مقدمه

برای بهره برداری اقتصادی از کابل ها، انتخاب بهینه سطح مقطع از اهمیت خاصی برخوردار است. در این جزوه عوامل مؤثر در انتخاب کابل مورد بررسی قرار می گیرند ، لازم به ذکر است که برای انتخاب بهینه سطح مقطع محاسبه تلفات و محاسبه اقتصادی نیز لازم می باشد که در این قسمت به آن پرداخته نشده است.

معیارهای انتخاب کابل را می توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود:

الف) ولتاژ نامی.

ب) انتخاب سطح مقطع با توجه به جریان دهی کابل.

پ) در نظر گرفتن افت ولتاژ مجاز.

ت) تحمل جریان اتصال کوتاه توسط کابل.

ولتاژ نامی

ولتاژ نامی کابل بایستی متناسب با سیستمی که کابل در آن مورد استفاده قرار می گیرد باشد. با توجه به جلد اول و دوم استاندارد کابل های مورد استفاده در شبکه توزیع این ولتاژ بایستی مطابق جدول 2-1 می باشد.

U_0 کیلو ولت (R.M.S)	19	12	6/35	0/6
U_0 کیلو ولت (R.M.S)	33	20	11	1
U_m کیلو ولت	36	24	12	

ظرفیت جریان دهی کابل ها

در این قسمت عوامل مؤثر بر جریان دهی کابل ها مورد بررسی قرار گرفته و جداول مربوطه ارائه می گردد.

مهم ترین مرجع به کار رفته در این قسمت ، استاندارد IEC-287 تحت عنوان *"محاسبه جریان نامی پیوسته کابل ها در ضریب بار 100 درصد"* می باشد که در هر قسمت که به اطلاعات کامل تری نیاز بود ملاک استاندارد فوق می باشد.

تعیین حد مجاز جریان کابل ها به تلفات ایجاد شده در کابل و نحوه انتقال گرمای ایجاد شده به سطح کابل و محیط اطراف بستگی دارد. استاندارد IEC-287 با در نظر گرفتن تلفات ایجاد شده در کابل و مقاومت حرارتی لایه های مختلف کابل و زمین در شرایط مشخص ، حد مجاز جریان را به دست می دهد در این قسمت از جزوه فرض بر این است که مقدار جریان مجاز کابل ها در شرایط مشخص توسط کارخانه سازنده مشخص گردد. (این حد مجاز بایستی در اسناد فنی مناقصه آورده شود) ، در صورتی که اطلاعات مربوطه در دسترس نباشد می توان از جداول پیوست – الف و ب استفاده نمود.

عوامل مؤثر در ظرفیت نامی جریان کابل

عوامل مهم مؤثر در ظرفیت نامی جریان کابل را می توان به گروه های زیر تقسیم نمود:

الف) دما

دما از عوامل مهم تعیین ظرفیت نامی جریان کابل می باشد که شامل دمای محیط ، دمای محل نصب و نیز دمای مجاز برای عایق کابل و ساختار آن می باشد.

ب) طرح کابل

علاوه بر دمای مجاز عایق کابل ، نوع طراحی کابل و لایه های مختلف به کار رفته در آن ، در تعیین جریان مجاز دارای اهمیت می باشند. این لایه ها چگونگی انتقال حرارت از هادی به سطح بیرونی کابل را مشخص می کنند.

پ) شرایط نصب

شرایط نصب از قبیل نصب در هوا ، دفن شده در زمین ، در مجرا ، نوع خاک و ... از عوامل مؤثر بر جریان دهی کابل ها می باشند.

ت) اثرات کابل های مجاور

در صورت همجواری کابل با سایر کابل ها یا لوله ها بایستی ضرایب مناسب برای کاهش جریان مجاز کابل در نظر گرفت.

الف) دما

1- دمای محیط

متوسط دمای محیط برای هر کشور و هر منطقه متفاوت می باشد که به شرایط آب و هوایی منطقه ، شرایط نصب کابل بستگی دارد. در استاندارد IEC-287 دمای محیط

اطراف کابل برای چندین کشور آمده است ، در اسن استاندارد برای سایر کشورها به طور تقریبی اعداد جدول 3-1 پیشنهاد شده است.

شرایط آب و هوا	درجه حرارت محیط		درجه حرارت در عمق یک متری	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
حاره ای	25	55	25	40
نیمه حاره ای	10	40	15	30
معتدل	0	25	10	20

جدول 3-1 دمای محیط و زمین بر حسب درجه سانتیگراد

مقادیر جدول فوق تقریبی بوده و بایستی به هنگام استفاده از آن دقت کافی به عمل آورد. حدود نامی جریان کابل بایستی برای بن=دترین شرایط در سرتاسر سال محاسبه شود.

دمای کار کابل

حداکثر دمای کار کابل مطابق استاندارد IEC-287 برای کابل های مختلف بایستی مطابق جدول 3-2 باشد:

عایق	حداکثر درجه حرارت هادی
PVC	70
PE	70
XLPE	90

جدول 3-2 حداکثر دمای کار هادی برای کابل های مختلف

تأثیر شرایط نصب بر حد نامی جریان کابل

عمق دفن کابل

حداقل کردن آسیب وارده به کابل علت تعیین کننده عمق دفن کابل می باشد که هر چقدر ولتاژ کابل بیشتر باشد عمق دفن کابل بیشتر می گردد. با افزایش یافته و مقدار رطوبت بیشتر می گردد ، در این حالت با افزایش دما ظرفیت جریان دهی کابل کمتر شده ولی با افزایش رطوبت این مقدار بیشتر می گردد.

مقاومت مخصوص حرارتی خاک

وجود رطوبت اثر تعیین کننده ای در مقاومت مخصوص هر نوع خاک دارد ، برای هر منطقه این مقدار بایستی اندازه گیری شود ، در صورتی ه این عدد در دسترس نباشد طبق استاندارد IEC-287 مقادیر زیر پیشنهاد می شود.

وضعیت آب و هوا	شرایط خاک	مقاومت حرارتی KM/W
پیوسته مرطوب	خیلی مرطوب	0/7
بارانی	مرطوب	1
به ندرت بارانی	خشک	2
بدون باران و یا کم باران	خیلی خشک	3

جدول 3-2 مقاومت مخصوص حرارتی خاک

از کابل های توزیع عموماً به طور دائم در بار کامل استفاده نمی شود ، لذا مسئله خشک شدن خاک زیاد مطرح نمی باشد ، در شرایطی که بتوان خاک را مرطوب فرض

کرد مقدار مقاومت حرارتی خاک را می توان بین 0.8-1Km/W در نظر گرفت. در محل هایی که خاک همواره کاملاً مرطوب نمی باشد اما نوع آن مخلوطی از خاک رس و خاک باغچه باشد مقدار 1.2Km/W رقم مناسبی می باشد. در صورتی که خاک از شن و ماسه تشکیل شده باشد ، بعد از خشک شدن مقداری هوا در فضای خالی شن و ماسه به وجود می آید. اگر این حالت در چند ماه از سال اتفاق بیفتد مقدار مقاومت حرارتی خاک را می توان بین 2-3Km/W با توجه به توضیحات زیر در نظر گرفت:

نوع الف: کابل هایی که در طول سال بار ثابتی حمل می کنند.

در حالی که بار دائمی یا دوره ای باشد ، مقدار حداکثر مقاومت حرارتی خاک باید در نظر گرفته شود ، اگرچه این مقدار در بعضی از سال ها و برای مدت کوتاهی در تابستان یا پائیز به وجود آید ، مقادیر پیشنهادی عبارتند از :

تمام خاک ها به جز خاک های زیر	1.5Km/W
خاک گچی با قطعات ریز گچ	1.2Km/W
خاک با ترکیبی از گیاهان پوسیده	1.2Km/W
خاک سنگلاخی	1.5Km/W
شن که آب آن کشیده شده باشد	2.5Km/W
خاک عمل آورده شده	1.8Km/W

در صورتی که خاک زیر پوششی از لایه غیر قابل نفوذ مانند آسفالت قرار گیرد. مقدار مقاومت حرارتی مربوط به ردیف اول در تمام انواع خاک ها ممکن است به 1.2Km/W کاهش یابد.

نوع ب: کابل ها با بار متغیر و حداکثر بار در تابستان

تمام خاک ها به جز خاک های زیر	1.2Km/W
خاک های سنگلاخی	1.3Km/W
خاک شنی که آب آن کشیده شده باشد	2Km/W
خاک عمل آورده شده	2.6Km/W

نوع پ: کابل ها با بار متغیر و حداکثر بار در زمستان

تمام خاک ها به جز خاک های زیر	1Km/W
خاک رسی	0.9Km/W
خاک گچی با قطعات ریز گچی	1.2Km/W
خاک شنی که آب آن کشیده شده باشد	1.5Km/W
خاک عمل آورده شده	1.2Km/W

وقتی خاک رسی زیر پوشش غیر قابل نفوذ قرار گیرد مقاومت حرارتی آن ممکن است تا 0.8Km/W کاهش یابد.

شرایط استاندارد و ضرایب نامی برای تصحیح مقدار نامی باردهی کامل

مقادیر جریان مشخص شده در جداول انتهای این قسمت بر اساس پارامترهای مشخص شده زیر می باشد و در صورتی که کابل در شرایط مشخص شده به کار رود باید ضرایب تصحیح مناسب لحاظ شود.

کابل های نصب شده در هوا

الف) دمای هوای محیط °25 سانتی گراد برای کابل های توزیع و در 30°c برای کابل های داخل ساختمان در نظر گرفته می شود.

ب) جریان هوا به طور ملاحظه ای محدود نشده و برای کابل های نصب شده روی دیوار بایستی حداقل 2 سانتی متر فضای خالی تا دیوار وجود داشته باشد.

