

# Orta Gerilim Kablo Akım Taşıma Kapasite Hesabı (6kV - 36kV için)

## Türk Prysmian Kablo

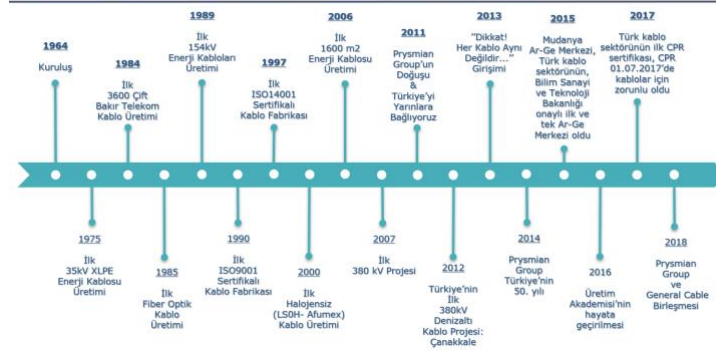
Can SAĞKOL & Ufuk ÜREYEN

[can.sagkol@prysmiangroup.com](mailto:can.sagkol@prysmiangroup.com)

[ufuk.ureyen@prysmiangroup.com](mailto:ufuk.ureyen@prysmiangroup.com)

Türkiye'de ilk 35kV XLPE (çapraz bağlı polietilen) kablo üretimi, 1975 yılında Türk Prysmian Kablo tarafından Mudanya fabrikasında gerçekleştirilmiştir. XLPE kabloların ilk kez kullanıldığı günden bu yana enerji iletimi ve dağıtımı için yapılan birçok mühendislik uygulaması, tasarımı veya hesaplaması bu kabloların özelliklerine göre şekillendirilmiştir. Günümüzde kullanılan O.G kabloların birçoğu, XLPE izolasyonlu olarak tercih edilmekte olup gerek ulusal gerekse uluslararası standart ve yönetmeliklerde O.G kabloların uygulanmasına yönelik kurallar ve koşullar belirtilmiştir. Ancak bu standartların veya yönetmeliklerin anlaşılması ya da uygulanması biraz karmaşık gelebilir. Bu yazımızda, O.G kabloların akım taşıma kapasitesinin hesaplanması ve düzeltme faktörleri ile ilgili hangi standartlardan yararlanabileceğimize ve nelere dikkat etmemiz gerektiğine göz atacağız.

### Prysmian Group, Türkiye'nin geleceği için çalışıyor



Kabloların çalışma koşulları, buldukları ortam parametrelerine göre önemli derecede farklılık gösterir. Örneğin; farklı ülkelerde yer alan kablolarda, ortam sıcaklığı ve toprağın ısıl öz direnci gibi parametre değerleri birbirlerinden farklı değerlere göre düzenlenir. Kablolarda müsaade edilen akım değerinin hesaplanması sırasında, ortak kriterlerin esas alınması ve ortak bir dil olarak standartlardan faydalanılması oldukça önemlidir.

## IEC 60287 – “Kablolar - Akım değerlerinin hesaplanması”

Ülkemizde de yürürlükte olan TS IEC 60287, anma gerilimi 5kV'a kadar doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) değerlerindeki kabloların, %100 yük faktörü altında akım taşıma kapasitesinin belirlenmesinde yararlanılacak olan prosedürleri ve denklemleri tanımlayan uluslararası bir standarttır. Bu standart, akım değerlerinin ve kayıpların hesaplanmasında gerekli olan formülleri içermekte ve konuyu termal bir sorun olarak ele almaktadır. Bu sebeple, IEC 60287 standardını tek başına değerlendirmek yerine bu standardın alt bölümlerinden de yararlanılmasının gerektiği unutulmamalıdır. Çünkü her bir bölüm kendi içerisinde farklı parametrelere ve koşullara göre farklı formüller, farklı yapılar içermektedir. IEC'nin (International Electrotechnical Commission) [www.iec.ch](http://www.iec.ch) web sayfasına baktığımızda, bu standardın 9 bölümden meydana geldiği görülmektedir. Bunlar;

IEC 60287-1-1: General

IEC 60287-1-2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation

IEC 60287-1-3: Current sharing between parallel single-core cables and calculation of circulating current losses

