

KABLO PABUCU ve KABLO UYUMU Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.

Torun Center, Fulya Mah. Büyükdere Cad.
Akıncı Bayırı Sok. No:75 Kat:5/21
34394 Şişli/İstanbul
e-posta: tpks@prysmian.com

1. Giriş

Bilindiği üzere, enerjiyi iletmek için kullanılan kabloların seçimi kadar, yapılan bağlantılarda doğru kablo aksesuarlarının seçimi ve kablo aksesuar uyumu hayati önem arz etmektedir. Birçok elektrikli uygulamalara doğrudan bağlantı yapılmasını sağlayan kablo pabuçlarını seçerken nelere dikkat edilmelidir?

2. Kablo Pabucu Nedir?

Endüstriyel terminolojiye göre “konektör” ya da “çapa” olarak da bilinen kablo pabuçları, birçok elektrikli uygulamalara doğrudan bağlantı yapılmasını sağlamak, bakım, tamirat, montaj ve demontaj işlemlerinde kolaylık sağlamak amacıyla tasarlanmış kablo aksesuarlarıdır. En yaygın örneği; motorlu araçların elektrikliksel aksamalarını beslemek için kullanılan akü bağlantı uygulamalarıdır.



Resim 1: Farklı boyutlarda kablo pabuçları

3. Kullanım Şekilleri

Kablo pabuçları, kalıcı bağlantı olması gereken ve direkt bağlantının uygulanmasının sakıncalı olduğu yerlerde kullanılırlar. Kullanım şekillerine göre, uygulama yöntemleri de değişkenlik gösterebilir. Bağlantısı yapılacak olan pabucun tipine göre lehim ya da kaynak yapılır. Daha sonra pabucun bağlantı ucu, civata, vida ya da klips vasıtası ile tam eşleşen bir terminal ile bağlantı noktasına sıkıştırılarak bağlanır. Birçok ebatla ve farklı metal malzemeler ile üretilen pabuçlarda en sık kullanılan metal ise bakırdır. Çatal veya “U” şekilli pabuçlar, vida terminalleri için; kapalı ring veya “O” tipi pabuçlar civatalı uygulamalar için; pin veya yassı tutamaklı pabuçlar ise sıkıştırmalı ya da bıçak uçlu terminaller için kullanılırlar. Kablo pabuçları, daha kalın kesitli kabloyu daha küçük ebatla bir konektöre bağlayabildikleri için kablo boyutunu indirmek için de kullanılırlar.

Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.

Merkez:

Ömerbey Mah. Bursa Asfaltı Cad. No: 51
16941 Mudanya / Bursa
T +90 224 2703000

www.prysmian.com.tr

Şube:

Torun Tower Fulya Mah. Büyükdere Cad.
Akıncı Bayırı Sokağı No: 74, Kat: 5/21 34394 Şişli / İstanbul
T +90 212 3937700



Resim 2: Kablo başlığı uygulamasında kullanılan bir pabuç tipi

3. Pabuç ve Kablo Uyumu

Bir kablo tasarımının ilk ve aynı anda en önemli aşamalarından biri iletken tasarımıdır. İletkenlerin tasarımları için en yaygın standart IEC 60228'dir. Tasarımı yapılırken ve iletken seçilirken, iletkenin geometrik boyutu ve kesiti oldukça önemlidir; ancak en önemli parametre geometrik kesit değil, elektriksel kesittir. Bu da 20 °C'deki 1km uzunluk için verilen maksimum doğru akım iletken direnci ile sağlanır. Standartlar, elektriksel kesit için maksimum iletken direnci şartını koyarken, geometrik kesit için bir şart koymayıp, bilgi ve kılavuz olması için geometrik çap aralığı vermiştir. Türkiye'de kablo üreticilerinin iletkenler için "Türk Standardı" olarak kullandıkları standart, TS EN 60228:2007'dir. Örnek olarak; tek ve çok damarlı kablolar için Sınıf 2 örgülü iletkenlere ait maksimum iletken direnci ve minimum tel sayısı parametreleri (Tablo 1'de) TS EN 60228:2007, Çizelge 2'de zorunlu olarak verilirken, ilgili kesitler için iletken çapları bilgi amaçlı olarak aynı standardın "Ek Bilgi" kısmındaki Çizelge C.2'de verilmiştir (Tablo 2).