پ) مدارهای مجاور هم حداقل 15 سانتی متر از هم فاصله داشته به طوری که بر یکدیگر اثر حرارتی نداشته باشند.

ت) کابل ها در مقابل اشعه آفتاب محافظت شوند.

ضرایب تصحیح دمای محیط برای کابل در هوا

عایق کابل	حداکثر دمای هادی در شرایط کار (صفر درجه سلسیوس)	دمای هوای محیط (صفر درجه سلسیوس)						
		25	30	35	40	45	50	55
PVC	70	1/06	1	0/94	0/87	0/79	0/71	0/61
XLPE*	90	1	0/95	0/91	0/86	0/8	0/75	0/69
XLPE**	90	1/04	1	1	0/91	0/87	0/82	0/76

جدول 3-4 ضرایب تصحیح درجه حرارت های مختلف

* برای ولتاژهای بالای 1.9/3.3KV

** برای ولتاژ زیر 1.9/3.3KV

هنگامی که گروهی از کابل های قدرت چند رشته ای در هوا نصب می شوند باید فضای کافی برای انتقال دما موجود باشد ، برای اینکه در شرایط نصب در هوا مقدار جریان کاهش نیابد بایستی تمهیدات زیر در نظر گرفته شود.

الف) فاصله افقی بین مدارها نباید از دو برابر قطر خارجی کابل ها کمتر باشد.

ب) فاصله عمودی بین مدارها نباید از چهار برابر قطر خارجی کابل ها کمتر باشد.

پ) در صورتی که تعداد مدارها از 3 بیشتر شود باید تمامی آن ها به صورت افقی نصب گردند.

کابل های کشیده شده به طور مستقیم در زمین

الف) دمای زمین 15 درجه سانتیگراد

ب) مقاومت مخصوص حرارتی خاک 1.2Km/W

پ) حد فاصله مدارهای مجاور 1.8m

ت) حداقل عمق گودال برای کابل تا ولتاژ یک کیلو ولت برابر 50 سانتیمتر و برای کابل های بیش از یک کیلو ولت تا 33 کیلو ولت برابر 0/8 متر در نظر گرفته شده است.

ضرایب تصحیح

ضرایب تصحیح برای دمای زمین ، مقاومت مخصوص حرارتی خاک ، کابل های نصب شده به صورت گروهی ، عمق کابل گذاری در جداول 3-5 تا 3-9 آمده است.

عایق کابل	حداکثر دمای هادی در شرایط کار (صفر درجه سلسیوس)	دمای هوای محیط (صفر درجه سلسیوس)							
		10	15	20	25	30	35	40	45
PVC	70	1/04	1	0/95	0/9	0/85	0/8	0/74	0/67
XLPE	90	1/03	1	0/97	0/93	0/89	0/85	0/81	0/77

جدول 3-5 ضریب تصحیح برای دماهای مختلف زمین

اندازه هادی	مقاومت مخصوص حرارتی خاک (KM/W)						
MM^2	0/8	0/9	1	1/5	2	2/5	3
کابل تک رشته ای							
تا 15	1/16	1/11	1/07	0/91	0/81	0/73	0/67
400-150	1/17	1/12	1/07	0/9	0/8	0/72	0/66
کابل چند رشته ای							
تا 16	1/09	1/06	1/04	0/95	0/86	0/79	0/74
150-25	1/14	1/1	1/07	0/93	0/84	0/76	0/7
400-185	1/16	1/11	1/07	0/92	0/82	0/74	0/68

جدول 3-6 ضریب تصحیح برای مقاومت حرارتی خاک (مقدار متوسط)

ولتاژ کابل KV	تعداد مدارات	فاصله بین مراکز گروه کابل ها					
		تماس با یکدیگر		0.15m	0.3m	0.45m	0.6m
		مثلثی	تخت				
0.6/1	2	0.77	0.8	0.82	0.88	0.9	0.93
	3	0.65	0.68	0.72	0.79	0.83	0.87
	4	0.59	0.63	0.67	0.75	0.81	0.85
	5	0.55	0.58	0.63	0.72	0.78	0.83
	6	0.52	0.56	0.6	0.7	0.77	0.82
بالاتر از 0.6/1 تا 12/20 (24)	2	0.78	0.8	0.81	0.85	0.88	0.9
	3	0.66	0.69	0.71	0.76	0.8	0.83
	4	0.6	0.63	0.65	0.72	0.76	0.8
	5	0.55	0.58	0.61	0.68	0.73	0.77
	6	0.52	0.55	0.58	0.66	0.72	0.76
19/33	2	0.79	0.81	0.81	0.85	0.88	0.9
	3	0.67	0.7	0.71	0.76	0.8	0.83
	4	0.62	0.65	0.65	0.72	0.76	0.8
	5	0.57	0.6	0.6	0.68	0.73	0.77
	6	0.54	0.57	0.57	0.66	0.72	0.76

جدول ضریب تصحیح برای مدارهایی با سه کابل تک رشت به صورت افقی یا مثلثی گروهی

ولتاژ کابل KV	تعداد مدارات	فاصله بین مراکز گروه کابل ها				
		تماس با یکدیگر	0.15m	0.3m	0.45m	0.6m
0.6/1	2	0.81	0.87	0.91	0.93	0.94
	3	0.7	0.78	0.84	0.87	0.9
	4	0.63	0.74	0.81	0.86	0.89
	5	0.59	0.7	0.78	0.83	0.87
	6	0.55	0.67	0.76	0.82	0.86
بالاتر از 0.6/1 تا 12/20 (24)	2	0.8	0.85	0.89	0.9	0.92
	3	0.69	0.75	0.8	0.84	0.86
	4	0.63	0.7	0.77	0.80	0.84
	5	0.57	0.66	0.73	0.78	0.81
	6	0.55	0.63	0.71	0.76	0.8
19/33	2	0.8	0.83	0.87	0.89	0.91
	3	0.7	0.73	0.78	0.82	0.85
	4	0.64	0.68	0.74	0.78	0.82
	5	0.59	0.63	0.7	0.75	0.79
	6	0.56	0.6	0.68	0.74	0.78

جدول 3-8 ضریب تصحیح برای گروه کابل های چند رشته ای به صورت افقی

عمق قرار گرفتن کابل (متر)	کابل های 0.6/1			بالاتر از 0.6/1 تا 19/33KV	
	تا $50mm^2$	$70-300mm^2$	بالاتر از $300mm^2$	تا $300mm^2$	بالاتر از $300mm^2$
0.5	1	1	1	-	-
0.6	0.99	0.98	0.97	-	-
0.8	0.97	0.96	0.94	1	1
1	0.95	0.94	0.92	0.98	0.97
1.25	0.94	0.92	0.9	0.96	0.95
1.5	0.93	0.91	0.89	0.95	0.94
1.75	0.92	0.89	0.87	0.94	0.92
2	0.91	0.88	0.86	0.92	0.9
2.5	0.9	0.87	0.85	0.91	0.89
3 یا بیشتر	0.89	0.86	0.83	0.9	0.88

جدول 3-9 ضریب تصحیح برای عمق دفن کابل (تا مرکز کابل یا مرکز گروه مثلثی کابل)

کابل های نصب شده در مجرا

الف) دمای زمین 15 درجه سانتیگراد

ب) مقاومت مخصوص حرارتی زمین 1.2km/W

پ) حداقل فاصله مدارهای مجاور از یکدیگر 1.8m

ت) حداقل عمق کابل گذاری برای کابل های با ولتاژ زیر یک کیلو ولت برابر 50 سانتیمتر و برای کابل های از یک تا 33 کیلو ولت 0/8 متر است.

ضریب تصحیح برای تغییرات دمای زمین مطابق جدول 3-5 می باشد و ضرایب برای مقاومت حرارتی خاک و گروه کابل ها و عمق قرار گرفتن کابل ها در جدول 3-10 تا 3-13 آمده است.

اندازه هادی (میلیمتر)	مقاومت حرارتی خاک (KM/W)						
	0.8	0.9	1	1.5	2	2.5	3
کابل تک رشته ای							
تا 15	1.1	1.07	10.4	0.94	0.87	0.81	0.75
185-400	1.11	1.08	1.05	0.94	0.86	0.79	0.73
کابل چند رشته ای							
تا 16	1.05	10.4	1.03	0.97	0.92	0.87	0.74
25-150	1.07	1.05	1.03	0.96	0.9	0.85	0.78
185-400	1.09	1.06	1.04	0.95	0.87	0.82	0.76

جدول 3-10 ضریب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی خاک

ولتاژ کابل KV	تعداد مدارات	فاصله بین مراکز مجراها		
		در تماس	0/45	0/6
0.6/1	2	0/86	0/9	0/93
	3	0/77	0/83	0/87
	4	0/73	0/81	0/85
	5	0/7	0/78	0/83
	6	0/68	0/77	0/82
بالاتراز 0.6/1 تا 12/20	2	0/85	0/88	0/9
	3	0/75	0/8	0/83
	4	0/7	0/76	0/8
	5	0/67	0/73	0/77
	6	0/64	0/71	0/76
19/33	2	0/85	0/88	0/9
	3	0/76	0/8	0/83
	4	0/71	0/76	0/8
	5	0/67	0/73	0/77
	6	0/65	0/71	0/76