IEC 60287-2-1: Thermal resistance - Calculation of thermal resistance

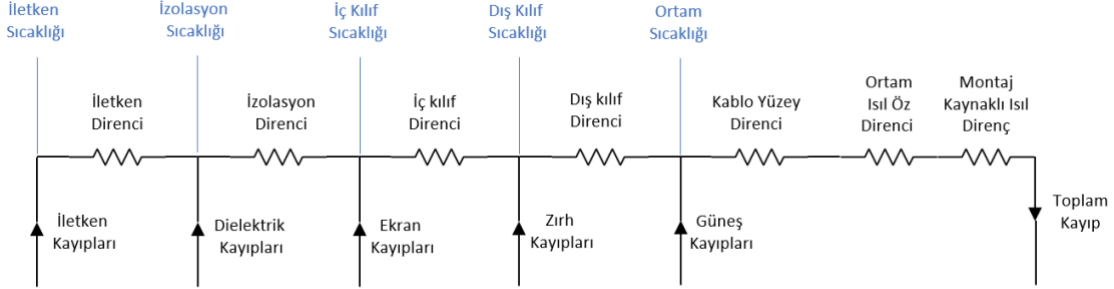
IEC 60287-2-2: A method for calculating reduction factors for groups of cables in free air, protected from solar radiation

IEC 60287-2-3: Thermal resistance - Cables installed in ventilated tunnels

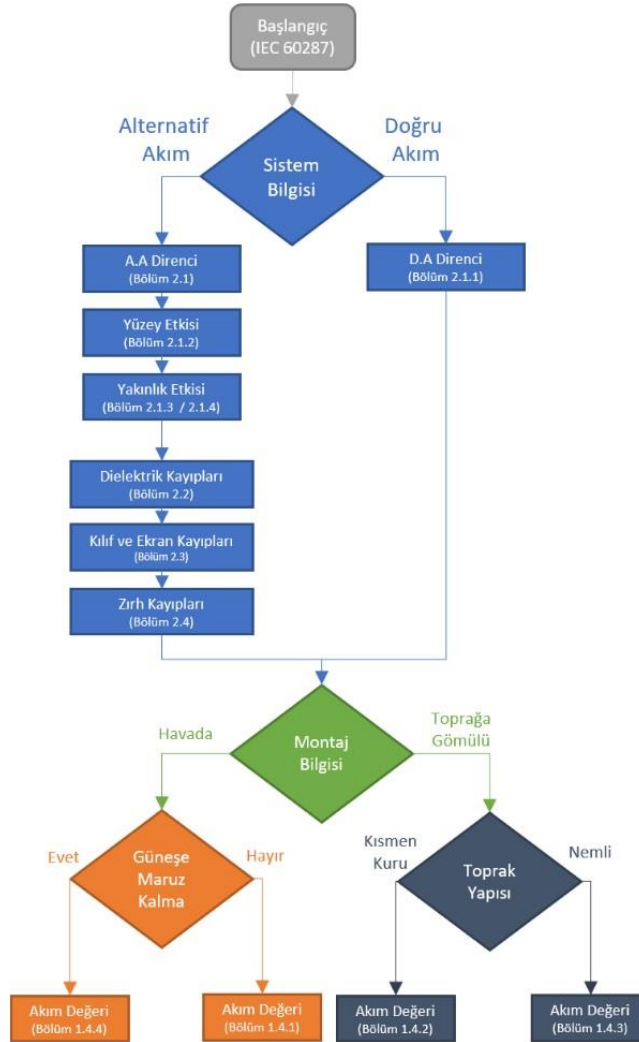
IEC 60287-3-1: Operating conditions - Site reference conditions

IEC 60287-3-2: Sections on operating conditions - Economic optimization of power cable size

Akım taşıma kapasitesinin belirlenmesi sırasında, sistemin alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) olması, kablunun fiziksel yapısından kaynaklı olabilecek kayıplar (ekran, zırh, izolasyon, iletken direnci, dielektrik kayıpları vb.) ya da montaj yöntemlerinden kaynaklı olan çevresel faktörlü termal kayıpların hesaplanması gerekmektedir. Bu kayıplar ısıya neden olmakta ve kablunun akım taşıma kapasitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Örnek olarak termal modellememizi incelediğimizde, başlıca kayıpları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.



Ayrıca, IEC 60287 standardının çalışma prensibi ile ilgili aşağıdaki şemadan faydalanabiliriz. İlgili görselde, akım taşıma kapasitesi hesabı için kullanılacak olan formülün seçiminde, standardın sistem ve montaj yöntemine göre hangi parametreleri kullanmakta olduğu şematik olarak gösterilmektedir.