1 Anma kesit alanı mm ²	2 3 4 5 6 7 İletkendeki tellerin en az sayısı						8 9 10 20 °C'ta en büyük iletken direnci		
	Dairesel		Dairesel sıkıştırılmış		Biçimlendirilmiş		Tavlansız bakır iletken		Alüminyum ve alüminyum alaşımli iletkenler Ω/km
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Çıplak teller Ω/km	Metal kaplı teller Ω/km	
0,5	7	-	-	-	-	-	36,0	36,7	-
0,75	7	-	-	-	-	-	24,5	24,8	-
1,0	7	-	-	-	-	-	18,1	18,2	-
1,5	7	-	6	-	-	-	12,1	12,2	-
2,5	7	-	6	-	-	-	7,41	7,56	-
4	7	-	6	-	-	-	4,61	4,70	-
6	7	-	6	-	-	-	3,08	3,11	-
10	7	7	6	6	-	-	1,83	1,84	3,08
16	7	7	6	6	-	-	1,15	1,16	1,91
25	7	7	6	6	6	6	0,727	0,754	1,20
35	7	7	6	6	6	6	0,524	0,529	0,868
50	19	19	6	6	6	6	0,387	0,391	0,641
70	19	19	12	12	12	12	0,268	0,270	0,443
95	19	19	15	15	15	15	0,193	0,195	0,320
120	37	37	18	15	18	15	0,153	0,154	0,253
150	37	37	18	15	18	15	0,124	0,126	0,206
185	37	37	30	30	30	30	0,0991	0,100	0,164
240	37	37	34	30	34	30	0,0754	0,0762	0,125
300	61	61	34	30	34	30	0,0601	0,0607	0,100
400	61	61	53	53	53	53	0,0470	0,0475	0,0778
500	61	61	53	53	53	53	0,0366	0,0369	0,0605
630	91	91	53	53	53	53	0,0283	0,0286	0,0469
800	91	91	53	53	-	-	0,0221	0,0224	0,0367
1000	91	91	53	53	-	-	0,0176	0,0177	0,0291
1200			b				0,0151	0,0151	0,0247
1400 ^a			b				0,0129	0,0129	0,0212
1600			b				0,0113	0,0113	0,0186
1800 ^a			b				0,0101	0,0101	0,0165
2000			b				0,0090	0,0090	0,0149
2500			b				0,0072	0,0072	0,0127

^a Bu boyutlar tercih edilmez. Tercih edilmeyen diğer boyutlar bazı özel uygulamalar için bilinir ancak bunlar bu standardın kapsamında değildir.
^b Bu boyutlar için tellerin en az sayısı belirtilmez. Bu boyutlar 4, 5 veya 6 eşit parçadan (Milliken) yapılabilir.
^c Alüminyum iletken gibi aynı anma kesit alanına sahip örgülü alüminyum alaşımli iletkenler için direnç değeri imalatçı ile alıcı arasındaki anlaşmaya bağlı olmalıdır.

Tablo 1: TS IEC 60228: 2007, Çizelge 2

Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.

Merkez:

Ömerbey Mah. Bursa Asfaltı Cad. No: 51
 16941 Mudanya / Bursa
 T +90 224 2703000

www.prysmian.com.tr

Şube:

Torun Tower Fulya Mah. Büyükdere Cad.
 Akıncı Bayırı Sokağı No: 74, Kat: 5/21 34394 Şişli / İstanbul
 T +90 212 3937700

(Bilgi için)

Dairesel iletkenlerin boyut sınırlarıyla ilgili kılavuz**C.1 Amaç**

Bu ek, iletkenlerin ve bağlayıcıların boyut bakımından uyumlu olduğunu sağlamakta kabloların ve kablo bağlayıcılarının imalatçılarına yardımcı olması için bir kılavuz olarak amaçlanır. Bu ek bu standardın kapsamında bulunan aşağıdaki iletken tipleri için boyut sınırlarıyla ilgili kılavuz sağlar.

- Bakır, alüminyum ve alüminyum alaşımdan dairesele katı iletkenler (Sınıf 1),
- Bakır, alüminyum ve alüminyum alaşımdan dairesele sıkıştırılmış dairesele örgülü iletkenler (Sınıf 2)
- Bakırdan bükülgen iletkenler (Sınıf 5 ve Sınıf 6).

C.2 Dairesel bakır iletkenler için boyut sınırları

Dairesel bakır iletkenlerin çapları Çizelge C.1'de verilen değerleri geçmemelidir.

Sınıf 1 dairesele bakır iletkenler için en küçük çaplara ihtiyaç olursa, katı dairesele alüminyum veya alüminyum alaşımlı iletkenler için Çizelge C.3'te gösterilen en küçük çaplara atıf yapılabilir.

