برآورد درخواست نیروی برق (دیماند)

کلیات

برای فراهم کردن مقدمات تامین نیروی برق هر طرح (انشعاب ، پست ، مولد) لازم است قبل از اقدام به تهیه طرح تاسیسات الکتریکی و درمراحل اولیه مطالعات معماری و ساختمانی حداکثر درخواست (دیماند) نیروی برق آن را برآورد کرد .

روش صحیح تخمین حداکثر درخواست براساس محاسبه توان کل نصب شده واعمال ضرایب همزمانی مناسب استوار است ، به شرط آنکه تجربیات گذشته که ازطرحهای مشابه درمحل بدست آمده باشد این محاسبه راتایید کند .

یادآوری ۱-پیش بینی حداکثر درخواست ، مخصوصا از نظر وسائل ودستگاه های قابل حمل روشنایی تعداد پریزهای نصب شده وغیره شدیداً وابسته به عرف وعادات محلی است . لذا دراغلب موارد لازم خواهد بود حداکثر تقاضا بیش از مقادیر بدست آمده از راه محاسبه انتخاب شود اصولاً مطالب این بخش جنبه راهنمایی دارد و مقادیر به دست آمده ازمراعات مفاد آن را نباید بدون بررسیها و مطالعات محلی به کاربرد ازطرف دیگر لازم خواهد بود در پیش بینی حداکثر درخواست عواملی نظر رشد سریع کیفیت زندگی ازیک طرف وافزایش طبیعی مصرف درطول عمر تاسیسات ازطرف دیگر درمد نظر باشد .

برآورد توان کل نصب شده

توان کل نصب شده بر اساس خواسته های تاسیسات باید به ترتیب زیر محاسبه و برآورد شود :

الف) درخواست برق چراغهای نصب ثابت رشته ای (التهابی) برابر توان اسمی لامپهای آنها خواهد بود . درمراحل برآورد اولیه ، درخواست چراغ برابر توان بزرگترین لامپی است که بتوان در آن نصب کرد.

ب) درخواست برق چراغهای نصب ثابت از نوع تخلیه ای (فلورسنت ، جیوه ای وغیره) برابر توان اسمی مصرفی لامپهای آن با توجه به مصرف چوک آنهاست اینگونه چراغها به ولت آمپر ۲ برابر درخواست برحسب وات است .

ج) درخواست برق پریزها درمواردی که نوع لوازم و دستگاههایی که از آن ها تغذیه خواهند کرد معلوم نباشد از راه تخمین درخواست مدار نهایی آنها برآورده می شود .

د) درخواست برق لوازم ودستگاههای نصب ثابت برابر توان اسمی آنها با اعمال ضریب توان آنها خواهد بود.

هـ) درخواست بارهای القایی باید به توجه به ضریب توان آنها تعیین شود.

غیر همزمانی –تخمین ضریب همزمانی

به دلیل وجود غیر همزمانی در کار تجهیزات و لوازم الکتریکی باید هر گروه از بارهای مختلف (روشنایی گرمایش ، موتورها وغیره) از ضریب همزمانی استفاده شود تا با اعمال آنها دربارهای مربوط حداکثر توان مصرفی یا حداکثر درخواست به دست آید .

یادآوری ۱-ضریب همزمانی هر تاسیسات عددی است مختص همان تاسیسات برای همین درشرایط عادی پیش بینی دقیق آن امکان پذیر نخواهد بود و فقط با توجه به تجربیات گذشته و آمار موجود می توان ضریب همزمانی را از پیش به عنوان راهنما و به صورت تقریبی تخمین زد .

به منظور راهنمایی بیشتر برای تخمین ضریب همزمانی باید که از استاندارد ملی شماره ۱۹۳۷ : «آیین نامه ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمانها، اقتباس شده است مراجعه شود .

محاسبه عمومی شبکههای تأسیسات الکتریکی

محاسبه توان ماکزیمم مصرفی *(دیماند)*

میزان مصرف P_{max}تخمین میزان مصرف آینده (P_{max}) برای یک ساختمان و یا یک مجتمع ساختمانی به طور دقیق، هزینه‌های قطعات الکتریکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزان توان درخواستی از بخش عمومی نیز به مقدار مصرف بستگی دارد، که معادل مجموع بارهای مصرف‌کننده است، و معمولاً از جمع حاصل ضرب توان‌های خروجی (P_i) بارها، در ضریب کارایی (a_i) و ضریب همزمانی (g) به دست می‌آید:

$$P_{\max} = \sum_{i-1}^{n} (P_i a_i) g$$

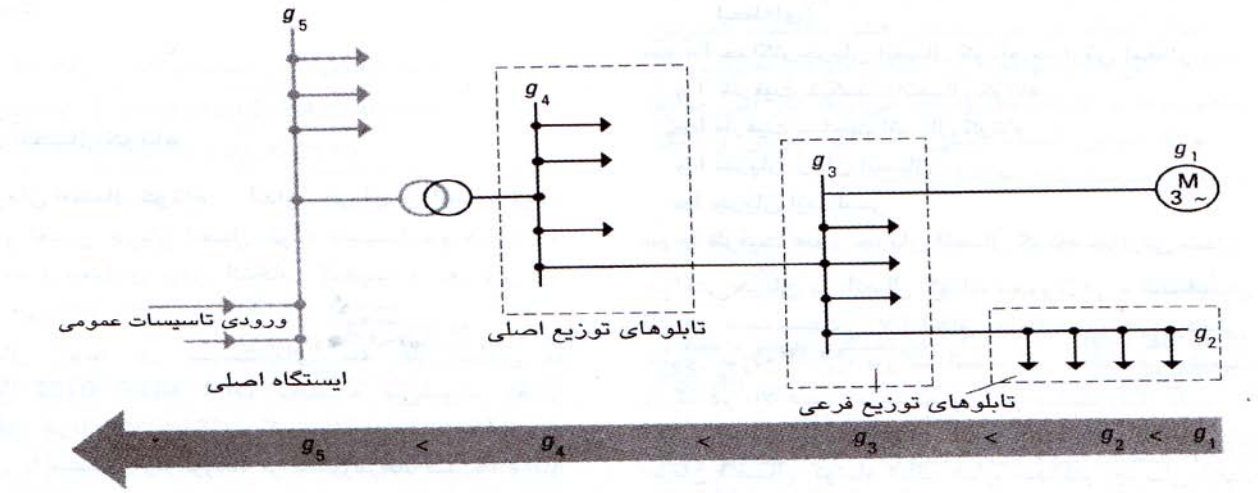
توان بدست آمده اکتیو بوده که درواقع انجام کار بوسیله آن صورت می گیرد و در شبکه ها باید توان دیگری که توان ظاهری یاتوان مرجع می باشد باید بدست آوردکه به روش زیر به دست می‌آید:

$$S_{\max} = P_{\max} \cos\varphi_B$$

ضریب کارایی : این ضریب (a_i)برای موتور ها در صنعت وبرای وسایل خانگی مانند یخچال ماشین لباس شوئی و کلیه لوازمیکه موتور دارند اطلاق می شود ضریب کارایی یک ابزار به تفاوت توان اسمی خروجی آن نسبت به توان واقعی گفته می‌شود. موتورها معمولاً برای ارائه توان مکانیکی مشخصی در محور آنها طراحی می‌شوند، بر اساس توان‌های مختلف ارائه شده توسط تولیدکنندگان موتور با بالاترین توان انتخاب می‌گردد. به دلیل آنکه یک موتور توان خروجی به علاوه تلفات درونی را از منبع توان می‌کشد، توان خروجی نامی موتور همواره از توان واقعی آن بزرگتر است. اثر ضریب توان باید در موتورها، در نظر گرفته شود.

ضریب هم‌زمانی : ضریب هم‌زمانی (g) که غالباً ضریب دیماند نیز گفته می‌شود، در واقع تمام بارها در یک زمان روشن نیستند و به همین جهت همواره کوچکتر از یک است، و با افزایش مصرف‌کننده‌ها در تأسیسات کاهش می‌یابد. بنابراین ضریب همزمانی به طور فاحشی هنگام حرکت از مصرف‌کننده به سمت تابلوی توزیع فرعی، تابلوی توزیع اصلی و ایستگاه فرعی منبع قدر در بخش عمومی، کاهش می‌یابد (شکل ۵-۱-۱). جدول ۲-۱-۱ شامل مقادیر تجربی ضرایب همزمانی (g) برای گروه‌های بار در سه نوع مختلف ساختمان می‌باشد. نسبت باری که از بخش عمومی درخواست می‌گردد به بار وصل شده، هر چقدر ساختمان

یا مجتمع بزرگتر شود، کاهش می‌یابد (به آن توان مصرفی اندازه‌گیری شده اطلاق می‌گردد). این موضوع اثر مثبتی بر شرایط تعرفه و نرخ‌های بهره‌برداری از بخش عمومی می‌گذارد.



شکل ۵-۱-۱ رفتار ضریب هم‌زمانی (g) در یک سیستم توزیع

گروه مصرف‌کننده	ساختمان اداری	بیمارستان	فروشگاهها
روشنایی	*0.85…0.95*	*0.7…0.9*	*0.85…0.95*
تهویهٔ هوا	*1*	*0.9…1*	*0.9…1*
آشپزخانه	*0.5…0.85*	*0.6…0.8*	*0.6…0.8*
بالابرها و پله برقی‌ها	*0.7…1*	*0.5…1*	*0.7…1*
پریزها	*0.1…0.15*	*0.1…0.2*	*0.2*

جدول ۲-۱-۱ ضریب هم‌زمانی (g) برای گروه‌های مصرف‌کننده متفاوت در سه نوع ساختمان

نسبت بار به مساحت:

در مراحل تعریف پروژه برنامه‌ریزی نسبت بار به مساحت P_m (W/m^2) به همراه ضریب توان، معمولاً به عنوان معیاری برای تخمین بار مصرفی به کار می‌رود. مقادیر تقریبی برای برنامه‌ریزی انواع ساختمان‌ها با گروه‌های مصرف‌کنندگان با میزان توان متفاوت در جداولی که در کشورهای مختلف مقدار آن متفاوت است وبه صورت تجربی استاندارد شده است آمده است.

همچنین باید به این نکته اشاره گردد که مقادیر ضریب همزمانی (g) و میزان دیماند در ساختمان‌های مسکونی و اداری (هتل‌ها، سازمان‌ها، فروشگاه‌های بزرگ، مدارس، بیمارستان‌ها، تئاتر، ترمینال‌های فرودگاه و غیره) به مقدار زیادی به شرایط محلی آب و هوایی (مکان‌هایی در استوا و مناطق جنوبی) و سطح رفاه و آسایش مردم جامعه بستگی دارد. اطلاعات کافی در این زمینه هنوز منتشر نشده است.

اثر جریان‌های اتصال کوتاه

حداکثر جریان اتصال کوتاه

اندازه جریان‌های اتصال کوتاه نقش بسزایی در تعیین جریان اتصال کوتاه تأسیسات و قطعات و تنظیم آنها دارد، و معیاری برای انتخاب کیفیت منبع توان در محل توزیع نیز می‌باشد.جریان‌های اتصال کوتاه در سیستم‌های سه‌فاز مطابق با *IEC60909* و *DIN VDE 0102* محاسبه می‌شوند. مقدار حداکثر و حداقل جریان اتصال کوتاه که نتیجه عملیات کلیدزنی (کارکرد همزمان یا مستقل ژنراتورها، ترانسفورمرها، فیدرها و اثر خود کابل‌ها) است، باید محاسبه گردد یکی از وسایلی که جریان اتصال کوتاه بار را افزایش می دهد بارهای موتوری می باشدکه موتورهای فشار ضعیف و فشار قوی بوجود آورنده جریان‌های اتصال کوتاه اولیه متقارن (I_k'') و جریان حداکثر اتصال کوتاه (i_p) و نقائص غیر متقارن دیگر و جریان اتصال کوتاه دائم (I_k) می‌باشند.

در سیستم‌های فشار ضعیف *l.V.* (کمتر از *1KV*) و فشار قوی (*h.V.*) (بیشتر از *1KV*)، حداکثر جریان اتصال کوتاه، تعیین‌کننده ظرفیت شکست ادوات سوئیچ و مقدار ظرفیت حرارت دینامیک تأسیسات و تجهیزات می‌باشد. شرایط زیر باید برآورده شود:

$I_{b\max} \le I_{cn}$

$I_{p\max} \le I_{cm}, I_{pk}$

$I_{th\max} \le I_{cw}, I_{thper}$

$I_{b\max}$ حداکثر جریان اتصال کوتاه شکست (مقدار جذر میانگین)

I_{pmax} حداکثر مقدار بیشینه جریان اتصال کوتاه (حداکثر مقدار لحظه‌ای)

I_{thmax} حداکثر جریان اتصال کوتاه حرارتی (مقدار جذر میانگین)

I_{cn} ظرفیت شکست اتصال کوتاه

I_{cm} ظرفیت ساخت اتصال کوتاه

I_{cw} جریان زمان اتصال

I_{pk} جریان ایمپالسی

I_{thper} ظرفیت عبور جریان اتصال کوتاه حرارتی مجاز.

حداکثر جریان بار اتصال کوتاه، معمولاً در حالت اتصال کوتاه سه‌فاز در سیستم‌های *l.V.* اتفاق می‌افتد و در نزدیکی ورودی و تابلوی توزیع اصلی، بزرگتر است. این حالت در وضعیت امپدانس بزرگ در بالادست سیستم و یا در سمت ولتاژ پایین سیستم‌های *TN* بوجود می‌آید، هنگام نصب تأسیسات و تجهیزات، حداکثر جریان اتصال کوتاه تک‌فاز، حداکثر جریان اولیه اتصال کوتاه سه فاز متقارن (I_k'') و بیشینه جریان اتصال کوتاه سه‌فاز (i_p) باید مدنظر قرار گیرند.هنگام محاسبه حداکثر جریان خطا درجه حرارت هادی‌ها باید $20^{\circ}C$ فرض شود. قطعات حفاظت در برابر اتصال کوتاه در سیستم‌های منبع توان ساختمان و مدارات فشار

ضعیف، باید جریان اتصال کوتاه را در انتهای خط، به طور مطمئن و با تأخیری که منجر به افزایش بیش از حد درجه حرارت سیستم‌های انتقال قدرت نشود، تشخیص داده و عمل نمایند (حفاظت اتصال کوتاه).کمترین مقدار جریان اتصال ـ کوتاه که ممکن است درشبکه تاسیسات الکتریکی پدید آید به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{\ker f} = \sqrt{\frac{K^2 S^2}{t}}$$

K ضریب جنس هادی

S سطح مقطع هادی

t زمان عملکرد فیوزی اتصال کوتاه (کمتر از ۵ ثانیه)

کمترین جریان اتصال کوتاه معمولاً در شبکه‌های تک‌فاز سیستم TN ایجاد می‌شوند. این جریان تعیین‌کننده حداکثر جریان نامی قطعات حفاظتی در سیستم است. در مدارات طولانی، برای اطمینان از اینکه سیستم‌های حفاظتی در انتهای مدارات الکتریکی، در مواقع بروز اشکال، به درستی و صحت عمل نمایند، معمولاً سطح مقطع باید بزرگتر در نظر گرفته شود. در این موارد به جهت مسائل مربوط به هزینه، سیم‌های برگشت (نظیر N, PE, PEN) باید با همان قطر سیم‌های خارجی انتخاب شوند. در اتصال‌های با طول کوتاه، در سیستم‌های فشار ضعیف، کمترین مقدار جریان اتصال کوتاه در مواقع بروز اشکال دو فاز به زمین در مجاورت ترانسفورمرها و ژنراتورها بوجود می‌آیند. در این موارد جریان اتصال کوتاه تعیین‌کننده اصلی، حداکثر جریان و دیگر تنظیمات قطعات در سیستم‌های حفاظتی است.

ولتاژ نامی سیستم

مقادیر ولتاژ $IEC\ 38$ به عنوان هماهنگی جهانی، مقادیر ولتاژ، مطابق $IEC\ 38$ تعیین شده‌اند. مقادیر و نامگذاری $IEC\ 38$ نیز با نظر اکثریت کشورهای عضو $CENELEC$ انتخاب شده است. جدول ۳-۱-۱ مقادیر ولتاژ را در سیستم‌های سه‌فاز و چهار سیم، با ولتاژ کمتر از $35KV$ نشان می‌دهد. تا سال ۲۰۰۳، سطوح ولتاژ و جریان $230/380V$ و $340/400V$ با مقادیر استاندارد جهانی $240/400V$ جایگزین خواهند شد. دراستاندارد جدید تلرانس $\pm 10\%$ است. در طول مدت زمان جایگزینی این استاندارد، در کشورهایی که سیستم فعلی آنها $220/380V \pm 5\%$ است، تلرانس $+6\%$ و -6% مجاز است. مقادیر حداکثر و حداقل ولتاژ برای سیستم $230/400V$ تلرانس‌های مجاز شرح داده شده، مقادیر حداکثر و حداقل ولتاژ را در شرایط کاری نرمال، در زمان و محل مشخصی از سیستم تعیین می‌کنند. مقادیر تقریبی برای حداکثر و حداقل ولتاژهای مجاز در سیستم‌های با ولتاژ $220/380V$ در جدول 4-۱-1 آورده شده‌اند. موارد مشابهی نیز برای سطوح ولتاژ استاندارد جدید $400/690V$ در نظر گرفته می‌شود. بحث‌هایی جهت امکان کاهش تلرانس‌های مجاز بعد از سال ۲۰۰۳ در حال انجام است.اثرات نامطلوب تغییرات ولتاژمعمولا برروی لامپ‌های رشته‌ای و موتورهای آسنکرون دیده می شود جهش‌های پیوسته ولتاژ، معمولاً عمر تجهیزات را کاهش می‌دهد. همچنانکه افت ولتاژ ناگهانی نیز با کاهش کارائی همراه است. برای مثال: در لامپ‌های رشته‌ای (که جریان متناسب با ولتاژ است)، افزایش 5% ولتاژ باعث کاهش عمر لامپ به مقدار

نصف می‌شود. کاهش 5% ولتاژ بازده نوری را به میزان 20% کم می‌کند. در موتورهای آسنکرون کاهش ولتاژ باعث افزایش میزان مصرف می‌گردد.

جدول ۳-۱-۱ ولتاژهای نامی سیستم کمتر از $35KV$ طبق $IEC\ 38$

سیستم $\leq 1000V$	$V\ 230/400, 277/480, 400/690, 1000$
سیستم $\leq 35KV$	$3, 6, 10, (15), 20, 35\ KV$

جدول ۴-۱-۱ بیشترین و کمترین ولتاژ نامی در سیستم‌های فشار ضعیف سه‌فاز و چهار سیمه

کشورهایی با ولتاژ $220/380V$		$U_{min}(V)$	$U_{max}(V)$
در این زمان	$220/380 \pm 5\%$	$209/360$	$231/400$
در زمان تغییر	$230/400 \pm 6\%$	$209/360$	$245/424$
سال	$220/400 \pm 10\%$	$209/360$	$254/440$

کاهش ولتاژ بیش از حد مشخص شده توسط تولیدکننده (معمولاً P_n با U_n-5%)، غالباً منجر به افزایش بار موتورهای آسنکرون می‌شود.منابع توان الکتریکی همواره به گونه‌ای طراحی می‌شوند که در محل نصب بار، تلرانس‌های مجاز در ولتاژ تجهیزات (مشخص شده توسط تولیدکننده) در نظر گرفته شود. به عنوان مثال تلرانس‌های مجاز ولتاژ در یک سیستم $230/400\ V$ شکل ۶-۱-۱ توزیع افت ولتاژ مجاز را در یک مجتمع ساختمانی با ورودی $110KV$ از نقطه ابتدا تا محل مصرف‌کننده قبل از سال ۲۰۰۳ نشان می‌دهد.این تغییرات ولتاژ بوسیله ترانسفورمر ولتاژ متغیر $110/20KV$ ولتاژ (سیستم) بخش عمومی در محل ورودی $110/20K$، توسط ترانسفورمر متغیر تحت بار تصحیح می‌شود. ولتاژ کنترل‌کننده روی 105% ولتاژ نامی سیستم تنظیم می‌گردد. هر پله ولتاژ 1.65% و پس‌ماند کنترل‌کننده 20% است، و در نتیجه حداکثر تغییرات ولتاژ 2% یا $\pm 1\%$ مقدار ولتاژ تنظیمی به دست می‌آید.

افت ولتاژ در سیستم فشار قوی در سیستم‌های انتقال توان (مثلاً $6KV$، $10KV$، $20KV$، $35KV$ و بالاتر) با کارایی یکسان، افت ولتاژ به سطح ولتاژ انتخاب‌شده بستگی دارد. در مثال شکل ۶-۱-۱ این مقدار کمتر از 2% فرض شده است.درترانسفورمر توزیع مقدار تقریبی افت ولتاژ با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta u = nu' + \frac{1}{2}\frac{(nu'')^2}{100}$$

$$u' = u_{Rr}\cos\varphi + u_{Xr}\sin\varphi$$

$$u'' = u_{Rr}\sin\varphi + u_{Xr}\cos\varphi$$

Δu تغییرات نسبی ولتاژ (درصد)

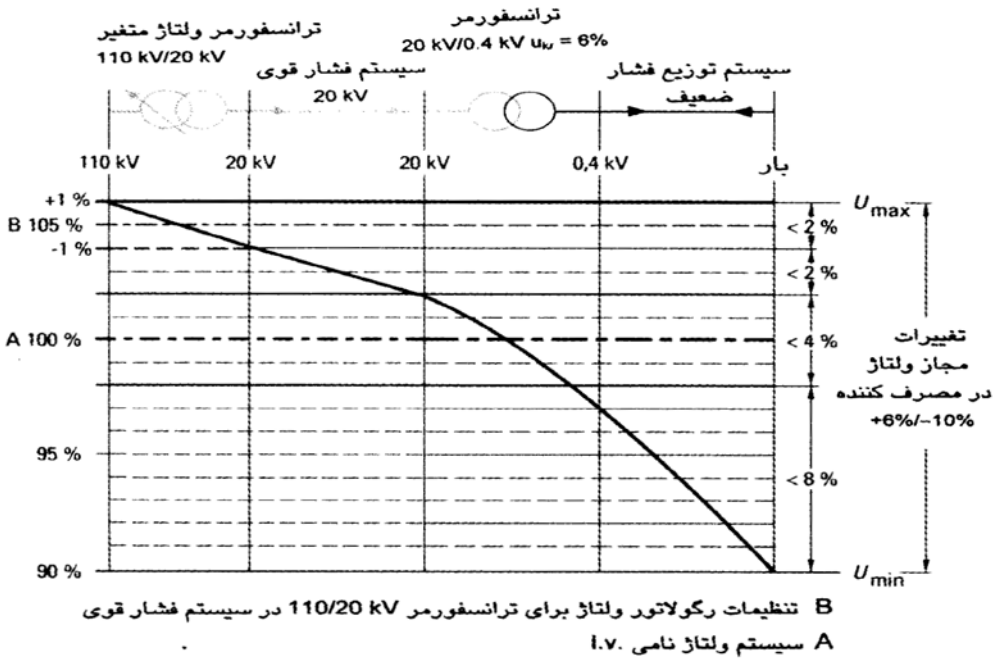
U_{Rr} مقدارنامی ولتاژ اهمی (درصد)

U_{Xr} مقدار افت نامی ولتاژ رئاکتانس (درصد)

N نسبت بار به توان نامی خروجی ترانسفورمر

φ زاویه بار

اگر ترانسفورمر توزیع با ولتاژ نامی اتصال کوتاه $u_{kr}=6\%$، تحت بارخروجی نامی (S/S_{rT}) قرار گیرد، حداکثر افت ولتاژ با ضریب توان $\cos\varphi \geq 0.8$، کمتر از 4% خواهد بود.



شکل ۶-۱-۱ نسبت‌های ولتاژ در یک سیستم 110 kV / 20 kV / 0.4 kV

افت ولتاژ در سیستم‌های فشار ـ ضعیف

درنصب یک سیستم فشار ضعیف، افت ولتاژ تقریبی 8% (حداکثر 10% با احتساب جمع برداری افت ولتاژهای جداگانه) با رعایت مقادیر مجاز مشخص شده در *IEC 38*، مجاز خواهد بود. در صورتی که تلرانس ولتاژ کمتری برای بار (مصرف‌کننده) لازم باشد (نظیر موتور آسنکرون ±5%) باید هنگام نصب در نظر گرفته شود. در حال حاضر، استانداردها دربرگیرنده، مرجع بین‌المللی برای افت ولتاژهای جزئی منبع (آنچنانکه در شکل ۶-۱-۱ نشان داده شده است) نیستند. به این مورد فقط در استانداردهای ملی (مثلاً *DIN VDE 0100-520* انتخاب و نصب تجهیزات الکتریکی سیستم‌های کابل‌کشی) اشاره شده است که افت ولتاژ 4% را بین سیستم توزیع و تجهیزات الکتریکی توصیه می‌کند. شرایط فنی منبع توان تأسیسات عمومی، محدودیت‌هایی در افت ولتاژ مجاز در خطوط توان بالا دست تجهیزات اندازه‌گیری اعمال می‌کند.اتصال بارهای بزرگ (نظیر روشن شدن موتورهای بزرگ، تجهیزات جوشکاری، کوره‌های الکتریکی و غیره) باعث ایجاد تغییرات لحظه‌ای قابل توجهی در ولتاژ می‌شود.که این تغییرات کوچک دوره‌ای باعث چشمک زدن سیستم‌های روشنایی و یا بروز مشکل در مصرف‌کننده‌های حساس (نظیر تجهیزات مخابراتی، تلویزیون، سیستم‌های اتوماسیون و غیره) می‌شود. شکل ۷-۱-۱ تغییرات مجاز ولتاژ را نسبت به بسامد آن تغییرات دوره‌ای نشان می‌دهد.

نکاتی که برای کاهش اختلال در بارهای حساس به کار می‌روند، عبارتند از:

۱- سیستم‌های فشار ضعیف جداگانه برای مصرف‌کننده‌های حساس و غیر حساس

۲- استفاده از ترانسفورمرهای توزیع با ولتاژ اتصال کوتاه نامی کمتر مثلاً $U_{kr}=4\%$ به جای 6% و استفاده از ترانسفورمرها به صورت موازی (که باعث افزایش توان اتصال کوتاه می‌شود)

۳- اتصال مصرف‌کننده حساس به منبع توان UPS یا به تجهیزات جبران‌کننده سریع دیگر.

محاسبه افت ولتاژدر شبکه فشار ــ ضعیف: اندازه تقریبی افت ولتاژهای کوچک دوره‌ای در ورودی ترانسفورمرها توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta u \approx \frac{\Delta S_L}{S_{rT}} u_{kr} \sin\varphi_L$$

Δu افت ولتاژ دوره‌ای کوچک مجاز

S_{rT} خروجی نامی ترانسفورمر (kVA)،

ΔS_L جریان موجی بار (kVA)،

U_{kr} ولتاژ اتصال کوتاه نامی و

φ_L زاویه موجی بار.

مثال در یک ساختمان اجرایی، سه ترانسفورمر $630kVA$ و $u_{kr}=6\%$ به صورت موازی بسته شده‌اند کل توان خروجی نامی ترانسفورمرها $S_{rT}=3\times 630kVA=1890kVA$ است.

جریان موجی بار

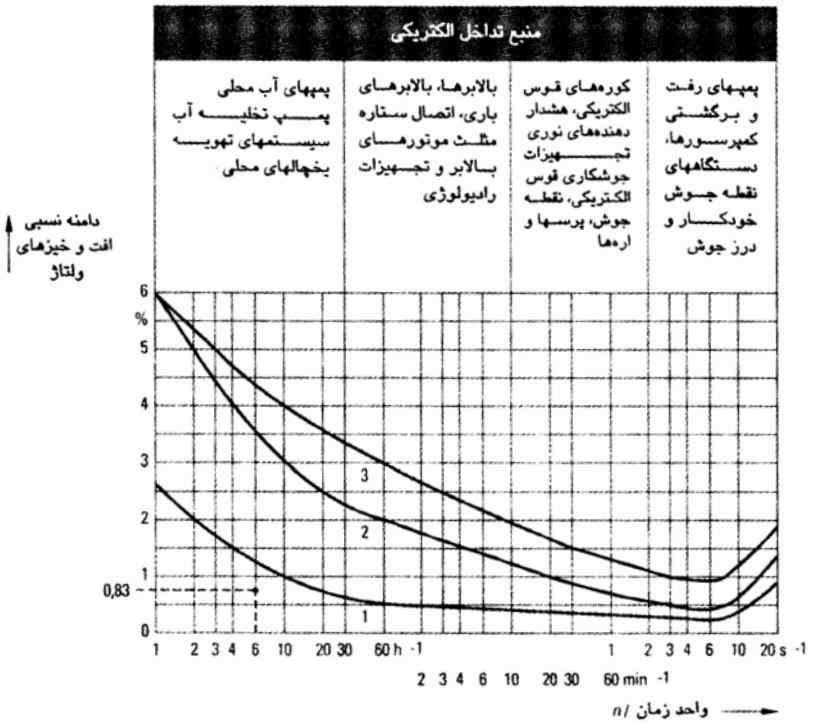
$$\Delta S_L = 500kVA$$

$$\cos\varphi_L = 0.85; \sin\varphi_L = 0.25$$

Δu را برای ۶ موجی بار به دست آورید.

$$\Delta u \approx \frac{500kVA}{1890kVA} 6\%.0.52 = 0.83\%$$

مطابق شکل ۷-۱-۱ منحنی ۱ (ساختمان اداری) این مقادیر کمتر از حد پذیرش برای لامپ‌های رشته‌ای است و بنابراین برای روشنایی مورد قبول می‌باشند.



شکل ۷-۱-۱ افت و خیزهای ولتاژ قابل پذیرش (Δu) بیان شده به نسبت ولتاژ نامی سیستم و تعداد افت و خیزها (n) در زمان

جدای از تغییرات ایجاد شده در ولتاژ توسط بارهای دوره‌ای، افت ولتاژهای کوچک دیگر نیز هنگام بروز نقصی نظیر اتصال کوتاه در لحظه عمل سیستم‌های حفاظتی، وجود دارد. در صورتی که مصرف‌کننده‌های حساس تحت تأثیر این مورد قرار گیرند، باید توسط سیستم‌های UPS تغذیه شوند.

محاسبات عمومی شبکه روشنایی

محاسبات الکتریکی شبکه روشنائی با هدف تعیین سطح مقطع سیم‌ها وتضمین میزان ولتاژ و جریان مجاز لازم برای منابع نوری و همچنین استقامت مکانیکی کابل‌ها و سیم‌ها انجام می‌شود. اصولاً محاسبات سطح مقطع سیم‌های شبکه روشنائی بر اساس مقدار افت ولتاژ در شبکه محاسبه می‌گردد.
تمام افت ولتاژ در طول مسیر شبکه در سمت فشار ضعیف ترانسفورماتور پست‌های فرعی، بصورت درصد نسبت به ولتاژ نامی لامپ (U_n) تعیین می‌شود. بدین صورت:

U_T ولتاژ فشار ضعیف ترانسفورماتور

U_e بیشترین ولتاژ در نظر گرفته شده لامپ

U_n ولتاژ نامی لامپ

$$\Delta U = \frac{(U_T - U_e)100}{U_n} \qquad 1$$

طبق استاندارد های بیشتر کشورهای جهان طرف ثانویه ترانسفورماتور می تواند ۴۰۰/۲۳۰ برای تغذیه منابع نوری با ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۲۳۰/۱۳۳ برای تغذیه منابع نوری با ولتاژ ۱۲۷^{v} می باشد.
ولتاژی که برای منابع نوری در نظر گرفته شده براساس استانداردهای عملی و تجربی اکثر کشورهای جهان بر اساس شبکه‌های روشنائی در ساختمان‌های اداری و همچنین شبکه‌هایی که پروژکتور برای روشنایی خارجی دارند حداکثر ولتاژ اختصاص داده شده منابع نوری در حال کار باید ۹۷.۵٪ ولتاژ نرمال را تعیین نماید یعنی افت ولتاژ ماکزیمم ۲.۵٪ باشد.
در شبکه‌های روشنائی خارجی و مصارف خانگی و یا برای شبکه‌های اضطراری بیشترین ولتاژ در نظر گرفته شده ۹۵٪ یا حداکثر افت ولتاژ ۵٪ می‌باشد. و همچنین حداکثر ولتاژ در منابع نوری نباید از ۱۰۵٪ ولتاژ نامی لامپ بیشتر باشد، منابع روشنائی که با ولتاژ ۱۲ یا ۳۶ ولت کار می‌کنند حداکثر افت ولتاژ مجاز تا ۱۰٪ در نظر گرفته شده است. محاسبه افت ولتاژ در شبکه از تابلو اصلی توزیع تا آخرین لامپ بصورت تفاضل بین تمام افت ولتاژ شبکه ΔU و تلفات داخلی ترانسفورماتور ΔU_T تعیین می‌گردد. اگر ΔU_c افت ولتاژ از شینه تابلو توزیع تا منبع نوری باشد داریم:

$$\Delta U_C = \Delta U - \Delta U_T \qquad (2)$$

α- ضریب تناسب ولتاژ در حالت بی‌باری ترانسفورماتور به ولتاژ نامی شبکه.
تلفات داخلی ترانسفورماتور U_T به درصد ولتاژ نامی شبکه کارهای عملی دقیقاً از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta U_T = \beta(U_a Cos\varepsilon + U_p Sin\varepsilon) \qquad (3)$$

U_a- ولتاژ اکتیو اتصال کوتاه به درصد
U_p- ولتاژ راکتیو اتصال کوتاه به درصد
β- ضریب بارداری ترانسفورماتور که از نسبت بین قدرت واقعی ترانسفورماتور به قدرت نامی ترانسفورماتور بدست می‌آید.
مقدار ولتاژ اکتیو و راکتیو اتصال کوتاه که معمولا به درصد می‌باشد را می‌توان از فرمول زیر بدست آورد:

$$\left.\begin{aligned} U_a &= \frac{P_k}{P}\times 10^2 \\ U_p &= \sqrt{U_k^2 - U_a^2} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

P_K- تلفات اتصال کوتاه برای بار نامی (تلفات در سیم پیچ مسی ترانسفورماتور) به کیلووات (KW) از جدول۱-۱ بدست می‌آید.
P- قدرت نامی ترانسفورماتور- KVA
U_k- ولتاژ اتصال کوتاه ترانسفورماتور، برابر ۵.۵٪ برای ترانسفورماتورهای (تیپ های مخصوص TM) ولتاژ تا ۱۰ کیلو وات و ۶.۵٪ برای ترانسفورماتورها با ولتاژ تا ۳۵ KV .
از آنالیز معادلات ۳ و ۴ چنین بدست می‌آید که، با اضافه شدن قدرت ترانسفورماتور و همچنین ضریب قدرت بار، (افت ولتاژ) داخلی ترانسفورماتور کاهش یافته و تلفات شبکه اضافه می‌شود.