## HD 620 – “Ekstrüde edilmiş yalıtımlı dağıtım kabloları – 3,6/6 kV’tan 20,8/36 kV’a kadar”

Ülkemizde TS HD 620 S2 adıyla yürürlükte olan bu standart, sistem gerilimi  $U_m$ ’in en büyük etken değerini geçmeyen güç dağıtım sistemlerinde kullanılan ve beyan gerilimleri  $U_o/U(U_m)$  3,6/6(7,2) kV’tan 20,8/36(42) kV’a kadar olan, ekstrüzyon işlemiyle yalıtılmış kabloları kapsamaktadır. Bu standardın amacı güvenliği doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen kabloya ait imalat özellikleri ile karakteristiklerini ve aynı zamanda parametrelerin uygunluğunun kontrol edilmesi için gerekli olan metotları belirtmektedir. HD 620 standardı, IEC 60287’den farklı olarak, kabloları uygulanan deney metotları sonuçlarına göre elde edilen ortak tabloları kullanmaktadır. Belirtilen bu deney metotları, EN 60228, EN 60229, EN 60332-1-2, EN 60811, EN 60885-3, HD 605 ve HD 632 olarak belirtilmiştir.

Kullanılmak ya da tasarlanmak istenilen kablo parametreleri için HD 620 standardı içerisinde yer alan tablolardan yararlanılır. Örneğin; ilk tablo yalıtım (izolasyon) ve dış kılıf bileşiklerinin tipleri ile ilgilidir ve aynı standardın “Çizelge 2.1.1-Yalıtım ve kılıf bileşikleri” başlığı altında liste halinde verilmiştir.

	Yalıtım ve Kılıf Bileşikleri	İlgili çizelge
Yalıtım	a) Termoplastik : (Yedek) b) Çapraz bağı : Yalıtım bileşikleri: - Çapraz bağı polietilen esaslı (XLPE) - Etilen propilen kauçuk esaslı (EPR) - Sert etilen propilen kauçuk esaslı (HEPR)	Çizelge 2A Çizelge 2B Çizelge 2C
Kılıf	a) Elastomerik (İnceleme safhasındadır) b) Termoplastik : Kılıf bileşikleri: - Polivinil klorür esaslı (PVC) - Polietilen esaslı (PE) - Poliolefin esaslı (PO)	(Çizelge 3) Çizelge 4A Çizelge 4B Çizelge 4C

TS HD 620 S2 – Çizelge 2.1.1-Yalıtım ve kılıf bileşikleri

Standardın içerik kısmında yer alan kablo sınıflandırması, öncelikle kullanılacak olan yalıtım (izolasyon) tipi ve sonrasında dış kılıfta kullanılacak olan malzemenin özelliklerine göre yapılmaktadır. Bu sebeple, bölüm ana başlıkları öncelikli olarak yalıtım malzemelerine göre şekillenmektedir diyebiliriz.

**Bölüm-9** : HEPR yalıtımlı kablolar

**Bölüm-10** : XLPE yalıtımlı kablolar

**Bölüm-11** : EPR yalıtımlı kablolar

Bölüm 10- XLPE yalıtımlı tek damarlı, üç damarlı ve önceden bir araya getirilmiş tek damarlı kablolar

Kısım 10C: XLPE yalıtımlı, PE veya PVC kılıflı kablolar

Bu kısım HD 620 S1’deki Bölüm 5 Kısım 5C ve Bölüm 6 Kısım 6C yerine geçer.

TS HD 620 S2 – Bölüm 10 – Kısım 10C: XLPE yalıtımlı, PE veya PVC kılıflı kablolar

Seçecek olduğumuz izolasyon ve dış kılıf özelliklerine göre, standart bizleri ilgili kablo hakkındaki bölüm ve kısma yönlendirmektedir. Bu kısmın içeriğinde; atıf yapılan standart ve doküman bilgileri, genel tanım, tasarım özellikleri, deney özellikleri, kullanma kılavuzu, akım taşıma kapasiteleri ve çeşitli özellikler ile ilgili çizelgeler yer almaktadır. Özellikle, kullanılacak olan maddeler arasında kabloya ait “Kullanım kılavuzu” ve “Akım taşıma kapasitesi” tabloları bulunmaktadır. Bu tablolarda, kablonun maksimum bükme çapından çalışma sıcaklığına, toprakta veya havada izin verilen akım değerine kadar birçok farklı bilgiye erişim sağlanabilmektedir.

