

## Kapak Konusu

Elektrik Tesisat Malzemeleri

# Kablolarda İletken Kesit Hesabı

Emre ŞİMŞEK  
Prysmian Group Türkiye

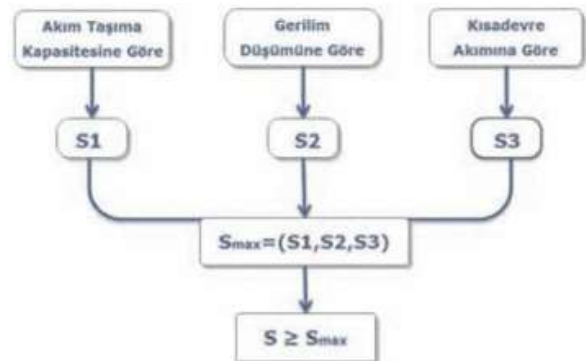
**Elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan her alanda kullandığımız kabloları doğru mu seçiyoruz? Tiplerini doğru mu belirliyoruz? Çevresel şartlara göre performans ve reaksiyonları değişen, enerjiyi ya da sinyali taşımaya ve dağıtmaya yarayan, bu vazgeçilmez sistem elemanlarının karakteristik özelliklerini doğru belirlemenin hayati önem arz ettiğinin farkında mıyız? Bu yazıda, dört bir yanı bir ağ gibi saran kabloların iletken kesitlerinin tayini konusunda bilgiler verilecektir.**

Elektrik enerjisi, üretildiği santrallerden, ulaştırıldığı son noktalara kadar çeşitli kesitlere ve gerilim seviyelerine haiz kablolar ile dağıtılır ve iletilir. Bu kabloların tipleri belirlenirken, hangi ortamlarda kullanılacağı, ne gibi harici etkilere maruz kalacağı, muhtemel ortam şartlarına nasıl tepki vereceği gibi konular analiz edilmelidir. Kablo tipini olası alternatiflerle belirledikten sonra, bu kablolarda kullanılacak olan iletkenin elektriksel kesiti (büyüklüğü) belirlenmelidir. Kesit tayini ise, en az kablo tipini belirlerken yapılacak analizler kadar, detaylı ve dikkatli yapılmalıdır. Kablo iletken kesitinin doğru belirlenmesindeki en önemli unsur güvenlik olmalıdır. Kablonun herhangi bir güvenlik problemi teşkil etmeden görevini devam ettirebilmesi için, mevcut güç ve ileride sisteme eklenmesi muhtemel güç analizi, doğru yapılmalıdır. İletkenin boyutları, iletkeni saran polimer malzemenin sınır değerlerini zorlamayacak ve üzerinden akacak olan akıma, uluslararası standartların belirlediği azami direnç değerlerinin üzerinde bir direnç göstermeyecek şekilde belirlenmelidir. Daha sonra, maliyet unsurları devreye girecektir. Sistemin güvenliğini sağlamak adına, fazla harcamalardan kaçınılmalıdır. Bunun yolu da maliyet-güvenlik optimizasyonu yaparak, en uygun iletken kesitini belirlemektir.



Resim 1: Asya-Avrupa bağlantısını sağlayan Türkiye'nin ilk 380 kV 1600 mm<sup>2</sup> kesitli denizaltı yüksek gerilim enerji kablosu.

Güvenlik ve maliyet unsurları göz önünde bulundurulduğunda, kablo kesit tayini yapılırken ortaya üç önemli parametre çıkmaktadır (akım taşıma kapasitesi, gerilim düşümü ve kısa devre akımı).



## Kapak Konusu

### Elektrik Tesisat Malzemeleri

#### Akım Taşıma Kapasitesi

Tesis edilen veya edilecek kablonun, temelde sıcaklık esasına dayanarak, hiçbir bileşenin bozulmadan, güvenle kullanımına devam edilebileceği azami akım değeridir. Akım taşıma kapasitesinin, kablo kesitinin seçiminde doğrudan bir etkisi vardır.

#### Gerilim Düşümü

İletkenin kendi iç direncinden kaynaklanan kayıplardan dolayı, gerilimin, kaynaktan yüke ulaşmaya kadar geçen mesafede azalması durumudur. Taşıma mesafesi uzadıkça, bu kayıp artar ve iletken kesitin büyütülmesi gerekir.

#### Kısa Devre Akımı

Alternatif akım sistemlerinde zamana göre değişen bir parametre olup, kısa devrenin olduğu bölgede, kısa devre süresi boyunca akan akım miktarıdır.



Resim 2: 0,6/1 kV N2XH FE 180 3x35/16 mm² alçak gerilim enerji kablosu.