با اضافه شدن ضریب بار ترانسفورماتور، اضافه شدن مقدار تلفات داخلی را بهمراه دارد. برای بدست آوردن محاسبات دقیق در شبکه روشنائی می‌توان تلفات محاسبه شده ولتاژ در شبکه که در جدول ۲-۱ آمده است استفاده کرد. مقادیری‌که در جدول ۲-۱ نشان داده شده (تلفات ولتاژ در شبکه روشنائی) اجازه می‌دهد مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها را اگر طول مسیر آنها مشخص باشد تعیین کنیم. محاسبات باز پخش شده در طول مسیر شبکه (محاسبات بار روشنائی برای مصرف خانگی و شبکه روشنائی خارجی) از نتایج قدرت مصرف روشنائی تعیین می‌شود. در شبکه روشنائی که از لامپ‌های گازی استفاده می‌شود بایستی تلفات در چوک نیز محاسبه گردد که معمولا این تلفات ۲۰٪ تا ۳۰٪ برای لامپ‌های فلورسنت هستند و ۸٪ تا ۱۲٪ برای لامپ‌های گازی مانند بخار جیوه، سدیم و ... در نظر می‌گیرند وقتی که می‌خواهیم بار محاسبه شده در شبکه مصرفی را مشخص کنیم یکی از ضرایبی که بایستی تعیین کنیم ضریب مصرف می‌باشد که برابر است با نسبت بار محاسبه شده به ضریب قدرت نصب شده، نمی‌توان گفت این ضریب با عدد همزمانی روشن شدن لامپ‌ها متناسب است، وقتی که اطلاعات درباره ضریب مصرف وجود ندارد می توان مقدار آنرا از جدول ۳-۱ بدست آورد.

جدول ۳-۱، مقادیر ضریب همزمانی برای شبکه‌های روشنائی

۱	شبکه روشنائی کوچک، ساختمان‌های اداری، ساختمان‌های تجاری، روشنائی خارجی	۱
۲	ساختمان‌های تولیدی، کارخانجات که از گروه‌های مجزا شبکه قدرت تشکیل شده‌اند	۰.۹۵
۳	ساختمان‌های اداری، کتابخانه‌ها و جاده‌های عمومی	۰.۹
۴	ساختمان‌ها و کارخانجات صنعتی که از اماکن جداگانه تشکیل شده‌اند	۰.۸۵
۵	دانشگاه‌ها و مدارس، بیمارستان‌ها و مهد کودک	۰.۸
۶	ساختمان‌ها پست و ساختمان‌های مشابه	۰.۶

بعنوان مثال برای شبکه‌های روشنائی که بزرگ نیستند و همچنین ساختمان‌های اداری، تجاری و شبکه‌های روشنائی خارجی ضریب همزمانی برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

محاسبات بار برای شبکه‌های روشنائی که در منازل استفاده می‌شود بر اساس هر متر مربع مصرف قدرت که یک خط برای قدرت مصرفی است محاسبه می‌گردد که یک خط برای قدرت مصرفی محاسبه می‌گردد مقاطع سیم‌ها بعد از محاسبه بار مجاز و افت ولتاژ در سیم‌ها بدست می‌آید، باید استحکام مکانیکی گرمای ایجاد شده در سیم‌ها که بوسیله جریان عبوری از آن ناشی می‌شود و محاسبه شده باشد.

محاسبه شبکه‌های دو سیم با جریان متناوب

همانطور که مشخص است مقاومت اکتیو سیم در شبکه بازای جریان متناوب بیشتر از جریان دائم است، البته باید در نظر داشت که دو پدیده برای مقاومت در جریان متناوب بوجود می‌آید، مقاومت موثر و مقاومت غیر موثر (اکتیو) که مقاومت موثر آن برابر با مقاومت شبکه در جریان دائم می‌باشد.

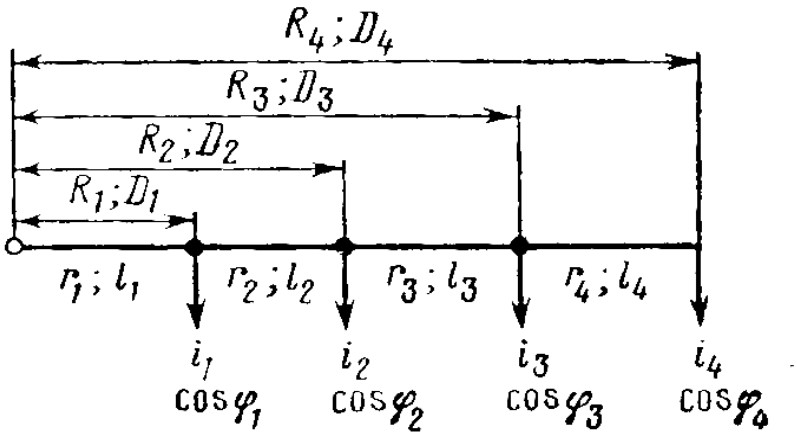
مشخص است که خطوط انتقال با جریان متناوب مقاومت اندوکتیو دارند (مقاومت راکتیو) که بر اساس تأثیر میدان مغناطیسی که در اطراف سیم بواسطه عبور جریان متناوب بوجود می‌آید می‌باشد. این مقاومت در شبکه‌های خطوط انتقال هوائی که فاصله بین سیمی وجود دارد مقدار قابل ملاحظه‌ای می‌باشد ولی در

شبکه‌های روشنائی با توجه به اینکه فاصله بین سیمی وجود ندارد و در شبکه‌های کابلی مقاومت اندوکتیو کم است، تقریباً افت ولتاژ در خطوط مشاهده نمی‌شود، در نتیجه می‌توان محاسبه بار شبکه‌های روشنائی در مکان‌هایی که مصرف کننده قرار گرفته بررسی کرد. شبکه‌های تک فاز (دو سیم) با جریان متناوب در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. همانطوریکه در شکل دیده می‌شود در طول خطوط مقادیر جریان متناوب (i) به آمپر و ضریب قدرت ($\cos\varphi$) داده شده و L طول انشعابات به متر و r مقاومت هر مصرف کننده به اهم با ایندکس‌های هر مصرف کننده (به شماره‌های ۱، ...) داده شده است.

اگر جریان‌هایی که از هر قسمت شبکه‌های روشنائی عبور می کند I و طول هر نقطه از ابتدای تابلو توزیع تا محل انشعاب مصرف کننده D به متر و R مقاومت آن باشد می‌توان افت ولتاژ را از فرمول زیر بدست آورد:

شکل ۱-۱ شمای شبکه دو سیمه جریان متناوب

علامت U_1 و U_2 ولتاژ اول و پایان خط در طول مسیر می‌باشد و ضریب قدرت در طول مسیر یکنواخت در



نظر گرفته می‌شود در این حالت تلفات ولتاژ در دو سیم خطوط انتقال از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = 2(I_1 r_1 + I_2 r_2 + I_3 r_3 + I_4 r_4)\,Cos\,\varphi$$

برای شبکه با n بار انشعاب یافته واضح است که بدست می‌آید:

$$\Delta V = 2\,Cos\varphi \sum Ir$$

همانطور که از نتایج شکل ۱-۱ بدست می آید بین جریان هر قسمت از خط و جریان بار و همچنین مقاومت هر قسمت با مقاومت بار تناسبی وجود دارد که می‌توان این تناسب را بصورت روابط زیر نوشت:

$$I_1 = i_1 + i_2 + i_3 + i_4\ ,\ I_2 = i_2 + i_3 + i_4\ ,\ I_3 = i_3 + i_4\ ,\ I_4 = i_4$$

$$R_1 = r_1\ ,\ R_2 = r_1 + r_2\ , R_3 = r_1 + r_2 + r_3\ , R_4 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

تغییر جریان که از قسمت‌های مختلف عبور می‌کند از طریق جریان بار و مقاومت هر قسمت از طریق مقاومت بارهای مختلف خطوط از منابع تغذیه تا جائیکه بار مصرفی وجود دارد از طریق فرمول‌های فوق بدست می‌آید، در نتیجه افت ولتاژ را می‌توان از فرمول زیر بدست آورد:

$$\Delta V = 2\,Cos\varphi \sum Ir \qquad (1\text{-}5)$$

برای خطوط تک فاز (دو سیم) در تمام طول خط فرمول زیر را می توان نوشت:

$$\Delta V_f = \frac{2\,Cos\varphi \sum ID}{\gamma S} \qquad R = \frac{D}{\gamma S} \qquad \text{(1-5- a)}$$

γ- ضریب قدرت سیم که به $(m/\Omega\ mm^2)$ متر/اهم میلیمتر مربع

S- سطح مقطع سیم به میلیمتر مربع mm^2

D- طول پاره خط (قسمتی از خط) از منبع تغذیه تا آنجائیکه بار قرار گرفته است به متر(m)

اصولا در عمل بار مصرفی را با جریان نشان نمی دهند. بلکه قدرت بار مصرفی را به وات داده می شود، بنابراین در معادله (1-5-a) بهتر است بجای جریان قدرت مصرفی در نقطه مورد نظر نوشته شود. با توجه به اینکه در نظر بگیریم که ولتاژ شبکه تقریباً با ولتاژ حالت نرمال برابر باشد (V) می‌توان معادله (۵-۱) را بصورت زیر نوشت:

$$\Delta V_f = \frac{2\sum PD}{\gamma S V_f} \qquad \text{(1-5-B)}$$

p- قدرت مصرفی به (W) وات می‌باشد

اگر در معادله فوق قدرت را به کیلووات در نظر بگیریم و تلفات ولتاژ را به صورت درصد به ولتاژ نامی حساب کنیم معادله فوق به صورت زیر در می‌آید:

$$\Delta V_f\,\% = \frac{2\times 10^5 \sum PD}{\gamma S V_f^2} \qquad \text{(1-6)}$$

حاصلضرب P.D را ممان بار می‌گوئیم که معمولا با M نمایش می‌دهند.

برای تعیین ولتاژ شبکه و جنس سیمی که بکارگرفته شده نهایتاً معادله ۶-۱ را بصورت زیر می‌توان نوشت:

(1-6- a)

$$\Delta V\,\% = \frac{\sum M}{C S}$$

که در اینجا $C= \gamma V_f^2/2\times 10^5$ می باشد، مقادیر C برای شبکه‌های مختلف در جدول ۴-۱ مشخص شده است.

	ولتاژ نامی شبکه به ولت	سیستم شبکه و نوع جریان	مقادیر ضریب ثابت C	
			سیمهای مسی	سیمهای آلمینیومی
۱	۳۸۰/۲۲۰	شبکه سه فاز با سیم نول	۷۷	۴۶
۲	۳۸۰/۲۲۰	شبکه دو فاز با سیم نول	۳۴	۲۰
۳	۲۲۰	شبکه تک فاز با جریان متناوب یا مستقیم	۱۲.۸	۷.۷
۴	۲۲۰/۱۲۷	شبکه سه فاز با سیم نول	۱۱.۴	۶.۹
۵	۱۲۷	شبکه دو فاز با جریان متناوب یا مستقیم	۴.۳	۲.۶
۶	۱۲۷	سه فاز	۸.۶	۵.۲
۷	۱۱۰	دو فاز با جریان متناوب یا مستقیم	۳.۲	۱.۹
۸	۳۶	دو فاز با جریان متناوب یا مستقیم	۰.۳۴	۰.۲۱
۹	۲۴	دو فاز با جریان متناوب یا مستقیم	۰.۱۵۳	۰.۰۹۲
۱۰	۱۲	دو فاز با جریان متناوب یا مستقیم	۰.۰۳۸	۰.۰۲۳

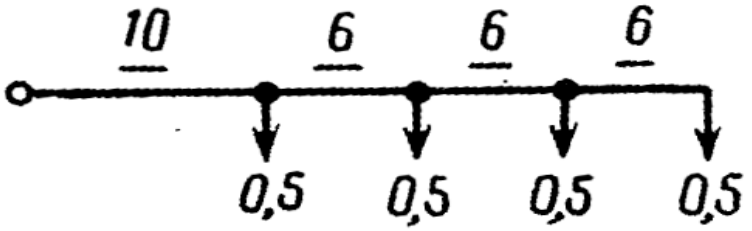
جدول ۴-۱- مقادیر ضریب ثابت C

از معادله (1-6-a) نتیجه‌گیری می‌شود که تلفات ولتاژ در شبکه به مقدار بار مصرفی بستگی دارد نه به ضریب قدرت. اما وقتی که ضریب قدرت پایین باشد و قدرت مصرفی ثابت در این حالت جریان در شبکه بشدت بالا می‌رود که لازم است در این حالت سطح مقطع سیم بر اساس شدت جریان عبوری از شبکه محاسبه می‌شود.

مثال ۱-۳:

تعیین کنید افت ولتاژ در شبکه روشنائی تک فاز جریان متناوب با ولتاژ ۲۲۰ ولت که قدرت مصرفی هر مصرف کننده ۵۰۰ وات با لامپ‌های گازی بخار جیوه بوده و شبکه با سیم مقطع ۲.۵ میلیمتر مربع از جنس مسی تغذیه شده است.

بارهای مصرفی و چگونگی توزیع آنها در شکل ۲-۱ نشان داده شده است و طول مسیر به متر مشخص شده است، ضریب قدرت بار $\cos \varphi = 0.55$ می‌باشد.



شکل ۲-۱

حل: از معادله (1-6-a) و از داده های جداول ۴-۱ مقادیر ثابت C برابر ۱۲.۸ بدست می آید:

$$\Delta V = \frac{1}{CS}\sum M = \left[\frac{1}{12.8\times 2.5}(0.5\times 10 + 0.5\times 16 + 0.5\times 22 + 0.5\times 28) + 0.2\left(\frac{1}{12.8\times 2.5}(0.5\times 10 + 0.5\times 16 + 0.5\times 22 + 0.5\times 28)\right)\right] = 1.43\%$$

۳-۱- محاسبه شبکه روشنائی سه فاز چهارسیمه (با سیم نول) با جریان متناوب

الف) شبکه سه‌فاز با ولتاژ مساوی بین فازها:

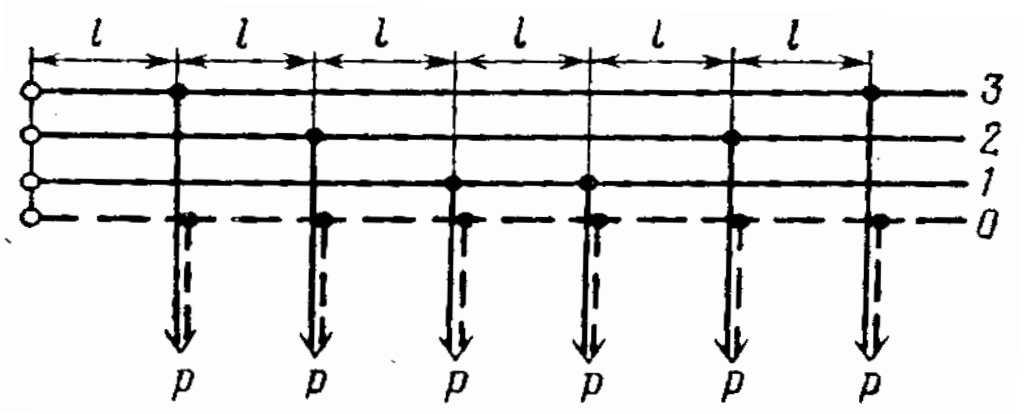
شبکه‌های سه فاز جریان متناوب بصورت وسیع مورد استفاده هستند به این دلیل که می‌توان قدرت مورد نیاز را با خطوط انتقال انرژی به هر نقطه‌ای که نیاز باشد منتقل نمائیم. در شبکه‌های سه فاز جریان متناوب یکی از مهمترین اصول این است که سعی شود بار در شبکه بصورت مساوی از هر فاز گرفته شود و ممان الکتریکی هر فاز بصورت مساوی تقسیم شود. اگر غیر از این باشد از سیم نول جریان‌های فازی عبور می‌کند در نتیجه افت ولتاژی در فازهای مختلف بوجود می‌آورد.

شبکه سه فاز جریان متناوب که در شکل ۳-۱ نشان داده شده را بررسی می‌کنیم. برای اینکه بار از سه فاز بصورت یکسان گرفته شود، در نظر می‌گیریم که ممان هر فاز از فرمول زیر بدست می آید:

$$\sum M_1 = PL + 6PL = 7PL$$

$$\sum M_2 = 2PL + 5PL = 7PL$$

$$\sum M_3 = 3PL + 4PL = 7PL$$



شکل ۳-۱- شمای چهار سیمه (سه فاز با نول) شبکه جریان متناوب

قدرت نامی ترانسفورماتور به KVA	20	40	63	100	160	250	400	630
تلفات اتصال کوتاه به KW	0.60	0.88	1.28	1.97	2.65	3.7	5.5	7.6

جدول ۱-۱- تلفات اتصال کوتاه در ترانسفورماتورها به ازای بار نامی(تلفات در سیمهای مسی)

قدرت ترانسفورماتور به KVA	ضریب بار ترانسفورماتور	تلفات ولتاژ در شبکه روشنائی ٪ بازای قدرت بار ترانسفورماتور				
		۱.۰	۰.۹	۰.۸	۰.۷	۰.۶
۱۶۰-۲۵۰	۱	۵.۷	۴.۱	۳.۶	۳.۴	۳.۱
	۰.۸	۶.۱	۴.۷	۴.۴	۴.۲	۳.۹
	۰.۶	۶.۵	۵.۳	۵.۲	۵	۴.۷
۴۰۰	۱	۶.۱	۴.۳	۳.۸	۳.۵	۳.۲
	۰.۸	۶.۳	۴.۹	۴.۶	۴.۳	۴
	۰.۶	۶.۵	۵.۵	۵.۴	۵.۱	۴.۸
۶۳۰-۱۰۰۰	۱	۶.۲	۴	۳.۳	۳	۲.۵
	۰.۸	۶.۴	۴.۶	۴.۱	۳.۸	۳.۵
	۰.۶	۶.۶	۵.۲	۴.۹	۴.۶	۴.۵
۱۶۰۰	۱	۶.۴	۴.۲	۳.۴	۳	۲.۶
	۰.۸	۶.۶	۴.۸	۴.۲	۳.۸	۳.۶
	۰.۶	۶.۸	۵.۴	۵.۰	۴.۶	۴.۵

جدول۲-۱- مقدار تلفات محاسبه شده در شبکه روشنائی بازای ولتاژ تخصیص داده شده دو سرلامپ برابر ۹۷.۵٪ ولتاژ نامی باشد

ردیف	خطوط	انشعابات	مقادیر ضریب
۱	خطوط سه فاز با نول	تک فاز	۱.۸۳
۲	خطوط سه فاز با نول	دو فاز با نول	۱.۳۷
۳	دو فاز با نول	تک فاز	۱.۳۳
۴	سه فاز	دو فاز	۱.۱۵

جدول ۵-۱- ضرایب ممان

از طرفی $\sum M_3 = \sum M_2 = \sum M_1$ که شامل شرط کافی برای بار متعادل فازی می‌باشد.

در شبکه سه فاز وقتی که بارهای فازی با هم برابر باشند جریان فازی نیز برابر بوده و دارای سیگنال‌های مساوی نسبت به ولتاژ فازی هستند که در نتیجه تلفات ولتاژ در یک فاز که براساس آن می‌توان تلفات ولتاژ در تمام فازها را بدست آورد تعیین می‌شود.

در بارهای متعادل شبکه سه فاز چهار سیمه این طور در نظر گرفته می‌شود که از سیم نول جریان عبور نمی‌کند، بلکه بالعکس یک فاز نقش برگشت جریان در فاز دیگر را دارد. در نتیجه افت ولتاژ در فازها براساس معادله ۵-۱ برای هر فاز بوسیله فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$\Delta V_f = \frac{Cos\varphi \sum iD}{\gamma S} \qquad (1\text{-}7)$$

معادله جریان که از طریق مجموع بار مصرفی (قدرت مصرفی) سه فاز بدست می‌آید برابر است:

$$i = \frac{P}{3V_f Cos\varphi}$$

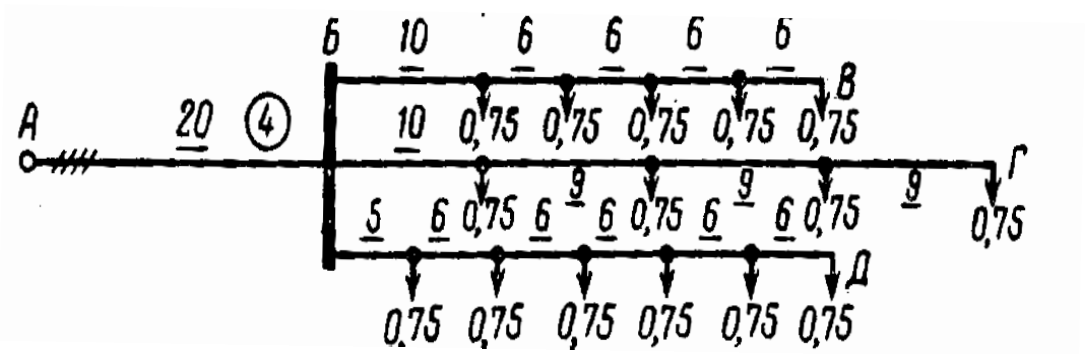
که از اینجا تلفات ولتاژ کل در سه فاز از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\Delta V_f = \frac{0.33 \sum PD}{\gamma S V_f} \qquad (1\text{-}8)$$

اگر قدرت را به کیلو وات، نسبت افت ولتاژ به ولتاژ نامی را به درصد بیان کنیم معادله زیر بدست می‌آید:

$$\Delta V\% = \frac{0.33 \times 10^5 \sum PD}{\gamma S V_f^2} \qquad (1\text{-}9)$$

$$\Delta V\% = \frac{\sum M}{CS} \qquad (1\text{-}9\text{-a})$$



در نظر می‌گیریم $C = \gamma V_f^2 / 0.33 \times 10^5$ از جدول ۴-۱ بدست می‌آید.

شکل ۱-۴

مثال ۲-۳:

بیشترین تلفات را در شبکه سه فاز شکل ۴-۱ تعیین کنید، شبکه تغذیه چهار سیم و مدار انشعاب خطوط دو سیم می‌باشد. تمام خطوط با سیم‌های مسی عایقدار سطح مقطع اصلی آنها ۴ میلیمتر مربع و خطوط انشعاب گرفته شده با مقطع ۲.۵ میلیمتر مربع می‌باشد. بارها تماماً اکتیو بوده وشبکه با لامپ‌های رشته‌ای با قدرت ۷۵۰ وات می‌باشد. ولتاژ شبکه ۳۸۰/۲۲۰ ولت می‌باشد.

حل: ضریب ثابت تلفات ولتاژ در شبکه سیم تغذیه از قسمت A تا B برابر ۷۷ می‌باشد (جدول۴-۱):

$$\Delta V_{AB} = \frac{\sum M}{CS} = \frac{1}{77\times 4}\times 0.75\times 20\times 15 = \%0.73$$

و همچنین ضریب ثابت C از جدول ۴-۱ برای شبکه ۲۲۰ ولت با سیم مسی ۱۲/۸ بدست می‌آید، تلفات ولتاژ در خطوط انشعاب برابر است با:

$$\Delta V_{BC}\,\% = \frac{1}{12.8\times 2.5}(0.75\times 10 + 0.75\times 16 + 0.75\times 28 + 0.75\times 34) = 2.58\%$$

و یا

$$\Delta V_{BC}\,\% = \frac{1}{12.8\times 2.5}\times 5\times 0.75(10+12) = 2.58\%$$

برای دو فاز دیگر:

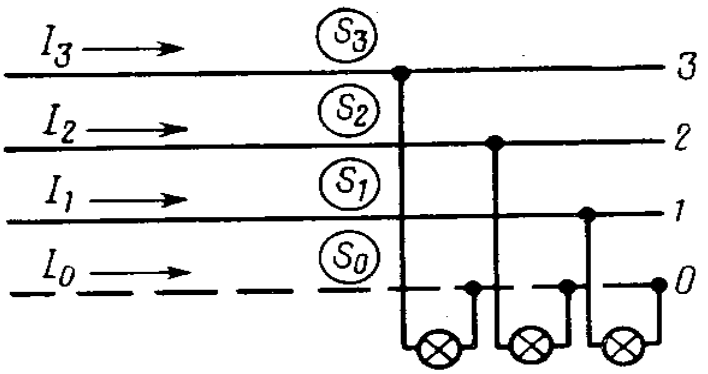
$$\Delta V_{BD}\,\% = \frac{1}{12.8\times 2.5}\times 4\times 0.75(10+13.5) = 2.58\%$$

$$\Delta V_{BE}\,\% = \frac{1}{12.8\times 2.5}\times 6\times 0.75(5+15) = 2.82\%$$

از محاسبات نتیجه می‌گیریم بیشترین تلفات در خط انتقال بین نقطه AE می باشد.

$$\Delta V_{AE} = \Delta V_{AB} + \Delta V_{BE} = \%0.73 + \%2.82 = \%3.55$$

ب) شبکه سه فاز با بار نا متعادل: صرفنظر از اینکه تمایل به استفاده از بارهای متعادل در شبکه روشنائی با شرایط بالا همیشه قابل اجرا نیست. در مرحله اول، شرط تعادل این شرایط بستگی دارد به شبکه روشنائی شهری که تغذیه تک فاز در شبکه های با وسایل گرم کننده و همچنین در شبکه های روشنائی خارجی که پروژکتور با قدرت ۱۰۰۰ وات و بیشتر استفاده شده است بستگی دارد. بطور کلی محاسبات شبکه با بار نامتعادل فازی مشکل بوده و نیاز به اتلاف وقت زیادی برای حل این نوع شبکه ها می‌باشد. البته در روشنائی که صد در صد بار اکتیو دارند، حل این مسئله ساده تر است. برای آنالیز بهتر و بررسی شبکه سه فاز نامتعادل روشنائی شکل ۵-۱ می‌پردازیم.



شکل ۵-۱

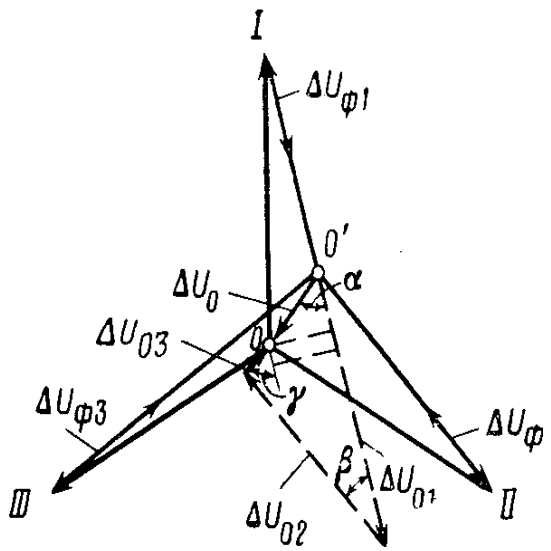
وقتی که بار نامتعادل است جریانهای فازی I_1, I_2, I_3 که از خطوط می‌گذرند با هم برابر نیستند و جریانی که از سیم نول عبور می کند برابر است با:

$$i_0 = i_1 + i_2 + i_3$$

تساوی جریان باعث پایین آمدن ولتاژ در سیم نول می‌شود. با توجه به اینکه جریان‌ها مساوی نیستند و از سیم نول جریان I_o عبور می‌کند، افت ولتاژ در سیم نول برابر است با (r_0 مقاومت سیم نول):

$$\Delta V = i_0 r_0 + {}_1r_0 + {}_2r_0 + i_3 r_0 \qquad (1\text{-}10)$$

حال دیاگرام برداری شبکه نامتعادل سه فاز با سیم نول که در شکل ۶-۱ نشان داده شده است را بررسی می‌کنیم. در دیاگرام پاره خط OI و OII و OIII در نظر گرفته شده ولتاژ فازی منابع تغذیه $\overset{0}{U}_{f_1}, \overset{0}{U}_{f_2}, \overset{0}{U}_{f_3}$ می باشد.



شکل ۶-۱

افت ولتاژ در سیم نول همانطوریکه در دیاگرام مشخص شده است از نقطه O تا نقطه Ó می‌باشد. از رسم دیاگرام برداری می توان تلفات ولتاژ در هر فاز را مشخص کرد و برای فاز اول می‌توان نوشت:

$$\Delta U_1 = \Delta U_{f_1} + \Delta U_0 Cos\alpha \qquad (1\text{-}11)$$

U_{f_1}- تلفات ولتاژ در خطوط فازی است

$\Delta U_o Cos\alpha$ - تلفات ولتاژ در سیم نول بر اثر جریانی که از فاز اول عبور کرده است

بر اساس معادله (۱۰-۱) بردار افت ولتاژ در سیم نول می‌تواند در سه فاز باشد، که در سیم نول مطابق با جریان فازی اول، دوم و سوم شکل ۶-۱ می‌توان نوشت:

$$\overset{0}{\Delta U} = \overset{0}{\Delta U}_{o_1} + \overset{0}{\Delta U}_{o_2} + \overset{0}{\Delta U}_{o_3}$$

بر اساس فرمول فوق تلفات ولتاژ در سیم نول در اثر جریان فاز اول بدست می‌آید برابر است با:

$$\Delta U_0 Cos\alpha = \Delta U_{0_1} - \Delta U_{0_2} Cos\beta - \Delta U_{0_3}\ Cos\gamma$$

بدلیل اینکه بردار تلفات ولتاژ در سیم نول خیلی کوچکتر از بردار ولتاژ فازی می‌باشد، حاصل جمع جریان‌های برداری آنقدر بزرگ نیست و زاویه دو فاز دیگر تقریباً برابر می‌باشد $\beta = \gamma = 60^0$ و می‌توان نوشت:

$$\Delta U_0 Cos\alpha = \Delta U_{0_1} - 0.5(\Delta U_{0_2} - \Delta U_{0_3}\ )$$

بنابراین می‌توان تلفات ولتاژ در فاز شماره ۱ را بصورت زیر نوشت:

$$\Delta U_1 Cos\alpha = \Delta U_{f_1} + \Delta U_{0_1} - 0.5(\Delta U_{0_2} - \Delta U_{0_3}) \qquad (1\text{-}11\text{-a})$$

مشابه آن می‌توان معادله افت ولتاژ را برای دو فاز دیگر به صورت زیر نوشت:

$$\left.\begin{aligned}\Delta U_2 &= \Delta U_{f_2} + \Delta U_{0_2} - 0.5(\Delta U_{0_1} - \Delta U_{0_3})\\ \Delta U_3 &= \Delta U_{f_3} + \Delta U_{0_3} - 0.5(\Delta U_{0_1} - \Delta U_{0_2})\end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}12)$$

معمولاً نسبت تلفات ولتاژ به ولتاژ نامی را به صورت درصد و قدرت را به کیلو وات نمایش می دهند در نتیجه تلفات ولتاژ در هر فاز بصورت ΔU_{f_i} و در سیم نول ΔU_{o_i} نمایش داده می‌شود می‌توان معادله زیر را نوشت، مشابه معادل (1-6-a):

$$\Delta V_{f_1} = \frac{\sum M_i}{CS_i} \qquad (1\text{-}13)$$

$$\Delta V_{0_1} = \frac{\sum M_i}{CS_0}$$

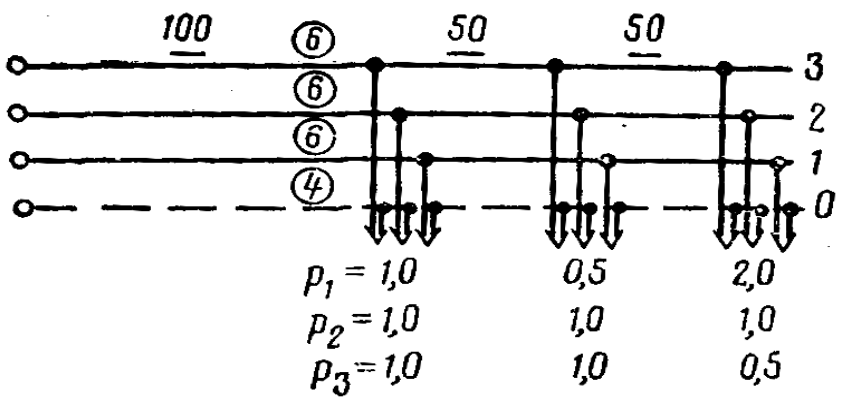
$\sum M_i$ - همان مجموع i ام فاز (۱و۲و۳) و S_i – مقطع سیم فازی i ام و S_0 – مقطع سیم نول.

