

Ekonomik Kablo Kesit Seçimi

Derleyen : Elk.Müh. H. Avni Gündüz
havni.gunduz@emo.org.tr

Genellikle kablo kesitinin saptanmasında akım, gerilim düşümü ve kısa devre akımına karşı dayanım hesapları yapılarak enerji verimliliği konusu hesaplara dahil edilmemektedir, ancak dahil edilmesinde büyük yarar vardır.

Güç kalitesi parametreleri;

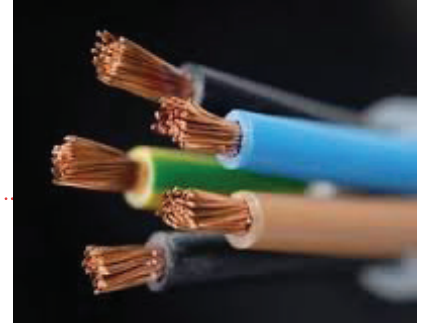
1. Akım hesabı; ısınma etkisinin en büyük akım değerine göre yapılan hesaplamadır. Kablonun taşıyacağı akımın, kablunun elle tutulamayacak kadar ısınarak izolasyonun bozulmasına neden olmaması gerekir. Bu konudaki TS HD 60364-4-43 standardında yer almaktadır. Yeterli büyüklükte bir kablo kesiti seçilerek küçük elektriksel direnç ve dolayısıyla daha düşük ısınma elde edilecektir.
2. En büyük akıma göre kablo üzerinde akım gerilimin hesaplanmasıdır. En büyük akıma göre kablo üzerinde düşen gerilim, kablunun kullanıla-

cağı gerilim seviyesine göre belirlenmiş yüzde değerlerinin altında kalmalıdır. Kablo direncinin düşük olması kablo üzerinde düşen gerilimin de küçük olmasını sağlayacaktır.

3. En büyük kısa devre akımına göre oluşacak elektrodinamik kuvvette dayanımının bulunması. TS EN 60909 standardına göre bulunan en büyük kısa devre akımına dayanak kesit büyüklüğü seçilmelidir. Kısa mesafede kullanılacak kablolarda ve yüksek gerilim seviyelerinde ısınma etkisi daha öne çıkar. Daha uzun kablolarda ve düşük gerilimlerde ise gerilim düşümü daha önemli olacaktır.
4. Dördüncü kriter ise kablunun ömrü boyunca kabloda oluşan enerji kayıplarının başlangıçta harcanacak ilk yatırım tutarından büyük olmasıdır.

Ekonomik Kablo Boyutlandırılması

Bir kabloda herhangi bir zamanda



meydana gelen güç kayıpları;

$P_{kayıp} = I^2 \times (\rho/A) \times L$ formülü ile bulunmaktadır. (1)

ρ = Kablonun özdirenci

A = Kablo kesiti

L = Kablonun uzunluğu

Belli bir t zaman aralığında meydana gelen enerji kaybı;

$$E_{kayıp} = P_{kayıp} \times t \quad (2)$$

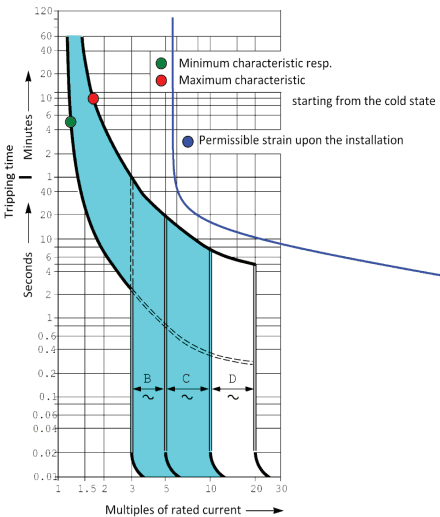
$$A = I^2 \times (\rho/A) \times L \times t \quad (3)$$

Buradan da görülebileceği gibi enerji kayıpları kablo kesitinin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Ancak kablunun ilk yatırım maliyeti de kablo kesitinin büyüklüğüyle doğru orantılıdır.