Resim 3: 12/20 kV 1x95s/16 mm² orta gerilim enerji kablosu.

Bu üç parametreyi kullanarak, üç farklı kablo kesiti elde etmek mümkündür. Burada yapılacak olan işlem, bu üç kesit arasından en büyüğüne eş değer ya da en yakın bir büyük kesit belirlenerek güvenli ve ekonomik bir kablo iletken boyutu belirlenebilir. Bir örnek üzerinden, kablo iletken kesit tayini yapıldığı farz edilsin. Bunun için 200 m uzaklıkta, etiketinde 235 kW güç ve 1 kV gerilim seviyesi yazan ve maksimum %3 gerilim düşümüne müsaade eden bir pompayı beslemek için, 3 damarlı bir kablo tipi ve kesiti belirlensin.



Resim 4: 0,6/1 kV NYY 3x70s mm² alçak gerilim enerji kablosu.

Bilinen değerler;

**Güç:** P=235 kW

**Gerilim:** U=1 kV

**Güç faktörü:**  $\cos\phi=0,8$

**Uzaklık:** L=200 m

**Gerilim düşümü:** %e=%3

Bu bilinen parametreler doğrultusunda, aşağıdaki güç formülü ile bir akım değeri bulmak mümkündür.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi}$$

$$= \frac{235000}{\sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 0,8} = 169,80A$$

Bulunan bu akım değerine göre kabloların iletken kesitlerini;

PVC izolasyonlu kablo için 50 mm², XLPE izolasyonlu kablo için 35 mm² olarak belirlenebilir (Bkz. Tablo:1).

Tablo 1: 0,6/1 kV NYY ve N2XY Alçak Gerilim Enerji Kablosu Akım Taşıma Kapasitesi Cetveli

Kesit (mm²)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	
	NYN	N2XY
3x25	133	145
3x35	159	174
3x50	188	206
3x70	232	254
3x95	280	305

Son olarak yapılması gereken işlem, belirlenen bu tiplerin, istenen maksimum yüzde gerilim düşümü hesabı yapıldıktan sonra, değişip değişmeyeceğine karar vermek olacaktır. Gerilim düşümünü iki farklı izolasyon malzemesine sahip kablo için de

hesaplanacak olursa;

**Güç:** P=235 kW

**Gerilim:** U=1 kV

**Uzaklık:** L=200 m

**Gerilim düşümü:** %e=%3

**İletkenlik katsayısı:** k(Cu)=56m/Ω mm<sup>2</sup>

**İletken kesiti:** SPVC=50, SXLPE= 35 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \%e_{pvc} &= \frac{100 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot U^2} \\ &= \frac{100 \cdot 235000 \cdot 200}{56 \cdot 50 \cdot (1000)^2} = \%1,68 \\ \%e_{xlpe} &= \frac{100 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot U^2} \\ &= \frac{100 \cdot 235000 \cdot 200}{56 \cdot 35 \cdot (1000)^2} = \%2,4 \end{aligned}$$

Elde edilen değerler, istenen %e (%3) değerinden küçük olduğu için bu işlemi tekrarlamaya gerek yoktur. Ancak, maksimum gerilim düşümü baz alınarak mümkün olan asgari iletken kesitini belirlenecek olursa;

$$\begin{aligned} \%e &= \frac{100 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot U^2} \\ 3 &= \frac{100 \cdot 235000 \cdot 200}{56 \cdot S \cdot (1000)^2} \\ S &= 27,97mm^2 \end{aligned}$$

Bu hesaba göre elde edilen iletken kesitine en yakın kesit, 35 mm<sup>2</sup>'dir.

35 mm<sup>2</sup> kesit, XLPE izolasyon ile (N2XY), hesaplanan 169,80 A değerindeki akım için yeterli akım taşıma kapasitesine sahipken (174 A); PVC izolasyon ile (NYY) ise, daha düşük bir akım taşıma kapasitesine (159 A) sahiptir. Bu şekilde yapılan hesapta da bir üst kesite çıkma ihtiyacı oluşmuştur. Bu örneğe ek koşullar ekleyerek, daha profesyonel bir hesap yapmayı deneyelim. Örneğin; sistemi besleyecek 3 damarlı kablonun toprak altından geçirileceği var sayılsın. Bu şartlar doğrultusunda toprağın tipine, sıcaklığına ve termik direncine de ihtiyaç duyulacaktır. 25 °C sıcaklığa sahip,

kuru kum ve termik direnci de 1.5 K.m/W olan bir ortam olsun. Bu şartlar doğrultusunda, standartlarda (DIN VDE 0298-4) yer alan düzeltme faktörleri;

$$\begin{aligned} f_{PVC} &= 0,84, \\ f_{XLPE} &= 0,87' \text{dir.} \end{aligned}$$