مقدار ضریب C، $C = \gamma V^2 f / 10^5$ که از ولتاژ شبکه بدست می‌آید و ولتاژ برحسب ولت و قدرت برحسب کیلووات باشد یعنی اگر از جنس مس باشد برای شبکه ۳۸۰/۲۲۰ ولت برابر ۲۵.۶ و برای شبکه ۲۲۰/۱۲۷ برابر ۸.۵ و اگر آلومینیوم باشد به ترتیب برابر ۱۵.۵ و ۵.۲ در نظر گرفته می‌شود.

مثال ۳-۳:

تلفات ولتاژ در هر فاز شبکه سه فاز چهارسیمه که در شکل ۷-۱ نشان داده شده است را تعیین کنید. ولتاژ شبکه ۳۸۰/۲۲۰ ولت سطح مقطع سیم‌های فاز ۶ میلیمتر مربع و سیم نول ۴ میلیمتر مربع بار فازها از شینه مسی توزیع شده و تلفات ولتاژ $\Delta U = 3\%$ در نظر گرفته شده، ممان بار برای هر فاز را محاسبه می کنیم:

$$\sum M_1 = 1\times100 + 0.5\times150 + 2\times200 = 575\ KW.M$$
$$\sum M_2 = 1\times100 + 1\times150 + 1\times200 = 450\ KW.M$$
$$\sum M_3 = 1\times100 + 1\times150 + 0.5\times200 = 350\ KW.M$$



شکل ۷-۱

از معادله ۱۳-۱ تلفات ولتاژ در هر فاز را تعیین می‌کنیم:

$$\Delta U_{f_1} = \frac{\sum M_1}{CS_1} = \frac{575}{25.6\times 6} = 3.74\%$$

$$\Delta U_{f_2} = \frac{\sum M_2}{CS_2} = \frac{450}{25.6\times 4} = 2.94\%$$

$$\Delta U_{f_3} = \frac{\sum M_3}{CS_3} = \frac{375}{25.6\times 6} = 2.44\%$$

با همین معادله (۱۳-۱) می توان تلفات ولتاژ در سیم نول را بدست آورد:

$$\Delta U_{0_1} = \frac{\sum M_1}{CS_0} = \frac{575}{25.6\times 4} = 5.6\%$$

$$\Delta U_{o_2} = \frac{\sum M_2}{CS_0} = \frac{450}{25.6\times 4} = 4.4\%$$

$$\Delta U_{0_3} = \frac{\sum M_3}{CS_0} = \frac{375}{25.6\times 4} = 3.68\%$$

تلفات ولتاژ در فازهای مختلف برابر معادله 1-11-a و۱۲-۱ بصورت زیر بدست می آید:

$$\Delta U_1 = \Delta U_{f_1} + \Delta U_{0_1} - 0.5(\Delta U_{0_2} - \Delta U_{0_3}) = 3.74 + 5.6 - 0.5(5.4 + 3.68) = 5.26\%$$

$$\Delta U_2 = \Delta U_{f_2} + \Delta U_{0_2} - 0.5(\Delta U_{0_1} - \Delta U_{0_3}) = 2.94 + 4.4 - 0.5(5.6 + 3.68) = 2.7\%$$

$$\Delta U_3 = \Delta U_{f_3} + \Delta U_{0_3} - 0.5(\Delta U_{0_1} - \Delta U_{0_2}) = 2.44 + 3.68 - 0.5(5.6 + 4.4) = 1.12\%$$

از محاسبات مشخص می‌شود که عملا تلفات ولتاژ در فاز ۱ خیلی بیشتر از مقدار فرض شده می‌باشد و در فاز سوم بسیار پائین است.

برای توزیع، تلفات ولتاژ سطح مقطع سیم‌ها را برابر با نسبت ممان بارها جداگانه تغییر می‌دهیم.

سطح مقطع فاز دوم را بدون تغییر باقی می‌گذاریم و سطح مقطع فاز ۱ را تا ۱۶ میلیمتر مربع افزایش می‌دهیم و سطح مقطع فاز سوم را تا ۴ میلیمتر مربع کاهش می‌دهیم و سطح مقطع سیم نول را به ۶ میلیمتر مربع افزایش می‌دهیم، دوباره محاسبات را طبق فرمول‌های قبلی انجام می‌دهیم، بر اساس محاسبات اعداد زیر برای تلفات فازها بوجود می‌آید:

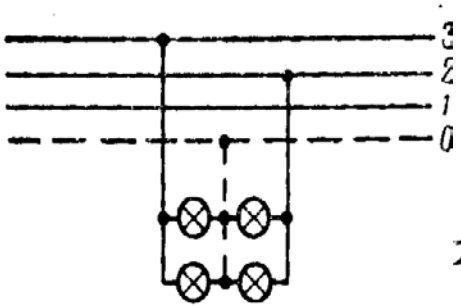
$$\Delta U_1 = 2.5\% \quad , \quad \Delta U_2 = 2.8\% \quad , \quad \Delta U_3 = 2.4\%$$

اعداد بدست آمده از حداکثر مجاز تعیین شده کمتر بوده و مورد قبول می‌باشد.

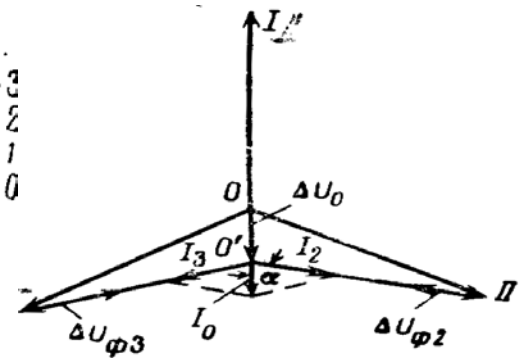
۴-۱- شبکه روشنائی دو فاز (سه سیمه) با جریان متناوب

لازم است برای شبکه‌های دو فاز سه سیمه با جریان متناوب لازم است که سطح مقطع سه سیم براساس تلفات ولتاژ و استحکام مکانیکی محاسبه گردد. شبکه دو فاز ولتاژ مورد نیاز لامپ‌ها را تأمین می‌کند. در این حالت سطح مقطع سیم‌ها با اندازه کافی بزرگ بدست می‌آید.

حال شبکه دو فاز سه سیمه که از شبکه سه فاز ناشی شده و بار اکتیو بین دو فاز آن قرار گرفته و در شکل ۱-۸ نمایش داده شده را بررسی می‌کنیم.



شکل ۸-۱



شکل ۹-۱

برای تعیین تلفات ولتاژ به شکل ۹-۱ دیاگرام برداری دو فاز توجه می‌کنیم، بردارهای OI وOII وOIII ولتاژهای فاز نمایش داده شده‌اند. در ابتدای خط وقتی جریان I_0 از سیم نول عبور می‌کند افت ولتاژی برابر $\Delta U_0 = I_0 r_0$ در آن بوجود می‌آورد. و مکان نقطه صفر (نول) از نقطه O به نقطه Ó انتقال می‌یابد.

بدلیل اینکه افت ولتاژ در سیم نول خیلی کوچکتر از افت ولتاژ در سیم نول می‌باشد در نتیجه می‌توان زاویه بین بردار ولتاژ و جریان I_0 وI_1 برابر ۶۰° در نظر گرفت، از آنجا نتیجه می‌گیریم برای سیستم دو فاز یک شبکه متعادل بدست می‌آید: که $I_0 = I_1 = I_2$ جریان مساوی از دو فاز شبکه عبور می‌کند و در نتیجه سطح مقطع یکسانی برای فازها در نظر گرفته می‌شود. تلفات ولتاژ در فاز ۱ موافق دیاگرام برداری از فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$\Delta U_1 = \Delta U_{f_1} + \Delta U_0 Cos\alpha = I_1 r_1 + 0.5 I_0 r_0 \qquad (1\text{-}14)$$

ΔU_{f_1} - تلفات ولتاژ در سیم فاز

$\Delta U_0 Cos\alpha$ - تلفات ولتاژ در سیم نول وقتی که جریان از فاز ۱ عبور می‌کند.

وقتی که تعداد بارها n عدد باشد در نظر بگیریم که سطح مقطع فازها و نول برابر بوده و جریان‌های برابر از فازها و سیم نول عبور می‌کند معادله ۱۴-۱ بصورت زیر در می‌آید:

$$\Delta U_1 = 1.5 \sum Ir = 1.5 \sum ir \qquad (1\text{-}14\text{-}a)$$

فرض می‌کنیم که خطوط در تمام مسیر یکنواخت هستند و مقادیر جریان از طریق مجموع قدرت (بارها) هر دو فاز ($P=2iU_f$) باشد تلفات ولتاژ از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\Delta U_1 = \frac{0.75 \sum PD}{\gamma S V_f} \qquad (1\text{-}15)$$

اگر مقدار بار بر حسب کیلووات و تلفات ولتاژ به ولتاژ نامی به درصد باشد، معادله کلی آخر را بدست می‌آوریم:

$$\Delta U\,\% = \frac{0.75 \times 10^5 \sum PD}{\gamma S V_f^2} \qquad (1\text{-}16)$$

و یا

$$\Delta U\,\% = \frac{\sum M}{CS} \qquad (1\text{-}16\text{-}a)$$

C- مقدار ثابت $C = \gamma V_f^2 / 0.75 \times 10^5$ که از جدول ۴-۱ بدست می‌آید.

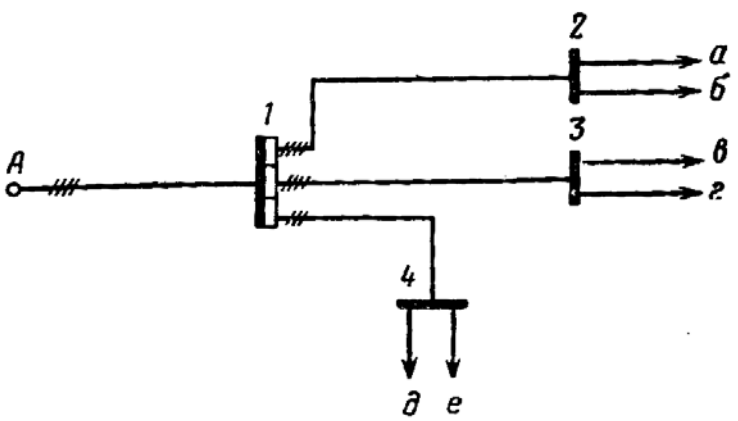
آنالیز معادله (1-6a), (1-9a), (1-16a) نشان می‌دهد که تلفات ولتاژ شبکه در سیستم‌های مختلف با بار اکتیو و توزیع برابر بار، از مجموع ممانهای بار $\sum M$، مقاطع سیم‌های شبکه (S) و مقدار ثابت برای شبکه مورد نظر C تعیین می‌شود. مقدار ضریب C که بستگی به مواد سیم، ولتاژ شبکه و تعداد مواد مصرفی دارد در جدول ۴-۱ آمده است.

در اصول عملی برای راحتتر شدن محاسبات بطور وسیع از جدول ممان بار استفاده می‌شود، که برای مقاطع سیم‌های موجود، تلفات ولتاژهای مختلف (معمولا از ۰.۲ تا ۰.۵) در محدوده مقدار ممان بار محاسبه شده است. چنین جدول‌هایی برای تعیین ولتاژ سیستم‌های شبکه و جنس سیم‌ها استفاده می‌شود.

۵-۱- محاسبات الکتریکی شبکه روشنائی مینیمم مقدار سیم‌ها و مواد مصرفی

همانطور که قبلاً اشاره شد تلفات ولتاژ در شبکه‌ها بعنوان یکی از عوامل اصلی تعیین سطح کننده مقطع سیم‌ها و کابل‌های انتقال انرژی می‌باشد، در بررسی متدهای مختلف محاسبه تعیین مقدار مواد مصرفی در شبکه‌ها نتیجه می‌گیریم که پس از تعیین سطح مقطع کابل‌ها می‌توان مقدار مینیمم آنرا انتخاب کرد.

تعیین مقاطع قسمت‌های مختلف شبکه با مشخص بودن تلفات ولتاژ، در این قسمت‌ها انجام شده و مقدار توزیع بار را تعیین می‌کنیم. مشکل بودن محاسبه سطح مقطع سیم‌ها در قسمت‌های مختلف شبکه (شکل۱۰-۱) شامل اینست که مشخص نیست چگونه باید سطح مقطع سیمها و شین‌های ارتباطی را در قسمت‌های مختلف شبکه تعیین کرد که اپتیمم مقدار خودش را نسبت به پارامتر فنی- اقتصادی دارا باشد. آنالیز مسئله در رابطه با اقتصادی بودن شبکه روشنائی نشان می‌دهد اپتیمم پارامترهای اقتصادی یک شبکه زمانیست که مصرف سیم‌های مینیمم مقدار خودش را دارا باشد.



شکل ۱۰-۱

برای محاسبه عملی یک شبکه با مینیمم مقدار مصرف سیم‌ها معمولاً از معادله‌ای استفاده می‌شود که مشابه آن را در محاسبات قبلی بررسی کردیم اما تناسب حل مسئله برای سطح مقطع سیم‌ها را می‌توان بصورت زیر در شبکه‌های الکتریکی نوشت:

$$S = \frac{\sum M + m}{C\Delta V}$$

S- سطح مقطع سیمهایی که باید محاسبه کنیم

$\sum M$ - مجموع ممان هایی که محاسبه شده KW.M

m- مجموع ممان های تمام قسمت‌های فرعی

- ضریب ممان که از جدول شماره ۵-۱ تعیین می‌شود

C- ضریب ثابت که بستگی به سیستم شبکه روشنائی و ولتاژ شبکه و مواد مصرفی سیستم‌های استفاده شده دارد (جدول۴-۱)

ΔV - مقدار تلفات ولتاژی ابتدا پیشنهاد شده نسبت به ولتاژ نامی بر حسب درصد

با استفاده از فرمول فوق ابتدا سطح مقطع قسمت اول شبکه را تعیین می‌کنیم و عدد بدست آمده سطح مقطع را نزدیکترین عدد به استاندارد تعیین می‌کنیم (مثلا $S=10mm^2$ سطح مقطع را $16mm^2$ انتخاب می‌کنیم). در حقیقت تلفات واقعی ولتاژ را در قسمت اصلی بر اساس ممان بار انتخاب می‌کنیم به این صورت که مجموع بار در قسمت اصلی متمرکز می‌شود سطح مقطع بعدی را هم مانند قسمت اول تعیین می‌کنیم بدین صورت که تمام بارهای باقیمانده در این قسمت متمرکز می‌شود. اما در هر قسمتی محاسبه تلفات ولتاژ همانند مقداری است که در قسمت بالا پیشنهاد شده است. بهمین ترتیب محاسبات ادامه پیدا می‌کند تا آخرین قسمت محاسبه سطح مقطع انجام شود.

برای نشان دادن مطالب فوق شکل ۱۰-۱ را مورد بررسی قرار می‌دهیم تعداد سیم‌ها در هر قسمتی روی نقشه مشخص شده و افت ولتاژ برای تمام قسمت‌ها برابر ΔU می‌باشد سطح مقطع قسمت A-1 را مشخص می‌کنیم.

$$S_{A-1} = \frac{M_{A-1} + M_{1-2} + M_{1-3} + \alpha_{4-3} m_{1-4} + \alpha_{4-2}(m_{2-a} + m_{2-B} + m_{4-e})}{C_4 U}$$

پس از محاسبه S_{A-1} سطح مقطع استاندارد که نزدیک ترین مقدار به مقدار محاسبه شده است را تعیین می‌کنیم و پس از آن تلفات واقعی ولتاژ این قسمت را با سطح مقطع جدید که در این مثال قسمت A-1 می‌باشد محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta V_{A-1} = \frac{M_{A-1}}{C_4 S_{A-1}}$$

سطح مقطع قسمت ۲-۱ بصورت زیر محاسبه می شود:

$$S_{1-2} = \frac{M_{1-2} + \alpha_{4-2}(m_{2-a} + m_{2-b})}{C_4(\Delta V - \Delta V_{A-1})}$$

همینطور برای محاسبه سطح مقطع قسمت ۳-۱:

$$S_{1-3} = \frac{M_{1-3} + \alpha_{4-2}(m_{3-c} + m_{3-d})}{C_4(\Delta V - \Delta V_{A-1})}$$

همینطور برای مقطع ۴-۱:

$$S_{1-4} = \frac{M_{1-4} + \alpha_{3-2}(m_{4-e} + m_{4-f})}{C_3(\Delta V - \Delta V_{A-1})}$$

سطح مقطع کابل‌ها و سیم‌های انشعابات با مقدار پیشنهادی تلفات ولتاژ منهای تلفات قسمتهایی که محاسبه شده از شبکه تغذیه تعیین می شود:

$$S_{2-a} = \frac{M_{2-a}}{C_2(\Delta V - \Delta V_{A-1} + \Delta V_{1-2})}$$

و یا:

$$S_{4-e} = \frac{M_{4-e}}{C_2(\Delta V - \Delta V_{A-1} + \Delta V_{1-4})}$$

۶-۱- محاسبه سیم‌ها بر اساس گرمای ایجاد شده و اصلاح استقامت مکانیکی

مسئله تعیین سطح مقطع سیم بر اساس گرما با توجه به مقدار شدت جریان عبوری از آن می‌باشد، برای سیم‌های با پوشش عایق رزین مقدار مجاز محدوده درجه حرارت که جریان جاری آن بتواند تحمل کند ° ۶۵ می‌باشد. برای سیم‌های بدون عایق تا ° ۷۰ و برای کابهای با عایق کاغذی (تا۳ کیلو ولت) ° ۸۰ تعیین شده است. مقدار درجه حرارت مجاز فلزات بستگی به دانسیته شدت جریان عبوری و ساختار سیم (مشخصات ایزولاسیون) و شرایط سیم‌کشی یا قرار گرفتن سیم در جای خودش دارد. برای جاهایی که سیم کشی انجام می‌شود با دانستن شرایط و موقعیت سیم‌کشی، درجه حرارت سیم فقط بستگی به جریان عبوری دارد، که با معلوم بودن جریان عبوری، محاسبات برای هرکدام از سطح مقطع سیم‌ها انجام می‌گیرد. اگر مدت زمان زیادی سیم‌ها روی هم قرار گرفته باشند درجه حرارت مجاز را می‌تواند از حد مجاز هم بالاتر ببرد که این مطالب یکی از مشکلات اساسی در اجرای پروژه‌های تأسیسات الکتریکی است. در طراحی شبکه‌های تأسیسات الکتریکی از جداولی که مبتنی است بر مدت زمان عبور جریان (بار مصرفی) برای انواع سیم‌ها (کابل‌ها) و شرایط چگونگی قرارگرفتن سیم در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این جدول برای شبکه‌های موجود پیشنهاد شده و در آن مکان‌های استفاده از شبکه و همچنین پارامترهای دیگر من‌جمله نوع ایزولاتور و غیره در نظر گرفته شده است (جدول ۶-۱).

از آنالیز جدول می‌توان بدست آورد که مقدار زمان فرض شده برای عبور جریان نامی I_n با اضافه شدن سطح مقطع بیشتر می‌شود (جریان عبوری از سیم‌ها)، اما دانسیته جریان عبوری از سیم I_n/S برای اینکه پایین بیاید بایستی همزمان با افزایش دانسیته سطح خارجی سیم خنک شود. با رعایت اصول گرمایی که جریان آن بیشتر از حد مجاز نباشد، اگر بجای یک سیم با سطح مقطع بزرگتر از چندین سیم با سطح مقطع کوچکتر استفاده کنیم مفید خواهد بود. چرا؟ بدلیل اینکه مقدار مصرفی سیم‌ها و یا کابل‌ها کمتر خواهد بود. با در نظر گرفتن حد مجاز عبور جریان از سیم‌ها بایستی در تمام قسمت‌های شبکه روشنائی یا تأسیسات الکتریکی اصول زیر همیشه برقرار باشد:

$$I_n \geq I_p \qquad (1\text{-}18)$$

I_n- جریان نامی و I_p- جریان در حال کار شبکه (قسمتی که سطح مقطع آنرا تعیین کرده‌ایم)
جریان کاری هر قسمت از شبکه، به بار محاسبه شده، جریان عبوری و ساختار شبکه در آن قسمت بستگی دارد که از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

برای شبکه تک فاز $$I_p = \frac{P \times 10^3}{V_f . Cos\varepsilon}$$

برای شبکه دو فاز $$I_p = \frac{P \times 10^3}{2.V_f . Cos\varepsilon}$$ (۱-۱۹)

برای شبکه سه فاز $$I_p = \frac{P \times 10^3}{3.V_f . Cos\varepsilon} = \frac{P.10^3}{\sqrt{3}V_L . Cos\varepsilon}$$

P- قدرت محاسبه شده به کیلو وات KW
شرایط ۱۸-۱ آتش گرفتن سیم‌ها و طول عمر مفید و مجاز سیم‌ها و همچنین بهره برداری از شبکه را گارانتی می‌کند. اما در شرایط اضطراری ممکن است بمقدار زیادی اضافه بار و یا بار اتصال کوتاه که می‌تواند باعث آتش سوزی شود بوجود بیاید.
برای حفاظت شبکه روشنائی از اضافه بار و همچنین از اتصال کوتاه از فیوز یا کلیدهای اتوماتیک یا کلیدهای کنتاکتور و رله‌های حفاظتی جریان زیاد و بار زیاد استفاده می‌شود.
در شبکه‌هایی که فیوزهای حفاظتی برای بار زیاد و جریان اتصال کوتاه طراحی و نصب شده است می‌توان جریان بیشتر از جریان نامی عبور داد و همچنین جریان اتصال کوتاه را قطع کرد.
در این اواخر برای حفاظت شبکه‌های روشنائی به طور وسیع از کلیدهای اتوماتیک که بتواند شبکه را در مقابل جریان زیاد و بار زیاد محافظت کند استفاده می‌شود (کلیدهای الکترومغناطیسی با استفاده از رله‌های جریان زیاد و بی‌متال برای بار زیاد). رله های حرارتی شبکه را از بار زیاد حفاظت می‌کنند و سیستم‌های الکترومغناطیسی بسرعت شبکه اتصال کوتاه را قطع می‌کنند.
دستگاه‌های حفاظتی (فیوزها یا کلیدهای اتوماتیک) باید در ورودی شبکه نصب شوند و یا جاهائیکه سطح مقطع سیم تغییر می‌کند (اگر زیاد شود چکار باید کرد؟).
جریان نامی ذوب فلز داخلی فیوز (I_B) و جریان قطع کلیدهای اتوماتیک (I_a) بایستی برابر یا نزدیک جریان کاری یا جریان عبوری از شبکه باشد:

$$\left.\begin{aligned} I_B &\geq I_p \\ I_a &\geq I_p \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}20)$$

در همین رابطه سطح مقطع سیم‌ها و کابل‌ها باید جوابگوی این اصول باشد:

$$\left.\begin{aligned} I_n &\geq I_B \\ I_n &\geq I_a \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}21)$$

B- ضریب، رزرو (سطح مقطع سیم‌ها در جاهای مختلف بواسطه گرما یا اضافه بار تغییر می‌کند) و I_n جریان نامی کابل یا سیم‌های شبکه.
با در نظر گرفتن شرایط فوق انتخاب سطح مقطع کابل و سیم‌ها بر اساس اینکه گرمای مجاز را تحمل کند باید شرایط زیر را دارا باشد:

۱ -تعیین جریان عبوری یا جریان کاری I_p بوسیله معادله ۱۹-۱ و داشتن شرایط لازم با توجه به فرمول ۱۸-۱.

۲ -اساس جریان کاری فیوز یا کلید اتوماتیک فرمول ۲۰-۱.

۳ -شرایط و تعیین سطح مقطع کابل با سیم بر اساس شرایط فرمول۲۱-۱.

برای آسان شدن تعیین سطح مقطع کابل یا سیمی بر اساس شرایط فوق و انتخاب دستگاه‌های حفاظتی مورد نیاز در شبکه روشنائی جدولی تعیین شده که در ارتباط با مقدار زمان عبور جریان مجاز ذوب فلز در داخل فیوزها داده شده است (I_B) همچنین جریان قطع کلیدهای اتوماتیک I_a برای سطح مقطع‌های مختلف که در مکان‌های مختلف استفاده می‌شود در همین جدول (جدول ۶-۱) درج شده است.

سطح مقطع کابل‌ها و سیم‌ها را بر اساس نتیجه محاسبه تلفات ولتاژ و مقدار گرمای مجاز و شرایط استقامت مکانیکی پیدا می‌کنیم. استقامت مکانیکی سیم‌ها و کابل‌ها باید تضمین کافی برای زمان بهره‌برداری را داشته باشد. سطح مقطع سیم‌ها بایستی طوری محاسبه و انتخاب شود که از لحاظ استقامت مکانیکی در زمان مونتاژ و عبور از کانال‌ها داخل لوله و یا وصل کردن روی تیرها نصب روی دیوار تضمینی کافی را داشته باشد.

برای اتصال شبکه روشنائی باید از سیم مسی استفاده کرد. مینیمم سطح مقطع سیم‌ها برای اتصال روشنائی عمومی ۰/۵ میلیمتر مربع و برای روشنائی محلی ۱ میلیمتر مربع.

برای اتصال وسایل الکتریکی خانگی از سیم‌های شیلنگی که سطح مقطع آنها کمتر از ۷۵/. میلیمتر مربع نباشد باید استفاده کرد. سطح مقطع سیم‌هایی که ایزوله شده‌اند و سیم‌های آلومینیومی که برای زمین شدن استفاده می‌شود نباید کمتر از ۶ میلیمتر باشد و اگر برای شبکه ایزوله شده استفاده شود ۲/۵ میلیمتر مربع می‌باشد، اگر همین سیم از جنس مس باشد بجای ۶ میلیمتر مربع، ۴ میلیمتر مربع و بجای ۲/۵ میلیمتر مربع سیم با سطح مقطع ۱/۵ میلیمتر مربع استفاده می‌شود.

فصل سوم

مدارهای الکتریکی (کابل کشی – سیم کشی)

مقدمه

امروزه برای تامین انرژی در صنعت برق همچنین بخش عظیمی از توزیع انرژی الکتریکی، بویژه در فشار ضعیف بوسیله کابل‌ها انجام می‌گیرد. البته برای انتقال انرژی الکتریکی فشار متوسط و قوی نیز در برخی موراد از کابل‌های مخصوص استفاده می‌شود. کاربرد کابل‌ها در تاسیسات الکتریکی بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است .کارخانجات کابل سازی انواع بسیار زیادی از کابل‌ها را برای مصارف عمومی و خصوصی تولید می‌کنند. همچنین امروزه استفاده از سیستم کابلی نسبت به خطوط هوایی مناسب‌تر است. پیش بینی می‌شود در آینده نزدیک کابل‌های زیر زمینی جایگزین خطوط هوایی می‌شود و هزینه سیستم کابل‌های فشار قوی در دهه اخیر کاهش یافته و احتمالاً بیشتر هم کاهش می‌یابد.

کابلها

هنگام عملیات نصب و پس از خاتمه آن شعاع خمش کابلها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد :

در کابلهای دارای روپوش فلزی (کابلهای زره دار یا با غلاف سربی یاهم مرکز) :

$$r = 9(D+d)$$

درکابلهای بدون روپوش فلزی (کابلهای پلاستیکی) :

$$r = 8(D+d)$$

که در آنها :

r = شعاع خمش کابل

D = قطر خارجی کابل

d = قطر هادی بزرگترین رشته کابل

A = سطح مقطع هادی

یادآوری ۱-در مورد هادیهای به شکل قطاع (سکتور) قطر هادی معادل از رابطه :

$$d = 1.3\sqrt{A}$$

محاسبه می شود .

نصب کابلها بر روی دیوار یا سقف باید با استفاده از انواع بستهای مخصوص این کار که از مواد عایق (پلاستیک) ساخته شده اند و دو عدد پیچ دارند انجام شود .

فاصله کابل از دیوار باید حداقل ۲ سانتی متر باشد .

فاصله کابلها از یکدیگر باید حداقل دو برابر قطرکابل باشد (فاصله آزاد) اگر فاصله یادشده از این مقدار کمتر باشد باید از ضرایب مناسبی برای کاهش ظرفیت کابلها استفاده شود .

فاصله بستها یا بازوهای تکیه کابل در نصب افقی نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد :

کابلهای دارای نوعی روپوش فلزی ، ۳۵× D

کابلهای بدون روپوش فلزی ، ۲۰×D

درمورد نصب کابلها به صورت قائم می توان به مقادیر افقی ۵۰٪ اضافه کرد .

چنانچه کابلها در چند لایه بر روی بازوها یا سینی کابل نصب شوند علاوه بر حفظ فواصل آنها نسبت به هم لازم است فاصله بین لایه ها نیزحداقل ۲۰ سانتی متر باشد .

کابلها باید در برابر تابش مستقیم آفتاب دارای نوعی حفاظ باشند .

کابلهای دفن شده درخاک باید از انواع مجاز برای این کار باشند وعلاوه بر رعایت شرایط ذکر شده برای مدارها و کابلها لازم است شرایط زیر نیز درباره آنها رعایت شود :

عمق دفن کابلهای فشار ضعیف باید بین ۰/۷ تا ۱ متر باشد .

عمق دفن کابلهای فشار متوسط باید حداقل ۰/۳ متر بیشتر از کابلهای فشار ضعیف باشد .

چنانچه کابلها به موازات هم کشیده شوند کابلهای فشار متوسط نباید مستقیما در زیر کابلهای فشار ضعیف قرارگیرند .

کابلها باید در داخل ماسه نرم خوابانده شوند به نحوی که حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه اطراف کابل را احاطه کند .

برای حفاظت کابل در برابر عوامل مکانیکی باید لایه ای از آجر کنارهم روی ماسه چیده شود طول آجر عمود بر محور کابل خواهد بود .

چنانچه چند کابل به موازات هم کشیده شوند ضمن رعایت فواصل مجاز کل سطح کابلها باید از آجر پوشیده شده ودر مورد کابلهای بیرونی حداقل نصل طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد.

یادآوری ۱-به جای آجر می توان از دال بتنی مناسب یا مصالح دیگری که تصویب شده باشد ، استفاده کرد.

جابجا کردن بازکردن کشیدن یا نصب کابل در هوای آزاد نباید دردمای کمتر ا ز ۳+ درجه سانتی گراد انجام شود مگر آنکه کابل قبلا حداقل به مدت ۷۲ ساعت در فضایی بسته (انبار) که دمای آن از ۲۰+ درجه سانتی گراد کمتر نبوده است انبار شده باشد وعملیات کابل کشی نیز ظرف مدت ۸ ساعت خاتمه یابد .

یادآوری ۲-جابجایی قرقره کابل پیچیده بر روی آن در دماهای کم مجازاست .
کلیه وسائل انتهایی و اتصالی کابلها (سر کابلها ، چند راهه ها و مفصلها وغیره) باید مناسب نوع کابل و توصیه سازنده آن باشد و کلیه دستورالعملهای سازنده اینگونه وسیله ها نیز باید درموقع نصب مراعات شود درمورد کابلهای زره دار یا دارای نوعی پوشش فلزی باید نسبت به وجود پیوستگی الکتریکی پوشش فلزی در محلهای اتصال وانشعاب اطمینان حاصل شود .
اتصال الکتریکی کابلها به وسائل و دستگاه ها یاشینه ها باید با وسائل مناسب نوع کابل انجام شود .
در مورد کابلهای فشار ضعیف با توجه به سطح مقطع آنها باید از ترمینالهای پیچی یا کابلشو استفاده شود . کابلشوها باید از انواعی باشند که یا حداقل دوعدد پیچ داشته باشند و یا اتصال آنها به کمک پرس مناسب انجام شود استفاده از کابلشوهایی که اتصال آنها به کمک لحیم (قلع و سرب) انجام می شود به طور کلی ممنوع است .
چنانچه کابل از زیر جاده ها ، محوطه های مفروش به هر نحو یا از زیر سنگچین ها عبور کند باید در زیر سطح مفروش یا جاده برای کل طول هر کابل یک لوله محافظ ازجنس پلاستیک صلب فشارقوی ، از بست سیمان ، سیمان یا فولاد پیش بینی شود . نسبت قطر لوله به قطر کابل نباید از حدود ۱/۳ کمتر باشد درمحلهای خروج کابل از داخل لوله باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبه لوله نوعی بالشتک درنظر گرفت .