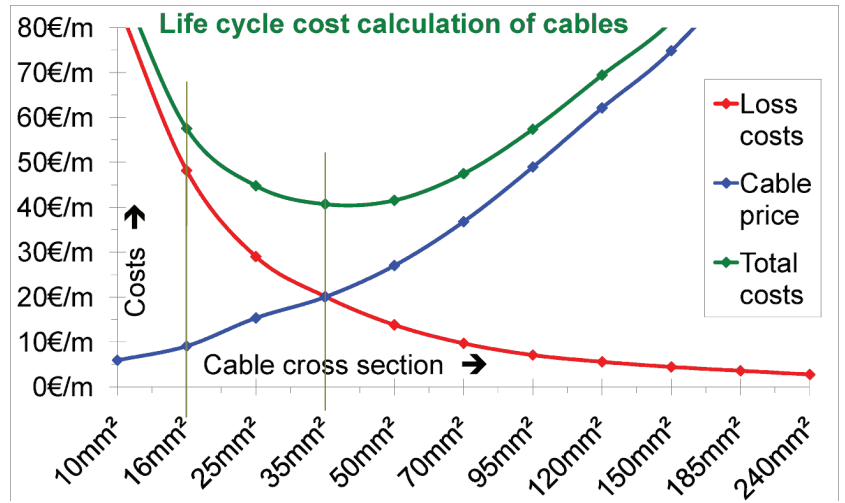
Kablo boyutlandırmasının ekonomik olduğu nokta ilk yatırım maliyetleri toplamı ile enerji kayıplarının toplam maliyetinin en az olduğu kesişme noktasıdır. (Şekil-2)

KABLOLARDA EN DÜŞÜK ÖMÜR BOYU MALİYET ANALİZİ

Kablo kesitinin saptanmasında



(Şekil-1)



(Şekil-2)

Örnek hesaplama grafiği; $C_{toplam} = C_{yatırım} + C_{kayıplar}$

bilinen temel yöntem olarak toplam maliyet;

$C_{\text{toplam}} = C_{\text{yatırım}} + C_{\text{kayıplar}}$ olarak kabul edilebilir.

Ömür boyu maliyetin bulunmasında kablunun tesis edildiği andaki maliyete ilaveten çalışma süresi sonundaki banka faizlerinin de belirlenmesi gerekir. Banka faizlerinin oranı (i) belirlenip ekonomik yaşam boyu süresindeki maliyet bulunur.

$$N(i, n) = ((1+i)^n - 1) / (i \cdot (1+i)^n)$$

Bu süredeki elektrik fiatlarının da tahmini ortalaması (T) hesaba dahil edilmelidir.

$$C_{\text{kayıplar}} = (I^2 \times (\rho/A) \times L) \times t \text{ (ekonomik süre)} \times \text{tarife (€/kWh)} \times N(i, n) \quad (4)$$

Bununla beraber bilinmesi gereken ikinci bir nokta da kablunun yüklenme oranıdır.

Kablo yüklenme oranı;

$$P_{\text{yüklenme}} = P_{\text{yük}} / P_n \quad (0 \text{ ile } 1 \text{ değeri arasındadır}) \quad (5)$$

Benzer şekilde kablodan geçen akım kablunun maksimum değerinde olmayacaktır. Kablo yüklenme oranı ile benzerlik göstereceğinden;

$$I_{\text{yük}} = (I_{\text{yük}} / I_n) \times I_n$$

$$I_{\text{yük}} = P_{\text{yük}} / P_n \times I_n$$

$$I_{\text{yük}} = P_{\text{yüklenme}} \times I_n \quad (6) \quad (P_{\text{yüklenme}} \text{ } 0 \text{ ile } 1 \text{ değeri arasındadır})$$

Örnek

Demir sektöründe en fazla 200 Amper taşıyacak bir kablo seçilmesini örnek olarak alalım. Demir sektöründe ortalama yüklenme oranı %65 ve ortalama çalışma süresi 3700 saat/yıl'dır. Faiz oranının %7.5 ve ekonomik ömrünü 10 yıl olarak kabul edelim. Diğer faktör olan finansal faktör 7.62 euro/W idi.

