolar sadece yangının yayılmasına neden olmazlar. Aynı zamanda yoğun koyu renkte dumana da neden olurlar. Bu duman itfaiyecilerin kurtarma ve söndürme çalışmalarını çok zorlaştırır, İçerdiği toksik ve kanserojen maddeler insanlara zararlıdır.

- Alçak gerilim ile orta gerilim kabloları aynı kanal içinde döşendiği durumlarda, orta gerilim kablosu alta alçak gerilim kablosu üste gelecek şekilde döşenmelidir. Aralarına kanal boyunca tuğla döşenmelidir.

Kaynaklar:

1. Uçku, K., (1974), Elektrikle Enerji Dağıtımı ve Projesi. Birinci Kısım, Ankara.
2. Anders, G.J., (1997), Rating of Electric Power Cables, IEEE Press, Newyork.
3. Hürer, A., (1990), Elektrik Tesisat Bilgisi, Çilt I, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.
4. Uçku, K., (1974), Elektrikle Enerji Dağıtımı ve Projesi. İkinci Kısım, Ankara.
5. Clegg, B., (1993), Underground Cable Fault Location, McGraw-Hill, London.
6. Cıgre; (1992), "The Thermal Behavior of Overhead Conductors", CIGRE WG12, ELECTRA No.144.
7. Çakır, H., (1985), Elektrik Şebeke Kayıpları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
8. Flatabo N., Transient heat conduction problems in power cables solved by the finite element method, IEEE PES Summer Meeting, San Francisco July 9–14, 1972.
9. Hürer, A., (1990), Elektrik Tesisat Bilgisi, Çilt II, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.
10. Heinhold, Editor.,(1990), Power Cables and Their Applications (Third Edition ed.), Siemens Aktiengesellschaft, Elangen.
11. IEEE; (1993), "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors", IEEE Standard 738-1993.
12. IEC Standart 287, 1982.
13. IEC Standart 853-1-2, 1989.
14. King, S., Halfter, Y. N., (1982), Underground Power Cables, Longman, Harlow.
15. Kocatepe, C., Uzunoğlu, M., Yumurtacı, R., Karakaş, A. ve Arıkan, O.,(2003), Elektrik Tesislerinde Harmonikler, Birsen Yayınevi, İstanbul.
16. Liang, M., "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. 307–313,1999.
17. Peşit, A., Bodur., Ö. ve Tirben, N.,(1980), Bilgi İşle Yaprakları, Mesleki ve Teknik Öğretim, İstanbul.
18. Uzunoglu, M., Kızıl, A ve Onar, Ç.Ö., (2002), Kolay Anlatımı ile İleri Düzeyde Matlab, Türkmen kitabevi, İstanbul
19. Sredojevic M., Naumov R., Popovic D., ve Simic, M., "Longterm investigation of thermal behaviour of 110 kV underground transmission lines in the Belgrade area", CIRED 2–5 June, pp. 438, 344. 1997.
20. Lin, S., Hau, X., (1998), "Analytical method of calculating the transient and steady-state temperature rises for cable-bundle in tray and ladder", IEEE Trans. Power Delivery 13 (3) 691–698.

Hazırlayan : Yrd.Doç. Dr. Süleyman ADAK