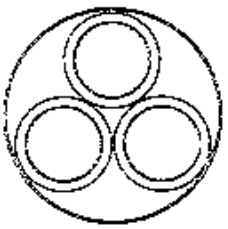
ساختمان کابل‌ها

هر نوع هادی که جریان برق را از خود عبور داده و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد را کابل می‌نامند .کابل‌ها بر اساس نوع کاربردی که دارند بسیار متنوع هستند و به شکل‌های گوناگون در بازار یافت می‌شوند. ساختمان و اجزای تشکیل دهنده کابل‌های مخابراتی کاملا با کابل های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند. اما بطور کلی کابل‌ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. تفاوت کابل‌ها ناشی از نوع کاربرد آنهاست. یعنی نوع کاربردشان موجب می‌شود که جنس، شکل، تعداد، سطح مقطع هادی‌ها و عایق‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این تفاوت ها موجب تقسیم‌بندی کابل‌ها می‌گردد.

هادی‌ها

هادی‌ها از سیم مسی تقریباً خالص و دارای انعطاف قابل قبول یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می‌شوند. در صورتیکه بخواهیم از کابلی با هادی آلومینیوم برای کابل‌کشی هوایی استفاده کنیم باید یک رشته آن فولاد باشد. سطح مقطع هادی‌ها با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد در اندازهای گوناگون و شکل‌های متفاوت درست می‌شود.

- دایره‌ای شکل تک رشته با علامت اختصاری (re) و چند رشته با علامت اختصاری(rm)
- مثلثی (سه گوش) شکل تک رشته با علامت اختصاری (se) و چند رشته با علامت (sm).

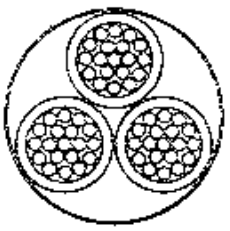


re

r= گرد e= مفتولی

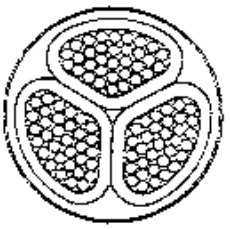
se

s= قطاعی e= مفتولی



rm

r= گرد m= رشته‌ای



sm

s= قطاعی m= رشته‌ای

عایق ها

مهمترین و بیشترین عایقی که در ساختمان کابل ها بکار می‌رود عبارتند از P.V.C (پلی وی نیل کلراید) که پرتو دور یا پلاستیک نامیده می‌شود. P.V.C عایقی غیر قابل اشتعال است و این مزیت خوبی در کابل‌ها می‌باشد. دارای انعطاف‌پذیری زیادی می‌باشد و تنها عیب آن این است که در درجه حرارت حدود صفر و زیر صفر آن را نمی‌توان برای عملیات کابل‌کشی مورد استفاده قرار داد. مواردی مانند ارزانی ، تولید انبوه و سادگی ساخت باعث شده که بیش از ۹۰ در صد کابل‌های فشار ضعیف از این عایق درست شوند. نوعی عایق دیگر بنام PET (پلی اتیلن) برای کابل‌ها بکار می‌رود که آتشزا بوده و در مکان‌های اختصاصی بکار می‌رود. در بعضی از کابل‌ها از عایق لاستیکی استفاده می‌شود که کاربرد زیادی ندارد. عایق‌های دیگری همچون کاغذ و برخی ترکیبات شیمیایی در بعضی کابل‌های مخصوص مورد استفاده قرار می‌گیرند. این عایق‌ها بر اساس شرایط کاری و محیطی و نوع مصرفی که دارند، از استحکام مکانیکی و مشخصه الکتریکی لازم برخوردار می‌باشند. از عایق لاستیکی در جاهایی که احتیاج به چرخش زیاد باشد نیز استفاده می کنند. در بعضی از کابل‌ها، عایق هادی‌ها کاغذ می‌باشد. ابتدا ذرات بخار و هوای داخل کاغذ را گرفته و به روغن که عایق خوبی می‌باشد آغشته می‌کنند، ضخامت کاغذها بسیار کم است و دور هر هادی چندین دور پیچیده می‌شود به این کاغذها کاغذ اشباع شده می گویند. روی نوار روغنی یک کاغذ متالیزه از جنس آلومینی‌وم می‌پیچند که وظیفه دارد میزان مغناطیسی اطراف هر هادی را را محدود نموده و از اثر آن روی میدان مغناطیسی فاز دیگر بکاهد. از کابل‌های روغنی بیشتر در فشار متوسط استفاده می‌شود و بعلت گرانی خود کابل و همچنین مفصل و سر کابل در فشار ضعیف بندرت استفاده می شود. ممکن است بجای یک غلاف

سربی از سه غلاف که بدور هر فاز پیچیده شده استفاده شود در این صورت به آن کابل روغنی سه غلافه می‌گویند. برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم‌های کابل از یکدیگر، عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب می‌کنند.

غلاف کابل‌ها

برای محافظت کابل‌ها در برابر عوامل محیطی و ضربات مکانیکی آنها را بوسیله یک یا چند لایه (غلاف) از جنس (مس، سرب، فولاد، کاغذ پلاستیکی بویژه PVC) می‌پوشانند. کابل‌ها با توجه به لایه‌های خارجی آنها به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. آنها را باید در مقابل پدیده‌های زیر حفاظت نمود:

الف- حفاظت در مقابل فشار و ضربه‌های مکانیکی

ب- حفاظت در مقابل زنگ‌زدگی و اکسید شدن هادی

پ- حفاظت در مقابل اثرات شیمیایی و پوسیدگی

ت- حفاظت در مقابل اثرات میدان الکتریکی و اتصال کوتاه شدن و میدان‌های خارجی و جریان زیاد

ساختمان سیم‌ها در کابلها

سیم (رشته): سیم شامل هادی است که توسط پوششی (عایق) احاطه شده باشد.

هادی: هادی شامل مفتول‌های نازک مسی (افشان) در سیم قابل انعطاف و شامل تک مفتول یا مفتول‌های منظم تابیده شده در سیم غیرقابل انعطاف می‌باشد.

هسته کابل: هر رشته هادی عایقدار که درون کابل واقع شده باشد یک هسته نامیده می‌شود.

ولتاژ اسمی: ولتاژ نامی کابل ولتاژی است که کابل برای آن طراحی شده و آزمون‌های الکتریکی براساس آن انجام می‌شود. ولتاژ اسمی به صورت U_0/U برحسب ولت بیان می‌شود.

U_0 مقدرا مؤثر (r.m.s) ولتاژ بین هر هادی عایقدار و زمین (پوشش فلزی کابل یا هر پوشش دیگر) می‌باشد.

U مقدار مؤثر (rms) ولتاژ بین هر دو فاز یک کابل چند رشته‌ای یا سیستمی از کابل‌های تک رشته‌ای می‌باشد.

در یک سیستم جریان متناوب، ولتاژ اسمی سیم یا کابل باید حداقل برابر با ولتاژ نامی سیستمی باشد که سیم یا کابل برای کار در آن در نظر گرفته شده است. شرط نامبرده برای هر دو مقدار ولتاژهای U_0 و U باید رعایت شود.

در یک سیستم جریان مستقیم ولتاژ نامی سیستم نباید بیش از ۱/۵ برابر ولتاژ اسمی سیم یا کابل باشد.

جریان مجاز حرارتی یک هادی یا جریان اسمی: مقدار ثابتی از جریان، که تحت شرایط تعیین شده‌ای بدون اینکه درجه حرارت حالت تعادل هادی از میزان معینی تجاوز نماید، می‌تواند از آن عبور کند. برالی هادی‌ها، جریان مجاز، جریان اسمی آن در نظر گرفته می‌شود.

اضافه جریان: هر جریانی است که بیش از جریان اسمی باشد.

جریان اضافه بار: اضافه جریان بوجود آمده در مداری که از نظر الکتریکی آسیب ندیده باشد.

جریان اتصال کوتاه: اضافه جریانی که در اثر متصل شدن دو نقطه با ولتاژهای مختلف، در هنگام کار عادی از طریق مقاومت ظاهری (امپدانس) بسیار کم، بوجود آمده باشد.

انتخاب ولتاژ نامی

ولتاژ نامی و عملیات کابل‌ها در استاندارد HD 516 s 2/DIN VDE 0298 -300 تعریف شده‌اند. ولتاژ نامی یک کابل قدرت، ولتاژی است که بر اساس آن ساخته می‌شود و تست‌های تعیین مشخصات الکتریکی درآن ولتاژ انجام می‌گیرند . ولتاژ نامی بر حسب دو مقدار ولتاژ (نسبت ولتاژ فازی به ولتاژ خطی)، U_0 /U AC بیان می گردد که : U_0 مقدار r.m.s بین هادی خارجی و زمین (محیط غیر عایق) و U مقدار r.m.s بین دو فاز در کابل های چند هسته‌ای و یا تک هسته‌ای است. در سیستم‌های AC، ولتاژ نامی کابل باید حداقل برابر با ولتاژ اسمی سیستمی که درآن استفاده می‌شود باشد، این مطلب در مورد مقادیر U و U_0 نیز صادق است. در سیستم های DC ، ولتاژ اسمی سیستم نباید بیشتر از 1.5 برابر از ولتاژ نامی کابل باشد. ولتاژ کار بین هادی‌ها و بین هادی و زمین در تاسیسات قدرت، تحت شرایط کار نرمال است.

ولتاژ کار پیوسته مجاز: کابل‌هایی با ولتاژ نامی $U_0/U \geq 0.6/1$ kV برای استفاده در سیستم‌های سه فاز AC ، تک فاز AC و سیستم های DC مناسب می‌باشند، که حداکثر ولتاژ پیوسته مجاز درآنها از ولتاژ نامی کابل، بیش از مقادیر زیر تجاوز ننماید:

الف- 10% برای کابل هایی با ولتاژ $450/750 \text{ V} \leq U_0/U$

ب- 20% برای کابل هایی با ولتاژ نامی $U_0/U = 600/1000$ V

کابل هایی با ولتاژ نامی $U_0/U = 0.6/1$ k V برای استفاده در سیستم‌های سه فاز و تک فاز AC مناسب می‌باشند، که در آنها حداکثر ولتاژ کار $U_{b\max}$ از ولتاژ نامی کابل، بیش از 20% بیشتر نباشد.

کابل‌ها را می‌توان در موارد زیر مورد استفاده قرار دارد:

۱ - در سیستم های سه فاز و تک فاز AC ، با نقطه خنثی اتصال زمین شده موثر .

۲- در سیستم های سه فاز و تک فاز AC ، که نقطه خنثی بطور موثر زمین نشده است، اما خطاهای اتصال زمین بیش از هشت ساعت ماندگار نباشد و کل زمان خطای زمین در سال بیش از 125 ساعت نباشد. در صورتیکه این شرایط امکان پذیر نباشد، باید از کابل‌هایی با ولتاژ نامی بزرگتر برای افزایش طول عمر خدماتی کابل‌ها استفاده شود.

کابل‌ها در سیستم‌های DC

اگر کابل‌ها در سیستم‌های DC مورد استفاده قرار گیرند، ولتاژ کار پیوسته مجاز DC بین هادی‌ها، نباید از ولتاژ کار مجاز AC بیش از ضریب 1.5 تجاوز نماید. در سیستم های DC با اتصال زمین تک فاز، این مقدار باید در ضریب 0.5 ضرب گردد.

انتخاب سطح مقطع هادی

سطح مقطع هادی انتخاب شده باید تضمین کننده این مطلب باشد که تحت شرایط کاری و نرمال، جریان بار از ظرفیت عبور جریان هادی تجاوز ننماید و دمای هیچ نقطه‌ای از هادی در هیچ لحظه‌ای از درجه حرارت عملیاتی مجاز بیشتر نگردد. خیز دما و یا ظرفیت عبور جریان کابل با سطح مقطع مشخص به ساختار، خواص مواد و شرایط کاری مشخص شده، بستگی دارد. مستقل از شرایط کاری، شرط زیر باید همواره برقرار باشد:

- شرط ظرفیت عبور جریان

بررسی جریان بار در بدترین شرایط عملیاتی که ممکن است درحین کار و در طول مسیر کابل اتفاق بیا فتد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است . با در نظر گرفتن این شرایط، می توان اطمینان داشت که دمای هیچ بخشی از کابل در هیچ نقطه‌ای از درجه حرارت عملیاتی مجاز، تجاوز نمی‌نماید.

عملیات نرمال:

عملیات نرمال به عملیاتی اطلاق می‌گردد، (از هر نوعی نظیر، پیوسته، کوتاه مدت، تناوبی، دوره‌ای و از نوع عملیات بخش عمومی) که درآن درجه حرارت عملیاتی مجاز از حد تعیین شده توسط عایق، تجاوز ننماید .

اضافه جریان

اضافه جریان‌ها شامل جریان‌های اضافه بار و نیز جریان‌های اتصال کوتاه می‌باشند. در طول پریود کوتاهی از زمان، این جریان‌ها باعث افزایش درجه حرارت هادی شده که از مقدار مجاز، تجاوز می‌نماید. به منظور جلوگیری از خیزهای حرارتی زیان آور، می بایست از وسایل حفاظتی اضافه جریان استفاده گردد. ممکن است ضرورتاً سطح مقطع هادی را مطابق مشخصه‌های حرارتی مقادیر اتصال کوتاه، انتخاب نمود.

الف- جریان‌های اضافه بار: جریان اضافه بار، بر اثر افزایش بار در شرایط نرمال در مدارهای بدون حالت خطا، ایجاد می‌گردد. درجه حرارت‌های مجاز در شرایطی از این دست، تا این زمان بصورت استاندارد تدوین نشده‌اند. این درجه حرارت‌ها، به دفعات و طول مدت اضافه بار، بستگی دارند.

ب – جریان‌های اتصال کوتاه: جریان‌های اتصال کوتاه بر اثر بروز خطا بین هادی‌های فعال با امپدانس پایین که دارای پتانسیل‌های متفاوت در طول عملیات نرمال می‌باشند، بوجود می‌آیند. درجه حرارت‌های اتصال کوتاه به 5 ثانیه محدود شده‌اند.

در سیستم‌های با نقطه خنثی عایق و جبران شده، جریان خطای فاز به زمین، جریان خطای زمین نامیده می‌شود. به دلیل آنکه خطای زمین منجر به افزایش ولتاژ در هادی‌های بدون خطا می شود، دراین موارد، درجه حرارت بالاتر از درجه حرارت عملیاتی مجاز، مورد تایید نمی‌باشد.

انواع عملیات

نوع عملیات تعیین کننده مشخصه‌های جریان، ظرفیت عبور جریان و بار به عنوان تابعی از زمان می‌باشد.

الف - عملیات پیوسته: عملیات پیوسته به نوعی از عملیات اطلاق می‌گردد که تحت جریان ثابت، دارای طول مدتی می‌باشد که برای رسیدن دمای کابل به شرایط حرارتی پایدار کافی می‌باشد و دارای محدودیت زمانی دیگری نمی‌باشد.

ب- عملیات از نوع بخش عمومی: عملیات از نوع بخش عمومی، نوع مرسومی از عملیات در شبکه توان الکتریکی بخش عمومی می‌باشد. این نوع از عملیات توسط سیکل بار 24 ساعته است. یک مقدار مرسوم برای ضریب بار $m=0.7$ می‌باشد. کابل‌ها همواره به گونه‌ای انتخاب می‌گردند تا تضمین کننده این مطلب باشند که حتی در صورت کار بردن تمام ضریب تبدیل‌های مربوطه، ظرفیت عبور جریان از بار مشخص شده، کمتر نباشد. یعنی، معادله زیر همواره برقرار است:

$$l_b \le l_z = l_r.\Pi f.$$

افزایش دمای کابل و یا ظرفیت عبور جریان کابل با سطح مقطع مشخص، به ساختار، خواص مواد آن و شرایط خاص کاری بستگی دارد. شرایط کار هرچه باشد، مورد زیر باید همواره رعایت شود:

ظرفیت عبور جریان $<$ $l_b \le l_z$ جریان بار

استاندارد ملی آلمان مقادیر مناسب ظرفیت عبور جریان کابل‌ها را برای نصب ثابت و برای کابل‌های قابل انعطاف مشخص می‌نماید. این استاندارد تقسیم‌بندی آلمانی انواع نصب را بصورت زیر (که مورد توافق بین المللی است) رده بندی می کند:

نوع نصب	شرح
A	نصب در و دیوارهای عایق حرارتی
B	نصب در داخل کانال یا داکت خارج و یا داخل دیوار
C	نصب مستقیم خارج و یا داخل دیوار یا زیر گچ
D	نصب کابل ها در فضای آزاد

در این استانداردها، تمام مقادیر مشخص شده برای گزینه‌های B , C بر روی دیوارهایی نصب می‌شوند که دارای تلفات حرارتی بهتر از چوب می‌باشند. بسته به ساختار دیوار، ظرفیت عبور جریان کابل‌ها دراین نوع از نصب‌ها می‌تواند بیشتر از مقادیر مشخص شده در استانداردها باشد. در موارد خاص، که کابل‌ها بر روی گچ و یا پلاستر نصب شده‌اند، بر اساس نتایج اندازه گیری بدست آمده، ظرفیت عبور جریان مختصراً افزایش یافته است.

شرایط کار - مقادیر ظرفیت عبور جریان همواره بر اساس شرایط کار تعریف شده، تعیین می‌گردد در جدول ۱-۲ مثال‌هایی بر این اساس آورده شده است. ظرفیت عبور جریان برای کابل‌هایی که در هوای آزاد و یا ساختمان‌ها نصب شده‌اند، برای مثال در مورد کابل‌های تک هسته‌ای یا چند هسته‌ای که بطور پیوسته در دمای محیط مشخصی دریک سیستم سه فاز AC (اگر سه هادی بارگذاری شده باشد) و یا تک فاز AC (اگر دو هادی بارگذاری شده باشد) کار می‌کنند، مورد نظر قرار می‌گیرد. دراین شرایط فرض شده است که هیچ هادی بارگذاری نشده‌ای وجود ندارد.

علاوه بر انواع نشان داده شده در جدول ۱-۲ ، روش‌های بسیاری در نصب کابل‌ها در ساختمان‌ها بکار برده می‌شود. در جدول ۲-۲ انواع نصب گردآوری شده است و به ظرفیت عبور جریان مورد توافق بین المللی آنها نیز اشاره شده است .

جدول ۱-۲ شرایط کار برای کابل‌های با نصب ثابت

شرایط کار دیگر (سایت و محاسبه ظرفیت عبور جریان $l_n = l_n.\Pi f$	شرایط کار مرجع برای تعیین جریان نامی l_n

نوع کارکرد

۱-۷-۲ ظرفیت عبور جریان با کارکرد دوره ای	کارکرد پیوسته در مقادیر ظرفیت عبور جریان مطابق جدول ۱-۷-۶

شرایط نصب

ضرایب تبدیل برای گروه بندی مطابق جدول ۱-۷-۹ برای کابل های چند هسته ای مطابق جدول ۱-۷-۸	نوع نصب A1, A2 نصب در دیوارهای عایق حرارتی کابل تک هسته ای بدون غلاف در کانال (A) کابل چند هسته ای در کانال (A2) کابل چند هسته ای در دیوار (A2)
ضرایب تبدیل برای گروه بندی مطابق جدول ۱-۷-۹ برای کابل های چند هسته ای مطابق جدول ۱-۷-۸	نوع نصب B1 , B2 نصب در کانال یا داکت کابل تک هسته ای ، بدون غلاف درون کانال روی دیوار (B1) کابل تک هسته ای ، بدون غلاف درون کانال روی دیوار (B1) کابل تک هسته ای ، بدون غلافیا با غلاف نازک ، یا کابل چند هسته ای در کانال داخل دیوار یا زیر گچ کابل چند هسته ای در کانال روی دیوار یا روی زمین (B2) کابل چند هسته ای در کانال روی دیوار یا روی زمین (B2)
ضرایب تبدیل برای گروه بندی مطابق جدول ۱-۷-۹ برای کابل های چند هسته ای مطابق جدول ۱-۷-۸	نوع نصب C نصب مستقیم کابل چند هسته ای روی دیوار یا زمین کابل تک هسته ای با غلاف نازک روی دیوار یا زمین کابل چند هسته ای روی دیوار تا زیر گچی کابل تخت زیر گچی
ضرایب تبدیل برای گروه بندی مطابق جدول ۱-۷-۹ برای کابل های چند هسته ای مطابق جدول ۱-۷-۸	نوع نصب E نصب در هوای آزاد ، تلفات حرارتی بدون مانع توسط : فاصله از دیوار مطابق جداول ۱-۷-۶ و ۱-۷-۵ فاصله (بزرگتر از دو برابر قطر کابل) بین کابلهای نصب شده دکنار هم فاصله (بزرگتر از دو برابر قطر کابل) بین کابلهای نصب شده یکی بر روی دیگری

شرایط محیط

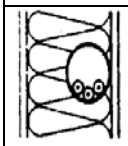
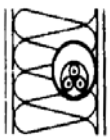
ضریب تبدیل برای دمای محیط سایت مطابق جدول ۷-۷-۱	دمای محیط $30\ C°$ اتاق های بزرگ با تهویه ، که دمای محیط توسط تلفات حرارتی کابل افزایش قابل توجهی نمی یابد.
	حفاظت در برابر تابش مستقیم خورشید و غیره
	فرکانس کار 50Hz تا 60 Hz

۱) دیوارهای عایق حرارتی شامل یک لایه خارجی ضد آب و هوایی، عایق حرارتی و یک لایه داخلی ساخته شده از چوب و یا ماده مشابهی می‌باشند. مقاومت حرارتی لایه اول $0.1\ k\ .\ m/W$ است. یک کابل چند هسته‌ای، داخل کانال در دیوار بگونه‌ای نصب شده است که نزدیک لایه درونی می‌باشد، اما الزاماً در تماس با آن نیست. فرض شده است که تلفات حرارتی کابل فقط توسط لایه درونی انجام می‌گیرد. کانال می‌تواند از فلز یا پلاستیک ساخته شده باشد. در کانال هیچ تفاوتی بین کابل‌های تک هسته‌ای و یا چند هسته‌ای فرض نمی‌گردد.

۲)کانال‌ها روی دیوار بگونه‌ای نصب می‌گردند تا فاصله بین کانال و دیوار کمتر از 0.3 قطر کانال باشد.

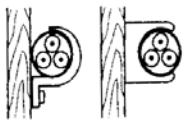
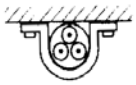
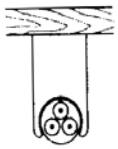
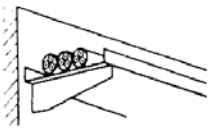
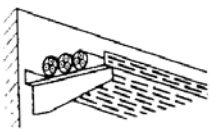
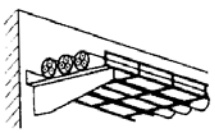
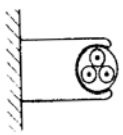
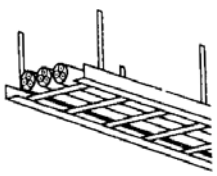
۳)کانال‌ها بگونه‌ای نصب می شوند که فاصله بین آنها و سطح دیوار کمتر از 0.3 قطر خارجی کابل‌ها باشد.

جدول ۲-۲ انواع متداول روشهای نصب

روش نصب برای تعیین ظرفیت عبور جریان	شرح	نصب
A1 (A) [2]	کابل تک هسته ای بدون غلاف داخل کانال در دیوار عایق حرارتی (۱)	
A2(A) [2]	کابل چند هسته ای یا کابل چند هسته ای با غلاف نازک داخل کانال در دیوار عایق حرارتی	
A1 (A) [2]	کابل چند هسته ای و یا با غلاف نازک نصب شده بصورت مستقیم در دیوار عایق حرارتی	
B1	کابل های تک هسته ای بدون غلاف ، تک هسته ای یا با غلاف نازک داخل کانال در دیوار (چوبی) یا با فاصله کمتر از $0.3\times$ قطر خارجی کانال	
B2	کابل چند هسته ای بدون غلاف ، تک هسته ای ، یا کابل با غلاف نازکک در کانال بسته در دیوار (چوبی)	
B1	کابل تک هسته ای بدون غلاف ، تک هسته ای ، یا کابل با غلاف نازک در کاال بسته در دیوار (چوبی)	
B2	کابل چند هسته ای یا کابل چند هسته ای با غلاف نازک در کانال بسته در دیوار (چوبی)	
B1	کابل های تک هسته ای با غلاف نازک ، کابل های تک هسته ای ، یا با غلاف نازک در کانال در گچ یا سیمان با مقاومت حرارتی کمتر از 2km/w	
B2	کابل های چند هسته ای با غلاف نازک ، در کانال داخل گچ یا سیمان با مقاومت حرارتی کمتر از 2k.m/w	

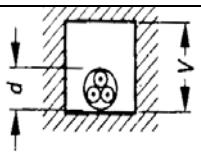
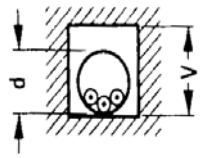
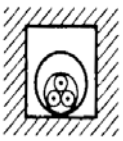
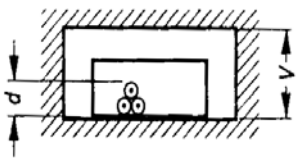
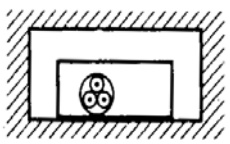
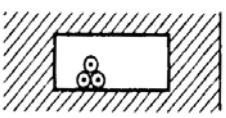
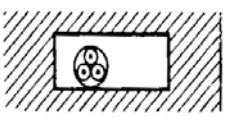
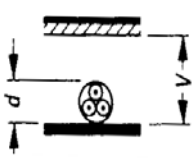
حداکثر مقاومت حرارتی دخال دیوار 0.1 km/w است . ۲) مطابق DIN VDE 0298-4

جدول ۲-۲ (ادامه) انواع متداول روشهای نصب

روش نصب برای تعیین ظرفیت عبور جریان	شرح	نصب
C	کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای یا کابل با غلاف نازک نصب شده در دیوار چوبی یا با فاصله کمتر از $0.3\times$ قطر	
C	خارجی کابل بین کابل و دیوار نصب زیر سقف (چوبی)	
E	نصب با فاصله بزرگتر از $0.3\times$ قطر خارجی کابل بین دیوار و کابل	
E یا C	روی سینی کابل (سینی ساده)	
E (۱	روی سینی کابل (سینی سوراخ دار) ، افقی یا عمودی	
E (۱	روی کنسول های کابل	
E (۱	با فاصله بزرگتر از $0.3\times$ قطر خارجی کابل بین دیوار و کابل	
E	روی نردبان کابل	
E	کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای یا کابل های با غلاف نازک ، آویزان شده	

باید به کابل‌هایی که بطور عمودی با تهویه محدود نصب شده، توجه ویژه نمود. دمای محیط در انتهای بالایی نصب عمودی، ممکن است بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد، که منجر به کاهش ظرفیت عبور جریان خواهد شد.

جدول ۲-۲ (ادامه) انواع متداول روشای نصب

روش نصب بای تعیین ظرفیت عبور جریان	شرح	نصب
$5d \prec V \leq 1.5d$ نصب از نوع B2 $5d \leq V \prec 50d$ نصب از نوع B1 $20d \prec V \leq 1.5d$ نصب از نوع B2 $v \leq 20d$ نصب از نوع B1 B2 $20d \prec V \leq 1.5d$ نصب از نوع B2 $v \leq 20d$ نصب از نوع B1 B2 $5d \prec V \leq 1.5d$ نصب از نوع B2 $5d \leq V \prec 50d$ نصب از نوع B1 B2 $5d \prec V \leq 1.5d$ نصب از نوع B2 $5d \leq V \prec 50d$ نصب از نوع B1	کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای ، یا کابل با غلاف نازک در مجرای ساختمان ۱) ۲) ۴) کابل های تک هسته ای بدون غلاف در کانال داخل مجرای ساختمان ۱) ۳) ۴) کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای ، یا کابل با غلاف نازک درکانال داخل مجرای ساختمان ۴) کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای در کانال بسته داخل مجرای ساختمان ۱) ۳) ۴) کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای ، یا کابل با غلاف نازک درکانالبسته داخل مجرای ساختمان ۴) کابل تک هسته ای در کانال بسته در گچ یا سیمان با مقاومت حرارتی کمتر از 2k.m/w ۱) ۲) ۴) کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای یا کابل های با غلاف نازک ، در کانال بسته در گچ و سیمان با مقاومت حرارتی کمتر از 2k.m/w ۴) کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای یا کابل های با غلاف نازک در مجرای سقف ۱) ۲) *در زیر کفا کاذب ۱) ۲)	       

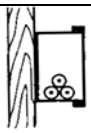
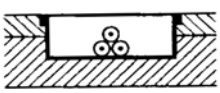
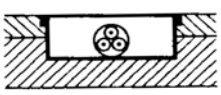
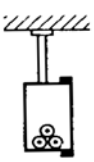
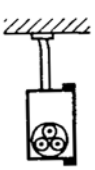
۱) V اندازه‌گیری کوچکتر است، یا قطر داکت ساختمان، یا ارتفاع داخلی کانال بسته مستطیلی کف یا سقف است .اگر V بزرگتر از 50d باشد مقادیر مربوط به روشهای نصب C یا E باید استفاده شوند. ارتفاع داخلی مجرا مهمتر از عرض آن می‌باشد.

۲) d قطر خارجی کابل چند هسته‌ای یا کابل چند هسته‌ای با غلاف نازک است، d برابر قطر خارجی 2.2× است اگر سه کابل تک هسته‌ای یا کابل تک هسته‌ای با غلاف نازک در کنار هم مورد استفاده قرار گرفته باشند. در صورتیکه سه کابل تک هسته‌ای یا کابل تک هسته‌ای با غلاف نازک بصورت تخت استفاده شده باشند، d برابر قطر خارجی 3 × خواهد بود.

۳) d قطر خارجی کانال، یا ارتفاع کانال بسته است.

۴) باید به کابل‌هایی که بطور عمودی با تهویه محدود نصب می‌شوند، توجه ویژه نمود، دمای محیط در انتهای بالای نصب عمودی، ممکن است بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد، که منجر به کاهش ظرفیت عبور جریان خواهد شد.

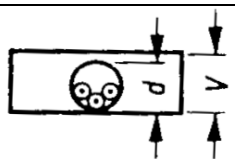
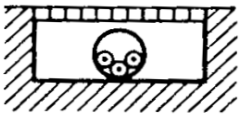
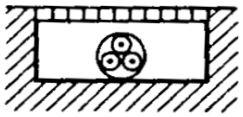
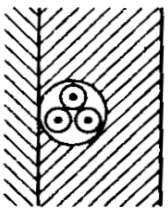
جدول ۲-۲ (ادامه) انواع متداول روشهای نصب دائمی

روش نصب برای تعیین ظرفیت عبور جریان	شرح	نصب
B1	کابل های تک هسته ای بدون غلاف ، کابل های تک هسته ای یا کابل یا غلاف نازک روی دیوار چوبی داخل کانال نصب افقی 1) نصب عمودی ۱) ۲)	
B 1 B2	کابل های چند هسته ای یا کابل با غلاف نازک درون کانال روی دیوار چوبی نصب افقی ۱) نصب عمودی	
B2	کابل های تک هسته ای بدون غلاف درون داکت برای نصب زیر زمینی ۱)	
B1	کابل های چند هسته ای یا کابل با غلاف نازک درون کانال برای نصب زیر زمینی ۱)	
B2	کابل های تک هسته ای بدون غلاف درون کانال معلق ۱)	
B1	کابل های چند هسته ای یا کابل با غلاف نازک در کانال معلق ۱)	

ظرفیت عبور جریان برای انواع نصب B1 , B2 در جدول ۳-۲ مربوط به یک مدار الکتریکی منفرد می‌باشند. در صورتیکه بیش از یک مدار الکتریکی در کانال وجود داشته باشد، باید از ضرایب تبدیل جدول ۹-۷-۱ استفاده گردد.

این مطلب مستقل از تقسیم بندی داخلی کانال و ایزولاسیون آن می‌باشد.