C.3 Örgülü sıkıştırılmış dairesele bakır, alüminyum ve alüminyum alaşımlı iletkenler için boyut sınırları

Örgülü sıkıştırılmış dairesele bakır, alüminyum ve alüminyum alaşımlı iletkenlerin çapları en büyük değerleri geçmemeli ve Çizelge C.2'de verilen en küçük değerlerden daha az olmamalıdır.

Sıkıştırılmamış dairesele örgülü alüminyum veya alüminyum alaşımlı iletkenlerin olmaması durumunda en büyük çaplar Çizelge C.1 sütun 3'te verilen bakır iletkenler için karşılık gelen değerleri geçmemelidir.

Resim 3: TS IEC 60228: 2007, EK C

ICS 29.060.20

TÜRK STANDARDI

TS EN 60228/Şubat 2007

Çizelge C.2 - Örgülü sıkıştırılmış dairesele bakır, alüminyum ve alüminyum alaşımlı iletkenlerin en küçük ve en büyük çapları

1 Kesit alanı mm ²	2 Örgülü sıkıştırılmış dairesele iletkenler (Sınıf 2)		3
	En küçük çap mm	En büyük çap mm	
10	3,6		4,0
16	4,6		5,2
25	5,6		6,5
35	6,6		7,5
50	7,7		8,6
70	9,3		10,2
95	11,0		12,0
120	12,3		13,5
150	13,7		15,0
185	15,3		16,8
240	17,6		19,2
300	19,7		21,6
400	22,3		24,6
500	25,3		27,6
630	28,7		32,5

Not 1 - 630 mm² nin üzerindeki kesit alanlı alüminyum iletkenlerin boyut sınırları sıkıştırma teknolojisi genel olarak oluşturulmadığı için verilmemiştir.

Not 2 - 1,5 mm² den 6 mm² ye kadar olan boyut aralığındaki sıkıştırılmış bakır iletkenler için hiçbir değer verilmemiştir.

Tablo 2: TS IEC 60228: 2007, Çizelge C.2

Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.**Merkez:**

Ömerbey Mah. Bursa Asfaltı Cad. No: 51
16941 Mudanya / Bursa
T +90 224 2703000

www.prysmian.com.tr

Şube:

Torun Tower Fulya Mah. Büyükdere Cad.
Akıncı Bayırı Sokağı No: 74, Kat: 5/21 34394 Şişli / İstanbul
T +90 212 3937700

Bu örnek, diğer dairesel iletkenler için de geçerlidir. TS EN 60228:2007 standardının ekler kısmındaki diğer iletken sınıflarına ait çap bilgilerini içeren tabloları görebilmemiz mümkündür. Prysmian Group Türkiye olarak yaptığımız kablo ve iletken tasarımları hem standartların belirlediği "20 °C'deki 1km uzunluk için verilen maksimum doğru akım iletken direnci" kriterine, hem de kılavuz olarak verilen "en büyük ve en küçük çap" sınırlarına uyum sağlamaktadır. Bununla birlikte pazardan gelen uygunsuzluklarla ilgili yorumlar ve tarafımıza yöneltilen sorulara ışık tutmak amacıyla üç farklı pabuç üreticisinden alınan dört farklı kesit için (35,50,70 ve 95 mm²) tasarlanmış kablo pabuçlarından, her birinden üçer adet olacak şekilde testler yapılmıştır. İletkenlerimizin, doğru üretilen her pabuç numunesi ve doğru sıkıştırma ile tam uyum sağladığı yaptığımız test sonuçlarında gözükmemektedir. Yapılan bu çalışma, Tablo 3'te karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Üreticiler	35 mm ²	ort	50 mm ²	ort	70 mm ²	ort	95 mm ²	ort
Marka 1	8,29-8,32 mm	8,31 mm	9,31-9,23 mm	9,27 mm	10,90-10,95 mm	10,92 mm	13,26-13,27 mm	13,26 mm
	8,34-8,08 mm	8,21 mm	9,18-9,20 mm	9,19 mm	11,03-11,00 mm	11,01 mm	13,21-13,29 mm	13,25 mm
	8,51-8,13 mm	8,32 mm	9,22-9,20 mm	9,21 mm	11,01-11,00 mm	11,00 mm	13,25-13,26 mm	13,25 mm
Marka 2	8,58-8,08 mm	8,03 mm	10,08-9,35 mm	9,56 mm	11,90-11,06 mm	11,48 mm	13,51-12,76 mm	13,13 mm
	8,54-8,00 mm	8,57 mm	10,17-9,28 mm	9,72 mm	11,95-10,98 mm	11,46 mm	13,68-12,34 mm	13,01 mm
	8,61-8,01mm	8,81 mm	10,17-9,32 mm	9,74 mm	11,91-11,23 mm	11,57 mm	13,65-12,59 mm	13,02 mm
Marka 3	8,10-8,08 mm	8,09 mm	9,99-9,91 mm	9,95 mm	11,23-11,36 mm	11,29 mm	13,42-13,46 mm	13,44 mm
	8,10-8,01 mm	8,05 mm	10,02-9,86 mm	9,94 mm	11,25-11,19 mm	11,22 mm	13,31-13,40 mm	13,35 mm
	8,12-8,13 mm	8,125 mm	9,98-9,85 mm	9,91 mm	11,21-11,25 mm	11,23 mm	13,30-13,36 mm	13,33 mm
Prysmian iletken Çapları	min.	6,6 mm	min.	7,7 mm	min.	9,3 mm	min.	11,0 mm
	max.	7,5 mm	max.	8,6 mm	max.	10,2 mm	max.	12,0 mm