جدول(3-11) ضریب تصحیح برای گروه کابل های تک رشته به صورت مثلثی و یا افقی در مجرا

ولتاژ کابل KV	تعداد مجراها در گروه ها	فاصله بین مراکز کابل ها (متر)			
		در تماس	0/3	0/45	0/6
0.6/1	2	0/9	0/93	0/95	0/96
	3	0/82	0/87	0/9	0/93
	4	0/78	0/85	0/89	0/91
	5	0/75	0/82	0/87	0/9
	6	0/72	0/81	0/86	0/9
بالاتراز 0.6/1 تا 12/20	2	0/88	0/91	0/93	0/94
	3	0/8	0/84	0/87	0/89
	4	0/75	0/81	0/84	0/78
	5	0/71	0/77	0/82	0/85
	6	0/69	0/75	0/8	0/84
19/33	2	0/87	0/89	0/92	0/93
	3	0/78	0/82	0/85	0/87
	4	0/73	0/78	0/82	0/85
	5	0/69	0/75	0/79	0/83
	6	0/67	0/73	0/78	0/82

جدول (3-12) ضریب تصحیح برای کابل های چند رشته در مجرا به صورت افقی

عمق کابل (متر)	کابل 0.6/1KV		از 0.6/1 تا 19.33KV	
	تک رشته	چند رشته	تک رشته	چند رشته
0/5	1	1	–	–
0/6	0/98	0/99	–	–
0/8	0/95	0/97	1	1
1	0/93	0/96	0/98	0/99
1/25	0/9	0/95	0/95	0/97
1/5	0/89	0/94	0/93	0/96
1/75	0/88	0/94	0/92	0/95
2	0/87	0/93	0/9	0/94
2/5	0/86	0/93	0/89	0/93
3 تا بیشتر	0/85	0/92	0/88	0/92

جدول (3-13) ضریب تصحیح برای عمق کابل (مراکز مجراها یا گروه مجرای مثلثی)

افت ولتاژ

از عوامل مهم تعیین سطح مقطع کابل ، مقدار افت ولتاژ مجاز آن می باشد ، این مقدار بخصوص در کابل های فشار ضعیف و کابل های فشار ضعیف و کابل های فشار متوسط در شرایطی که طول کابل خیلی طولانی باشد ، عامل تعیین کننده می باشد.

برای تعیین افت ولتاژ در کابل ها بایستی مقدار مقاومت و رأکتانس آن ها در شرایط بهره برداری مشخص شود و سپس با استفاده از فرمول های 4-1 تا 4-4 افت ولتاژ در کابل را بدست آورد. لازم به ذکر است که مشخص کردن مقدار مقاومت و رأکتانس کابل ها ، از جمله مشخصات فنی می باشد که بایستی در جدول شماره 2 ، مربوط به مشخصات فنی اسناد مناقصه توسط فروشنده ارائه شده باشد ، در صورتی که اطلاعات در دسترس نباشد می توان از جداول 4-1 تا 4-5 برای تعیین مقدار مقاومت و رأکتانس استفاده نمود ، مقدار رذکتانس کابل تابع پارامترهای زیادی می باشد که در جداول 4-1 تا 4-5 برای شرایط بخصوص مقادیر آن آمده است.

برای محاسبات مربوط به جریان متناوب تک‌فاز :

افت ولتاژ (۴-۱)

$$\Delta U = L\,2 \cdot I\,(R_L \cdot \cos\phi + X_L \sin\phi)$$

درصد افت ولتاژ (۴-۲)

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_N}\,100\% = L \cdot 2\,I\,\frac{(R_L \cdot \cos\phi + X_L \sin\phi)}{U_N}$$

برای محاسبات مربوط به جریان متناوب سه‌فاز :

افت ولتاژ (۴-۳)

$$\Delta U = \sqrt{3}\,I \cdot L\,(R_L \cos\phi + X_L \sin\phi)$$

درصد افت ولتاژ (۴-۴)

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{}\,100\% = \frac{\sqrt{3}\,I \cdot L\,(R_L \cos\phi + X_L \sin\phi)}{}$$

جدول (۴-۱) مشخصات الکتریکی کابل با عایق PVC با ولتاژ ۶۰۰ الی ۱۰۰۰ ولت

اندازه هادی (mm²)	کابلهای تک‌رشته‌ای زره‌ای *				کابلهای چندرشته‌ای زره‌دار یا بدون زره		راکتانس (۵۰ Hz) (ohm/km)
	مقاومت AC در ۷۰° c		راکتانس (۵۰ Hz)		مقاومت AC در ۷۰° c		
	مس (ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	مثلثی (ohm/km)	تخت ** (ohm/km)	مس (ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	
۱۶					۱/۳۸	۲/۲۷	۰/۰۸۷
۲۵					۰/۸۷۰	۱/۴۴	۰/۰۸۴
۳۵					۰/۶۲۷	۱/۰۴	۰/۰۸۱
۵۰	۰/۴۶۴	۰/۷۷۰	۰/۱۱۲	۰/۱۹۸	۰/۴۶۴	۰/۷۷۰	۰/۰۸۱

فرمول های 4-1 تا 4-4 برای حالت بار نقطه ای در انتهای خط می باشد و فرمول ها دارای تقریب می باشد ، در شبکه های توزیع عموماً بار به صورت گسترده بوده لذا در صورتی که اطلاعات کامل از بار و شبکه موجود باشد از برنامه های پخش بار بایستی استفاده شود ، در حالتی که بار یکنواخت فرض شود در فرمول های فوق بایستی ضریب 0/5 وارد شود.

اندازه هادی (mm^2)	مقاومت AC در ۹۰° c		راکتانس ۵۰ Hz		زره‌دار یا بدون زره
	مس (Ω/km)	آلومینیوم (Ω/km)	تک‌رشته زره‌دار *		چندرشته‌ای
			مثلثی (Ω/km)	تخت ** (Ω/km)	Ω/Km
۱۶	۱/۴۷	۲/۴۵			۰/۰۸۰
۲۵	۰/۹۲۷	۱/۵۴			۰/۰۷۹
۳۵	۰/۶۶۸	۱/۱۱			۰/۰۷۷
۵۰	۰/۴۹۴	۰/۸۲۲	۰/۱۰۶	۰/۱۴۵	۰/۰۷۶
۷۰	۰/۳۴۲	۰/۵۶۸	۰/۱۰۳	۰/۱۶۲	۰/۰۷۵
۹۵	۰/۲۴۷	۰/۴۱۱	۰/۰۹۸	۰/۱۵۷	۰/۰۷۳
۱۲۰	۰/۱۹۷	۰/۳۲۵	۰/۰۹۶	۰/۱۵۵	۰/۰۷۳
۱۵۰	۰/۱۶۰	۰/۲۶۵	۰/۰۹۷	۰/۱۵۶	۰/۰۷۳
۱۸۵	۰/۱۲۸	۰/۲۱۱	۰/۰۹۶	۰/۱۵۵	۰/۰۷۳
۲۴۰	۰/۰۹۸۹	۰/۱۶۲	۰/۰۹۲	۰/۱۵۱	۰/۰۷۳
۳۰۰	۰/۰۸۰۲	۰/۱۳۰	۰/۰۹۰	۰/۱۴۹	۰/۰۷۲

* زره از سیم آلومینیومی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

جدول (4-2) مشخصات الکتریکی کابل با عایق XLPE و ولتاژ 600/1000V

جدول (۴-۳) مشخصات الکتریکی کابل با عایق XLPE و ولتاژ KV ۱۱ / ۶/۳۵

کابل سه‌رشته‌ای				کابلهای تک‌رشته‌ای *					اندازه هادی (mm^2)
					راکتانس (۵۰ Hz)		مقاومت AC در ۹۰° c		
خازن (μ F/km)	راکتانس (Ω/km)(۵۰Hz)	مقاومت AC در ۹۰° c		خازن (μ F/km)	تخت ** (Ω/km)	مثلثی (Ω/km)	آلومینیوم (Ω/km)	مس (Ω/km)	
		آلومینیوم (Ω/km)	مس (Ω/km)						
۰/۲۱	۰/۱۳۴	۲/۴۵	۱/۴۷						۱۶
۰/۲۴	۰/۱۲۴	۱/۵۴	۰/۹۲۷						۲۵
۰/۲۶	۰/۱۱۶	۱/۱۱	۰/۶۶۸						۳۵
۰/۲۸	۰/۱۱۱	۰/۸۲۲	۰/۴۹۳	۰/۲۷	۰/۱۸۵	۰/۱۲۷	۰/۸۲۱	۰/۴۹۳	۵۰
۰/۳۲	۰/۱۰۶	۰/۵۶۸	۰/۳۴۲	۰/۳۱	۰/۱۷۷	۰/۱۲۰	۰/۵۶۹	۰/۳۴۲	۷۰
۰/۳۶	۰/۱۰۰	۰/۴۱۰	۰/۲۴۷	۰/۳۴	۰/۱۷۱	۰/۱۱۴	۰/۴۱۰	۰/۲۴۷	۹۵
۰/۳۹	۰/۰۹۷	۰/۳۲۵	۰/۱۹۶	۰/۳۷	۰/۱۶۶	۰/۱۰۹	۰/۳۲۵	۰/۱۹۶	۱۲۰
۰/۴۲	۰/۰۹۴	۰/۲۶۵	۰/۱۵۹	۰/۴۰	۰/۱۶۳	۰/۱۰۶	۰/۲۶۵	۰/۱۵۹	۱۵۰
۰/۴۶	۰/۰۹۲	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۰/۴۴	۰/۱۶۰	۰/۱۰۳	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۱۸۵
۰/۵۱	۰/۰۸۹	۰/۱۶۱	۰/۰۹۸۴	۰/۴۹	۰/۱۵۶	۰/۰۹۹	۰/۱۶۱	۰/۰۹۸۰	۲۴۰
۰/۵۶	۰/۰۸۶	۰/۱۳۰	۰/۰۷۹۷	۰/۵۲	۰/۱۵۳	۰/۰۹۶	۰/۱۳۰	۰/۰۷۹۰	۳۰۰