جدول ۲-۲ (ادامه) انواع متداول روشهای نصب دائمی

روش نصب برای تعیین ظرفیت عبور جریان	شرح	نصب
$20d \prec V \leq 1.5d$ نصب از نوع B2 $v \leq 20d$ نصب از نوع B1	کابل های تک هسته ای بدون غلاف درون کانال بدون تهویه (نصب افقی یا عمودی) ۲) ۳)	
B1	کابل های تک هسته ای بدون غلاف درون کانال با تهویه در کف ۱) ۴)	
B1	کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای و یا کابل با غلاف نازک درون کانال روباز یا با تهویه (نصب افقی یا عمودی) ۴)	
C	کابل های تک هسته ای یا چند هسته ای و یا کابل با غلاف نازک که مستقیما درون گچ یا سیمان با مقاومت حرارتی موچکتر از $2k.m/w$ نصب شده باشند .۵)	
C	بدون حفاظت مکانیکی تکمیلی با حفاظت مکانیکی تکمیلی	

در صورتیکه کابل چند هستهای و یا کابل چند هستهای با غلاف نازک درون کانال یا داکت باتهویه در کف نصب شده باشد، باید از ظرفیت عبور جریان مربوط به نصب نوع B2 استفاده گردد.

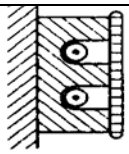
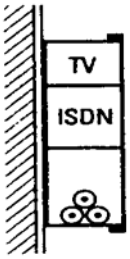
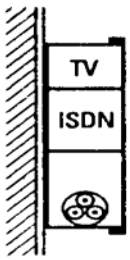
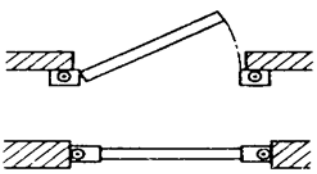
d قطر خارجی کانال است، V ارتفاع داخلی داکت کابل است. ارتفاع داخلی داکت مهمتر از عرض آن است.

باید به نصب عمودی کابل‌ها، هنگامیکه تهویه کافی وجود ندارد ، توجه ویژه نمود . زیرا درجه حرارت ممکن است بطور قابل توجهی در انتهای بالایی کابل ، افزایش یابد و منجر به کاهش ظرفیت عبور گردد .

توصیه می شود که از این نوع نصب فقط در مکان‌هایی استفاده گردد که فقط در دسترس افراد مسئول قرار دارند و می‌توان از کاهش ظرفیت عبور جریان و خطرات آتش سوزی جلوگیری نمود.

ممکن است ظرفیت عبور جریان برای کابل‌هایی با سطح مقطع اسمی کوچکتر از $16mm^2$ بزرگتر باشد.

جدول۲-۲ (ادامه) انواع متداول روشهای نصب

روش نصب برای تعیین ظرفیت عبور جریان	شرح	نصب
A1(A)[2]	کابل های تک هسته ای بدون غلاف در داکت های قالب ریزی شده ۱)	
B1	کابل های تک هسته بدون غلاف یا کابل تک هسته یا با غلاف نازک درون داکت پارکت چوبی دور اتاق	
B2	کابل های چند هسته ای یا کابل با غلاف نازک درون داکت پارکت چوبی دور اتاق	
A1(A)[2]	کابل های تک هسته ای بدون غلاف درون کانال و یا بدون کانال در چهارچوب های در ۱)	
A1(A)[2]	کابل های تک هسته ای بدون غلاف درون کانال و یا بدون کانال در کلاف پنجره ۱)	

۱)بدلیل مواد به کار رفته و فاصله‌های هوایی احتمالی، فرض می‌شود که هدایت حرارتی بسیار ضعیف است. بر اساس انواع نصب درون کانال یا دیوار، می‌توان از واریانت‌های نصب از نوع B1 و یا B2 استفاده نمود.

ظرفیت عبور جریان (شرایط ، تعاریف و قوانین)

جریان مجاز عبوری از سیم‌ها و کابل‌ها به گونه‌ای تعیین می‌شود که در هر نقطه از کابل، حرارت تولید شده در هادی‌های آن به خوبی به محیط اطراف منتقل می‌شود؛ بطوری که درجه حرارت عایق در سطح هادی سیم‌ها و کابل‌های PVC از ۷۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند. جریان عبوری داده شده برای کابل‌های برق وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرد، بر مبنای قرار گرفتن کابل بر روی بستری از ماسه نرم است که پس از خاک‌ریزی به روی کانال سطح آن آجر فرش شود. به علاوه، کابل در مسیر خود می‌تواند داخل تعداد محدودی لوله فولادی که هیچ یک از آنها بیش از ۶ متر نباشد، عبور کند. جریان مجاز کابل‌هایی که در هوای آزاد قرار دارند بر اساس ضریب بار ۱ و در هوایی با درجه حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد است. جریان مجاز کابل هنگامی که کاملا در داخل آب قرار گرفته باشد ۱/۱۵ برابر جریان در کابل قرار گرفته در خاک است. اما باید توجه داشت که وقتی قسمتی از کابل در خاک یا هوای آزاد باشد این قسمتها تعیین کننده جریان عبوری از کابل هستند سطوح مقطع انتخاب شده باید بگونه ای باشند تا جریان بار تحت شرایط کار

نرمال از ظرفیت عبور جریان هادی تجاوز ننماید و دمای هیچ بخشی از کابل در هیچ زمانی از دمای حداکثر مجاز، بیشتر نگردد.DIN VDE 0276-1000 مشخص کننده، شرایط، تعاریف و قوانین استاندارد در مورد ظرفیت عبور جریان کابل‌ها می‌باشد. ظرفیت عبور جریان، مشخص کننده جریان مجاز I_Z تحت شرایط عملیاتی مشخص شده می‌باشد. علاوه بر تعریف بالا، موارد زیر می‌بایست شرح داده شوند:

شرایط عملیاتی مقادیر نامی، مقادیر مشخص شده برای ظرفیت عبور جریان تحت شرایط عملیاتی مرجع، مطابق DIN 40200 مقادیر نامی هستند و باید به عنوان جریان نامی I_r برگزیده شوند. به طرق مشابه، شرایط عملیاتی مرجع (مطابق DIN VDE 0276-1000)، شرایط عملیاتی برای محاسبه جریانهای نامی نامیده می شوند.

معادله زیر برای ظرفیت عبور جریان تحت شرایط عملیاتی داده شده، بکار می‌رود

$$I_Z = I_r \ \Pi \ \mathrm{f}$$

که $\Pi \mathrm{f}$ حاصل ضرب تمام ضرائب تبدیل مربوطه می‌باشد، مثل تأثیر کابل‌های مجاور هم.

نام اختصاری جریان بار است . بار مشخص کننده جریانی است که یک کابل لازم است در طول عملیات خاصی و یا در هنگام بروز خطا از خود عبور دهد. جریان عملیاتی I_b ، با استفاده از حداکثر ولتاژ عملیاتی مجاز $u_{b\max}$ بر حسب kV و توان مؤثر p برای انتقال بر حسب kW محاسبه می‌شود:

برای جریان مستقیم: بر حسب A $I_b = \dfrac{p}{u_{b\max}}$

برای جریان متناوب تک فاز بر حسب A: $l_b = \dfrac{p}{U_{b\max}.\cos\Phi}$

برای جریان متناوب سه فاز بر حسب A: $l_b = \dfrac{p}{\sqrt{3}U_{b\max}.\cos\Phi}$

جریان عملیاتی تحت شرایط عملیاتی نرمال بار ، معادل جریان عملیاتی I_b است. در مورد تاسیسات بخش عمومی و یا انواع عملیات دوره ای دیگر، جریان عملیاتی، حداکثر مقدار بار می‌باشد.

درجه حرارت عملیاتی مجاز ϑ_{Lr} حداکثر درجه حرارت مجاز هادی حین عملیات نرمال می‌باشد. این درجه حرارت برای محاسبه ظرفیت عبور جریان حین عملیات نرمال بکار می‌رود و مطابق طول عمر خدماتی در مشخصه ساختاری هادی تعیین می‌گردد.

مقدار نامی ظرفیت عبور جریان برای کابل‌هایی با درجه حرارت کار مجاز $70\ C°$ ، برای انواع نصب A1, A2,B1,B2,C,E در جدول ۳-۲ فهرست شده است. مقادیر مشخص شده دراینجا در مورد دمای محیط حداکثر $30\ C°$ صادق می باشد، که در آلمان از آن استفاده می‌گردد. ضرائب تبدیل هنگامیکه کابل‌ها در محل‌های مناسب نصب می‌شوند، ممکن است برای درنظر گرفتن شرایط کاری سایت (مثلا دمای کار متفاوت، گروه بندی) لازم باشد از ضرائب تبدیل مناسب که از جدول ۹-۷-۱ استفاده می شود .

در استانداردها نصب A1 (کابل های تک هسته‌ای در کانال) و A2 (کابل های چند هسته‌ای در کانال) ، تفاوتی قائل نشده است و در نتیجه با استاندارد بین المللی تفاوت دارد. این تفاوت در جدول ۲-۲ ذکر شده است. کارکرد کوتاه مدت و یا تناوبی کابل‌هایی که بطور پیوسته تحت بار ثابت نیستند، ممکن است دارای ظرفیت عبور جریان بزرگتر از آنچه در جدول ۳-۲ آمده است، باشند همچنین هنگامیکه کابل‌ها تحت بار جریان مستقیم قرار می‌گیرند، (مطابق تعداد هسته‌های تحت بار) می‌توان از همان مقادیر ظرفیت عبور جریان استفاده نمود.

ظرفیت عبور جریان I_z شرایط کار واقعی، از حاصل ضرب مقدار نامی I_r (جدول ۳-۲) در تمام ضرائب تبدیل f (جداول ۷-۷-۱ تا ۹-۷-۱ یا DIN VDE 0298-4) با استفاده از فرمول زیر، محاسبه می‌گردد:

$$I_Z = I_r \Pi f\,(A)$$

IIf حاصل ضرب تمام ضرایب تبدیل

ظرفیت عبور جریان باید، در موارد زیر تعیین گردند:

الف - شرایط کاری نرمال و

ب - کارکردتحت شرایط خطا (اتصال کوتاه) .

مقدار اتصال کوتاه

مقادیر مربوط به اتصال کوتاه باید، مطابق استانداردها محاسبه گردند و دراینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرند. افت ولتاژ در سیستم‌های فشار ضعیف، بطور خاص باید، سطح مقطع هادی مطابق با افت مشخص شده، انتخاب گردد. بعلاوه به منظور جلوگیری از افزایش بیش از اندازه حرارت کابل، باید از تجهیزات حفاظتی مناسب استفاده شده واستانداردهای مربوط به سیستم خاص نیز باید لحاظ گردد.

جدول ۳-۲ ظرفیت عبور جریان، کابل‌های نصب ثابت، انواع نصب E, C, B2, B1, A2, A1

عایق	PVC																							
علامت[1]	NYM, NYBUY, NHYRUZY, H07V-R,H07V-K,NHXMH[2]																							
حداکثر دمای کاری	70 °C																							
دمای محیط	30 °C																							
تعداد هادی‌های بارگذاری شده	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
انواع نصب[3]	A1		A2		B1		B2		C		E		A1		A2		B1		B2		C		E	
	در دیوارهای عایق حرارتی				رو یا درون دیوار و یا زیر گچ داخل کابینت				نصب مستقیم		آزاد		در دیوارهای عایق حرارتی				رو یا درون دیوار و یا زیر گچ داخل کابینت				نصب مستقیم		آزاد	
	کابل‌های تک هسته‌ای بدون غلاف داخل کانال		کابل چند هسته‌ای داخل کانال		کابل‌های تک هسته‌ای بدون غلاف درون کانال روی‌دیوار		کابل چند هسته‌ای داخل کانال روی دیوار یا زمین		کابل چند هسته‌ای روی دیوار و یا زمین		کابل چند هسته‌ای در فاصله مشخص		کابل چند هسته‌ای داخل کانال		کابل چند هسته‌ای داخل دیوار		کابل تک هسته ای بدون غلاف داخل داکت روی‌دیوار		کابل چند هسته‌ای داخل داکت روی دیوار یا زمین		کابل تک هسته‌ای با غلاف نازک روی دیوار یا زمین			
									کابل چند هسته‌ای، کابل بافته شده داخل دیوار و یا زیر گچ								کابل‌های، تک هسته‌ای بدون غلاف، تک هسته‌ای با غلاف نازک و چند هسته ای داخل داکت درون دیوار							
سطح مقطع نامی هادی مسی بر mm^2	ظرفیت عبور جریان برحسب A																							
1.5	15.5	13.5	15.5	13.0	17.5	15.5	16.5	15.0	19.5	17.5	22	18.5	17.5	15.5	16.5	15.0	18.5	16.5	19.5	17.5	22	18.5		
2.5	19.5	18.0	18.5	17.5	24	21	23	20	27	24	30	25	24	21	23	20	25	23	27	24	30	25		
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	40	34	33	28	31	27	34	31	37	33	40	34		
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	51	43	42	36	40	34	43	40	46	41	51	43		
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	70	60	58	50	54	46	60	54	64	57	70	60		
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	94	80	77	66	72	62	80	72	85	76	94	80		
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	119	101	102	84	94	80	106	94	110	96	119	101		
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	148	126	124	104	117	99	131	117	134	119	148	126		
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	180	153	150	125	141	118	159	141	162	144	180	153		
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	232	196	190	160	179	149	202	179	208	184	232	196		
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	282	238	231	194	216	179	245	216	252	223	282	238		
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	328	276	267	225	249	206	284	249	292	259	328	276		

۱) برای علامات مشخصه به جدول ۱-۷-۱ و [1] مراجعه نمایید. ۲) عایق ساخته شده از پلی اتیلن دارای ساختار cross link.

۳) برای انواع نصب فهرست نشده به جدول ۵-۷-۱ رجوع کنید.

جدول ۱۸-۷-۱ ظرفیت عبور جریان – کابل‌های نصب ثابت – انواع نصب E, C, B2, B1, A2, A1

عایق	XLPE											
علامت[1]	N2XY, N2XSY, N2XH, N2XCH											
حداکثر دمای کاری	90 °C											
دمای محیط	30 °C											
تعداد هادی های بارگذاری شده	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
انواع نصب[2]	A1		A2		B1		B2		C		E	
	در دیوارهای عایق حرارتی				رو یا درون دیوار و یا زیر گچ داخل کابینت				نصب مستقیم		در هوای آزاد	
	کابل‌های تک هسته‌ای بدون غلاف داخل لوله کابل چند هسته‌ای داخل لوله		کابل چند هسته‌ای داخل دیوار		کابل‌های تک هسته‌ای بدون غلاف درون لوله روی دیوار کابل تک هسته‌ای بدون غلاف بدون داخل داکت روی‌دیوار کابل‌های، تک هسته‌ای بدون غلاف، تک هسته‌ای باغلاف نازک و چند هسته ای داخل داکت‌درون‌دیوار		کابل چند هسته‌ای داخل لوله روی دیوار یا زمین کابل چند هسته‌ای داخل داکت روی دیوار یا زمین		کابل چندهسته‌ای روی دیوار و یا زمین کابل تک هسته‌ای با غلاف نازک روی دیوار یا زمین کابل چند هسته‌ای، درون دیوار و یا زیر گچ		کابل چند هسته‌ای در فاصله مشخص	
سطح مقطع نامی هادی مسی بر حسب mm^2	ظرفیت عبور جریان برحسب A											
1.5	19.0	17.0	18.5	16.5	23	20	22	19.5	24	22	26	23
2.5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	36	32
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	49	42
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	63	54
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	86	75
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	115	100
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	149	127
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	185	158
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	225	192
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	289	246
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	352	298
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	410	346

۱) برای علامات مشخصه به جدول ۱-۷-۱ و [1] مراجعه نمایید. ۲) برای انواع عایق‌های فهرست نشده در اینجا به جدول ۵-۷-۱ رجوع نمایید.

حداکثر طول کابل‌ها با توجه به موارد زیر، می‌باید تطابق و سازگاری با حداکثر طول مجاز کابل‌ها، مطابق با استانداردها DIN VDE 0/100 بررسی گردد:

الف - حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم ،

ب – حفاظت در مواقع اتصال کوتاه

ج - افت ولتاژ مشخص شده .

مثال۱

نصب روی دیوار تعداد کل 50 عدد کابل تک هسته‌ای بدون غلاف H07-U ، هر کدام با سطح مقطع $6mm^2$ می باید درون یک کانال بر روی دیوار زیر زمینی نصب شوند. کابل‌های تک هسته‌ای بدون غلاف تشکیل 10 مدار سه فاز می دهند، که هر کدام نیاز به هادی‌های خنثی و ρ_E دارند. حرارت محیط 40 $C°$ است . برای شرایط تعیین شده می باید، ظرفیت عبور جریان مشخص گردد.

شرایط عملیاتی (بار پیوسته) :

حداکثر درجه حرارت عملیاتی مجاز	70 $C°$
درجه حرارت محیط	40 $C°$

نتیجه :

مقدار نامی I_r مطابق جدول ۶-۷-۱

نصب از نوع ($\vartheta_U = 30^\circ C, n = 3B1$) 36A

ضریب تبدیل برای :

- حرارت محیط مطابق جدل ۷-۷-۱	0.87
- گروه بندی مطابق جدول ۹-۷-۱	0.48
ضریب تبدیل کل Π f	0.417

این اعداد منجر به ظرفیت عبور جریان I_z معادل 15.0A می‌شود.

مثال ۲

نصب زیر سقف دو کابل با غلاف نازک NYM-J 3 ×2.5 برای جریان متناوب تک فاز، (دوهسته تحت بار) و دو کابل NYM-J 4 × 1.5 برای بار سه فاز (سه هسته تحت بار)، زیر سقف نصب شده‌اند. هر چهار کابل در کنار یکدیگر نصب شده‌اند (به گونه ای که در تماس با هم هستند). حداکثر درجه حرارت محیط 35 $C°$ است. می باید ظرفیت عبور جریان تعیین شود.

شرایط عملیاتی (بار پیوسته) :

حداکثر درجه حرارت عملیاتی مجاز	70 $C°$
درجه حرارت محیط	35 $C°$

نتیجه :

سطح مقطع هادی		$1.5mm^2$
تعداد هسته های تحت بار		n=3
مقدار نامی I_r مطابق جدول ۳-۲ نصب از نوع ($\vartheta_U = 30^\circ C$)		17.5A
ضرایب تبدیل برای :		
حرارت محیط مطابق جدول ۷-۷-۱	0.94	0.94
- گروه بندی مطابق جدول ۹-۷-۱	0.68	0.68
- ضریب تبدیل کلی	0.64	0.64
ظرفیت عبور جریان I_z تحت شراایط عملیاتی	11.24	11.2

مثال ۳

نصب درون داکت یک کابل 10 هسته ای با غلاف نازک NYM-J 10 ×2.5 برای کنترل یک ماشین ابزار کوچک مورد استفاده است. کابل از مسیر داکت بر روی دیوار و ماشین عبور داده شده است . درجه حرارت محیط $C°$ 40 است .

شرایط عملیاتی (بار پیوسته) :

حداکثر درجه حرارت عملیاتی مجاز	70 $C°$
درجه حرارت محیط	40 $C°$

نتیجه :

مقدار نامی I_r مطابق جدول ۳-۲ نصب از نوع ($\vartheta_U = 30^\circ C, n = 3$)	36A
ضریب تبدیل برای :	
- حرارت محیط مطابق جدل ۷-۷-۱	0.87
- گروه بندی مطابق جدول ۹-۷-۱	0. 55
ضریب تبدیل کل f Π	0.4 8

هنگامیکه تمامی 10 هسته بطور همزمان تحت بار در ششرایط عملیاتی داده شده قرار می گیرند ، کابل 10 هسته ای با غلاف نازک دارای ظرفیت عبور جریان I_z معادل 9.6A خواهد بود .

مثال ۴

نصب بر روی رک کابل تحت ولتاژ اسمی U_n=400 V توان سه فاز معادل 60 kva می باید توسط حداکثر 6 کابل NYBUY با غلاف سربی ، منتقل گردد . کابل ها بر روی رک در کنار یکدیگر نصب شده اند . رک ها در یک اتاق بزرگ با درجه حرارت C° 45 قرار گرفته اند سطح مقطع هادی چقدر باید انتخاب گردد ؟

جریان عملیاتی در 60 KVA معادل مقدار زیر خواهد بود :

$$l_b = \frac{60 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400v} = 86.6A$$

- درجه حرارت محیط مطابق جدل ۷-۷-۱ 0.7 9
- گروه بندی مطابق جدول ۹-۷-۱ 0. 79
ضریب تبدیل کل Πf 0. 6

هنگامیکه این شرایط مطابق جدول ۱-۲ به شرایط عملیاتی مرجع تبدیل شدند، جریان بار مجاز (برای درجه حرارت $\vartheta_v = 30^\circ C$ و هر مدار منفرد) حداقل برابر مقدار زیر خواهد بود :

$$l_{bf} = \frac{86.6A}{0.62} = 139.7A$$

در نتیجه ظرفیت عبور جریان مورد نیاز برای ۶ کابل موازی ، معادل A 23.3 به ازای هر هادی خواهد بود .

مطابق جدول ۳-۲ در نصب از نوع (E) با سه هسته تحت بار ، نیاز به سطح مقطع هادی $2 .5mm^2$ با ظرفیت عبور جریان 25A خواهد بود. با تعیین سطح مقطع نشان داده می شود که به 6 کابل 2.5 NYBUY-j4× غلاف سربی نیاز است .

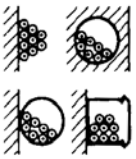
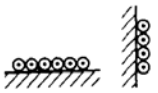
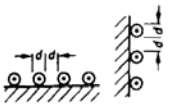
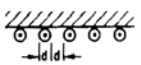
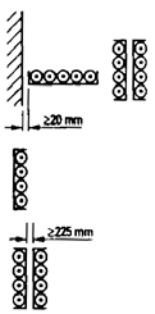
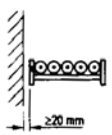
جدول ۷-۷-۱ ضرایب تبدیل برای دمای محیط غیر از $30 C°$

PVC	عایق
70 $C°$	حداکثر دمای مجاز کاری
ضرایب تبدیل	دمای محیط
1.22	10
1.17	15
1.12	20
1.06	25
1.00	30
0.94	35
0.87	40
0.79	45
0.71	50
0.61	55
0.50	60
1.35	65

جدول ۸-۷-۱ ضرایب تبدیل برای کابل های چند هسته ای با سطح مقطع نامی کوچکتر از $10mm^2$

تعداد هسته های بارگذاری شده	ضریب تبدیل
5	0.75
7	0.65
10	0.55
14	0.50
19	0.45
24	0.40
40	0.35
61	0.30

جدول ۹-۷-۱ ضرایب تبدیل برای گروه‌بندی

آرایش		تعداد کابل‌های چند هسته‌ای و یا تعداد مدارات الکتریکی تک فاز و یا سه فاز ساخته شده از کابل‌های تک هسته‌ای (دو و یا سه هادی حامل جریان)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
آرایش چند لایه، مستقیما روی دیوار یا زمین، داخل کانال یا داکت داخل یا خارج دیوار (نصب از انواع A تا E)		1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.48	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38
یک لایه روی دیوار یا زمین، مماس (نصب نوع C)		1.00	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
یک لایه روی دیوار یا زمین، با فاصله معادل با قطر خارجی کابل d (نصب نوع C)		1.00	0.94	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
یک لایه زیر سقف، مماس (نصب نوع C)		0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
یک لایه زیر سقف، با فاصله معادل قطر خارجی کابل d (نصب نوع C)		0.95	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
یک لایه روی سینی (سوراخ دار)، افقی یا عمودی مماس (نصب نوع E)		1.00	0.88	0.82	0.79	0.77	0.76	0.76	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
		1.00	0.88	0.82	0.78	0.75	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
		1.00	0.88	0.81	0.76	0.73	0.71	0.71	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
یک لایه روی رک کابل یا گیره‌های کابل و غیره،		1.00	0.87	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78

علامت کابل تک هسته‌ای و یا چند هسته‌ای

توجه

هنگام کاربرد این ضرایب تبدیل در مقادیر جدول ۶-۷-۱، تعداد هسته‌های بارگذاری شده، نوع کابل و نوع نصب باید تطبیق نمایند.

هنگام گروه بندی کابل‌های چند هسته‌ای و دو یا سه بارگذاری شده، ضریب تبدیل برای تعداد کل کابل‌ها باید انتخاب گردد و در ظرفیت عبور جریان کابل‌هایی با دو یا سه هسته بارگذاری شده اثر داده شود.

در صورتیکه n کابل در گروهی از کابل‌های تک هسته‌ای بارگذاری شده باشند، ضریب تبدیل برای n/2 یا n/3 مدارات الکتریکی تعیین می‌گردد و در ظرفیت عبور جریان دو یا سه هسته بارگذاری شده اثر داده می‌شود.

شناسائی کابلها:

برای شناسائی کابلها از حروفی استفاده میشود که روی کابلها نوشته شده است برخی از این حرف طبق استاندارد آلمان V.D.E بشرح زیر میباشد:

N کابل با هادی مسی

NR کابل با هادی ألومینیوم

Y علامت عایق پرتو دور میباشد

H علامت ورق متالیزه میباشد

T سیم تحمل کننده در کابل کشی هوایی

R حفاظت فولادی نواری شکل

Y روکش کمربندی پرتو دور

R هادی دایره ای شکل میباشد

E هادی یک رشته و دایرهای میباشد

M هادی چند رشته

S هادی بشکل مثلث

مثال : مشخصات کابل زیر را بخوانید. NYY 3*50+ 25 sm (0/6 / 1kv)

کابل سه فاز با هادی مسی به مقطع ۵۰ میلی متر مربع و سیم نول به مقطع ۲۵ میلی متر مربع با مقطع مثلثی چند رشته ای با عایق و غلاف پروتودور (pvc) برای ولتاژ ۰/۶ کیلو وات فازی و ۱ کیلو ولت خطی بدون محافظ. چون این کابل دارای نوار محافظ نیست در جایی مصرف می شود که هیچگونه فشار مکانیکی به آن وارد نشود.

سایز سیمها و کابلها بر حسب سطح مقطع طبقه بندی شده و طبق زیر است:

۰.۵ - ۰.۷۵ - ۱ - ۱.۵ - ۲.۵ - ۴-۶-۱۰-۱۶-۲۵-۳۵-۵۰-۷۰-۹۵-۱۲۰-۱۵۰-۱۸۵-۲۴۰-۳۰۰-۴۰۰-۵۰۰

برای مشخص نمودن یک کابل یا سیم ابتدا تعداد رشته و سپس سطح مقطع سیم از هادیها را ذکر میکنند مانند :

کابل ۴*۲ که یعنی کابلی که دو رشته هادی به سطح مقطع ۴ دارد .

در کابلها چند رشته و از سایز ۱۶ به بالا سیمهای فاز و نول دارای مقاطع مختلفند در اکثر کابلها سیم نول به اندازه دو مرتبه از سیم فاز کمتر است اما در کابلهای با سطح مقطع بالا این اختلاف تا سه هم میرسد

سایز کابلها با هادی چند رشته به شرح زیر میباشد.

۴*۱.۵ ۴*۲.۵ ۴*۴ ۴*۶ ۴*۱۰ ۴*۱۶ ۳*۲۵+۱۰ ۳*۳۵+۱۶

۳*۵۰+۲۵ ۳*۱۲۰+۷۰ ۳*۱۵۰+۷۰ ۳*۱۸۰+۹۵ ۳*۲۴۰+۱۲۰

مثال : کابل ۳*۲۵+۱۰ چه کابلی می‌باشد؟ این کابل سه هادی به سطح مقطع ۲۵ میلیمتر مربع برای فازهای اصلی و یک هادی به سطح مقطع ۱۰ میلیمتر مربع برای نول دارد.

کابل های قدرت برای ولتاژهای تا 30 kV

نوع کابل های مورد استفاده در تاسیسات الکتریکی باید منطبق بر استاندارد مربوطه اروپایی ، بین المللی و یا ملی باشد . همچنین کابل ها دارای علامت گذاریهای زیر هستند که نشان دهنده تولید کننده و مشخصات مربوطه می باشند :

الف- علامت شناسایی بر روی غلاف خارجی (کابل های عایق – ترموپلاستیک)

ب- یک نوار شناسایی در داخل کابل (کابل های عایق کاغذی)

اطلاعات زیر بر روی غلاف کابل های عایق – ترموپلاستیک کابل های فشار ضعیف و متوسط دیده می شوند :

الف - نشانه و یا اسم تولید کننده و سال تولید ،

ب - علامت مشخص کننده نوع و ولتاژ نامی U

ج - علامت سازگاری با VDE

د - نشانه گذاری طول برای کابل های گرد با قطر خارجی بزرگتر از 10mm (به منظور تسهیل در سنجش و اندازه گیری طول) . رنگ غلاف های خارجی رنگ های مورد استفاده در غلاف خارجی کابل های قدرت در جدول ۱۱-۷-۱ آورده شده اند . غلاف های خارجی ساخته شده از پلی اتیلن (PE) باید همواره برای دوام و پایداری بیشتر ، سیاه باشند . در شرایط محیطی معمولی (مثلا تأثیرات آب و هوایی یا مواد موجود در خاک) ، رنگ غلاف های خارجی نباید به اندازه ای تغییر نماید که قابل تمایز از یکدیگر نباشند . لازم به ذکر است که رنگ غلاف های PVC در صورتیکه تحت تأثیر ترکیبات وسولفور و خصوصا سولفید هیدروژن قرار گیرند ، سیاه می گردد ، ترکیبات سولفور که بعضا در خاک دیده می شوند ، حاصل از تجزیه مواد آلی توسط باکتریها به دور از هوا می باشد (مثل،مواد دفع شده ، فاضلاب و گازهای تولیدی) .

جدول ۱۱-۷-۱ رنگ غلاف های خارجی

رنگ غلاف های خارجی	کابل های قدرت
سیاه	ولتاژ نامی $\geq$ 0.6/1 kV
زرد	موارد دیگر
آبی	معادن زیر زمینی
نارنجی	در نصب های امن در مکانهایی با خطر انفجار
	برای کابل هایی با دوام E30/E90
قرمز	ولتاژ نامی $\prec$ 0.61/1 kV
سیاه	غلاف PVC
	غلاف PE

کابل- PROTODUR = با عایق PVC (پلی وینیل کلراید)
کابل – PROTOTHEN X = با عایق XLPE (پلی اتیلن crosslink)

ولتاژ اسمی سیستم : u_n ولتاژ اسمی سیستم $U_0/U \le 0.6/1kV$ ولتاژی است که سیستم منبع توان و یا بخشی از آنرا مشخص می سازد . ولتاژ واقعی می تواند در محدود تلرانس مجاز u_n تغییر نماید .

ولتاژهای عملیاتی($\frac{u_0}{u_{b\max}}$) مقدار لحظه ای ولتاژ ، ولتاژ عملیاتی U_b نامیده می شود . حد بالای این ولتاژ توسط حداکثر ولتاژ عملیاتی مجاز $u_{b\max}$ تعیین می گردد . ولتاژ عملیاتی (مثلا برای یک سیستم سه فاز) مقدار r.m.s بزرگترین ولتاژ فاز به فازی است که می تواند در هر لحظه و یا هر نقطه ای از سیستم تحت شرایط کار نرمال ایجاد شود .

ولتاژ نامی کابل ها $\frac{u_0}{u}$: ولتاژ نامی کابل ها ، توسط ولتاژهای $\frac{u_0}{u}$ تعیین می شود که U_0 ولتاژ بین یک هادی خارجی و غلاف فلزی و یا زمین می باشد و U ولتاژ بین هادی های خارجی یک سیستم سه فاز است : $U = \sqrt{3}.U_0$ و همچنین حداکثر ولتاژ برای تجهیزات (U_m) حداکثر ولتاژ U_m مقدار r.m.s بزرگترین ولتاژ فاز به فازی است که یک وسیله الکتریکی دارا می باشد . در مورد کابل ها این ولتاژ برابر است با U_m = 1.2 U و در جدول ۱۶-۷-۱ آورده شده است .
ولتاژ ایمپالسی نامی صاعقه (U_{rb}) کابل ها می باید با مقادیر U_{rb} مشخص شده درجدول ۱۶-۷-۱ سازگار باشند . یعنی ، در هنگام تست یک کابل جدید ، استفاده از این مقدار ولتاژ ، نباید منجر به تخلیه مخرب گردد .شرایط ولتاژ هنگام انتخاب کابل ها (با در نظر داشتن سیستم منبع توان) شرایط ولتاژ زیر باید در نظر گرفته شوند :

$$u_{b\max} \le \frac{1}{\sqrt{3}} u_m \qquad u_m \le u_0$$

علاوه بر کاربردهای مشخص شده از کابل های 0.6/1kV می توان در موارد خاص زیرنیز استفاده نمود:
الف- در سیستم های DC با حداکثر ولتاژ عملیاتی $U_{b\max}$ که از 1.8KV فاز به فاز به زمین ، تجاوز ننماید .
ب- در سیستمهای سه فاز با حداکثر فاز به فاز $U_{b\max}$ = 3.6 kV در صورتیکه سطح مقطع هادی بزرگتر از $240\ mm^2$ باشد و یا کابل مجهز به هادی های هم مرکز و یا زره دار باشد .