Tablo 3: Farklı pabuç üreticilerinin pabuç çapları ve Prysmian Group iletken çapları



Resim 4: Direkt olarak kablo ucuna bağlanmış ve doğru montaj yapılmış bir pabuç tipi

4. Uygun Olmayan Bağlantı Sonucu Oluşabilecek Sonuçlar

Bağlantısı yapılacak kablo ve pabuç malzemelerinin standartlara uygun olması gerekliliği tartışmaya açık bir konu olmadığı gibi, doğru klemensleme ve bağlantı şekli de kurulacak sistemin hem uzun ömürlülük açısından hem de can ve mal güvenliği açısından belki de en çok dikkat edilmesi gereken husustur. Doğru malzemelerin seçilmesi ve kullanılması durumunda dahi, yapılacak olan hatalı bağlantı sebebiyle, istenmeyen sonuçlarla karşılaşmak işten bile değildir. En çok yapılan hatalardan biri, aşırı sıkıdırma işlemidir. Yapılan aşırı sıkıdırma işlemi ile bağlantı noktasındaki iletken ezilip zarar görebilir. Zaman içerisinde titreşim, bükülme vb. sebeplerden

Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.

Merkez:

Ömerbey Mah. Bursa Asfaltı Cad. No: 51
16941 Mudanya / Bursa
T +90 224 2703000

www.prysmian.com.tr

Şube:

Torun Tower Fulya Mah. Büyükdere Cad.
Akıncı Bayırı Sokağı No: 74, Kat: 5/21 34394 Şişli / İstanbul
T +90 212 3937700

dolayı tel kopmaları oluşabileceğinden, iletkenin elektriksel direnci yükselecektir. Buna bağlı olarak da, aşırı ısınma meydana gelebilir. Aşırı ısınma, kablo izolasyonunda kullanılan polimerik malzemenin limit değerlerini aşması durumunda, polimerik malzemenin kimyasal özelliklerini bozup, yangınla sonuçlanabilir.

5. Sonuç

Hataları önlemenin yolu ise, hidrolik sıkıştırma aparatı kullanmak ve aparat üreticisinin tavsiye ettiği periyot geçmeden kalibrasyonunu yaptırmaktır. Diğer bir hata ise, bağlantısı yapılacak kablonun iletken kesitine uygun pabucun seçilmemesidir. Pabucun olması gerekenden büyük seçilmesi durumunda, pabuç ile kablo iletkeninin temas yüzeyi arasında istenilen seviyede bir birleşme olmayabilir. Bunun sonucunda ise, bağlantı noktasındaki boşluklarda oluşabilecek arklar ile yine polimerik malzemeye zarar verip, yangına sebebiyet verebilir. Bu tip durumların önüne geçmenin yolu; standartlara uygun doğru malzemeleri seçip, doğru bağlantıyı yapmaktır. Prysmian Group Türkiye olarak, toplumu ve kullanıcıları bilinçlendirmek adına yaptığımız çalışmalarını paylaşmayı sürdürüyoruz. Unutmayalım ki yaptığımız çalışmalar ve kurduğumuz sistemler, bizden sonraki nesillere ışık tutacaktır.

6. Referanslar

- TS EN 60228 "Kablolar - Yalıtılmış kabloların iletkenleri"

Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.

Merkez:

Ömerbey Mah. Bursa Asfaltı Cad. No: 51
16941 Mudanya / Bursa
T +90 224 2703000

www.prysmian.com.tr

Şube:

Torun Tower Fulya Mah. Büyükdere Cad.
Akıncı Bayırı Sokağı No: 74, Kat: 5/21 34394 Şişli / İstanbul
T +90 212 3937700