A.4.6 Tesis sırasında bükme yarıçapı	a) Tesis sırasında izin verilen bükme yarıçapı: 15 D (D = tek damarlı veya üç damarlı kablunun çapı), kablo sisteminin önceden bir araya getirilmiş kablo çapları için. b) Bölüm 1, Ek A, Madde A.4.6 b)'ye göre izin verilebilir bükme yarı çapındaki azalma: en fazla % 50
--------------------------------------	---

**TS HD 620 S2 – Madde 4.6 – Tesis sırasında bükme yarıçapı**

**Çizelge 9-**Topraktaki üç damarlı kabloların beyan akım taşıma kapasitesi

1	2	3
Yalıtım malzemesi	XLPE	
U <sub>0</sub> /U, KV	6/10	
İzin verilebilir çalışma sıcaklığı	90 °C	
Gösteriliş	N2XSE2Y, E-2XSEY N2XSY, N2XSY	NA2XSE2Y, NA2XSEY NA2XSY, NA2XSY
Düzenleme	⊖	⊖
Kesit alanı mm <sup>2</sup>	Bakır iletken Beyan akımı A	Alüminyum iletken Beyan akım A
25	151	-
35	181	-
50	213	165
70	261	203
95	312	242
120	355	276
150	399	309
185	451	351
240	523	408
300	590	463

**TS HD 620 S2 – Madde 6 Çizelge 9 – Topraktaki üç damarlı kabloların beyan akım taşıma kapasitesi**

**IEC 60502 – “Kablolar - Beyan gerilimleri 1 kV’tan (U<sub>m</sub>=1,2 kV) 30 kV’a (U<sub>m</sub>=36 kV) kadar olan yalıtımı ekstrüzyonla çekilmiş güç kabloları ve bunların yardımcı donanımları”**

Bu standart, dağıtım şebekeleri veya sanayi tesisleri gibi sabit tesisler için ekstrüzyonla çekilmiş katı yalıtımlı güç kablolarının yapılışını, boyutlarını ve deney özelliklerini kapsamaktadır. Ülkemizde de yürürlükte olan bu standardın kendi içerisinde 3 farklı bölümü bulunmaktadır. Bunlar;

*IEC 60502-1 : Beyan gerilimleri 1 kV’tan (U<sub>m</sub>=1,2 kV) - 3 kV’a (U<sub>m</sub>=3,6 kV) kadar olan kablolar*








*IEC 60502-2 : Beyan gerilimleri 6 kV’tan (U<sub>m</sub>=7,2 kV) - 30 kV’a (U<sub>m</sub>=36 kV) kadar olan kablolar*

*IEC 60502-4 : Beyan gerilimleri 6 kV’tan (U<sub>m</sub>=7,2 kV) - 30 kV’a (U<sub>m</sub>=36 kV) kadar olan kabloların yardımcı donanımları için deney özellikleri*

IEC 60502 serisi IEC 60287’den farklı olarak, daha çok HD 620 standardı yapısına benzer bir şekilde deney koşullarına göre hesaplanmış olan tablolardan faydalanmaktadır. Bu hesaplamalar ile ilgili imalat özellikleri ile karakteristik yapısının veya parametrelerin uygunluğunun kontrol edilmesi için gerekli olan bilgilere detaylı olarak standartta yer verilmiştir. Bu standart farklı kullanım koşullarına ve farklı parametrelere göre uygulanması gereken düzeltme katsayılarının uygulanmasını esas almaktadır.

Örneğin; XLPE yalıtımlı, tek damarlı, beyan gerilimi 6/10 kV kablo için verilen tabloda 25mm<sup>2</sup> bir kablo için montaj koşulu olarak toprağa doğrudan gömülü olması durumunda, ortam sıcaklık değeri 20°C iken havada montaj olması durumunda bu değer 30°C olarak baz alınmaktadır. Aynı şekilde uygulanacak olan montaj yönteminin de (yonca, bitişik ya da aralıklı) akım taşıma kapasitesi üzerinde etkisi olduğu tablo üzerinde açıkça görülmektedir.