* بدون زره با پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

جدول (۴-۴) مشخصات الکتریکی کابلها با عایق XLPE و ولتاژ KV ۲۲/۷/۱۲

کابل سه‌رشته‌ای				کابلهای تک‌رشته‌ای *					اندازه هادی (mm^2)
		مقاومت AC در c ۹۰°		خازن ($\mu F/km$)	راکتانس (۵۰ Hz)		مقاومت AC در c ۹۰°		
خازن ($\mu F/km$)	راکتانس (۵۰Hz)(Ω/km)	آلومینیوم (Ω/km)	مس (Ω/km)		تخت ** (Ω/km)	مثلثی (Ω/km)	آلومینیوم (Ω/km)	مس (Ω/km)	
۰/۱۷	۰/۱۳۹	۱/۵۴	۰/۹۲۷						۱۶
۰/۱۸	۰/۱۳۰	۱/۱۱	۰/۶۶۸						۲۵
۰/۲۰	۰/۱۲۴	۰/۸۲۲	۰/۴۹۳	۰/۱۹	۰/۱۹۲	۰/۱۳۸	۰/۸۲۱	۰/۴۹۴	۳۵
۰/۲۲	۰/۱۱۸	۰/۵۶۸	۰/۳۴۲	۰/۲۲	۰/۱۸۵	۰/۱۳۱	۰/۵۶۹	۰/۳۴۲	۵۰
۰/۲۴	۰/۱۱۱	۰/۴۱۰	۰/۲۴۷	۰/۲۴	۰/۱۷۸	۰/۱۲۴	۰/۴۰۹	۰/۲۴۷	۷۰
۰/۲۶	۰/۱۰۷	۰/۳۲۵	۰/۱۹۶	۰/۲۶	۰/۱۷۳	۰/۱۱۹	۰/۳۲۴	۰/۱۹۶	۹۵
۰/۲۸	۰/۱۰۴	۰/۲۶۴	۰/۱۵۹	۰/۲۸	۰/۱۷۰	۰/۱۱۶	۰/۲۶۵	۰/۱۵۹	۱۲۰
۰/۳۱	۰/۱۰۱	۰/۲۱۱	۰/۱۲۷	۰/۳۰	۰/۱۶۵	۰/۱۱۳	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۱۵۰
۰/۳۴	۰/۰۹۷	۰/۱۶۱	۰/۰۹۸	۰/۳۴	۰/۱۶۱	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۰۹۸	۱۸۵
۰/۳۷	۰/۰۹۴	۰/۱۳۰	۰/۰۷۹	۰/۳۷	۰/۱۵۸	۰/۱۰۴	۰/۱۲۹	۰/۰۷۹	۲۴۰
۰/۴۱	۰/۰۹۰	۰/۱۰۲	۰/۰۶۳	۰/۴	۰/۱۵۵	۰/۱۰۱	۰/۱۰۱	۰/۰۶۳	۳۰۰
									۴۰۰

* بدون زره با پوشش الکترواستاتیکی از سیمهای مسی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

رأکتانس(50HZ) مقاومت AC در 90°C					
اندازه هادی (mm^2)	مس (Ω/km)	آلومینیوم (Ω/km)	مثلثی (Ω/km)	تخت* (Ω/km)	خازن (μF/km)
کابل های تک رشته ای**					
70	0.342	0.568	0.143	0.194	0.16
95	0.247	0.411	0.134	0.189	0.18
120	0.196	0.324	0.129	0.184	0.19
150	0.160	0.264	0.125	0.178	0.21
185	0.128	0.211	0.121	0.174	0.22
240	0.0977	0.160	0.116	0.169	0.25
300	0.0785	0.129	0.112	0.166	0.27
کابل های سه رشته ای					
70	0.342	0.568	0.135	-	0.16
95	0.247	0.411	0.127	-	0.18
120	0.196	0.325	0.122	-	0.19
150	0.159	0.265	0.118	-	0.21
185	0.128	0.211	0.114	-	0.22
240	0.0978	0.161	0.109	-	0.24
300	0.0788	0.130	0.105	-	0.26

جدول (4-5) مشخصات الکتریکی کابل های XLPE و ولتاژ 19/33KV

* فاصله بین مراکز کابل برابر دو برابر قطر کابل

** کابل بدون زره و با پوشش الکترواستاتیکی از سیم های مسی

تحمل جریان اتصال کوتاه توسط کابل

در انتخاب نوع کابل ، تحمل جریان اتصال کوتاه یکی از عوامل تعیین کننده می باشد. در زمان بروز اتصال کوتاه جریان به طور ناگهانی برای چند سیکل افزایش یافته و سپس مقدار آن کم شده تا آن که سیستم حفاظتی عمل نماید. مدت زمان اتصال کوتاه معمولاً بین 0/2 تا 3 دقیقه می باشد. در زمان شروع اتصال کوتاه ممکن است کابل در بار کامل (حداکثر دما) باشد و افزایش دمای ناشی از اتصال کوتاه عامل مهمی در انتخاب سطح مقطع نامی خواهد بود. جریان اتصال کوتاه گاهی تا بیست برابر جریان دائمی رسیده و این جریان نیروی الکترومغناطیسی و ترمودینامیکی به وجود می آورد که متناسب با مربع جریان می باشد.

نظر به اینکه زمان اتصال کوتاه خیلی کم است ، کابل پس از آن به سرعت خنک می شود و عایق کابل بایستی تحمل دماهای بالاتر از جریان دائمی (ناشی از اتصال کوتاه) را داشته باشد. جدول (5-1) مقادیر دمای قابل تحمل اجزاء مختلف کابل های توزیع را نشان می دهد. مقادیر مذکور مطابق با استاندارد IEC-724 می باشد.

مقادیر داده شده در جدول (5-1) برای سایر اجزاء کابل غیر از عایق آن می باشد.

در نبودن پوشش مسلح کابل ، غلاف کابل به عنوان عایق در نظر گرفته می شود. مقادیر بالا در مواردی کاربرد دارد که قابلیت تحمل عایقی کمتر از اعداد فوق نباشد.

مواد	درجه حرارت حداکثر (°C)
عایق PVC تا سطح مقطع $300mm^2$	150
عایق PVC با سطح مقطع بیش از $300mm^2$	130
عایق PVC برای ولتاژ 6/6kv و بالاتر	160
غلاف PVC	200
عایق XLPE	250
اتصال هادی ها به صورت لحیم شده	160
اتصال هادی ها به صورت فشرده شدن	250
غلاف یلی اتیلن	150

جدول (5-1) حد دمای اتصال کوتاه

مقادیر جریان اتصال کوتاه بر اساس دما

معمولاً فرض بر آن است که کل انرژی ورودی به کابل که توسط هادی ها جذب شده است به حرارت تبدیل شود و شرایط موجود آدیاباتیک باشد. به علاوه مقدار گرمای جذب شده به مدت زمان اتصال کوتاه بستگی دارد که حداکثر این زمان 5 ثانیه فرض می شود.

با مساوی قرار دادن حرارت ورودی (I^2RT) با حرارت جذب شده (حاصل ضرب جرم ، افزایش درجه و حرارت مخصوص) معادله ای به شرح زیر به دست می آید:

$$I^2 = \frac{K^2 S^2}{T} \log_{\theta} \frac{\theta_1 + \beta}{\theta_0 + \beta}$$ رابطه (5-1)

I : جریان اتصال کوتاه (rms) بر حسب آمپر

T : مدت زمان اتصال کوتاه (ثانیه)

K : مقدار ضریب ثابت برای مواد به کار رفته در هادی

S : سطح مقطع هادی (mm^2)

θ_1 : دمای نهایی بر حسب درجه سانتیگراد

θ_2 : دمای اولیه بر حسب درجه سانتیگراد

β : عکس ضریب حرارتی مقاومت (α) هادی (بر حسب درجه سانتیگراد در صفر درجه)

ضرایب ثابت فوق برای فلزات مختلف در جدول شماره (5-2) آمده است که در آن:

$$K^2 = \frac{Q_C(\beta + 20)}{\rho_{20}}$$ رابطه (5-2)

Q_C: حرارت مخصوص حجمی هادی در دمای 20 درجه سانتی گراد (JρCmm)

ρ_{20} : هدایت فلز هادی در 20 درجه سانتی گراد

جنس فلز	ρ_{20}	Q_C	β	K
مس	$17.241*10^{-6}$	$3.45*10^{-3}$	234.5	226
آلومینیوم	$28.164*10^{-6}$	$2.5*10^{-3}$	228	148
سرب	$214*10^{-6}$	$1.45*10^{-3}$	230	42
فولاد	$138*10^{-6}$	$3.8*10^{-3}$	202	78

جدول (5-2) ثابت های محاسبات اتصال کوتاه

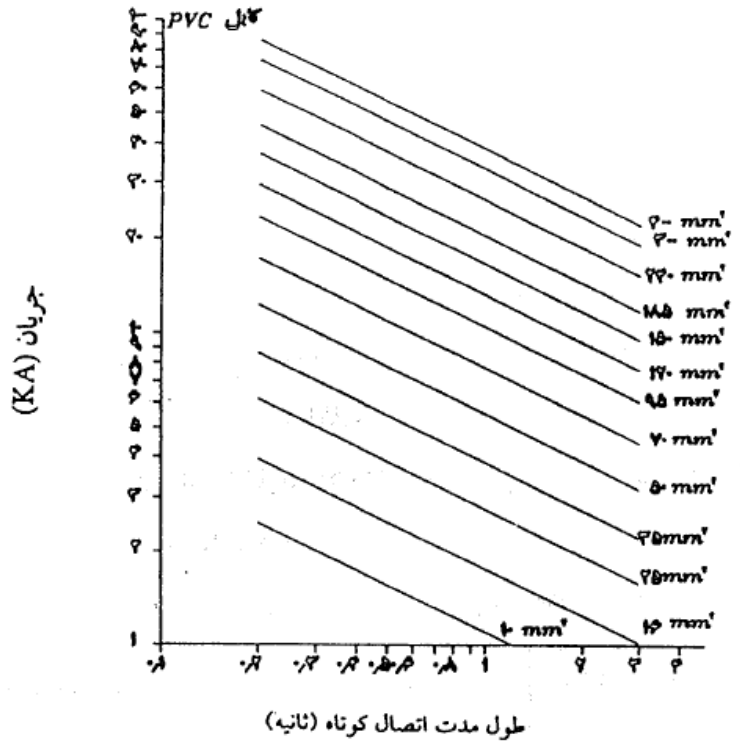
کابل های توزیع قدرت

برای شرایط خاصی از افزایش دما مطابق جدول (5-1) می توان فرمول داده شده را به طوری که در جدول (5-3) آمده است به کار برد. در این جدول به طوری که در محاسبات اتصال معمول است ، فرض می شود وقتی که اتصال کوتاه رخ می دهد کابل در درجه حرارت حداکثر مجاز در حال بهره برداری است.