Bakır fiyatını (3 faz+Nötür) kablo fiyatı olarak yaklaşık 0.30 euro/(mm²*m) olarak kabul edebiliriz. Ya da dört damardan her biri için 0.075 euro/(mm²*m) olarak düşünebiliriz.

En ekonomik kablo kesiti;

Kayıpların bulunmasıyla ilgili formül (4) aşağıdaki eşitliğe dönüşür;

$$C_{\text{kayıplar}} = P_{\text{yüklenme}}^2 \times (I^2 \times (\rho/A) \times L) \times t(\text{saat}) \times \text{tarife (€/kWh)} \times N(i, n)$$

Bu eşitlik içerinden bulunacak bir finansal değer F;

$$F = P_{\text{yüklenme}}^2 \times t(\text{saat}) \times \text{tarife (€/kWh)} \times N(i, n)$$

çeşitli sektörler için ortalama olarak bulunabilir.

Avrupa Birliğinde yapılan bir çalışmada 10 yıllık bir süre göz önüne alınarak ve faiz oranları %7,5, enerji fiyatı 10 Euro cent/kWh, yüklenme %65 ve çalışma süresi 3700 saat olarak alındığında ortalama değer 7.62Euro/W olarak bulunmuştur;

Toplam maliyet;

$$C_{\text{toplam}} = C_{\text{yatırım}} + C_{\text{kayıplar}} \text{ olarak kabul edilmiştir.}$$

$$C_{\text{toplam}} = C_{\text{yatırım}} + I^2 \times (\rho/A) \times L \times F \text{ olacaktır. (7)}$$

Kablo Fiyatına Göre Uygun Kesit Seçimi

Bakır kablunun öz direnci $\rho = 2.054 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 'dir. (105°C çalışma sıcaklığında)

Toplam maliyet eşitliği (7) 1 mt kablo için;

$$C_{\text{toplam}} = C_{\text{kablo}} + I_n^2 \cdot (0,02054/A) \cdot F \quad (1 \text{ m için}) \text{ olacaktır. (8)}$$

$$C_{\text{kablo}} : 1 \text{ m /mm}^2 \text{ kablo fiyatı}$$

$$A ; \text{Kablo kesiti mm}^2$$

$$I_{\text{yük}} ; \text{Maksimum yük akımı (Amper)}$$

$$F ; \text{Finansman ve işletme maliyeti (€/W)}$$

Yukarıdaki eşitlikte en uygun değer eşitliğin sağındaki kablo maliyeti ile kayıp maliyetlerinin eşit olduğu noktadır.

$$C_{\text{kablo}} = I_{\text{yük}}^2 \cdot (0,02054/A) \cdot F$$

Bu eşitlikten kablo kesiti A;

$$A = I_{\text{yük}}^2 \cdot 0,1433 \cdot (F/C_{\text{kablo}})^{1/2} \text{ olarak bulunabilecektir.}$$

	Çalışma saati	Yüklenme Oranı %	F
Ortalama Değer	3700	65	7.62 (€/W)
Ofis Ortamı	1182	20-40	2.43 (€/W)
Genel endüstriyel koşullarda	3700	65	0.5-20 (€/W)
Avrupa Ortalaması (Genel endüstriyel koşullarda)	3700	65	4.24 (€/W)

$$A = 200 \times 0.1433 \times (7.62/0.30)^{1/2} = 144.44 \text{ mm}^2 \text{ olacaktır.}$$

Kablo fiyatının 0.3 euro/(mm²*m) olması durumunda;

Not: Teknik olarak en düşük kablo

kesiti yalnızca 53 mm² olacaktır.

En uygun kablo kesitleri için düzenlenmiş tablolar

Aşağıda en uygun kablo kesitlerinin bulunduğu tablo bulunmaktadır. Kesitler sektörlerde ve maksimum akımlara göre düzenlenmiştir.

Imak	Ekonomik Kablo Kesiti (mm ²)		Standart Kablo Kesiti (mm ²)
	F=2.43 (Ofisler için)	F=7.62 (Demir, Kağıt)	
20	10	16	1.5
30	16	25	2.5
40	35	35	4
60	35	50	6
75	35	79	10
100	50	95	25
150	70	120	35
200	95	150	50
250	120	185	70
300	150	240	95