

## Teknik

# Kablolarda İletken Kesit Hesabı

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 yazımızda, dört bir yanımızı bir ağ gibi saran kabloların iletken kesitlerinin tayini konusunda bilgi vermeye çalışacağız.

Emre Şimşek  
Prismian Group Türkiye

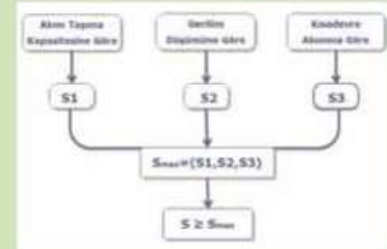
Elektrik enerjisi, üretildiği santrallerden, ulaştırıldığı son noktalara kadar çeşitli kesitlere ve gerilim seviyelerine haiz kablolar ile dağıtılır ve iletilir. Bu kabloların tipleri belirlenirken, hangi ortamlarda kullanılacağı, ne gibi harici etkilere maruz kalacağı, muhtemel ortam şartlarına nasıl tepki vereceği gibi konular analiz edilerek, bir karar verilmektedir. 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 harca-

malardan kaçınılmalıdır. Bunun yolu da maliyet-güvenlik optimizasyonu yaparak, en uygun iletken kesitini belirlemektir. Güvenlik ve maliyet unsurları göz önünde bulundurulduğunda, kablo kesit tayini yapılırken ortaya üç önemli parametre çıkıyor; akım taşıma kapasitesi, gerilim düşümü ve kısa devre akımı.



Resim 1: Asya-Avrupa bağlantısını sağlayan Türkiye'nin ilk 380 kV 1600 mm<sup>2</sup> kesitli Denizaltı Yüksek Gerilim Enerji Kablosu



**Akım Taşıma Kapasitesi:** Tesis edilen veya edilecek kablonun, temelde sıcaklık esasına dayanarak, hiçbir bileşeninin 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 1x95/16 mm² Orta Gerilim Enerji Kablosu

Bu üç parametreyi kullanarak, üç farklı kablo kesiti elde etmek mümkün. Burada yapılacak olan işlem, bu üç kesit arasında 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 yaptığımızı farz edelim: 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 belirleyelim.



Resim 4: 0,6/1 kV NYY 3x70 mm² Alçak Gerilim Enerji Kablosu

Bilinen değerler;

Güç: P=235 kW

Gerilim: U=1 kV

Güç Faktörü: cosφ=0,8

Uzaklık: L=200 m

Gerilim Düşümü: %e=%3

Bu bilinen parametreler doğrultusunda, aşağıdaki güç formülü ile bir akım değeri bulmamız mümkün;

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

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{235000}{\sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 0,8} = 169,80A$$

Bulunan bu akım değerine göre kabloların iletken kesitlerini;

PVC izolasyonlu kablo için 50 mm², XLPE izolasyonlu kablo için 35 mm² olarak belirleyebiliriz. (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 yapmamız gereken işlem, belirlediğimiz 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 hesaplayacak olursak;

$$\%e_{pvc} = \frac{100 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot U^2} = \frac{100 \cdot 235000 \cdot 200}{56 \cdot 50 \cdot (1000)^2} = \%1,66$$

$$\%e_{xlpe} = \frac{100 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot U^2} = \frac{100 \cdot 235000 \cdot 200}{56 \cdot 35 \cdot (1000)^2} = \%2,4$$

Güç: P = 235 kW

Gerilim: U = 1 kV

Uzaklık: L = 200 m

Gerilim Düşümü: %e = %3

İletkenlik Katsayısı: k(Cu) = 56m/Ω mm²

İletken Kesiti: S<sub>pvc</sub> = 50, S<sub>xlpe</sub> = 35 mm²

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 belirleyecek olursak;

$$\%e = \frac{100 \cdot P \cdot L}{k \cdot S \cdot U^2}$$

$$3 = \frac{100 \cdot 235000 \cdot 200}{56 \cdot S \cdot (1000)^2}$$

$$S = 27,97mm^2$$

Bu hesaba göre elde ettiğimiz iletken kesitine en yakın kesiti 35 mm²'dir.

35 mm² kesit, XLPE izolasyon ile (N2XY), hesaplanan 169,80 A değerindeki akım için yeterli akım taşıma kapasitesine sahipken (174 A); PVC izolasyon ile (NYN) ise, daha düşük bir akım taşıma kapasitesine (159 A) sahiptir. Bu şekilde yapılan hesapta da bir üst kesite çıkma ihtiyacı oluşmuştur.