Çizelge B.2 - XLPE yalıtımlı tek damarlı kablolar için akım beyan değerleri – Beyan gerilimi 3,6/6 kV – 18/30 kV\* - Bakır iletken

İletkenin anma kesit alanı	Toprağa doğrudan gömülü		Tek yollu kanallarda		Havada		
	Yonca biçimli	Düz boşluklu	Yonca biçimli kanallar	Düz temas eden kanallar	Yonca biçimli	Düz temas eden	Düz boşluklu
							
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A	A	A	A
16	109	113	103	104	125	128	150
25	140	144	132	133	163	167	196
35	166	172	157	159	198	203	238
50	196	203	186	188	238	243	286
70	239	246	227	229	296	303	356
95	285	293	271	274	361	369	434
120	323	332	308	311	417	426	500
150	361	366	343	347	473	481	559
185	406	410	387	391	543	550	637
240	469	470	447	453	641	647	745
300	526	524	504	510	735	739	846
400	590	572	564	571	845	837	938
En büyük iletken sıcaklığı				90 °C			
Ortam hava sıcaklığı				30 °C			
Yer sıcaklığı				20 °C			
Seme derinliği				0,8 m			
Toprağın ısıt öz direnci				1,5 K.m/W			
Toprak kanallarının ısıt öz direnci				1,2 K.m/W			
Her iki uçta kuşaklanmış ekranlar							
* Beyan gerilimi 6/10 kV olan kablolar için hesaplanan akım beyan değeri							

### TS IEC 60502-2 – Ek-B. Çizelge B.2

XLPE yalıtımlı tek damarlı kablolar için akım beyan değerleri – Beyan gerilimi 3,6/6 kV – 18/30 kV\* - Bakır iletken

Örneğin ortam sıcaklığına ait parametre değerlerinin değişmesi durumunda; aynı standardın Çizelge B.10 ya da Çizelge B.11 kısımlarında yer alan düzeltme kat sayıları uygulanmaktadır.

Çizelge B.10 - 30 °C'dan başka ortam hava sıcaklıkları için düzeltme faktörleri

En büyük iletken sıcaklığı °C	Ortam havasının sıcaklığı °C							
	20	25	35	40	45	50	55	60
90	1,08	1,04	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71

Çizelge B.11 - 20 °C'dan başka ortam yer sıcaklıkları için düzeltme faktörleri

En büyük iletken sıcaklığı °C	Ortam yer sıcaklığı °C							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76

### TS IEC 60502-2 – Ek-B. Çizelge B.10 ve Çizelge B.11 – Sıcaklık düzeltme faktörleri

IEC 60502 standardında yer alan tablolar aracılığı ile uygun olan kablo kesit hesabı yaparken dikkat etmemiz gereken en önemli nokta, herhangi bir parametrenin değişmesi durumunda düzeltme faktörlerinin uygulanması gerektiğidir.

Herhangi bir şekilde ortam ya da kabloda meydana gelen sıcaklık artışı, kablonun akım taşıma kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkenlerin en önemlilerinden biri de hattaki kablo sayısıdır. Kullanılan kablo sayısı arttıkça meydana gelen EMK (Elektromanyetik Kuvvet) nedeniyle, akım taşıma kapasitesi daha fazla olumsuz yönde etkilenecektir. Özellikle kablo sayısının yüksek olduğu özel uygulamalarda kabloların birbirlerine olan uzaklıkları, sistem sayısı, oluşabilecek en yüksek ortam sıcaklığı, toprağa gömülü olarak kullanılacaksa toprak tipine göre (humuslu, nemli, kum, kayalık) termik direnç katsayısı gibi parametrelerin her birine dikkat edilmelidir. Bu nedenle, kabloların faz sırası, dizilimi ve montaj tipi oldukça önemlidir. Kablolarda "Faz Sırası ve Kablo Dizilim Konfigürasyonları" hakkında detaylı bilgiye <https://tr.prysmiangroup.com/tr/faz-sirasi-ve-kablo-dizilim-konfigurasyonlari> linki aracılığı ile erişebilirsiniz.

Bahsetmiş olduğumuz bu standartların ortak noktaları, her ne kadar farklı yapılar üzerinden kablolar ile ilgili parametreleri belirlese de güvenli ve sağlam bir sistem yapısının kurulmasını, bu yapının kurulmasında etkisi olan tüm fiziksel, çevresel veya uygulamaya yönelik olarak değişen parametrelerin, kablo üzerindeki etkisinin doğru olarak aktarılmasını sağlamaktır.