Bu durumda ilk belirlenen akım değeri, yine bu düzeltme faktörlerine göre tekrar düzenlendiğinde, yeni akım değerlerinin bulunması gerekir. Bu da, ilk öngörülen kablo ve ilgili iletken kesitinin bir üst kesitinden başlayarak, akım taşıma kapasitesi değerlerini, yukarıdaki düzeltme faktörleri ile çarpılarak elde edilmelidir. Düzeltme faktörleri ile çarpılması sonucu ortaya çıkan akım değeri, yukarıda ilk tespit edilen akım değerine eşit ya da daha büyük bir değer ise; bu, seçilen kesitin uygun olduğu anlamına gelmektedir. Aksi takdirde, bir üst kesite daha çıkıp düzeltme faktörü ile çarpılarak, kontrol edilmeye devam edilmelidir. Verilen örneğe göre bu işlemi gerçekleştirildiğinde, bir üst kesitteki kabloların akım taşıma değerleri, düzeltme faktörleri ile çarpıldığında istenen akım değerinden daha büyük bir değere sahip olduğu için, kesitler "uygun" olarak değerlendirilmiştir. Yeni akım değerleri;

$$\begin{aligned} I_{PVC} &= 202,48 \text{ A,} \\ I_{XLPE} &= 195,49 \text{ A'dir} \end{aligned}$$

Bu yeni akım değerlerine göre yeni belirlenecek kablo ve kesitleri;

$$\begin{aligned} NYY & 3 \times 70 \text{ mm}^2, I_n = 232 \text{ A} \\ N2XY & 3 \times 50 \text{ mm}^2, I_n = 206 \text{ A} \end{aligned}$$

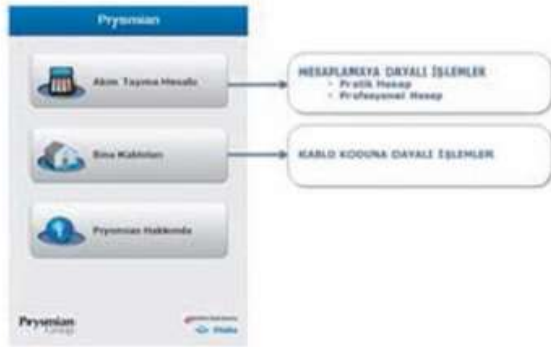
Bu ek koşullar için, tekrar bir gerilim düşümü hesabına gerek yoktur. Sebebi ise, 50 mm<sup>2</sup> iletkenli ve PVC izolasyonlu, 35 mm<sup>2</sup> iletkenli ve XLPE izolasyonlu iki tip kablo için belirlenen şartlarda, istenen gerilim düşümünün gerekli seviyenin altında; 70 mm<sup>2</sup> iletkenli ve PVC izolasyonlu, 50 mm<sup>2</sup> iletkenli ve XLPE izolasyonlu kabloların gerilim düşümünün ise, bu çıkan seviyeden daha aşağıda çıkacağı bilinmektedir.

Prysmian Group Türkiye, sahadaki uygulamalara kolaylık sağlamak, zamandan tasarruf etmek ve

## Kapak Konusu

### Elektrik Tesisat Malzemeleri

sektörün bilincini artırmak amacıyla, lansmanını 2013 yılında yaptığı ve sürekli olarak artan ihtiyaçlar ve talepler doğrultusunda geliştirdiği Kablomatik™ uygulaması ile bu hesapları kolaylaştırmaktadır.



Resim 5: Kablomatik giriş sayfası.

Kablomatik™ ile aranan kabloyu gerek kabloların rumuzu (kodu) ile, gerekse de yukarıda yapılan örneğe benzer hesaplama yöntemleri ile belirlemek mümkündür.



Resim 6: Kablomatik'te örnek bir uygulama.

Sadece istenen parametreler uygulamaya girilip istenen sonuca adım adım ulaşmak mümkündür.



Resim 7: Kablomatik üzerinden kablo tipi ve kesiti belirlemede son adım.

Doğru kablo ve iletken seçimi ile daha bilinçli ve güvenilir sistemlere sahip olunabilir; kısa devre, yangın gibi risklerin önüne geçilerek, kablo kaynaklı arıza ve enerji kesilmeleri engellenebilir; büyük kesit için fazladan sermaye aktarımını veya küçük kesitten kaynaklı arızalarda tekrar tesis masrafını ortadan kaldırılabilir.

#### Referanslar

- 1) Power Cables and their Applications, 3rd edition, 1990, Lothar Heinhold - Siemens
- 2) DIN VDE 0298-4: Application of cables and cords in power installations