یک راه دیگر برای نشان دادن اطلاعات موجود در آخرین ستون جدول (5-3) آن است که آن ها را به صورت گرافیکی نمایش داد. شکل های (5-1) و (5-2) برای کابل های با عایق PVC و شکل های (5-3) و (5-4) برای کابل های XLPE می باشند.

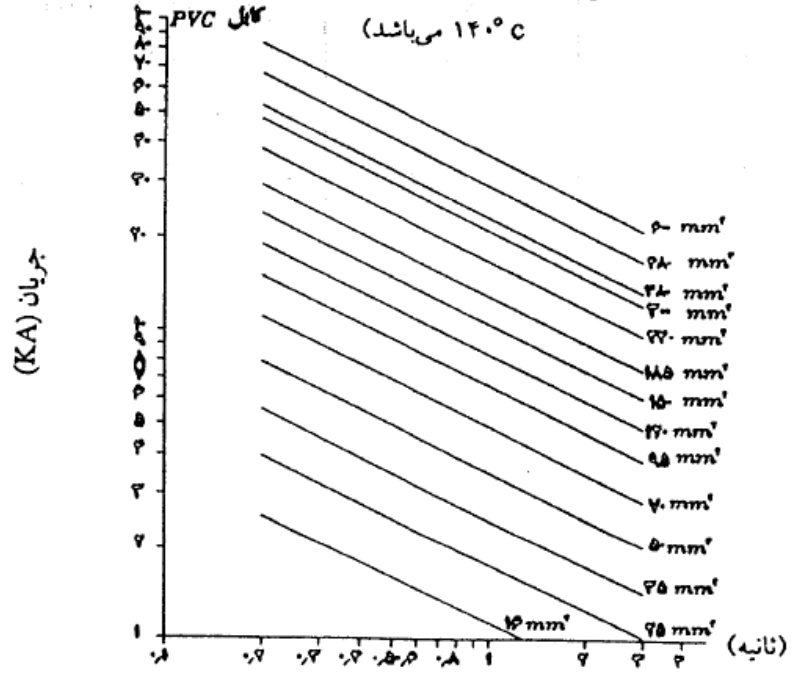
نوع عایق کابل	جنس هادی	افزایش درجه حرارت (°C)	جریان اتصال کوتاه (A)
PVC ولتاژ 1 تا 3 کیلو ولت			
تا سطح مقطع 300 میلیمتر مربع	مسی	150-70	$110*ST^{-1/2}$
تا سطح مقطع 300 میلیمتر مربع	آلومینیومی	150-70	$71*ST^{-1/2}$
سطح مقطع بیش از 300 میلیمتر مربع	مسی	130-70	$96*ST^{-1/2}$
سطح مقطع بیش از 300 میلیمتر مربع	آلومینیومی	130-70	$62*ST^{-1/2}$
XLPE	مسی	200-90	$144*ST^{-1/2}$
XLPE	آلومینیومی	250-90	$92*ST^{-1/2}$

جدول (5-3) جریان اتصال کوتاه با عایق های مختلف



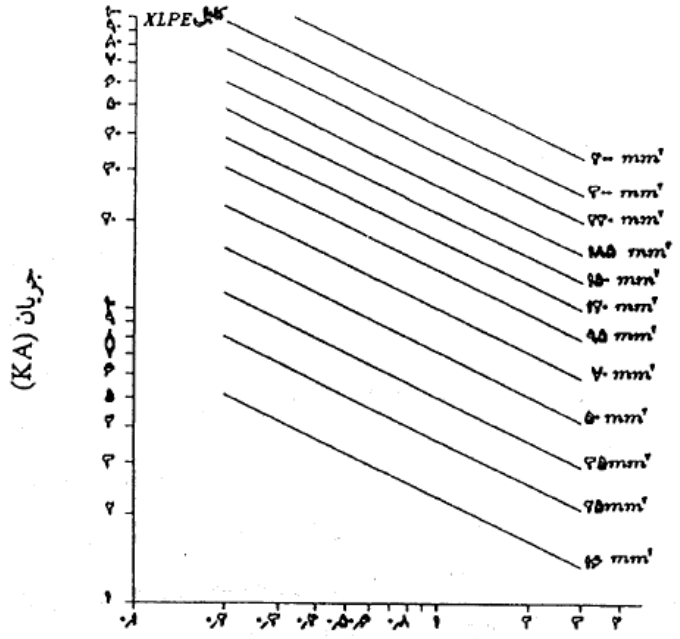
شکل (۵-۱) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای KV ۱ با عایق PVC و هادیهای مسی

(دمای نهایی کابل برای هادیهای تا سطح مقطع mm^2 ۳۰۰ برابر c ۱۶۰° و برای هادیهای با سطح مقطع بیشتر c ۱۴۰° می‌باشد)



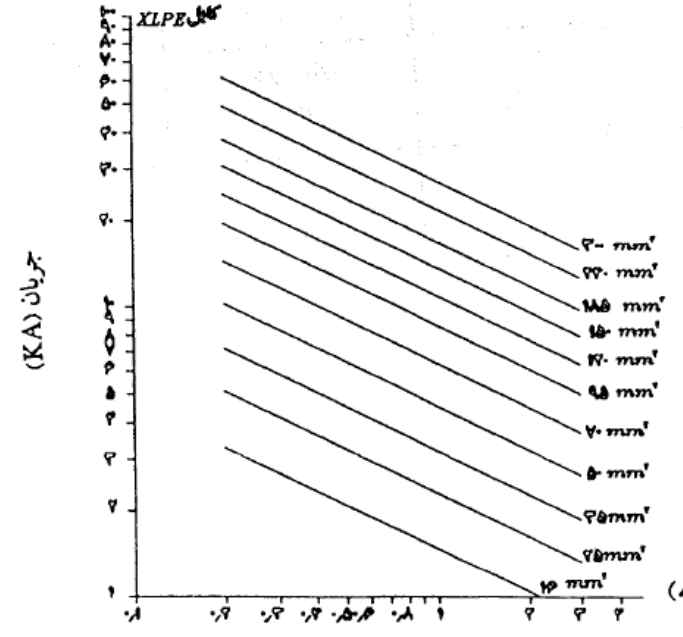
شکل (۵-۲) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای KV ۱ با عایق PVC و هادیهای آلومینیومی

(دمای نهایی کابل برای هادیهای تا سطح مقطع ۳۰۰میلیمترمربع برابر c ۱۶۰° برای مقاطع بزرگتر c ۱۴۰° است)



شکل (۵-۳) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای با عایق XLPE و هادیهای مسی

(برمبنای افزایش دما از ۹۰ تا ۲۵۰° c یعنی ۱۶۰° c)



شکل (۵-۴) اتصال کوتاه مجاز برای کابلهای با عایق XLPE و هادی آلومینیومی غیررشته‌ای

(برمبنای افزایش دمای c ۱۶۰°)

جریان های اتصال کوتاه غیر متقارن

در بخش (5-2) جریان های اتصال کوتاه متقارن سه فازها مورد بررسی قرار گرفت. در مورد جریان های اتصال کوتاه غیر متقارن مثلاً جریان های اتصال زمین ، عوامل دیگری نیز می بایستی در نظر گرفته شوند زیرا که در این حالت جریان اتصال کوتاه می تواند در پوشش های فلزی و یا زره جریان یابد. به طور کلی برای هادی های با اندازه کوچک افزایش دما عامل تعیین می باشد و لیکن در هادی های با اندازه بزرگتر به طوری که در جدول (5-1) نشان داده شده است با در نظر گرفتن پوشش های سربی و یا زره حد مجاز کمتر می شود.

دمای پوشش زره را می توان با لایه PVC پوشانیده شده بر روی آن کنترل نمود. حداکثر جریان های اتصال کوتاه غیر متقارن برای کابل های توزیع قدرت که رایج می باشند درجدول (5-4) تا (5-7) آورده شده اند و این مقادیر برای کابل های چند مفتولی می باشند. مقادیر داده شده با در نظر گرفتن مدت اتصال کوتاه یک ثانیه می باشد. برای مدت زمان های غیر از یک ثانیه این ارقام بر ریشه دوم زمان داده شده تقسیم می شوند.

جدول (5-4) حداکثر جریان اتصال کوتاه نا متقارن مجاز به زمین (کابل های زره دار سیمی با عایق PVC و هادی آلومینیومی مفتولی) و ولتاژ 0.6/1KV و مدت زمان خطا برابر یک ثانیه است.