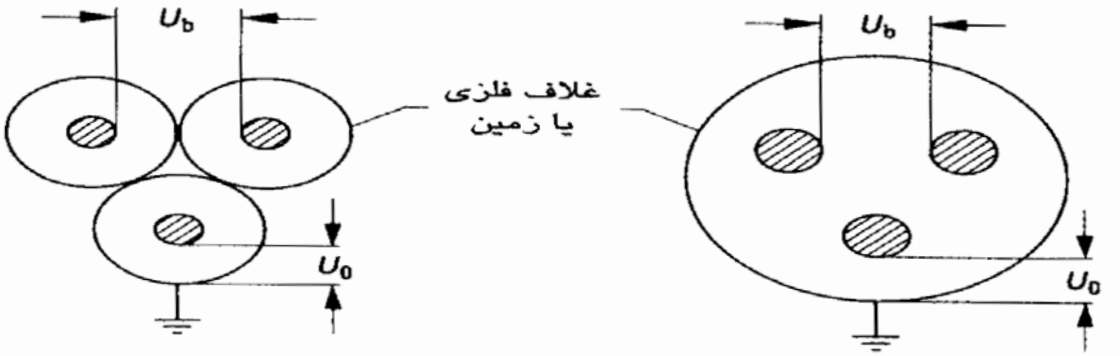
خطای اتصال زمین، اتصال کوتاه به زمین

بر حسب آنکه نقطه خنثی چگونه انتخاب شده باشد ، بین شرایط عملیاتی زر در سیستم های تک فاز و سه فاز ، باید تفاوت قائل شد :

الف- در سیستم های با مقاومت پایین نقطه خنثی اتصال زمین شده خطاهای اتصال زمین بلافاصله قطع می گردند ، یعنی در زمانی معادل یک ثانیه ،

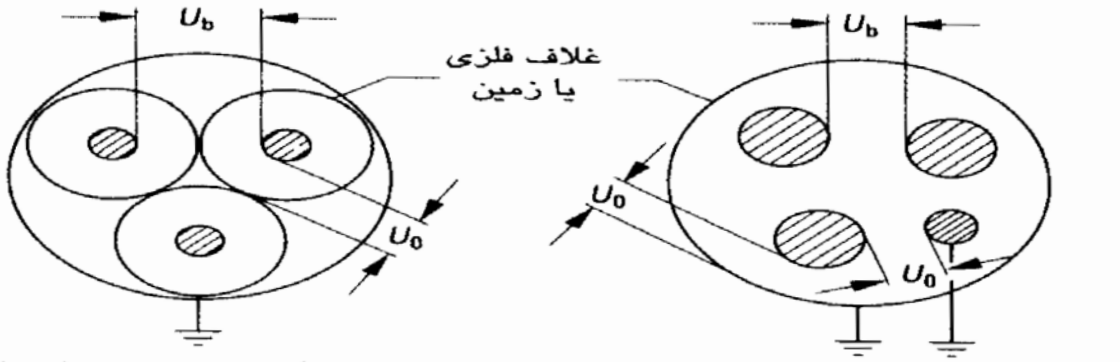
ب- در سیستم های با نقطه خنثی عایق و یا با جبران خطای اتصال زمین خطاهای اتصال زمین جداگانه نباید ، بیش از یک ساعت ماندگار شوند . با فرض اینکه استانداردها برای کابل مورد نظر زمان بیشتری مشخص نکرده باشند و

ج- اتصال کوتاه به زمین شامل خطاهای اتصال زمین دوبل و نیز خطاهای اتصال زمین فاز به فاز و سه فاز می باشند و این خطاها در زمانی معادل چند ثانیه قطع می گردند .



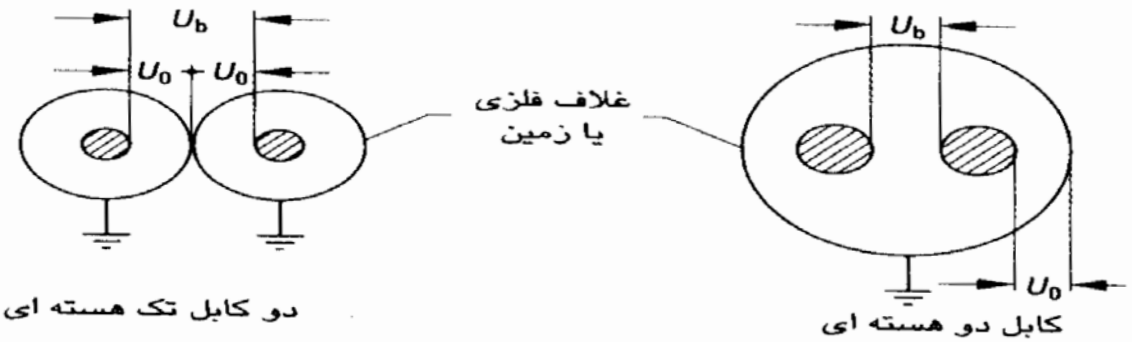
a) سه کابل تک هسته ای

b) کابل سه هسته ای



c) کابل سه هسته ای با
غلاف های انفرادی

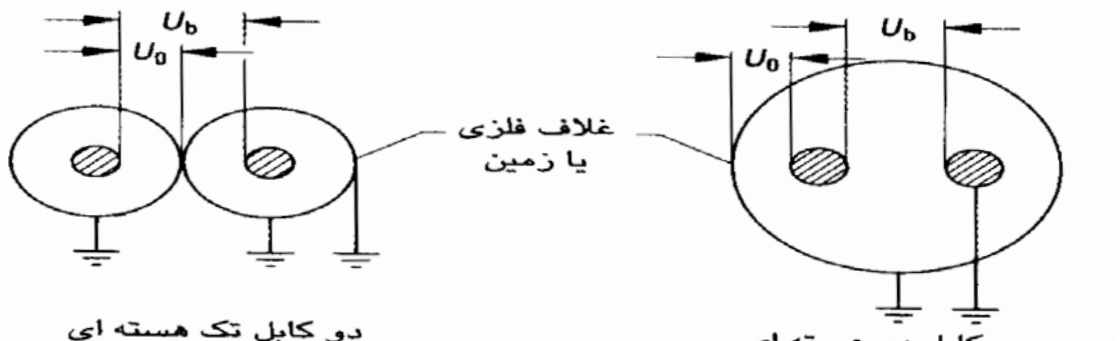
d) کابل چهار هسته ای با
اتصال زمین یا خنثی حفاظتی



دو کابل تک هسته ای

کابل دو هسته ای

e) جریان متناوب تک فاز، هر دو هادی خارجی عایق: $U_b = 2 \cdot U_0$



دو کابل تک هسته ای

کابل دو هسته ای

f) جریان متناوب تک فاز، یک هادی خارجی عایق: $U_b = U_0$

فصل چهارم

طراحی و طراحی پروژه نصب در فضای آزاد

کلیات

درطراحی تاسیسات الکتریکی باید به نکته های زیر توجه کرد :

حفاظت اشخاص وحیوانات اهلی ونیز لوازم ووسایل وساختمانها طبق مقررات ردیف ۱۳-۲-۱ تامین شود .

کار صحیح تاسیسات الکتریکی مناسب با نوع استفاده ای که برای آن در نظر گرفته شده است ، تضمین شود .

اطلاعات اولیه ای که برای طراحی لازم است عبارتند از :

الف-مشخصه های منبع یا منابع تغذیه

نوع جریان : متناوب ، مستقیم یا هردو .

نوع و تعداد هادیها :

برای جریان متناوب : هادی یا هادیهای فاز ؛

هادی خنثی ؛

هادی حفاظتی .

برای جریان مستقیم : هادیهای معادل هادیهای ذکر شده دربالا .

ب-مقادیر و حد گذشتها :

ولتاژ وحد گذشتهای آن ؛

فرکانس وحد گذشتهای آن ؛

حداکثر مجاز شدت جریان ؛

شدت جریان احتمالی اتصال کوتاه ؛

ج-تدابیر حفاظتی موجود در سیستم ، نظیر هادی خنثای زمین شده یا سیم وسط زمین شده .

د-مقررات مخصوص سازمان توزیع کننده نیروی برق (شرکت برق منطقه ای وغیره)

همچنین هر طرح باید با شرایط زیر مطابقت داشته باشد.

۱ -سطح مقطع هادیها

سطرح مقطع هادیها باید با توجه به عوامل زیر تعیین شود :

حداکثر دمای مجاز ؛

افت ولتاژ مجاز ؛

تنشهای الکترومکانیکی که ممکن است دراثر اتصال کوتاه در آنها به وجود آید ،

تنشهای مکانیکی دیگری که ممکن است درهادیهای ایجاد شود ؛

حداکثر مقاومت ظاهری با توجه به عمل وسیله حفاظتی دربرابر اتصال کوتاه .

یادرآوری –نکات ذکرشده در بالا در درجه اول مربوط به تامین حفاظت تاسیست الکتریکی است ولی از لحاظ بهره برداری اقتصادی ممکن است ازمقاطعی بزرگتر از آنچه که بری تامین حفاظت لازم است استفاده شود .

۲ -انواع سیم کشی وطریقه های نصب آن

انتخاب نوع سیم کشی و طرز نصب به نکات زیر بستگی دارد :

ماهیت محل ؛ نوع و ماهیت دیوارها وسایر قسمتهای ساختمان که سیم کشی ها را در بر دارند ؛

قابلیت دسترسی به سیم کشی ها برای اشخاص وحیوانات اهلی ؛

ولتاژ؛

تنشهای مکانیکی دیگری که ممکن است درحین نصب یا بهره برداری از تاسیسات الکتریکی درسیم کشی ها به وجود آید .

۳ -تجهیزات حفاظتی

ویژگیهای تجهیزات حفاظتی باید با توجه به نوع حفاظتی که به وجود می آورند تعیین شود مانند حفاظت در برابر :

اضافه جریان (اضافه بار- اتصال کوتاه) ؛

جریان اتصال زمین ؛

اضافه ولتاژ ؛

ولتاژکم ونبود ولتاژ .

مقادیری از جریان ، ولتاژ و زمان که باعث عمل وسیله حفاظتی می شود باید با خصوصیات مدارها و نوع خطراتی که ممکن است بروز کند متناسب باشد .

۴ -فرمان اضطراری

درمواردی که در صورت بروز خطر به قطع فوری تغذیه احتیاج باشد وسیله قطع باید طوری نصب شود که به سادگی قابل تشخیص و به طور موثر وسریع قابل استفاده باشد.

۵ -وسایل جداکننده

وسایل جدا کننده باید طوری پیش بینی شوند که برای انجام عملیات مربوط به تعمیرات آزمایشها کشف و رفع معایب بتوان با آنها تاسیسات الکتریکی مدارها یا دستگاه های مستقل را از مدار خارج کرد .

۶ -پیشگیری از تاثیر متقابل بین تاسیسات الکتریکی وغیر الکتریکی

تاسیسات الکتریکی رابابد طوری ترتیب داد که تاثیر زیان آور متقابل بین تاسیسات الکتریکی وتاسیسات غیر الکتریکی ساختمان به وجود نیاید .

۷ -قابلیت دسترسی تجهیزات الکتریکی

تجهیزات الکتریکی رابابد طوری ترتیب داد که در صورت لزوم امکانات زیر وجود داشته باشد :

فضای کافی برای تاسیسات اولیه و تعویض بعدی هر یک از اجزاءتجهیزات الکتریکی،

دسترسی برای انجام عملیات مربوط به بهره برداری ، آزمایش ، بازرسی ، نگهداری و تعمیرات .

توسعه در آینده.

نوع درخواست نیروی برق

تعیین تعداد و نوع مدارهای لازم برای روشنایی گرمایش نیرو فرمان انتقال علامات ارتباطات وغیره باید با توجه به شرایط زیر به عمل آید :

نقاط استقرار مصرف کننده ها ؛

بار پیش بینی شده برای هر کدام از مدارها ؛

هرنوع شرط اختصاصی ؛

احتیاجات مربوط به فرمانها ؛ ارسال علامات وارتباط وغیره .

منابع تغذیه اظطراری

منبع تغذیه (ماهیت – مشخصات)

مدارهایی که لازم است ازمنبع اضطراری تغذیه شوند .

شرایط محیط

موارد زیر شرایط عملیاتی مرجع فرض می گردند :

۱-نوع عملیات

۲-شرایط نصب

۳-شرایط عمومی

این شرایط عملیاتی مرجع تشکیل پایه ای برای مشخصه های ظرفیت عبور جریان ، می دهند . شرایط عملیاتی مرجع در فضای آزاد به همراه توصیه هایی برای انواع دیگر شرایط عملیاتی (سایت) در جدول ۹-۲-۳ آمده است این مشخصه ها تشکیل پایه ای برای مقادیر نامی در جداول ظرفیت عبور جریان ، می دهند . (همچنین هنگامیکه کابل ها در فضای آزاد نصب می شوند خیز حرارتی حاصل از تلفات حرارتی تنها از طریق سطح کابل بوسیله همرفت طبیعی و تشعشع ، دفع می گردد و بدون در نظر گرفتن منابع حرارتی دیگر ، نباید منجر به

افزایش حرارت محیط بصورت محسوس گردد (ظرفیت حرارتی بینهایت محیط مثال سالن یا اتاق بزرگ) . این مطلب توسط برقراری شرایط زیر ، تضمین می گردد :

۱- فاصله بین کابل ها و دیوار ، سقف و یا کف باید حداقل 0.3× قطر کابل باشد فاصله بین کابل ها در آرایش هم در یک لایه باید حداقل 2× قطر کابل باشد .

۲- در آرایش کابل های کنار هم در چند لایه عمودی ، فاصله اضافی عمودی بین لایه ها (سینی های کابل و یا رک ها) باید بیشتر از 30 cm باشد .

۳- حفاظت در برابر حرارت دیدن مستقیم توسط اشعه خورشید و موارد مشابه .

۴- اتاق ها می باید به اندازه کافی بزرگ بوده و دارای تهویه کافی باشد ، تا بتوانند از افزایش حرارت محیط حاصل از تلفات حرارتی کابل ها ، جلوگیری نمایند .

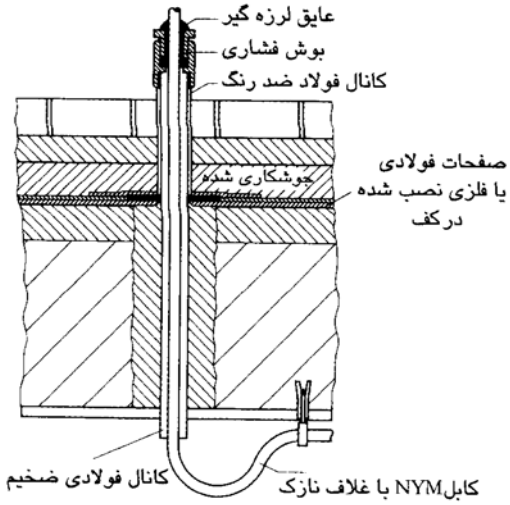
در صورتیکه کابلی بصورت مستقیم بر روی دیوار و یا روی کف نصب شده باشد ظرفیت عبور جریان باید نسبت به حالت نصب در هوای آزاد ، به اندازه ضریب 0.95 کاهش داده شود .

دمای محیط گروه بندی : درجه حرارت محیط مرجع برای کابل های نصب شده در هوای آزاد $30\ C°$ است درجه حرارتهای محیط و نیز گروه بندی ها باید همواره با استفاده از ضرائب تبدیل مناسب مشخص شده در نظر گرفته شوند .

کابل های چند هسته ای : ظرفیت عبور جریان کابل های چند هسته ای (کابل های کنترل) با استفاده از ضرائب تبدیل مشخص شده محاسبه می شوند . جدول ۷-۷-۱ نیز می تواند در مورد کابل های نصب شده در هوای آزاد مورد استفاده قرار گیرد .

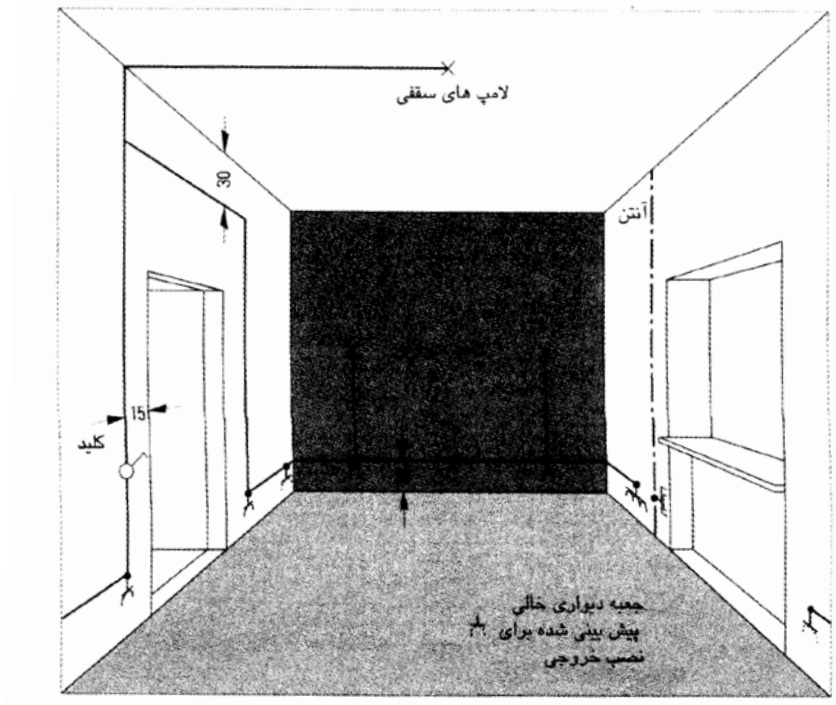
توصیه هایی برای کابل کشی

به منظور تأمین حفاظت کافی در برابر آسیب دیدگی مکانیکی ، کابل ها می باید دارای پوششی مناسب باشند و یا مطابق HD384.5.52/DIN VDE 0/00-520 نصب گردند .در کاربردهای معمولی ، همواره جهت حفاظت در برابر آسیب دیدگی مکانیکی نیاز به پوشش کابل وجود دارد ، در شرایط پوشش زیر غلاف نازک کابل ها کافی می باشد .در نقاطی که در معرض خطر از نوع خاص هستند ، نظیر اتصال کف (شکل ۱-۷-۱) تمام کابل ها (شامل کابل های با غلاف نازک) باید به طرق اضافی محافظت گردند .مثل استفاده از کانال های کشویی پلاستیکی و یا فولادی و یا پوشش های دیگر که بطور مستحکمی نصب شده باشند .



شکل ۱-۷-۱ عبور از کف اتاق با استفاده از کانال فولادی جوش
اده شده به کانال فولادی مستحکم

کابل هایی که در زیر و یا بر روی گچ و یا زیر سطح دیوار نصب می گردند ، باید بصورت افقی ، عمودی و یا به موازات کنج اتاق نصب شوند (شکل ۲-۷-۱)



شکل ۲-۷-۱ کابل‌های نصب شده زیر گچ در اطاق مطابق DIN 18015 (اندازه‌ها بر حسب cm)

شرایط نصب و قرار دادن کابلهای برق

کابلهای با عایق و غلاف پلاستیکی را نباید هیچگاه در درجه حرارت زیر ۵- درجه سانتیگراد نصب و کابل کشی کرد. در صورت اجبار ، قرقره ، کابل باید چند روز قبل از نصب در محیط گرمی حدود ۲۰ درجه سانتیگراد انبار شود. در هنگام کابل کشی شعاع خمش کابلهای پلاستیکی نباید از ۱۵ برابر قطر خارجی کابل کوچکتر باشد. اما در انتهای کابل می‌توان شعاع خمش در موارد خاص با رعایت اصول فنی تا نصف مقدار فوق کاهش داد.

.نصب کابلها درسیمان قالب ریزی و یا کوبیده شده تنها در صورتی امکان پذیر است که کابل های قابل انعطاف را بطور مستقیم در سیمان ویبره و یا کوبیده شده قرار داد ، که درون کانال مطابق روش DIN VDE 0605 , AS نصب شده باشند.کابل های با غلاف نازک را می توان در شکاف ها نصب نمود و روی آن را توسط سیمان ، مطابق روش نصب زیر گچ پوشانید .نصب زیر زمین تحت هیچ شرایطی نباید ، کابل های قابل انعطاف را در زیر زمین و یا درون داکت های در دسترس ، در خارج از ساختمانها نصب نمود . دراین نوع از کاربردها فقط باید از کابل های مخصوص این کاربرد استفاده شود . همچنین نصب در آب برای استفاده پیوسته کابل در داخل آب ،

مناسب بودن کابل های قابل انعطاف با عایق لاستیکی (نظیر کابل های HYDROFIRM) باید توسط آزمون های ویژه ای بررسی گردد . این نوع کاربرد ، تست های کابل های استاندارد ، مورد استفاده قرار نمی گیرند

نصب زیر زمین :

تحت هیچ شرایطی نباید ، کابل های قابل انعطاف را در زیر زمین و یا درون داکت های در دسترس ، در خارج از ساختمانها نصب نمود . دراین نوع از کاربردها فقط باید از کابل های مخصوص این کاربرد استفاده شود .هنگامی که کشیدن کابل توسط دستگاه انجام می‌گیرد باید مواظب بود که نیروی کششی وارده به کابل از مقادیر مجاز نشود، در صورت دفن شدن در خاک باید گودالی به عمق ۷۰ سانتیمتر حفر کرد و کابل را در این گودال در خاک نرم (الک شده) به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر قرار داد. روی آن را آجر (و بر روی آجر) خاک معمولی ریخت. این عمل سبب می‌شود که از فشار طبقات خاک بر روی کابل و تغییر شکل آن جلوگیری به عمل آید و همچنین در موقع کندن زمین با بیل و کلنگ صدمه‌ای به کابل وارد نیاید .نتایج وزن پایین کابل چندین استفاده دارد: طول بزرگتری از کابل می‌تواند روی قرقره‌ها پیچیده شود، از جریان‌های گردابی بالا که درون غلاف کابل افت می‌کنند جلوگیری می‌شودو همچنین ظرفیت جریان عبوری بهینه سازی می‌شود

نصب کابل ها هنگام انتخاب روش نصب مناسب کابل ها ، باید به نوع و فرم آنها توجه شود . برای مثال ، کابل های ساخته شده از مواد عایق و یا فلز با لایه میانی عایق ، میخ های فولادی با واشرهای ساخته شده از مواد عایق و یا انواع چسب ، نصب نمود .کابل های ضد رطوبت را نباید با استفاده از میخ قلاب در زیر گچ نصب نمود . می توان با استفاده از میخ کابل را در جای خود محکم نمود و پس از استفاده از گچ ، میخ را برداشت .

شعاع خمش مجاز:

فاکتورهایی که در تعیین حداقل شعاع خمش مجاز کابل ها دخیل هستند عبارتند از نوع و قطر خارجی کابل و نیز نوع نصب و شرایط عملیاتی .به منظور جلوگیری از آسیب دیدن کابل ها ، حداقل شعاع خمش مجاز کابل ها که باید بطور جدی رعایت گردند ، در جدول ۱۰-۷-۱ لیست شده اند . این مقادیر (برداشت شده از استانداردهای HD 5/6 s2 /DIN VDE 0298-300) . در کاربردهای عملی آزمایش شده اند . رفع کشش کابل هایی که برای کاربردهای تجهیزات الکتریکی پرتابل ، بکار می روند ، باید در محل اتصال تحت کشش نباشند . کابل حفاظتی باید از بقیه کابل ها بلند تر باشد تا در صورت تحت کشش قرار گرفتن و رها شدن بقیه کابل ها بتواند تحت بار قرار گیرد . برای جلوگیری از تاب خوردن کابل در ورودی تجهیزات ، ورودیها باید دارای لبه گرد

باشند و یا از آستین (پوشش ویژه) استفاده شده باشد (شکل ۳-۷-۱) . برای رفع کشش استفاده از گره کابل مجاز نمی باشد (مثلا در هنگام ورود به سایت های ساختمانی) .

کابلهای هوایی:

کابل هوایی کابلی است که به صورت روکار روی دیوار یا سقف یاسینی کابل و یا به صورت آویز بین دو تیر نصب شده است.

استاندارد و مشخصات کابلهای هوایی

کابلهایی که به صورت نصب روکار روی دیوار یا سقف یا سینی کابل ممکن است مورد استفاده قرار گیرد به شرح زیر است:

الف- کابل NYM (DIN 47705): کابلی است که شامل هادی مسی، عایق پی-وی-سی، ماده پرکننده برای شکل دهی کابل[1] و غلاف نهایی پی-وی-سی بوده و برای نصب در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا (H.F.)، یا محیطهای قابل انفجار، و یا محیطهایی با حرارت زیاد مناسب نمی باشد.

ب- کابل NYRUZY (DIN 47707): کابلی است که از نظر هادی مسی، عایق و غلاف پی-وی-سی مشابه کابل NYM بوده ولی بین ماده پرکننده و غلاف نهایی زره گالوانیزه به منطور حفاظت قرار داده شده است. این نوع کابل نیز از نظر کاربرد برای نصب در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا، یا قابل انفجار، و یا با حرارت زیاد مناسب نمی باشد.

پ- کابل NYBUY (DIN 47708): کابلی است مشابه کابل NYM ولی بین ماده پرکننده و غلاف نهایی آن غلاف سربی قرار دارد، این نوع کابل را ممکن است در محیطهای خشک، مرطوب، تر، و در هوای آزاد در صورتی که در برابر نور خورشید محافظت شود، در درون گچ و یا زیر یا روی آن به صورت نصب ثابت قرار داد. استفاده از کابلهای غلاف سربی در حمام مجاز نخواهد بود.

ت- کابلNHYRUZY :کابلی است با هادی مسی، عایق پی-وی-سی، پوشش داخلی،غلاف سیمی و پوشش خارجی پی-وی-سی. این گونه کابل را ممکن است در محیطهای خشک، مرطوب و تر و در محیطهای با تداخل

1.Filling compound

فرکانس بالا و در فضای آزاد در صورتی که در برابر نور خورشید محافظت شود، مورد استفاده قرار داد. کاربرد این نوع کابل در محیطهای مخاطره آمیز و یا دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود.

کابلهایی که به صورت هوایی و آویزان بین دو تیر نصب می شود

الف- کابل YTY: کابلی است مکه شامل هادی مسی، عایق پی-وی-سی، ماده پرکننده و غلاف نهایی پی-وی-سی بوده و در مجاورت غلاف نهایی، سیم مهار (بگسل) از فولاد گالوانیزه برای نگهداری کابل تعبیه شده است. استفاده از این نوع کابل در محیطهایی با حرارت زیاد، یا با تداخل فرکانس بالا مناسب نمی باشد.

ب- در صورتی که بین دو تیر، سیم مهار (بگسل) فولاد گالوانیزه جداگانه ای متناسب با مقطع کابل مربوطه نصب شود، کلیه کابلهای مندرج در بند ۷-۲-۱-۱ را می توان با استفاده از بستهای مخصوصی که حداکثر فاصله بین دو بست از پنجاه سانتیمتر تجاوز نکند، روی سیم مهار مذکور نصب کرد.

جریان مجاز کابلهای هوایی با توجه به شرایط نصب و درجه حرارت محیط و تعداد کابلها در جدول ۷-۶ درج گردیده است.

اصول و روشهای نصب کابلهای هوایی

در هنگام نصب کابلهای هوایی اصول زیر باید کاملا مد نظر بوده و رعیت شود:

الف- حداقل فاصله بین کابلهای هم ولتاژ باید به اندازه قطر کابل ضخیمتر مجاور در نظر گرفته شود. در صورتی که ولتاژ کابلهای موازی متفاوت باشد حداقل فاصله بین دو کابل مجاور باید ۳۰ سانتیمتر باشد. بدیهی است کابلهای هم ولتاژ باید در یک گروه نصب گردیده و حداقل فاصله فوق الذکر (۳۰ سانتیمتر) برای گروههای متفاوت رعایت شود.

ب- حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا ی لوله چنان باید تعیین شود که کشیدن آن به آسانی امکان پذیر باشد. با توجه به این اصل توصیه می شودکه قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شدهدر داخل آن باشد.

پ- در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تأسیسات فلزی عبور می نماید،هر یک از سوراخها باید دارای انحناهای لازم با بوشن های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

ت- در مواردی که لوله کشیها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود دذر معرض تغییرات زیاد درجه حرارت قرار می گیرد، مانند تأسیسات مبرد و سردخانه ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می کند، باید قسمت مناسبی از لوله کشی یا مجاری کابل به منطقه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمتهای گرمتر و قسمتهای سردتر جلوگیری به عمل آید. اتصالهای انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی در مواردی که لازم است پیش بینی شود.

ث- در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادیها وارد شود و نه بر پوشش خارجی آن. در تأسیساتی که کابلهای آن به طور دایم تحت نیروی کشش قرار می گیرد استفاده از کابلهای مجهز به سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کند توصیه می شود.

ج- کابلههایی که به تجهیزات قابل حمل یا متحرک نصب می شود باید در نقطه اتصال به دستگاه به نحوی بسته و محکم شود که هیچ نیرویی به ترمینالهای کابل وارد نشده و از کوتاه شدن و یاعقب رفتن عایقبندی یا غلاف کابل جلوگیری به عمل آید. در صورتی که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد طول آن باید به قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیله بستن کابل، وارد شدن نیرو به ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینالهای هادیهای برقدار ممکن گردد. وسیله بستن کابل باید برقدار نبوده و به نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی در کابل بسته شده بوجود نیاورد.

چ- همه خمهای کابل باید به نحوی انجام شود که هیچ نوع خرابی به خود کابل وارد نشود، به استثنای مواردی که به نحوی دیگر در مقررات مربوطه به کابل ذکر شده باشد، در تأسیسات نصب ثابت حداقل شعاع داخلی هر نوع خم به ترتیب زیر توصیه می شود:

- کابلهای با روپوش فلزی (زره-غلاف سربی-هادی هم مرکز) $r=9(D+d)$

-کابلهای با غلاف آلمینیومی $r=15D$

-کابلهای با عایقبندی معدنی و غلاف مسی $r=5D$

کابلهای فاقد هرگونه پوشش فلزی $r=8(D+d)$

که در آن :

D= قطر خارجی کابل، d= قطر هادی بزرگترین رشته کابل، r= حداقل شعاع داخلی هر خم می باشد. در صورتی که مقطع هادی به فرم قطاع[2] باشد، $d=1/3\sqrt{A}$ در نظر گرفته خواهد شد که در آن A سطح مقطع هادی می باشد.

ح- کلیه کابلهای داخل و خارج ساختمان یک تکه بوده و از استعمال دو راهی وسط خط باید خودداری شود.

نصب کابل روی دیوار و سقف

الف- برای نصب یک رشته کابل بر روی دیوار یا سقف باید از بستهای کائوچویی دو تکه ای مخصوص کابل استفاده شود به طوری که در محلهای بستکاری، کابل مستقیما با دیوار یا سقف تماس نداشته باشد. در مورد نصب چند رشته کابل توثیه می گردد که کابلهای مذکور به صورت موازی روی دیوار یا سقف نصب گرئیئه و از بستهای ریلی استفاده شود.

حداقل فاصله کابل از دیوار باید دو سانتیمتر در نظر گرفته شود.

فاصله کابلها باید از یکدیگر باید حداقل دو برابر قطر کابل مورد نظر باشد. در مواردی که فاصله مذکور کمتر باشد باید از ضرایب مناسبی برای کاهش ظرفیت جریان مجاز کابل استفاده شود.

ب- کابلهایی که بوسیله بست نصب می شود، یا بر روی بازوهای افقی قرار داده می شود، باید به نحوی نگهداری شودکه فاصله بستها و بازوها از مقادیر زیر تجاوز ننماید.

- در مورد کابلهای بدون زره فلزی

20D

- در مورد کابلهای زره فلزی دار 35D

D قطر خارجی کابل می باشد. در مرد نصب کابلها به صورت قائم می توان به مقادیر فوق تا میزان پنجاه درصد اضافه نمود.

پ- بستهای مورد استفاده در صورتی که از نوع عایقدار نباشد باید به وسیله غلاف محافظ عایق پوشانده شود.

2- Sector

ت- در مواردی که ساختمان دارای سقف کاذب است، نصب کابل بر روی سقف کاذب به هیچ وجه مجاز نمی باشد و باید روی سقف اصلی ساختمان نصب شود.

ث- فاصله ای که به علت استفاده از بستهای ریلی یا دو تکه ای بین کابل و دیوار (یا سقف) ایجاد گردیده، باید در گوشه ها (داخلی و خارجی) با نصب دو عدد بست به فاصله ۱۰ سانتیمتر از طرفین گوشه عینا حفظ و رعایت گردد.

ج- کابلها باید در برابر تابش مستقیم آفتاب دارای نوعی حفاظ باشد.

نصب کابل روی سینی کابل

الف- ابعاد سینیهای کابل باید از نظر مکانیکی با توجه به وزن کابلها و همچنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات ورسیدگی انتخاب شود، ولی به طور کلی سینیهای کابل باید با ورق آهن گالوانیزه کهخ مشبک شده باشد و به ضخامت حداقل ۱/۵ میلیمتر ساخته شده و در صورت آویز بودن توسط میله های فولادی به قطر حداقل ۶ میلیمتر در فاصله های حداکثر یک متر نگاه داشته شود.