Yaptığımız örneğe ek koşullar ekleyerek, daha profesyonel bir hesap yapmayı deneyelim. Örneğin; sistemimizi besleyecek 3 damarlı kabloyu, toprak altından geçireceğimizi varsayalım. Bu şartlar doğrultusunda toprağın tipine, sıcaklığına ve termik direncine de ihtiyaç duyulacaktır. 25 °C sıcaklığı sahip, kuru kum ve termik direnci de 1.5 Km/W olan bir ortamımız olsun. Bu şartlar doğrultusunda, standartlarda (DIN VDE 0298-4) yer alan düzeltme faktörleri;

$$f_{pvc} = 0,84,$$

$$f_{xlpe} = 0,87'dir.$$

Bu durumda ilk belirlediğimiz akım değerini, bu düzeltme faktörlerine göre tekrar düzenlersek, yeni akım değerlerimizi bulmamız gerekiyor. Bu da, ilk öngörülen kablo ve ilgili iletken kesitinin bir üst kesitinden başlayarak, akım taşıma kapasitesi

## Teknik

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. Verdiğimiz örneğe göre bu işlemi gerçekleştirdiğimizde, bir üst kesitteki kabloların akım taşıma değerleri, düzeltme faktörleri ile çarpıldığında istenilen akım değerinden daha büyük bir değere sahip olduğu için, kesitler "uygun" olarak değerlendirilmiştir. Yeni akım değerleri;

$$I_{PVC} = 202,48 \text{ A}$$

$$I_{XLPE} = 195,49 \text{ A'dir}$$

Bu yeni akım değerlerine göre yeni belirlenecek kablo ve kesitleri;

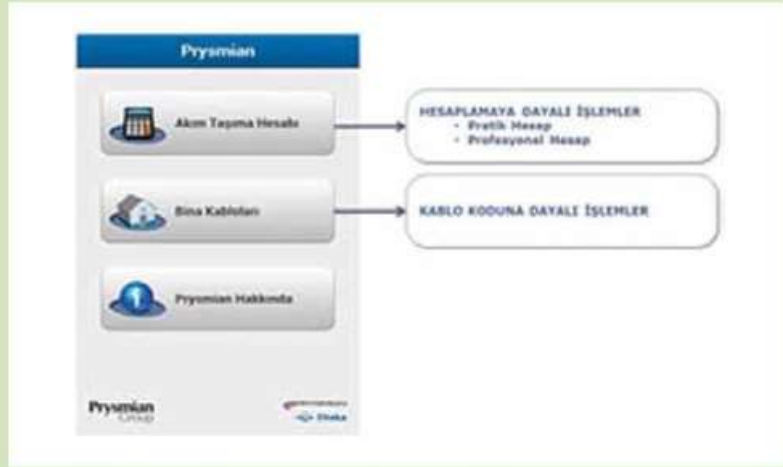
$$\text{NYY } 3 \times 70 \text{ mm}^2, I_n = 232 \text{ A}$$

$$\text{N2XY } 3 \times 50 \text{ mm}^2, I_n = 206 \text{ A}$$

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 çıkacağını biliyoruz.

Prysmian Group Türkiye olarak, sahadaki uygulamalara kolaylık sağlamak, zamandan tasarruf etmek ve sektörün bilincini artırmak amacıyla, lansmanını 2013 yılında yaptığımız ve sürekli olarak artan ihtiyaçlar ve talepler doğrultusunda geliştirdiğimiz KABLOMATİK™ uygulamamız ile bu hesapları kolaylaştırıyoruz.

Web sitemizde ya da tüm mobil işletim sistemleri ile uyumlu çalışan mobil uygulamamız sayesinde, bu hesapları çok kısa sürede yapabilmeye olanak sağlıyoruz.



Resim 5: Kablomatik giriş sayfası

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

Sadece istenen parametreleri uygulamaya girip, adım adım ilerleyerek istenen sonuca ulaşabilirsiniz.

Doğru kablo ve iletken seçimi ile, daha bilinçli ve güvenilir sistemlere sahip olabilir; kısa devre, yangın gibi risklerin önüne geçerek, kablo kaynaklı arıza ve enerji kesilmelerinin önüne geçebilir; büyük kesit için fazladan sermaye aktarımını veya küçük kesitten kaynaklı arızalarda tekrar tesis masrafını ortadan rahatlıkla kaldırabiliriz.

KABLOMATİK™ uygulamamıza ulaşabilmek için; web sitemizden veya akıllı telefon ve tablet bilgisayarlardan "prysmian performans testi" veya "kablomatik" olarak arama yapıp, programı ücretsiz olarak indirebilir ve kullanabilirsiniz.



Resim 6: Kablomatik'te örnek bir uygulama



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

### 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