«جدول صفحه بعد است»

مقطع هادی (MM^2)	زره آلومینیومی	زره فولادی		
	تک رشته ای KA	دو رشته ای KA	سه رشته فولادی KA	چهار رشته فولادی KA
16	-	1/6	1/8	2/7
25	-	2/4	2/7	3/2
35	-	2/6	3/1	3/5
50	2/8	4/0	3/5	5/0
70	3/2	4/4	5/0	5/5
95	3/6	4/8	5/7	6/5
120	5/2	-	6/1	8/9
150	5/7	-	8/4	9/7
185	6/2	-	9/5	10/8
240	7	-	10/6	12/1
300	7/6	-	11/7	13/4

مقطع هادی	زره آلومینومی تک رشته ای	زره فولادی			
		دو رشته ای	سه رشته ای	چهار رشته ای	چهار رشته با کاهش مقطع نولی
mm^2	KA	KA	KA	KA	KA
50	3/1	3/3	3/7	5/4	4/2
70	3/5	3/7	5/3	6/1	5/9
95	4/0	5/4	6/1	7/0	6/9
120	5/7	5/8	6/6	9/7	9/5
150	6/4	6/4	9/3	10/8	10/4
185	7/0	8/9	10/2	11/7	11/4
240	7/8	9/9	11/4	13/2	10/7
300	8/6	11/0	12/7	14/7	14/3*
300	–	–	–	–	14/7**

جدول (5-5) حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابل های زره دار سیمی با عایق PVC و هادی سیمی) برای یک ثانیه در سطح ولتاژ 0.6/1KV

* $300/150mm^2$

** $300/185mm^2$

مقطع هادی	زره آلومینومی	زره فولادی		
	تک رشته ای	دو رشته ای	سه رشته ای	چهار رشته ای
mm^2	KA	KA	KA	KA
50	1/6	2/4	2/9	3/3
70	2/6	2/8	3/3	4/9
95	3/0	4/1	4/8	5/4
120	3/2	-	5/2	7/6
150	4/8	-	7/4	8/4
185	5/2	-	8/2	9/4
240	5/7	-	9/4	10/5
300	6/3	-	10/2	11/7

جدول (5-6) حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابل های زره دار سیمی با عایق XLPE و هادی آلومینیوم مفتولی) برای سطح ولتاژ 0.6/1KV برای یک ثانیه

مقطع هادی	زره آلومینومی	زره فولادی			
	تک رشته ای	دو رشته ای	سه رشته ای	چهار رشته ای	چهار رشته با سطح مقطع کاهش یافته نولی
mm^2	KA	KA	KA	KA	KA
50	1/8	3/6	3/0	3/5	3/3
70	2/7	3/1	3/5	5/1	5/0
95	3/1	4/4	5/0	5/7	5/6
120	3/3	4/9	5/5	8/0	6/3
150	4/8	5/4	7/8	9/0	8/6
185	5/4	7/4	8/6	9/9	9/7
240	6/0	8/4	9/7	11/3	10/9
300	6/4	9/2	10/5	12/4	11/8*
300	6/4	9/2	10/5	12/4	12/4**

جدول (5-7) حداکثر جریان اتصال کوتاه نامتقارن مجاز به زمین (کابل های زره دار سیمی با عایق XLPE و هادی مسی) برای سطح ولتاژ 0.6/1KV برای یک ثانیه

* $300/150\ mm^2$

$300/185\,mm^2$ **

نیروهای الکترومغناطیسی و پاره شدن کابل

جریان اتصال کوتاه در کابل های چند رشته ای نیروهای الکترومغناطیسی به وجود می آورند که رشته های کابل را از یکدیگر جدا نموده و چنانچه این رشته ها به طور محکم با هم بسته نشده باشند ، کابل تمایل به از هم گسیختگی خواهد داشت. این اثر در کابل های با عایق کاغذی که فاقد پوشش مسلح می باشند از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا ممکن است عایق در این شرایط آسیب ببیند. مسلح نمودن کابل ها باعث جلوگیری از آسیب از این نیروها می شود.

اثرات ترمومکانیکی

افزایش گرمای زیاد در تنیجه جریان اتصال کوتاه باعث ایجاد انبساط در هادی های کابل شده و انبساط به وجود آمده باعث بروز مشکلاتی از قبیل پیشروی طولی در کابل های چند رشته ای و یا جابجایی کابل در صورتی که به طور مناسب نصب نشده باشد ، خواهد شد. پیشروی هادی در هادی های تک مفتولی از اهمیت بیشتری برخوردار است.

طراحی مفصل ها و سرکابل ها

اثرات ناشی از جریان اتصال کوتاه در مفصل های کابل های دفن شده در زمین مهم می باشد زیرا که به علت فشار وارده از زمین بر روی سطح کابل هادی های کابل ممکن است در داخل کابل به طور طولی افزایش یافته و داخل مفصل یا سرکابل شوند ،

مقدار این نیروی پیش رونده خیلی زیاد بوده مثلاً $50N/mm^2$ و برای کابل های با اندازه بزرگتر اهمیت آن بیشتر می باشد. اگر مواد پُر کننده ی مفصل ها و ترمینال ها (سرکابلها) به اندازه کافی نرم باشد که اجازه پیشروی هادی ها را بدهد نیروی ذکر شده باعث ایجاد نقص در داخل سرکابل یا مفصل می شود و پس از خنک شدن هادی ها تنش به وجود آمده در آن ها باعث ایجاد مشکلات دیگری خواهد شد و به همین دلیل حد نهایی دما برای اتصالات لحیم شده هادی ها ۱۶۰C° در نظر گرفته شده است. از عوامل دیگری که باید در نظر گرفته شوند آن است که نگهدارنده ها و چفت و بست ها بایستی مناسب انتخاب شده تا در دمای به وجود آمده در آن ها باعث ایجاد اشکال در مفصل نشود.

اختلاف بین هادی های مسی و آلومینیوم

اگرچه ضریب انبساط آلومینیوم از مس بیشتر است و لیکن تنش به وجود آمده در آن به علت اینکه ضریب مدولاسیون الاستیک[1] آن کمتر است همانند مس خواهد بود. بنابراین نیروهای درهم شکننده برای هر دو فلز تقریباً مشابه یکدیگر می باشند.

وقتی که محدودیت ها توسط غلاف های سربی و یا نیروهای الکترومغناطیسی تحت تإثیر قرار می گیرند ، نوع فلز هادی از لحاظ تئوری هیچ فرقی ندارد ولیکن در رابطه با نیروهای ضربه ای آلومینیوم از ضریب کمتری نسبت به مس برخوردار است زیرا که برای یک مقدار مشخصی از جریان ، اندازه سطح مقطع هادی آلومینیوم از مس بزرگتر می باشد.

[1] Elastic Modules

شرایط نصب و کابل کشی

به طوری که قبلاً ذکر شده است اثرات نیروی پیشروی طولی در کابل هایی که در زمین کشیده شده اند از مهم ترین پارامترها می باشند.

در کابل هایی که دارای عایق ترموپلاستیک و غلاف خارجی می باشند بایستی از افزایش زیاد فشار محلی (موضعی) جلوگیری نمود زیرا که باعث تغییر شکل دادن عایق و غلاف می شود. این مورد ممکن است به علت رعایت نکردن شعاع انحنا در موقع کابل کشی و یا مناسب نبستن وسایل نگهدارنده درکابل ها پیش آید. موارد نامبرده بالا در مورد کابل های با عایق ترموست که سطح مقطع آن ها بزرگتر است نیز صادق می باشد.

پیوست الف

ظرفیت جریان قابل حمل توسط کابل های توزیع با عایق PVC

جداول داده شده در این قسمت شامل مقادیر نامی کابل های با عایق PVC می باشند.

الف) طرح کابل

1- هادی ها

برای کایل های تک رشته ای هادی ها از مس و آلومینیوم چند مفتولی و یا تک مفتولی و به شکل دایره می باشند و برای کابل های چند رشته ای هادی های مسی یا آلومینیومی به صورت قطاعی می باشند.

2- لایه زیرین پوشش زره

این لایه برای کابل های تک رشته ای از نوع PVC اکسترود شده و برای کابل های چند رشته ای از PVC اکسترود شده یا نوار پلاستیکی می باشد.

3- زره

فرض بر این است که زره کابل ها از نوع آلومینیوم برای کابل های تک رشته و فولاد گالوانیزه برای کابل های چند رشته می باشد.

4- غلاف

غلاف از نوع PVC اکسترود شده می باشد.

مقادیر نامی جریان

مقادیر نامی جریان بر اساس دمای محیط 30°C محاسبه شده است.

حداکثر دمای هادی

این دما 70°C می باشد.

کابل کشی در هوا

دمای محیط 30 درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است و کابل در برابر اشعه مستقیم خورشید محافظت شده است. و کابل ها حداقل 2 سانتیمتر از دیوار فاصله دارند و در صورتی که در کانال نصب شوند روی آن ها ÷وشیده نمی شود و مدارهای مجاور همدیگر بایستی دارای فضای مناسب از یکدیگر باشند تا بر یکدیگر اثر گرمایی نداشته باشند.

کابل های نصب شده در زمین

دمای زمین 15 درجه سانتیگراد درنظر گرفته شده است.

مقاومت حرارتی زمین 1.2KM/W در نظر گرفته شده است.

عمق کانال کابل کشی تا ولتاپ یک کیلو ولت 50 سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

کابل های تک رشته ای

اطلاعات داده شده برای عملکرد سه فاز یه یا چهار کابل تک رشته کاربرد دارد.