ب- سینیهای کابل چند طبقه باید با توجه به عرض آن به نحوی انتخاب شود که دسترسی به کابلها حداقل از یک طرف امکان پذیر باشد. فاصله بین سینیهای دو طبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.

پ- هنگام نصب کابلها بر روی سینی کابل، کابلها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهار راه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم و همچنین به فاصله ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱/۵ متر در مسیرهای قائم به سینیها محکم شود.

نصب کابل به صورت آویز بین دو یا چند تیر

الف- به منظور نصب سیم مهار به تیر ابتدایی باید سیم مذکور بوسیله آی بولت[3] به تیر متصل شده و برای جلوگیری از خمش نامتناسب بین مهار و آی بولت باید از گوشواره مخصوص سیم مهار متناسب با مقطع سیم برای عبور سیم مهار از داخل آی بولت استفاده وانتهای سیم مهار بعد از گشتن دور سیم مهار حداقل بوسیله دو

3-Eye bolt

عدد بست دو پیچه محکم گردد. برای نصب و عبور سیم مهار از روی تیرهای میانی بایستی از آی بولت یا بازو وبست مناسب استفاده گردد. در تیر انتهایی علاوه بر روش و اصول مورد استفاده در تیر ابتدایی باید یک عدد مهارکش متناسب با مقطع و طول خط مهار نصب شود.

ب- کابلهای آویزان شده از سیم مهار باید یا به صورت پیوسته به آن وصل بوده و یا در حداکثر فواصلی به شرح زیر بستکاری شود:

- در مورد کابلهای بدون زره فلزی 40D

- در مورد کابلهای زره فلزی دار70D

D قطر خارجی کابل می باشد.

پ- بستهای بکار رفته در صورتی که از نوع عایقدار نباشد باید بوسیله غلاف محفظ عایق پوشانده شود.

کابلهای زمینی

کابل زمینی کابلی است که مستقیما در زیرزمین، یا در کانال پیش ساخته یا در شافت (Shaft)، و یا در لوله قابل نصب باشد.

استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی دارای عایقبندی پلاستیکی

کابلهایNAYY, NYY (VDE 0271):

کابلNYY دارای هادی مسی و کابل NAYY دارای هادی آلمینیومی با ولتاژ اسمی0.6/1 کیلوولت می باشد. در کابلهای یک سیمه هادی با رشته های مسی یا آلمینیومی نرم شده است که مقطع آن گرد یا قطاعی (سه گوش) بوده و با مواد پلاستیک عایق می شود. سیمهای عایق شده پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده پرکننده قرار داده می شود. در کابلهای با هادی سه گوش به دور کابل نوار پلاستیکی پیچیده می شود و کابل با ماده پی-وی-سی غلاف می گردد. این نوع کابلها را می توان در داخل ساختمان، در مجاری و کانالهای پیش ساخته، در شافت، و نیز در داخل کانالهای زمینی، و در آب مورد استفاده قرار داد مشروط بر آنکه خطر آسیب دیدگی مکانیکی وجود نداشته باشد.کابلهای مزبور همچنین برای توزیع نیرو در کارخانه های صنعتی و روشنایی خیابانها نیز بکار می رود.

کابلهای NAYCWY, NYCWY, NYCY (VDE 0271):

این نوع کابلها مشابه کابلهای NYY و NAYY است ولی بین غلافهای پی-وی-سی داخلی و خارجی آن دارای زره سیم مسی با نوار مارپیچ مسی می باشد. بدیهی است که از غلاف مسی می توان به عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده کرد. این گونه کابلها را می توان در مواردی که امکان آسیب مکانیکی به کابل در هنگام نصب یا در زمان بهره برداری وجود داشته باشد در زیرزمین، در آب، در داخل یا خارج ساختمان و در کانال مورد استفاده قرار داد.

کابلهای NAYFGY, NYFGY, NAYRGY, NYRGY با ولتاژ اسمی 0.6/1 کیلوولت (VDE 0271, IEC 502)

کابلهای NYRGY و NYFGY با هادی مسی رشته ای و کابلهای NAYRGY و NAYFGY با هادی آلومینیومی رشته ای دارای عایق از جنس پی-وی-سی و پوشش یا نوار پلاستیکی بر روی مجموعه هسته ها می باشد. کابلهای NYRGY و NAYRGY دارای زره از سیمهای فولاد گالوانیزه با مقطع گرد و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ می باشد که بر روی آن غلاف خارجی پی-وی-سی قرار گرفته است. این نوع کابلها را ممکن است در خارج ساختمان، در زیرزمین، در آب، در داخل ساختمان، و در کانالهای پیش ساخته در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا در مواردی که تنشهای کششی در هنگام نصب یا در زمان بهره برداری وجود دارد، مورد استفاده قرار گیرد.

استانداردو مشخصات کابلهای زمینی دارای عایقبندی پلی اتیلن مستحکم (XLPE) با ولتاژ اسمی 0.6/1 کیلوولت (IEC 502)

کابل 2XY با هادیهای مسی یک یا چند رشته ای دارای عایق از جنس پلی اتیلن مستحکم و پوشش داخلی و لایه فوبل بر روی مجموعه هسته ها و غلاف خارجی از جنس پی-وی-سی می باشد. در این نوع کابل حرارات مجاز هادی ۹۰ درجه سانتیگراد و حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه ۲۵۰ درجه سانتیگراد است.

این نوع کابل را ممکن است در تأسیسات داخلی در کانال پیش ساخته و در خارج ساختمان در زیرزمین در پستهای برق، واحدهای صنعتی و در سیستمهای برق رسانی محلی، در مواردی که صدمه و آسیب مکانیکی به کابل غیر محتمل باشد مورد استفاده قرار داد.

کابلهای 2XFGY, 2XRGY :

ساختمان کابل 2XRGY شامل هادیهای مسی مفتولی، عایق پلی اتیلن، پوشش داخلی، زره از سیمهای فولادی گالوانیزه با مقطع گرد، نوار باز از فولاد گالوانیزه، و غلاف خارجی از جنس پی-وی-سی می باشد.

ساختمان کابل 2XFGY شامل هادیهای مسی رشته ای با مقطع گرد یا قطاعی، عایق پل اتیلن مستحکم، پوشش داخلی، زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت، نوار باز از فولاد گالوانیزه، و غلاف خارجی از جنس پی-وی-سی می باشد.

در این نوع کابلها حرارت مجاز هادی ۹۰ درجه سانتیگراد و حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه ۲۵۰ درجه سانتیگراد است.

این گونه کابلها را ممکن است در تأسیسات داخلی، در کانال، در خارج ساختمان و در زیر سطح زمین، در پستهای برق، کارخانه های صنعتی و مانند آن، در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا در مواردی که تنشهای کششی در هنگام نصب کابل یا در زمان بهره برداری وجود دارد، مورد استفاده قرار داد.

استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی مجهز به عایقبندی کاغذی با ولتاژ اسمی 0.6/1 کیلوولت

کابلهای NAKBA, NKBA

کابل NKBA با هادی مسی رشته ای و کابل NAKBA با هادی آلومینیومی رشته ای دارای عایق و کمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف سربی، لایه کاغذی مرکب، زره از نوار فولادی دوبل و پوشش کنفی مرکب می باشد. این گونه کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل، در مواردی که تنشهای مکانیکی زیاد مطرح نباشد به کار برد.

کابل NAKLEY با هادی آلومینیومی مفتولی یا رشته ای، دارای عایق و کمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف آلومینیومی، نوار پلاستیکی آغشته به ترکیب بیتومین و غلاف پی-وی-سی می باشد.

این نوع کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

میزان جریان مجاز کابلهای زمینی با توجه به شرایط نصب، درجه حرارت محیط، و تعداد کابلها در جدول ۷-۶ درج شده است.

اصول و روشهای نصب کابلهای زمینی

در هنگام نصب کابلهای زمینی اصول زیر باید کاملا مد نظر بوده و رعایت شود:

الف- حداقل فاصله بین کابل فشار ضعیف، یا فشار قوی و یا جریان ضعیف زیرزمینی از لوله های گاز، بخار، آب، و سوخت باید برابر ۳۰ سانتیمتر باشد.

ب- در مواردی که کابل با کابل دیگر (به خصوص کابهایی با فشارهای متفاوت) یا لوله های گاز و آب و یا غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله محافظ با قطر متناسب با قطر کابل و طول حداقل یک متر استفاده نموده و کابل از داخل یک لوله محافظ عبور نماید. در این گونه موارد و یا هنکامی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می کند باید یک لوله محافظ اضافی خالی به منظور کابل کشیهای آینده پیش بینی شود و در وسط این لوله مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک متر بیش از طول لوله فوق الذکر باشد قرار داده شود، در محل ورود و خروج کابل از لوله باید کابل را بوسیله ریختن خاک کوبیده یا ماسه نرم در زیر آن محافظت کرد.

پ- برای خواباندن کابلها باید از میزان درجه حرارتی که کابل می بایست تحت آن کشیده شود اطمینان حاصل نمود. اگر کابل قبل از خواباندن احتیاج به گرم کردن نداشته باشد باید میزان درجه حرارت بر حسب جدول ۷-۵ رعایت شود. به عنوان مثال کابل نوع پلاستیکی (P.V.C) نباید در زمستان که درجه حرارت کمتر از صفر درجه سانتیگراد است کابل کشی شود. در صورت سرد بودن می توان قبلا قرقره کابل را برای مدت حداقل ۷۲ ساعت در اطاق با انباری که دمای آن از ۲۰ درجه سلسیوس کمتر نباشد قرار داد و یا با استفاده از وسایل مخصوص گرم کردن کابل آن را گرم نمود و سپس فورا مورد استفاده قرار داد و خوابانید. روش دیگر برای گرم کردن کابل عبارت است از اتصال آن به جریان برق و ایجاد حرارت بوسیله عبور برق از کابل مذکور.بدیهی است که پس از نصب کابل، درجه حرارت محیط می تواند به ۳۰- درجه سانتیگراد هم برسد بدون آنکه به کابل صدمه ای بزند.

ت- تغییر جهت کانالهای کابلها باید به نحوی باشد که با شرایط مربوط به خم کردن کابلها (مندرج در این فصل) مطابقت کند. تعداد کابلهایی که در داخل هر کانل نصب می شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به سهولت امکان پذیر باشد.

ث- حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا و یا لوله باید به نحوی تعیین شود که کشیدن آن به آسانی میسر باشد. با توجه به این اصل توصیه می شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شده در داخل آن باشد.

ج- در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تأسیسات فلزی عبور می کند، هر یک از سوراخها باید دارای انحنای لازم با بوشن های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

چ- در مواردی که لوله کشیها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود در معرض تغییرات زیاد درجه حرارت قرار می گیرد، مانند تأسیسات سرد و سردخانه ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می کند باید قسمت مناسبی از لوله کشی یا مجاری کابل به نقطه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمتهای گرمتر و قسمتهای سردتر جلوگیری به عمل آید. اتصالهای انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی، در مواردی که لازم است، پیش بینی شود.

ح- در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادیها وارد شود نه پوشش خارجی آن. در تأسیساتی که کابلهای آنها به طور دایم تحت نیروی کشش قرار می گیرد استفاده از کابلهای مجهز به سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کند توصیه می شود.

خ- کابل کشی با دستگاههای مخصوص باید با توجه به نیروی کشش مجاز کابل مورد نظر انجام شود. فرمولهای نیروی کشش مجاز انواع کابلها در جدول ۷-۴ ارائه شده است.

د- کابلهایی که به تجهیزات قابل حمل یا متحرک وصل می شود باید در نقطه اتصال به دستگاه به نحوی بسته و محکم شود که هیچ نیرویی به ترمینالهای کابل وارد نشده و از کوتاه شدن و یا عقب رفتن عایقبندی یا غلاف کابل جلوگیری به عمل آید. در صورتی که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد طول آن باید یه قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیله بستن کابل، وارد شدن نیرو به ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینالهای هادیهای برقدار ممکن گردد. وسیله بستن کابل باید برقدار نبوده و به نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی در کابل بسته شده بوجود نیاورد.

همه خمهای کابل باید به نحوی انجام داده شود که هیچ نوع خرابی به خود کابل وارد نشود. به استثنای مواردی که به نحوی دیگر در مقررات مربوطه به کابل ذکر شده باشد، در تاأسیسات نصب ثابت حداقل شعاع داخلی هر نوع خم به شرح زیر خواهد بود:

- کاتلهای با روپوش فلزی (زره- غلاف سربی- هادی هم مرکز) $r=9(D+d)$

- کابلهای با غلاف آلومینیومی $r=15D$

- کابلهای با عایقبندی معدنی و غلاف مسی $r=5D$

کابلهای فاقد هرنوع روپوش فلزی $r=8(D+d)$

که در آن D قطر خارجی کابل، d= قطر هادی بزرگترین رشته کابل و r حداقل شعاع داخلی هر خم می باشد، در صورتی که مقطع هادی به فرم قطاع (Sector) باشد $d=1.3\sqrt{A}$ در نظر گرفته خواهد شد، که در آن A سطح مقطع هادی می باشد.

ر- کلیه کابلهای داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود. استفاده از دوراهی در موارد استثایی پس از تأیید دستگاه نظارت مجاز خواهد بود.

نصب کابل در داخل کانال خاکی

الف- برای نصب کابلها در داخل کانال خاکی ابتدا باید کانال مورد نظر با ابعاد مشخص شده در نقشه مربوط حفر و کف آن به ضخامت ۱۰ سانتیمتر ماسه ریزی و کابلها بر روی ان خوابانده شود، آنگاه، روی کابلها نیز با ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم پوشانیده و یک نوار پلاستیکی خبر دهنده که بر روی آن عبارت ((توجه مسیر کابل)) نوشته شده بر روی آن کشیده شود و سپس به منظور محافظت کابل یک ردیف آجر به عزض ۲۲ سانتیمتر، با یک ردیف بلوک سیمانی بر روی نوار مزبور چیده وسپس روی آن خاکریزی و کوبیده شود.

ب- عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابلهای زیرزمینی بستگی به تعداد کابلهایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می گیرد. همچنین، عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابلهایی دارد که روی یکدیگر قرار می گیرد. معذالک فاصله بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین، در زیر سطح تمام شده پیاده رو نباید از ۷۰ سانتیمتر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از یک متر کمتر باشد.

پ- اگر تعداد کابلهای مورد لزوم برای نصب در داخل کانال خاکی زیاد باشد بهتر است به جای قرار دادن کابلها بر روی یکدیگر، کابلها پهلوی هم کشیده شود. حداقل فاصله کابلهای زیرزمینی از یکدیگر در صورتی که دو کابل هم ولتاژ باشد باید برابر ۱۰ سانتیمتر و در صورتی که یک کابل، کابل فشار ضعیف و دیگری کابل فشار قوی یا کابل جریان ضعیف (دو کابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد باید ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود، (منظور از

فاصله دو کابل فاصله هوایی بین آن دو می باشد.)در مواردی که چند کابل به موازات یکدیگر در یک سطح افقی کشیده می شود باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابلها با آجر پوشانیده شده و در مورد کابلهای جانبی، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد.

ت- جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابلها در شکل ۷-۱ نشان داده شده است.

ث- در مواردی که کابل فشار ضعیف و کابل فشار قوی در یک کانال خاکی زیرزمینی نصب می شود باید کانال به شکل پله ای (دو بستر متفاوت) حفر و کابل فشار قوی در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است کلیه اصول و روشهای مربوط به نصب کابلهای فشار ضعیف و قوی در مورد هر کدام از کابلهای مذکور باید دقیقا رعایت شود. (شکل۷-۱)

ج- در محلهایی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می کند باید لوله محافظ یک یا چند سوراخه از جنس پلاستیک صلب، سیمان ازبست، سیمان یا فولاد، در عمق حداقل یک متر از سطح جاده یا سطح سخت قرار گرفته و کابل از داخل آن بگذرد. قطر سوراخ لوله ها باید حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل مربوطه باشد. در محلهای خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبه لوله نوعی بالشتک برای آن در نظر گرفت.

چ- در صورتی که محل خواباندن کابل، زمین شوره زار بوده، یا امکان وجود حشرات موذی مانند موریانه و غیره باشد استفاده از کابل NYY به هیچ وجه مجاز نبوده و بایستی کابل NYCY یا NYCWY به کار برده شود.

ح- کابلهایی که بدون هیچ نوع حفاظت مکانیکی اضافی مستقیماً در زمین دفن می شود باید دارای پوشش یا زره فلزی و غلاف محافظ باشد. کابلهایی که با استفاده از حفاظت مکانیکی اضافی (آجر یا دال بتونی) در زمین دفن می شود باید دارای غلاف محافظ باشد. مسیر این گونه کابلها باید به نحوی علامتگذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی، محل آن مشخص باشد.

خ- پیمانکار موظف است که قبل از شروع به حفر و کندن کانال خاکی کلیه نقشه های تأسیساتی اجراء شده قبلی در محوطه عملیات خود را از دستگاههای اجرایی مربوطه دریافت و با توجه به آن اقدام به حفر کانال کند به طوری که هیچ گونه لطمه ای به تأسیسات موجود وارد نشود.

د- هنگام حفر کانال خاکی برای نصب کابلها باید اسفالت یا سیمان یا پوشش، کنده شده و در یک سمت گودال در فاصله حداقل یک متری انباشته شود تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. همچنین،

سایر مواد خاکبرداری شده (یعنی خاک و غیره) در سمت دیگر گودال و در فاصله حداقل ۰/۳ متری انباشته گردد تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال در امان باشند.

ذ- در مواردی که به منظور خواباندن کابلها در قسمتس از جاده اسفالته یا پیاده رو باید خاکبرداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابلکشی جاده اسفالته یا پیاده رو را تعمیر و به حالت اول برگرداند.

نصب کابل در داخل کانال پیش ساخته

الف- کانالهای پیش ساخته کابلکشی می تواند به صورت آدم رو یا معمولی، ساخته شده از آجر با اندود سیمانی و یا بتونی باشد.

ب- به منظور دفع آبهایی که ممکن است در کف کانالهای پیش ساخته جمع شود باید کف شورهای مناسبی که به سیستم فتضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش بینی و نصب شود.

پ- برای هدایت آبهای احتمالی، کف کانالهای پیش ساخته شده بایستی دارا شیبی برابر نیم الی یک صد در جهت کف شورهای پیش بینی شده باشد.

ت- به منظور پرهیز از تماس مستقیم کابلها با کف کانال پیش ساخته معمولی باید در کف کانال و در فواصل حداکثر برابر با ۶۰ سانتیمتر اتکایی از لوله گالوانیزه و یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) و یا چوب فشرده شده با ارتفاع ۱۰ سانتیمتر از کف کانال پیش بینی و نصب گردیده و سپس کابلها روی اتکاههای مذکور خوابانده شود.

ث- کانالهای پیش ساخته معمولی در موتورخانه ها، پستهای برق، اتاق و یا سالنهای مولد برق و غیره باید دارای درپوشهای قابل برداشت از آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

ج- به منظور نصب کابل در کانالهای پیش ساخته شده آدم رو بایست از قطعات پیش ساخته گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بستهای طپانچه ای استفاده شود و یا اینکه همزمان با ساخت کانال، در تمامطول دیواره کانال و حداکثر هر دو متر، یک پروفیل ناودانی به عرض ۱۰ سانتیمتر و به طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش بینی و نصب شودتا بعدا متناسب با نوع و تعداد کابلهای مورد نیاز، اسکلت کابلکشی، بازوها، نگاهدارنده ها، و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانیهای مذکور نصب کرد.

کلیه کابلکشیها بایستی روی سینی کابل انجام شده و کلیه اصول نصب مندرج در بخشهای نصب کابل هوایی و نصب کابل روی سینی کابل باید دقیقاً رعایت شود.

ح- کلیه کانالهای پیش ساخته شده آدم رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل حداکثر برابر با ۶ متر بوده و همچنین در صورت امکان برای تماس با خارج در صورت لزوم، پریزهای تلفن در فواصل حداکثر برابر با ۲۰ متر پیش بینی و نصب شود.

خ- در کانالهای پیش ساخته شده آدم رو، در صورتی که علاوه بر تأسیسات برقی از تأسیسات مکانیکی و غیره نیز استفاده شود باید حتی الامکان در یک دیواره تأسیسات برقی و در دیواره مقابل تأسیسات دیگر نصب شود. در صورتی که امکان نصب به طریق فوق نباشد باید حداقل تأسیسات مذکور در دو ارتفاع متفاوت و به صورت مستقل و جدا از هم نصب شود، به طوری که تأسیسات برقی در ارتفاع بالاتر از تأسیسات مکانیکی نصب شده باشد.

نصب کابل در داخل شافت

برای نصب کابل روی دیواره شافت، بایستس کلیه اصول و روشهای تعیین شده مندرج در بخش نصب کابل روی دیوار، به خصوص نصب در حالت قائم، دقیقاً رعایت شود.

در جدول فوق A سطح مقطع کل هادیها به میلیمتر مربع (شامل حفاظ و هادیهای حفاظتی هم مرکز نمی شود) و D قطر خارجی کابل به میلیمتر است.

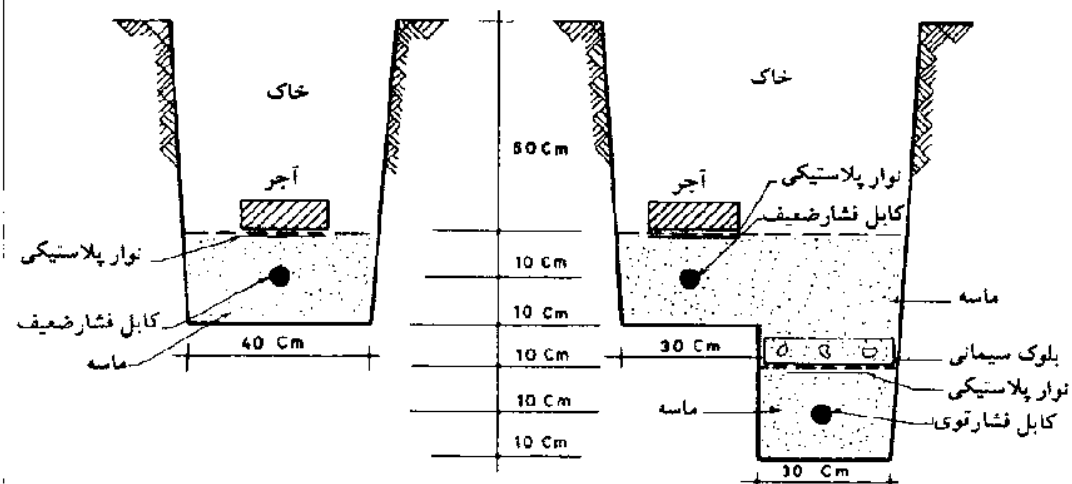
جدول ۷ ـ ۴ نیروی کشش مجاز انواع کابلها

روش کشش کابل	نوع کابل	نیروی کششی مجاز (نیوتن)
بستن هادیهای کابل به یکدیگر و اتصال به قلاب دستگاه کشش با استفاده از جوراب کابل	تمام انواع کابلها	F=A ×۵۰ (هادی مسی)
		F=A ×۳۰ (هادی آلومینیومی)
	کلیهٔ کابلهای دارای زره از سیمهای فولادی مانند: NYFGY, NAYFGY	$F= 9D^2$
	کابلهای غلاف فلزی، بدون زره مقاوم در برابر کشش مانند:	
	NKBA, NYKY, NAKLEY	$F=D^2 \times 3$ (کابل تک‌غلاف)
	NEKEBA , NAEKEBA	$F=D^2 \times 1$ (کابل سه‌غلاف)
	کلیهٔ کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی و بدون زره مانند:	F=A × ۵۰ (هادی مسی)
	NYY, NYCY, NYCWY	F=A × ۳۰ (هادی آلومینیومی)
	NYSY, NYSEY	

در جدول فوق A سطح مقطع کل هادیها به‌میلیمتر مربع (شامل حفاظ و هادیهای حفاظتی هم نمی‌شود) و D قطر خارجی کابل به‌میلیمتر است.

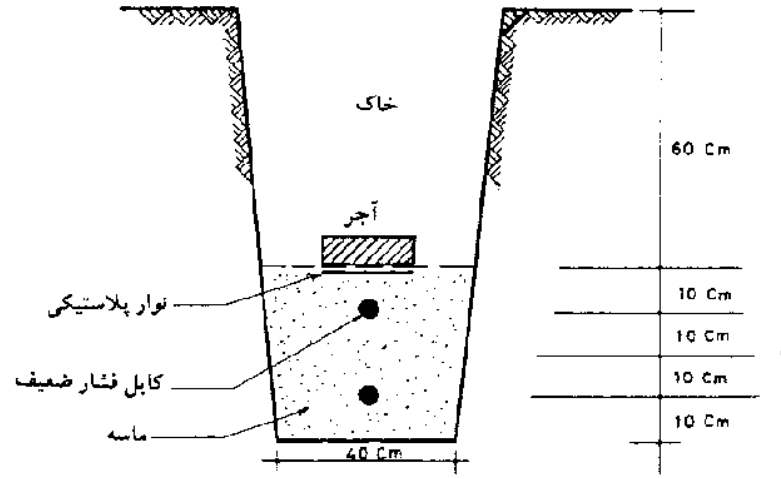
جدول ۷ ـ ۵ حداقل درجه حرارت کابلکشی بدون گرم‌کردن کابل

درجه سانتیگراد	نوع کابل
۰	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با کاغذ آغشته معمولی یا بدون پوشش حفاظتی
+۵	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۰	با پوشش پلاستیکی با غلاف P.V.C از یک تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
-۱۰	با عایق پلاستیکی و غلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت
-۷	الف ـ با پوشش حفاظتی و بدون پوشش
	ب ـ با عایق پلاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C با پوشش حفاظتی
-۱۵	با عایق لاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
-۲۰	با عایق لاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی ولی با غلاف فلزی



جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی

جزییات کانال خاکی مشترک تیپ برای نصب کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف

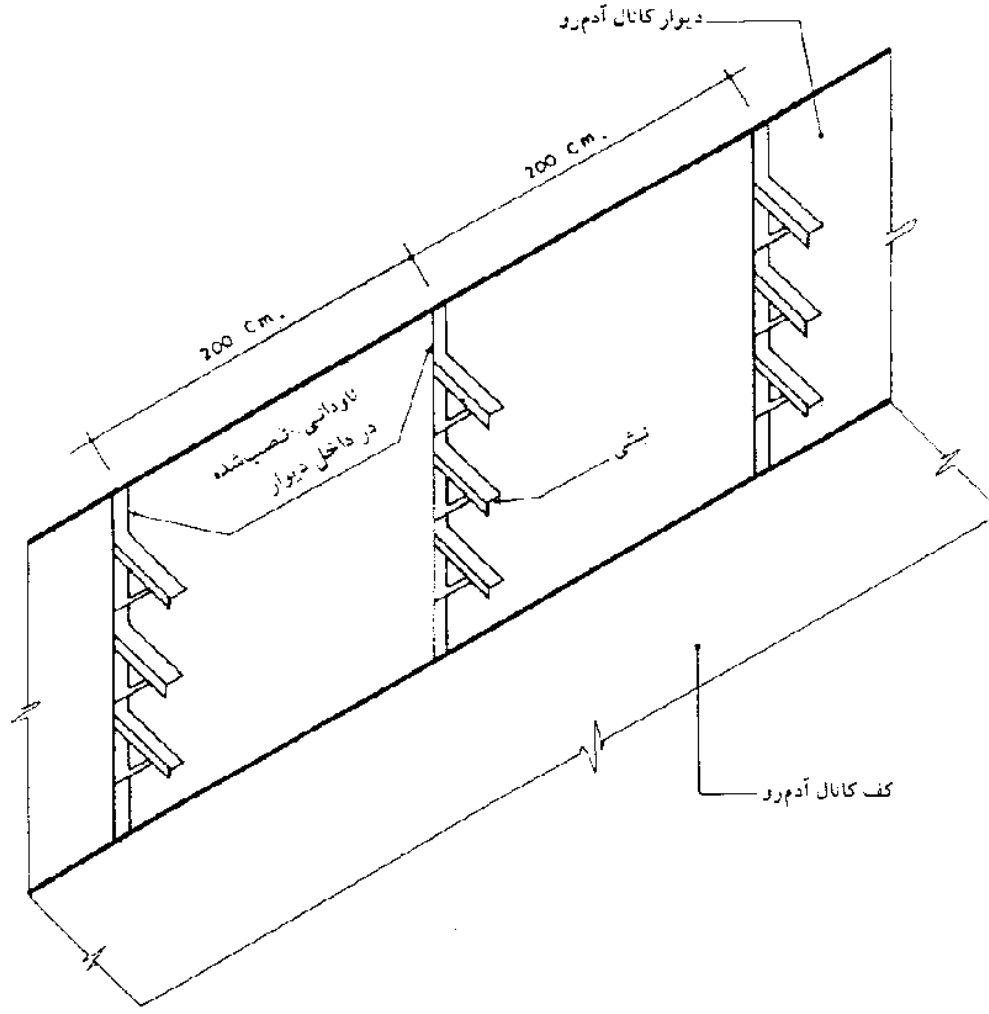


جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در دو ردیف افقی

جدول ابعاد کانالهای خاکی برحسب تعداد و نوع استقرار کابلهای فشار ضعیف

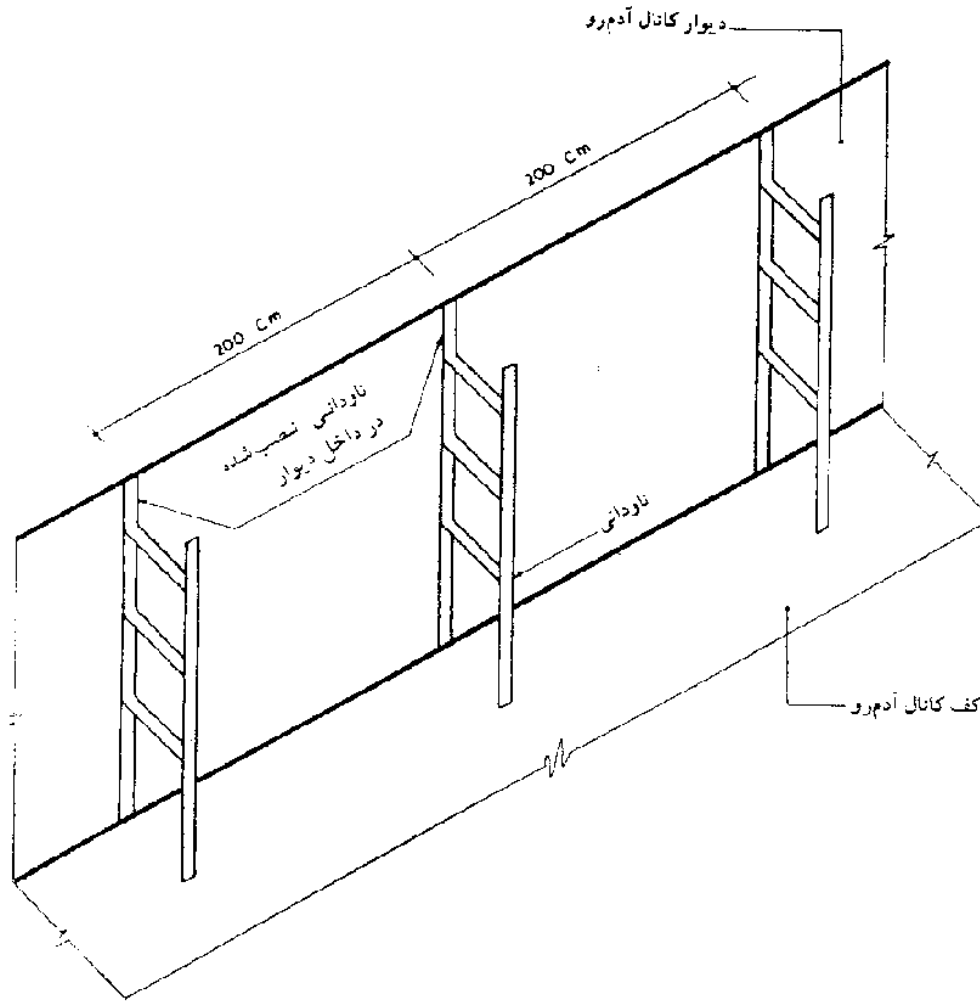
نوع استقرار کابلها	نصب کابلها در یک ردیف افقی					نصب کابلها در دو ردیف افقی			
تعداد کل کابلهای نصب‌شده	۱	۳	۳	۴	۵	۲	۴	۶	۸
عرض بستر کانال (cm)	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰
عمق کانال در پیاده‌رو (cm)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عمق کانال در خیابان (cm)	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰

شکل ۷ ـ ۱



جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانالهای آدم‌رو

شکل ۷ـ۳



جزییات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانالهای آدم‌رو

شکل ۷ ـ ۲

کابلهای زیرآبی

کابل زیرآبی کابلی است که می توان آن را مستقیماً در داخل آب قرار داده و از آن برای انتقال نیروی برق در مواردی از قبیل عبور از رودخانه یا نهر بزرگ آب، یا استخرهایی که دارای فواره های رنگی به وسیله چراغهای زیرآبی می باشد بهره برداررری نمود. بدیهی است که این نوع کابلها را نیز می توان مستقیماً در زیر خاک، کانالهای پیش ساخته شده و یا روی کار نیز می توان بکار برد.