هم بندی

فرض بر این است که زره ها به طور کاملاً صلب به یکدیگر متصل شده اند (یعنی هر دو انتهای آن ها) برای مدارهای خیلی کوتاه ممکن است فقط یک طرف هم بندی شود ولی در این حالت بایستی به ولتاژهایی که در حالت اتصال کوتاه در طول کابل به وجود می آید دقت شود.

آرایش افقی کابل ها

مقادیر نامی داده شده بر این اساس است که فاصله بین مراکز دو کابل مجاور بیش از 2 برابر آن ها باشد. در صورتی که کابل ها عمودی نصب گردند مقادیر نامی کاهش پیدا می کند.

جدول (الف -۱) جریان قابل حمل توسط کابل PVC زره‌دار با ولتاژ KV ۱ / ۰/۶

اندازه‌هادی (mm^2)	در هوا				در زمین			
	تک‌رشته *		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)	تک‌رشته *		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)
	تخت (A)	مثلثی (A)			تخت (A)	مثلثی (A)		
مادیهای مسی								
۱۶			۹۷	۸۳			۱۱۹	۱۰۱
۲۵			۱۲۸	۱۱۰			۱۵۸	۱۳۲
۳۵			۱۵۷	۱۳۵			۱۹۰	۱۵۹
۵۰	۲۳۰	۱۸۱	۱۹۰	۱۶۳	۲۰۳	۲۱۱	۲۲۵	۱۸۸
۷۰	۲۸۶	۲۳۱	۲۴۱	۲۰۷	۲۴۸	۲۵۷	۲۷۷	۲۳۳
۹۵	۳۳۸	۲۸۰	۲۹۱	۲۵۱	۲۹۷	۳۰۵	۳۳۲	۲۷۹
۱۲۰	۳۸۵	۳۲۴	۳۳۶	۲۹۰	۳۳۷	۳۴۱	۳۷۷	۳۱۷
۱۵۰	۴۳۶	۳۷۳	۳۸۶	۳۳۲	۳۷۶	۳۷۷	۴۲۲	۳۵۵
۱۸۵	۴۹۰	۴۲۵	۴۳۹	۳۷۸	۴۲۳	۴۱۷	۴۷۸	۴۰۱
۲۴۰	۵۶۶	۵۰۱	۵۱۶	۴۴۵	۴۸۵	۴۶۹	۵۵۱	۴۶۲
۳۰۰	۶۱۶	۵۶۷	۵۹۲	۵۱۰	۵۴۲	۵۱۵	۶۱۶	۵۱۷
۴۰۰	۶۷۴	۶۵۷	۶۸۳	۵۹۰	۶۰۰	۵۴۹	۶۹۳	۵۸۰
مادیهای آلومینیومی								
۱۶			۷۲	۶۱			۹۱	۷۷
۲۵			۹۲	۸۰			۱۱۸	۱۰۰
۳۵			۱۱۳	۹۸			۱۴۲	۱۲۰
۵۰	۱۶۹	۱۳۱	۱۳۶	۱۲۰	۱۵۴	۱۶۰	۱۶۸	۱۴۳
۷۰	۲۱۳	۱۶۸	۱۷۳	۱۵۱	۱۸۸	۱۹۷	۲۰۹	۱۷۶
۹۵	۲۵۵	۲۰۵	۲۱۳	۱۸۸	۲۲۶	۲۳۵	۲۵۰	۲۱۳
۱۲۰	۲۹۳	۲۳۸		۲۱۸	۲۵۷	۲۶۷		۲۴۳
۱۵۰	۳۳۵	۲۷۵		۲۴۸	۲۸۸	۲۹۸		۲۷۲
۱۸۵	۳۷۹	۳۱۵		۲۸۸	۳۲۶	۳۳۲		۳۰۹
۲۴۰	۴۴۳	۳۷۲		۳۴۴	۳۷۷	۳۸۰		۳۶۰
۳۰۰	۵۰۵	۴۳۰		۳۹۶	۴۲۴	۴۲۳		۴۰۷

* کابلهای تک‌رشته‌ای بازره از مفتولهای آلومینیوم

جدول (الف -۲) جریان قابل حمل توسط کابل PVC بدون زره با ولتاژ ۱ KV / ۰/۶

اندازه‌معادی (mm²)	در هوا				در زمین			
	تک‌رشته		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)	تک‌رشته		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)
	تخت (A)	مثلثی (A)			تخت (A)	مثلثی (A)		
								مادیهای مسی
۱۶			۹۴	۸۰			۱۱۷	۱۰۰
۲۵			۱۱۹	۱۰۱			۱۵۷	۱۳۱
۳۵			۱۴۸	۱۲۶			۱۸۹	۱۵۸
۵۰	۲۱۹	۱۶۷	۱۸۰	۱۵۳	۲۰۰	۲۱۰	۲۲۵	۱۸۸
۷۰	۲۸۱	۲۱۶	۲۳۲	۱۹۶	۲۴۶	۲۵۸	۲۷۶	۲۳۱
۹۵	۳۴۱	۲۶۴	۲۸۲	۲۳۸	۲۹۴	۳۱۰	۳۳۲	۲۷۷
۱۲۰	۳۹۶	۳۰۸	۳۲۸	۲۷۶	۳۳۵	۳۵۴	۳۷۹	۳۱۶
۱۵۰	۴۵۶	۳۵۶	۳۷۹	۳۱۹	۳۷۶	۳۹۷	۴۲۵	۳۵۵
۱۸۵	۵۲۱	۴۰۹	۴۳۴	۳۶۴	۴۲۴	۴۵۱	۴۸۰	۴۰۱
۲۴۰	۶۱۵	۴۸۵	۵۱۴	۴۳۰	۴۹۱	۵۲۴	۵۵۹	۴۶۶
۳۰۰	۷۰۹	۵۶۱	۵۹۳	۴۹۷	۵۵۳	۵۹۴	۶۳۱	۵۲۵
۴۰۰	۸۵۲	۶۵۶	۷۱۵	۵۹۷	۶۲۷	۶۷۹	۷۱۸	۵۹۵
								مادیهای آلومینیومی
۱۶			۷۳	۶۱			۸۹	۷۶
۲۵			۸۹	۷۸			۱۱۸	۱۰۰
۳۵			۱۱۱	۹۶			۱۴۲	۱۲۰
۵۰	۱۶۳	۱۲۸	۱۳۵	۱۱۷	۱۵۲	۱۶۰	۱۶۹	۱۴۳
۷۰	۲۱۰	۱۶۵	۱۷۳	۱۵۰	۱۸۷	۱۹۷	۲۰۹	۱۷۶
۹۵	۲۵۶	۲۰۳	۲۱۰	۱۸۳	۲۲۴	۲۳۶	۲۵۰	۲۱۱
۱۲۰	۲۹۸	۲۳۷		۲۱۲	۲۵۶	۲۶۹		۲۴۱
۱۵۰	۳۴۴	۲۷۴		۲۴۵	۲۸۷	۳۰۲		۲۷۱
۱۸۵	۳۹۴	۳۱۶		۲۸۰	۳۲۵	۳۴۳		۳۰۷
۲۴۰	۴۶۶	۳۷۵		۳۳۰	۳۷۷	۳۹۹		۳۵۷
۳۰۰	۵۳۸	۴۳۵		۳۸۱	۴۲۶	۴۵۳		۴۰۴

پیوست ب

ظرفیت جریان قابل حمل توسط کابل های توزیع با عایق XLPE

جداول داده شده در این قسمت شامل مقادیر نامی جریان دهی کابل های با عایق XLPE می باشند.

طرح کابل

کابل XLPE با ولتاژ 0.6/1KV

هادی ها

برای کابل های تک رشته ای هادی ها از مس و آلومینیوم چند مفتولی و یا تک مفتولی به شکل دایره می باشند و برای کابل های چند رشته ای هادی های مسی یا آلومینیوم به صورت قطاعی می باشد.

پوشش زیر زره

از جنس PVC و به صورت اکترود شده می باشد.

زره

کابل ها می توانند دارای زره و یا بدون زره باشند ، زره می تواند به صورت نوار از فولاد گالوانیزه و یا به صورت مفتول باشد.

غلاف

جنس غلاف از PVC اکسترود شده می باشد.

کابل های XLPE با ولتاژ بین 0.6/1KV تا 19/33KV

هادی ها

هادی ها از جنس مس و آلومینیوم چند مفتولی به شکل دایره می باشند.

پوشش های الکترواستاتیکی

پوشش الکترواستاتیکی نیمه هادی به صورت اکسترود شده روی هادی و نواری یا اکسترود شده روی عایق می باشد.

پوشش الکترواستاتیکی فلزی

از سیم های مسی برای کابل های تک رشته ای و نوار مسی برای کابل های سه رشته استفاده می شود.

پوشش زیر زره

از جنس PVC اکسترود شده برای کابل سه رشته ای می باشد.

زره

از جنس فولاد گالوانیزه می باشد.

غلاف

از جنس PVC اکسترود شده می باشد.

مقادیر جریان نامی

مقادیر جریان دهی کابل ها بر اساس استاندارد IEC-287 محاسبه شده است و برای سایر شرایط ضریب تصحیح بخش سوم از جزوه حاضر می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

حداکثر دمای هادی

حداکثر دمای هادی $90^{\circ}c$ در نظر گرفته شده است.

کابل کشی در هوا

برای کابل های فشار ضعیف 30 درجه سانتیگراد و برای کابل های فشار متوسط 35 درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است. کابل ها در برابر اشعه مستقیم خورشید محافظت شده اند و جریان هوا محدود نشده است و کابل ها حداقل 2 سانتیمتر از دیوار فاصله دارند و درصورتی که کابل در کانال باشد روی آن پوشانده نشده است. و فواصل مدارها طوری است که اثر گرمایی از سایر مدارها بر روی کابل مفروض وجود ندارد.

نصب کابل در زمین

دمای 15 درجه سانتیگراد و مقاومت حرارتی زمین $1.2Km/W$ ، عمق دفن برای کابل های فشار ضعیف 0/5 متر و کابل های فشار متوسط 0/8 متر در نظر گرفته شده است.

کابل های تک رشته ای

اطلاعات برای عملکرد سه یا چهار کابل تک رشته ای در سیستم سه فاز کاربرد دارد.

هم بندی

برای نصب به صورت مثلثی بر این است که زره به صورت کاملاً صلب به یکدیگر متصل شده اند (یعنی هر دو انتهای آن ها) برای مدارهای خیلی کوتاه ممکن است فقط یک طرف هم بندی شود ولی در این حالت بایستی به ولتاژهایی که در حالت اتصال کوتاه در طول کابل به وجود می آید دقت شود.

آرایش افقی

مقادیر نامی داده شده بر این اساس است که فاصله بین مراکز دو کابل مجاور بیش از 2 برابر قطر خارجی آن ها باشد ، در صورتی که کابل ها عمودی نصب گردند مقادیر نامی کاهش پیدا می کند.

جدول (ب -۱) جریان قابل حمل توسط کابل XLPE زره‌دار با ولتاژ KV ۱ / ۰/۶

اندازه‌هادی (mm^2)	در هوا				در زمین			
	تک‌رشته *		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)	تک‌رشته *		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)
	مثلثی (A)	تخت (A)			مثلثی (A)	تخت (A)		
مادیهای مسی								
۱۶			۱۱۸	۱۰۱			۱۴۱	۱۱۹
۲۵			۱۵۴	۱۳۲			۱۸۳	۱۵۲
۳۵			۱۹۰	۱۶۲			۲۱۹	۱۸۲
۵۰	۲۱۷	۲۷۹	۲۲۹	۱۹۶	۲۳۱	۲۴۱	۲۵۹	۲۱۷
۷۰	۲۷۷	۳۵۰	۲۸۸	۲۴۷	۲۸۴	۲۹۵	۳۱۷	۲۶۶
۹۵	۳۴۰	۴۲۵	۳۵۵	۳۰۵	۳۴۰	۳۵۰	۳۸۱	۳۱۹
۱۲۰	۳۹۵	۴۸۸	۴۱۱	۳۵۳	۳۸۶	۳۹۵	۴۳۳	۳۶۳
۱۵۰	۴۵۴	۵۴۳	۴۶۹	۴۰۴	۴۳۱	۴۳۴	۴۸۵	۴۰۶
۱۸۵	۵۲۲	۶۱۰	۵۴۱	۴۶۵	۴۸۵	۴۸۲	۵۴۷	۴۵۸
۲۴۰	۶۱۵	۷۰۰	۶۳۹	۵۴۹	۵۵۸	۵۴۵	۶۳۲	۵۲۹
۳۰۰	۷۰۰	۷۷۵	۷۲۸	۶۲۶	۶۲۳	۵۹۷	۷۰۸	۵۹۲
۴۰۰	۸۰۰	۸۳۴	۸۳۸	۷۲۰	۶۹۱	۶۳۷	۷۹۹	۶۶۷
مادیهای آلومینیومی								
۱۶			۹۰	۷۶			۱۰۸	۹۱
۲۵			۱۱۴	۱۰۰			۱۳۸	۱۱۶
۳۵			۱۴۱	۱۲۲			۱۶۵	۱۳۹
۵۰	۱۶۲	۲۰۹	۱۶۹	۱۴۷	۱۷۷	۱۸۵	۱۹۶	۱۶۵
۷۰	۲۰۸	۲۶۴	۲۱۳	۱۸۶	۲۱۸	۲۲۷	۲۴۰	۲۰۳
۹۵	۲۵۵	۳۲۲	۲۶۳	۲۲۹	۲۶۰	۲۷۰	۲۸۸	۲۴۴
۱۲۰	۲۹۵	۳۷۰		۲۶۶	۲۹۶	۳۰۶		۲۷۸
۱۵۰	۳۴۰	۴۱۷		۳۰۵	۳۳۱	۳۳۹		۳۱۱
۱۸۵	۳۹۲	۴۷۳		۳۵۲	۳۷۴	۳۸۰		۳۵۳
۲۴۰	۴۶۴	۵۵۰		۴۱۷	۴۳۳	۴۳۵		۴۰۹
۳۰۰	۵۳۲	۶۱۹		۴۷۸	۴۸۶	۴۸۳		۴۶۱

* کابل تک‌رشته‌ای با زره از سیم آلومینیومی

جدول (ب -۲) جریان قابل حمل توسط کابل XLPE بدون زره و دارای ولتاژ KV ۱ / ۰/۶

اندازه‌هادی (mm^2)	در هوا			
	تک‌رشته *		دورشته (A)	سه‌یاچهاررشته (A)
	مثلثی (A)	تخت (A)		
				مادیهای مسی
۱۶			۱۱۷	۱۰۱
۲۵			۱۴۷	۱۲۶
۳۵			۱۸۱	۱۵۵
۵۰	۲۱۰	۲۷۲	۲۲۱	۱۸۹
۷۰	۲۶۷	۳۴۴	۲۸۰	۲۴۱
۹۵	۳۳۱	۴۲۵	۳۴۶	۲۹۷
۱۲۰	۳۸۷	۴۹۵	۴۰۳	۳۴۷
۱۵۰	۴۴۶	۵۶۸	۴۶۲	۳۹۸
۱۸۵	۵۱۸	۶۵۷	۵۳۵	۴۶۰
۲۴۰	۶۱۹	۷۸۴	۶۳۷	۵۴۷
۳۰۰	۷۱۶	۹۰۷	۷۳۶	۶۳۲
۴۰۰	۸۳۴	۱۰۵۹	۸۵۶	۷۳۳
				مادیهای آلومینیومی (تک‌مفتولی)
۱۶			۸۸	۷۶
۲۵			۱۰۹	۹۵
۳۵			۱۳۳	۱۱۶
۵۰	۱۵۵	۲۰۲	۱۶۲	۱۴۲
۷۰	۱۹۸	۲۵۶	۲۰۶	۱۸۰
۹۵	۲۴۵	۳۱۵	۲۵۳	۲۲۳
۱۲۰	۲۸۶	۳۶۷		۲۶۰
۱۵۰	۳۳۰	۴۳۸		۲۹۸
۱۸۵	۳۸۴	۴۸۷		۳۴۶
۲۴۰	۴۶۰	۵۸۰		۴۱۲
۳۰۰	۵۳۳	۶۷۰		۴۷۷

* کابلهای تک‌رشته‌ای بازره از سیمهای آلومینیومی

جدول (ب -۳) جریان قابل حمل توسط کابل XLPE با سطح ولتاژ

۱۱/۶/۳۵ KV، ۲۲/۱۲/۷ KV و ۳۳/۱۹ KV

در زمین			در هوا			اندازه‌هادی (mm^2)
سه‌رشته (A)	تک‌رشته‌ای *		سه‌رشته (A)	تک‌رشته‌ای *		
	تخت (A)	مثلثی (A)		تخت (A)	مثلثی (A)	
مادیهای مسی						
۱۷۰			۱۸۰			۳۵
۲۱۰	۲۳۰	۲۲۰	۲۲۵	۲۹۵	۲۴۵	۵۰
۲۵۵	۲۸۰	۲۷۰	۲۷۵	۳۶۵	۳۰۰	۷۰
۲۹۵	۳۳۵	۳۲۰	۳۳۰	۴۵۰	۳۶۰	۹۵
۳۳۵	۳۸۰	۳۶۰	۳۸۰	۵۲۰	۴۲۵	۱۲۰
۳۷۵	۴۳۰	۴۱۰	۴۳۰	۵۹۰	۴۸۵	۱۵۰
۴۲۰	۴۸۵	۴۶۰	۴۹۰	۶۷۰	۵۵۰	۱۸۵
۴۸۰	۵۶۰	۵۷۰	۵۷۰	۸۰۰	۶۵۰	۲۴۰
۵۳۰	۶۴۰	۶۰۰	۶۵۰	۹۲۰	۷۴۰	۳۰۰
۵۹۰	۷۳۰	۶۹۰	۷۴۰	۱۰۷۰	۸۵۰	۴۰۰
	۸۳۰	۷۶۰		۱۲۵۰	۹۸۰	۵۰۰
مادیهای آلومینیومی						
۱۳۵			۱۴۵			۳۵
۱۶۰	۱۷۵	۱۷۰	۱۷۵	۲۳۰	۱۹۰	۵۰
۱۹۵	۲۱۵	۲۱۰	۲۱۵	۲۸۵	۲۳۵	۷۰
۲۳۰	۲۶۰	۲۵۰	۲۶۰	۳۴۵	۲۸۰	۹۵
۲۶۰	۲۹۵	۲۸۰	۳۰۰	۴۰۰	۳۳۰	۱۲۰
۲۹۰	۳۳۰	۳۲۰	۳۳۵	۴۵۵	۳۷۵	۱۵۰
۳۳۰	۳۷۵	۳۶۰	۳۹۰	۵۲۰	۴۳۰	۱۸۵
۳۸۰	۴۴۰	۴۱۵	۴۶۰	۶۲۰	۵۱۰	۲۴۰
۴۲۵	۴۹۵	۴۷۵	۵۲۰	۷۱۰	۵۸۰	۳۰۰
۴۸۰	۵۷۰	۵۵۰	۶۰۰	۸۴۰	۶۸۰	۴۰۰
	۶۵۰	۶۱۰		۹۸۰	۷۹۰	۵۰۰

* پوشش الکترواستاتیکی از سیم مسی، بدون زره