استاندارد و مشخضات کابلهای زیرآبی

کابلNYKY (VDE 0265):

کابلی است که شامل هادی مسی، عایق پی-وی-سی، ماده پرکننده، سیم اتصال زمین، غلاف داخلی سربی و غلاف خارجی پی-وی-سی است.

اصول و روشهای نصب کابلهای زیرآبی

در محلهایی که نیروی کشش روی کابل وارد می شود، همچنین در رودخانه ها و دریاها، کابل باید به سیم فولادی گالوانیزه به صورت تکی و یا دوبل مسلح شود.

کابلهای قابل انعطاف TGKT, TGK

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادیهای مسی رشته ای باریک، عایق مخصوص از جنس EPR و غلاف مخصوص ار لاستیک مصنوعی می باشد. این گونه کابلها را ممکن است در آب تا ۴۰ درجه سانتیگراد، در شرایط خشک، تر و مرطوب و در هوای آزاد مورد استفاده قرار داد. کابلهای مزبور را می توان برای اتصال تجهیزات برقی در زیر آب مانند موتورپمپهای زیرآبی، در مواردی که تنشهای مکانیکی متوسط مورد نیاز می باشد به کار برد. کابل TGKT مخصوص استفاده در آب آشامیدنی ساخته شده است.

کلیه اصول و روشهای مندرج در بخشهای قبل، در مورد نصب کابلهای زیرآبی در مورد قسمتهای خارج از آب نیز با توجه به شرایط نصب باید دقیقاً رعایت شود.

کابلهای مخصوص

کابلهای مخصوص کابلهایی است که در شرایط خاص از قبیل محلهایی که امکان تماس با مواد سوختی یا شیمیایی وجود دارد، محیطهای قابل احتراق و انفجار، و محلهی مخاطره آمیز یا در معرض بادهای زیاد، قابل نصب و بهره برداری باشد.

استاندارد و مشخصات کابلهای مخصوص

کابلNYKY (VDE 0265)

کابلی است که شامل هادی از سیمهای مسی مفتولی، عایق پی-وی-سی، پوشش یا نوار پلاستیکی یر روی هسته ها، غلاف داخلی سربی و غلاف خارجی پی-وی-سی می باشد. این نوع کابل را می توان در پالایشگاههای مواد نفتی، کارخانجات شیمیایی، پمپهای بنزین، و آزمایشگاههای مواد شیمیایی، به صورت نصب در داخل آب یا مستقیماً در زمین و یا در کانال پیش ساخته شده به طور روکار نصب نمود.بدیهی است این کابل را در مناطقی که دارای دمای زیاد باشد نمی توان به کار برد.

کابل فرمان NYCY (VDE 0271)

کابلی است مشابه کابل NYY ولی بین غلاف پی-وی-سی داخلی و خارجی دارای زره سیم مسی بانوار مارپیچ باز مسی می باشد. بدیهی است از غلاف مسی می توان به عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده کرد. این نوع کابل را می توان به عنوان کابل فرمان یا کنترل بین پستها، یا اطاق فرمان و مراکز تابلوهای هر نوع تأسیسات به کار برد.

کابل مخصوص نصب در محیطهای با دمای بالا(IEC 245-3)

کابلی است که شامل هادی مسی، با عایق لاستیکی سیلیکون دار و غلاف نهایی پشم شیشه ای عمل آمده باشد.

میزان جریان مجاز کابلهای مخصوص با توجه به شرایط نصب، درجه حرارت محیط و تعداد کابلها در جدول ۷-۶ درج شده است.

اصول و روشهای نصب کابلهای مخصوص

کلیه اصول و روشهای مندرج در بخشهای قبل باید با توجه به نوع شرایط نصب، در مورد نصب کابلهای مخصوص دقیقاً رعایت شود.

کابلشوها، سرکابلها و مفصلها

کابلشوها

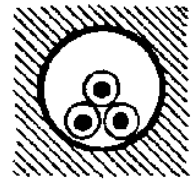
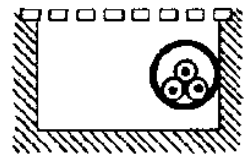
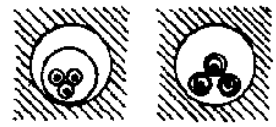
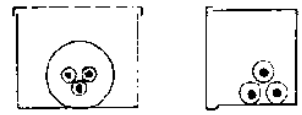
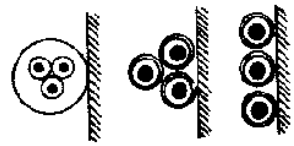
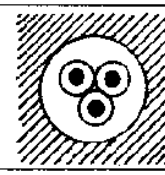
برای اتصال هادیهای کابلهای فشار ضعیف به کلید، فیوز، جعبه اتصال ماشین آلات، پمپها، وسایل اندازه گیری، ترمینالها و غیره بایستی از کابلشوهای استاندارد مسی نوع پرسی، پیچی، و لحیمی استفاده نمود.

برای اتصال کابلهای افشان از مقطع یک میلیمتر مربع به بالا و کابلهای مفتولی از مقطع ۱۰ میلیمتر مربع به بالا باید از کابلشو استفاده شود. کابلهای مفتولی به مقطع ۶ میلیمتر مربع و کمتر را می توان مستقیماً با ایجاد حلقه به دستگاه مربوطه متصل نمود.

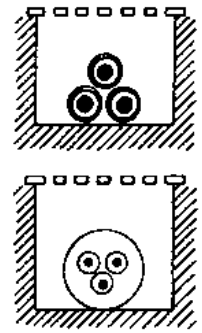
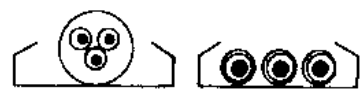
کلیه کابلشوها با مقطع ۱۰ میلیمتر مربع و کمتر بایستی در محل اتصال کابل به کابلشو با حلقه عایق پلاستیکی و یا چینی مخصوص عایق شود.

از نظر فنی و استقامت، استفاده از کابلشوهای پرسی نسبت به کابلشوهای پیچی و کابلشوهای پیچی نسبت به کابلشوهای لحیمی ارجحیت دارد. بدیهی است در صورت استفاده از کابلشوهای لحیمی بایستس کابلشو به سیم به نحوی لحیم داده شود که هیچ گونه حباب هوا بین سیم و جدار کابلشو وجود نداشته باشد.برای لحیم کاری باید از لحیمهای مخصوص برق (۳۰٪ سرب، ۷۰٪ قلع) استفاده شود.

جدول ۷ ـ ٦ انتخاب جریان مجاز کابلهای فشار ضعیف برحسب روش نصب ـــ جدول الف: این جدول به‌کلیه کابلهای غیرقابل انعطاف به‌استثنای کابلهای عایق معدنی قابل اعمال است.

روش نصب		جدول	
		کابلهای پی‌وی‌سی	کابلهای لاستیکی Butyl و EP و کابلهای XLPE
۱ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و به‌صورت روکار نصب می‌شود.		I	II
۲ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و به‌صورت توکار در زیرگچ یا در دیوار یا کف آجری یا بتنی نصب می‌شود.		I	II
۳ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و در کانال باز نصب می‌شود.		I	II
۴ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابلهای چندرشته‌ای که در داخل لوله به‌صورت توکار نصب می‌شود.		I	II
۵ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای که در داخل مجاری کابلها (Trunking) (باز یا بسته) نصب می‌شود.		I	II
۶ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار یا کابلهای چندرشته‌ای که به‌صورت روکار مستقیماً روی دیوار نصب می‌شود.		III	IV
۷ ـ کابلهای چند رشته‌ای که به‌صورت توکار مستقیماً در داخل گچ و یا دیوار یا کف آجری یا بتنی نصب می‌شود		III	IV

جدول ۷ ـ ٦ (ادامه)

روش نصب		جدول	
		کابلهای پی‌وی‌سی	کابلهای لاستیکی Butyl و EP و کابلهای XLPE
۸ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار یا یا چندرشته‌ای که در کانال باز نصب می‌شود.		III	IV
۹ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابلهای چندرشته‌ای که بر روی‌سینی کابل نصب می‌شود.		III	IV
۱۰ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابلهای چندرشته‌ای که به‌وسیلهٔ سیم مهار به‌صورت آویزان نصب می‌شود.		III	IV

سرکابلها

هنگام انتخاب سر کابلها باید دقت شود که مشخصات الکتریکی آن با مشخصات کابل مورد اتصال یکسان باشد.

برای اتصال کابلهای فشاز ضعیف با ولتاژاسمی حداکثر ۱۰۰۰ ولت (به استثنای کابلهای روغنی) در داخل ساختمان نیازی به استفاده از سر کابل نیست و می توان از کابلشوهای پرسی، پیچی، و یا لحیمی استفاده نمود.

برای اتصال کابلهای فشار ضعیف با ولتاژ اسمی حداکثر ۱۰۰۰ ولت در فضای آزاد، باید از سر کابل مخصوص فضای آزاد و از نوع صمغ ریخته شده (پروتولین) و یا نوع روکش پی-وی-سی نرم استفاده شود.

در مواردی که سیستم انتقال نیرو از کابل به سیستم دیگری تغییر می یابد و یا به دستگاهی متصل می شود مانند تغییر از کابل به شبکه هوایی یا به شینه کشی یا به ترانسفورماتور و یا به سایر دستگاههای الکتریکی، باید از سر کابل استفاده شود.

در موقع انتخاب سر کابل باید به نوع کابل (یک سیمه، کمربندی، سه غلافه و غیره) و مکان نصب (در داخل ساختمان یا فضای آزاد) توجه شده و عوامل مذکور در نظر گرفته شود.

سرکابلها باید طوری اتصال یابد که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و همچنین از خارج شدن روغن و مواد روان درون کابل جلوگیری شود.

جدول I

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق پی ـ وی ـ سی و با هادیهای مسی یا آلومینیومی، در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ۱ الی ۵ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمترمربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۳/۵	۱۲	۱۰/۵	۹/۴
۱/۵	۱۷/۵	۱۵/۵	۱۳/۵	۱۲
۲/۵	۲۴	۲۱	۱۹	۱۶/۵
۴	۳۲	۲۸	۲۵	۲۲
۶	۴۱	۳۶	۳۲	۲۸
۱۰	۵۷	۵۰	۴۴	۳۹
۱۶	۷۶	۶۸	۵۹	۵۳
۲۵	۱۰۱	۸۹	۷۹	۶۹
۳۵	۱۲۵	۱۱۱	۹۸	۸۶
۵۰	۱۵۱	۱۳۴	۱۱۸	۱۰۵
۷۰	۱۹۲	۱۷۱	۱۵۰	۱۳۳
۹۵	۲۳۲	۲۰۷	۱۸۱	۱۶۱
۱۲۰	۲۶۹	۲۳۹	۲۱۰	۱۸۶

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضریب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول II

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق لاستیکی Butyl و EP یا کابلهای XLPE و هادیهای مسی یا آلومینیومی، و در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ۱ الی ۵ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱	۱۷	۱۵	۱۳/۵	۱۲
۱/۵	۲۲	۱۹/۵	۱۷/۵	۱۵/۵
۲/۵	۳۰	۲۶	۲۴	۲۱
۴	۴۰	۳۵	۳۲	۲۸
۶	۵۲	۴۶	۴۱	۳۶
۱۰	۷۱	۶۳	۵۷	۵۰
۱۶	۹۶	۸۵	۷۶	۶۸
۲۵	۱۲۷	۱۱۲	۱۰۱	۸۹
۳۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۲۵	۱۱۱
۵۰	۱۹۰	۱۶۸	۱۵۱	۱۳۴
۷۰	۲۴۲	۲۱۳	۱۹۲	۱۷۱
۹۵	۲۹۳	۲۵۸	۲۳۲	۲۰۷
۱۲۰	۳۳۹	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۹

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول III

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق پی ـ وی ـ سی و با هادیهای مسی یا آلومینیومی و در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ٦ الی ۱۰ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی (فقط برای کابلهای غیرقابل انعطاف)	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۵	۱۳/۵	۱۱/۵	۱۰/۵
۱/۵	۱۹/۵	۱۷/۵	۱۵	۱۳/۵
۲/۵	۲۶	۲۴	۲۰	۱۹
۴	۳۵	۳۲	۲۷	۲۵
۶	۴۶	۴۱	۳۶	۳۲
۱۰	۶۳	۵۷	۴۹	۴۴
۱۶	۸۵	۷۶	۶۶	۵۹
۲۵	۱۱۲	۱۰۱	۸۷	۷۹
۳۵	۱۳۸	۱۲۵	۱۰۸	۹۷
۵۰	۱۶۸	۱۵۱	۱۳۱	۱۱۸
۷۰	۲۱۳	۱۹۲	۱۶۶	۱۵۰
۹۵	۲۵۸	۲۳۲	۲۰۰	۱۸۱
۱۲۰	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۲	۲۱۰
۱۵۰	۳۴۴	۳۰۹	۲۶۸	۲۴۰
۱۸۵	۳۹۲	۳۵۳	۳۰۵	۲۷۵
۲۴۰	۴۶۱	۴۱۵	۳۶۰	۳۲۳

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول IV

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق لاستیکی Butyl و EP یاکابلهای XLPE با هادیهای مسی یا آلومینیومی، و در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ٦ الی ۱۰ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۳/۵
۱/۵	۲۴	۲۲	۱۹/۵	۱۷/۵
۲/۵	۳۳	۳۰	۲۶	۲۴
۴	۴۵	۴۰	۳۵	۳۲
۶	۵۸	۵۲	۴۶	۴۱
۱۰	۸۰	۷۱	۶۳	۵۷
۱۶	۱۰۷	۹۶	۸۵	۷۶
۲۵	۱۴۲	۱۲۷	۱۱۲	۱۰۱
۳۵	۱۷۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۲۵
۵۰	۲۱۲	۱۹۰	۱۶۸	۱۵۱
۷۰	۲۷۰	۲۴۲	۲۱۳	۱۹۲
۹۵	۳۲۷	۲۹۳	۲۵۸	۲۳۲
۱۲۰	۳۷۹	۳۳۹	۲۹۹	۲۶۹
۱۵۰	۴۳۵	۳۹۰	۳۴۴	۳۰۹
۱۸۵	۴۹۶	۴۴۴	۳۹۲	۳۵۳
۲۴۰	۵۸۴	۵۲۲	۴۶۱	۴۱۵

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول V

جریان مجاز برای کابلهایی با عایق معدنی و هادیهای مسی و غلافهای مسی، در درجه حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد.

a) دارای غلاف مسی لخت و در معرض تماس افراد با آن یا تماس کابل با مواد سوزا

b) دارای غلاف مسی لخت ولی بدون امکان تماس افراد با آن یا تماس کابل با مواد سوزا

سطح مقطع اسمی هادی		کابلهای تک‌رشته‌ای						کابلهای چندرشته‌ای			
		یک هادی و غلاف حامل جریان		دو هادی حامل جریان		سه هادی حامل جریان		دو هادی حامل جریان		سه هادی حامل جریان	
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
		(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)
(۱)		آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
میلیمتر مربع											
۱/۰	نوع کارکرد سبک	۱۸	۲۲	۲۲	۲۵	۱۸	۲۵	۱۷	۲۱	۱۴	۱۸
۱/۵		۲۱	۲۶	۲۷	۳۲	۲۳	۳۲	۲۲	۲۶	۱۸	۲۲
۲/۵		۲۷	۳۳	۳۶	۴۳	۳۱	۴۳	۲۹	۳۶	۲۴	۳۰
۴		۳۴	۴۲	۴۶	۵۶	۴۱	۵۶	۳۸	۴۷	۳۳	۴۰
۶				۵۹	۷۳	۵۲	۷۳	۴۹	۶۰		
۱۰				۸۰	۹۸	۷۰	۹۸				
۱/۰	نوع کارکرد سنگین	۲۱	۲۶	۲۳	۲۹	۲۰	۲۹	۱۹	۲۳	۱۶	۱۹
۱/۵		۲۶	۳۲	۲۹	۳۶	۲۶	۳۶	۲۴	۲۹	۲۰	۲۴
۲/۵		۳۳	۴۰	۳۹	۴۷	۳۴	۴۷	۳۲	۳۹	۲۶	۳۲
۴		۴۱	۵۰	۵۰	۶۲	۴۴	۶۲	۴۱	۵۱	۳۴	۴۲
۶		۴۹	۶۰	۶۳	۷۷	۵۶	۷۷	۵۳	۶۵	۴۴	۵۴
۱۰				۵۸	۱۰۵	۷۵	۱۰۵	۷۱	۸۷	۵۹	۷۳
۱۶				۱۱۰	۱۴۰	۹۹	۱۴۰	۹۴	۱۱۵	۷۸	۹۸
۲۵				۱۵۰	۱۸۰	۱۳۰	۱۸۰	۱۲۴	۱۵۵	۱۰۵	۱۲۵
۳۵				۱۸۰	۲۲۰	۱۶۰	۲۲۰				
۵۰				۲۲۵	۲۷۵	۲۰۰	۲۷۵				
۷۰				۲۷۵	۳۳۵	۲۴۰	۳۳۵				
۹۵				۳۳۰	۴۰۵	۲۹۰	۴۰۵				
۱۲۰				۳۸۰	۴۷۰	۳۳۵	۴۷۰				
۱۵۰				۴۴۰	۵۴۰	۳۸۵	۵۴۰				

در صورت تغییر دمای محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول VI

ضرایب تصحیح برای درجه حرارتهای محیط متناوب با ۳۰ درجه سانتیگراد، قابل اعمال به‌جریانهای مجاز مندرج در جداول I الی V

درجه حرارت محیط (درجه‌سانتیگراد)	نوع عایق				
	لاستیکی با کاربرد عمومی	پی - وی - سی	لاستیک Butyl و EP یا XLPE	معدنی	
				(a) در معرض تماس‌یا با پوشش پی - وی - سی	(b) بدون امکان تماس
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)
۱۰	۱/۲۹	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۲۲	۱/۱۵
۱۵	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۱۳	۱/۱۷	۱/۱۲
۲۰	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۱۲	۱/۰۸
۲۵	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰۶	۱/۰۴
۳۵	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۸
۴۰	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۶
۴۵	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۹۴
۵۰	۰/۵۸	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۹۲
۵۵	-	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۸۷
۶۰	-	۰/۵۰	۰/۶۷	۰/۴۶	۰/۸۴
۶۵	-	-	۰/۶۰	-	۰/۸۲
۷۰	-	-	۰/۵۲	-	۰/۸۰
۷۵	-	-	۰/۴۳	-	۰/۷۲
۸۰	-	-	-	-	۰/۶۱

جدول VII

ضرایب تصحیح برای گروههای بیش از سه کابل تک‌رشته‌ای یا بیش از یک کابل چندرشته‌ای، قابل اعمال به‌مقادیر مندرج در جدول I الی IV

نوع کابل و شرایط نصب	گروههای تک‌لایه، فاصله‌ای بین کابلها وجود ندارد					گروههای چندلایه، هیچ‌گونه فاصله‌ای بین کابلهای یک‌لایه یا بین لایه‌ها و یا هر گروه دیگر که در بیش از یک سطح قرار داده شده است وجود ندارد												
	تعداد هادیهای حامل جریان					تعداد هادیهای حامل جریان											
	۴	۶	۹	۱۲	> ۱۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۳۶	۴۰
کابلهای تک‌رشته‌ای نصب شده در لوله‌ها یا مجاری یا کانال. ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو هادیها، مندرج در جدول I یا II اعمال شود	–	–	–	–	–	۰/۸۰	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۶
کابلهای تک‌رشته‌ای بر روی سینی کابل. نصب افقی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دوهادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۷۰	۰/۶۷	۰/۶۵												
نصب عمودی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دوهادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۰												
	تعداد کابلها					تعداد کابلها											
	۲	۳	۴	۶	۹	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰
کابلهای چندرشته‌ای نصب شده در مجاری یا شافت، ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو یا سه هادی حامل جریان در جدول I یا II اعمال شود.	–	–	–	–	–												
کابلهای چندرشته‌ای نصب شده بر روی دیواره یا سینی‌کابل. نصب افقی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو یا سه هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۷۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸
نصب عمودی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو یا سه هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۰	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۶												

جدول ۷ـ۷ انواع کابلها برحسب کاربرد

ردیف	کاربرد	نوع کابل
۱	انتقال انرژی به‌منازل	برای شبکه زمینی می‌توان از کابل NYCY استفاده نمود و برای شبکهٔ هوایی معمولاً از کابل هوایی با مهار فولادی YTY استفاده می‌شود.
۲	روشنایی خیابانها	برای شبکه زمینی کابلهای NYY و NYCY به‌کار می‌رود. در شبکهٔ هوایی از کابل خود نگاهدار YMT که دارای غلاف فلزی بوده و سنگینی کابل را تحمل می‌نماید استفاده می‌شود.
۳	شبکه محلی	از کابلهای NYY، NYCY، NYCWY و نیز از کابلهای NKL(Y)Y و NKL(Ysi)A(PR) که درآن سیم نول به‌جای غلاف آلومینیومی‌به‌کار می‌رود استفاده می‌شود.
۴	کارخانجات شیمیایی	از کابلهای NYY، NYCY و NYCWY استفاده می‌شود.
۵	پمپ‌بنزینها، مناطق نفتی و پالایشگاهها	از کابل پی ـ وی ـ سی با غلاف سربی NYKY استفاده می‌شود.
۶	کارخانجات برق‌و شبکه‌ها	از کابلهای پی ـ وی ـ سی NYY، NYCY و NYCWY استفاده می‌شود.
۷	رودخانه‌ها، نهرهای بزرگ آب، استخرها	از کابل پی ـ وی ـ سی NYKY استفاده می‌شود.

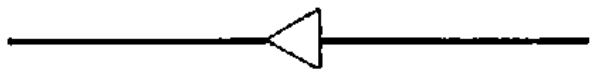
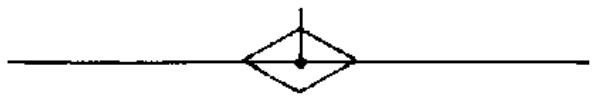
مفصلها

به منظور حفاظت کامل کابلها در محل اتصال به یکدیگر باید از مفصلهای کابل استفاده شود تا بتوان محل اتصال مورد نظر را از رطبت ونیروهای مکانیکی محفوظ نگاه داشت.

مفصل کابل باید در مقابل نیروی کششی حفاظت شود، لذا مفصل در امتداد کابل نباید قرار گیرد ولی محورهای کابل و مفصل باید در حدود نیم تا یک متر از همدیگر فاصله داشته باشد.

برای پر کردن مفصل چدنی باید از قیر مخصوص آن مفصل استفاده شود. انواع کابلهای فشار ضعیف برحسب محل کاربرد و نوع استفاده در جدول ۷-۷ و نیز علایم الکتریکی کابلها در جدول ۷-۸ ارائه شده است.

جدول ۷ ـ ۸ نشانه‌های الکتریکی کابلهای فشار ضعیف

شرح	نشانه
نصب کابل به‌صورت روکار روی دیوار و یا سقف	LT
نصب کابل روی سینی کابل	LT
نصب کابل به‌صورت آویز	LT
نصب کابل در کانال خاکی	LT
کابل زیرآبی	UWLT
نشان‌دهنده تعداد و سطح مقطع اسمی کابل	3 x 185 + 95 mm^2 LT
سر کابل	
جعبه مفصل ساده	
جعبه مفصل سه‌راهی (انشعاب)	
جعبه مفصل چهارراهی (انشعاب)	

کابل های نصب شده در ساختمان :

در مواردی که کابل های عایق PVC در ساختمان ها نصب شده باشند و نیز در مورد کابل های قابل انعطاف ، مشخصه های ظرفیت عبور جریان جدول ۵-۷-۱ می تواند مورد استفاده قرار بگیرد .

هنگامیکه در ساختمان ها از کابل های عایق XLPE پروتن با درجه حرارت عملیاتی مجاز $90\ C°$ استفاده شده باشد باید از ظرفیت عبور جریان مشخص شده در جدول ۸-۷-۱ استفاده شود . شرایط عملیاتی فهرست شده در جدول ۴-۷-۱ را نیز می توان در مورد انواع نصب مورد بحث در اینجا (A1,A2,B1,B2,C,E) بکار برد . شرایط عملیاتی مشخص شده در جدول ۵-۷-۱ را می توان در مورد انواع روشهای مرسوم نصب در ساختمان ها ، بکار برد . مقادیر مشخص شده در جدول ۱۸-۷-۱ ، در کابل های عایق XLPE ، پروتن برای روش نصب ثابت بکار می روند .

مثال ۱

نصب بر روی رک : کل منبع توان الکتریکی تأسیسات اداری یک ساختمان بلند مرتبه ، واقع در طبقه شانزدهم را باید توسط کابل های N2XY درون داکت عمودی ، تأمین نمود . در این مثال ، درجه حرارت عملیاتی مجاز را برای کابل ها $C°$ 90 فرض می نماییم . به دلیل آنکه طراحی ساختمان به گونه ای است که این کابل ها در مجاورت کابل هایی با درجه حرارت عملیاتی مجاز کمتر قرار ندارند بررسی های اولیه با در نظر گرفتن افت ولتاژ ، منجر به انتخاب سطوح مقطع زیر شده است :

6کابل N2* Y4* 35 RM برای I_b = 100 A به ازای هر سیستم

8 کابل N2* Y4* 6 RM برای I_b = 40 A به ازای هر سیستم

6 کابل N2* Y4* 2.5 RM برای I_b = 20 A به ازای هر سیستم

32 کابل در کنار هم بر روی دو رک که بصورت پشت به پشت درون داکت عمودی با فاصله بزگتر 225 mm قرار می گیرند ، نصب می شوند تهویه کافی باعث می گردد تا حتی در انتهای بالایی داکت ، درجه حرارت از $C°$ 35 بیشتر نگردد . حالا باید ظرفیت عبور جریان کابل ها ، بررسی شوند اولین قدم در حل این مسئله ، تعیین ضرایب تبدیل مورد نیاز است .

ضریب تبدیل برای :

- دمای محیط مطابق جدول ۱۹-۷-۱ 0.96

- گروه بندی مطابق جدول ۹-۷-۱ 0.70

- ضریب تبدیل کل $\prod f$ 0.67

مقدار پایه برای ضریب تبدیل های بالا در جدول ۱۸-۷-۱ ، ستون E زیر روش نصب در هوای آزاد و برای سه هسته تحت بار ، آمده است در نتیجه ، ظرفیت عبور جریان برای هر کابل عبارت است از

N2* Y4* 35 RM I_b = 158 A⟶ Iz 105.9 A > I_r

I_b = 54 A⟶ Iz = 36.2 A > I_r N2* Y4* 6 RE

N2* Y4* 2.5 RM I_b = 32 A⟶ Iz = 21.4 A > I_r

این به معنی آن است که کابل هایی با سطوح مقطع 2.5mm , 35 mm کافی می باشند هر چند بجای استفاده از N2* Y4* 6 RE باید از 4* 10 RM استفاده شود با استفاده از این کابل ها ظرفیت عبور جریان = I_r 75 A⟶ I_z = 50.3 A و در نتیجه برای این تأسیسات کافی می باشد.

جدول ۱۹-۷-۱ ضرایب برای دمای محیط غیر از 30 $C°$

90 .c	درجه حفاظت مجاز
ضریب تبدیل	دمای محیط
۱.۱۵	۱۰
۱.۱۲	۱۵
۱.۰۸	۲۰
۱.۰۴	۲۵
۱.۰۰	۳۰
۰.۹۱	۳۵

۰.۹۶	۴۰
۰.۸۷	۴۵
۰.۸۲	۵۰

مثال ۲ :

کابل ها در نصب لامپ : برای تغذیه تعبیه شده درون یک سقف کاذب (ارتفاع محفظه تقریباً 30cm) ملزومات خاص برای جلوگیری از آتش سوزی ایجاب می کند که از نوع کابل بدون هالوژن استفاده شود ، که دارای مشخصه های بهبود یافته ای در خصوص آتش سوزی باشند (کابل N2XH SIENOPYR) همانند کابل های سیم کشی ، این کابلها نیز دارای درجه حرارت عملیاتی مجاز $C°$ 90 درجه می باشد . توان کل لامپ های متصل شده 5 KW در ولتاژ منبع 400 V می باشد . سطح مقطع لازم کابل را باید برای حداکثر درجه حرارت محیط معادل $C°$ 35 محاسبه نمود . مطابق جدول ۱-۷-۱۸ این نوع نصب ، نصب از نوع B1 می باشد ، زیرا فاصله محفظه 30 cm است و در نتیجه بسیار بزرگتر از قطر خارجی d احتمالی کابل است . با مراجعه به جدول ۱-۷-۱۸ و مقدار ظرفیت عبور جریان دردمای محیط مشخص شده معادل $C°$ 30ضریب تبدیل برای دمای محیط $C°$ 35 , 0.96 می باشد . بار 5 kw , AC منجر به جریان عملیاتی زیر می گردد .

$$I_b = \frac{5000w}{400v/\sqrt{3}} = 21.7\ A$$

با تبدیل به $C°$ = 30 این مقدار به ظرفیت عبور جریانی نامی حداقل معادل مقدار زیر می گردد

I= 21. 7 A/0.96= 22.6 A

با مراجعه به جدول ۱-۷-۱۸ و به دلیل آنکه دو هسته تحت بار دارای ظرفیت عبور جریان I_r =23A می باشند . مشخص می گردد که سطح مقطع 1.5 mm برای کابل مورد نظر N2XH کافی است . این مطلب به معنی آن است که انتخاب کابل N2XH 3 * 1.5 SIENOPYR برای تغذیه تمام لامپ های با توان 5 kw کافی می باشد .

نصب کابل در زمین :

شرایط عملیاتی برای نصب کابل در زمین (به همراه توصیه هایی با شرایط عملیاتی) آن چنان که در استانداردها آمده است به شرح زیر می باشد

الف- نوع کار کرد : نوع کارکرد فرض می شود که مشابه کارکرد بار منبع توان بخش عمومی باشد ، که توسط سیکل بار 24 ساعته با حداکثر بار معلوم ضریب بار m = 0 . 7 مشخص می گردد .

ب- شرایط نصب : شرایط نصب فرض می نماید که عمق تقریبی نصب 0.7 m باشد در هر مورد فقط یک سیستم در نظر گرفته می شود (جریان مستقیم جریان متناوب تک فاز و سه فاز)

ج- گروه بندی : در کابل های دسته بندی شده همواره باید خیز حرارتی متقابل را با استفاده از حاصل ضرب ضرایب تبدیل f1 , f2 که توسط شرایط محیطی و گروه بندی تعیین می شوند در نظر گرفت .

د- خوابانیدن کابل در خاک : معمولاً کابل ها در زمین بر روی لایه ای از ماسه و یا خاک الک شده قرار داده می شوند و برای مثال با آجر پوشانده می شوند .

ه- شرایط محیطی

مقادیر مشخصه برای شرایط محیطی عبارتند از :

۱- دمای زمین در عمق نصب : $C°$ SE= 20

۲- مقاومت حرارتی خاک .

خاک نمناک : PE = 1. 0K . m / w و = خشک : Px = 2.5k. m/w مقادیر مقاومت حرارتی ذکر شده بالا برای محاسبه ظرفیت عبور جریان با استفاده از مدل دو لایه ای ، لازم می باشند .

مقاومت حرارتی خاک در مناطق مرطوب برای خاک شنی با میزان رطوبت نرمال در آب و هوای معتدل با درجه حرارت حداکثر خاک معادل 25 $C°$ و 1 k.m/w در نظر گرفته می شود در فصول خنک تر (اگر بارندگی کافی باشد) و انواع خاک مناسب تر مقادیر پایینتر نیز ممکن است بوجود بیایند مقادیر بزرگتر در مناطقی با درجه حرارت خاک بالاتر ، با دوره بارندگی کوتاه و یا کاملاً بدون بارندگی در نظر گرفته می شود .

مقاومت حرارتی خاک در مناطق خشک برحسب ظرفیت مورد استفاده کابل های عایق XLPE خاک مجاور و اطراف کابل را خشک می کنند یعنی تمام رطوبت خاک مجاور کابل گرفته می شود با در نظر گرفتن این

واقعیت که در این مورد دفع حرارتی کابل محدود می گردد . برای مناطق خشک ، مقاومت حرارتی خاک را 2.5.K.m/W در نظر می گیرند . سنگ ، آشغال ، خاکستر ، زباله : در خاک هایی که دارای قلوه سنگ ، خاکستر ، آشغال و زباله و مواد آلی هستند مقادیر مقاومت حرارتی خاک بسیار بالا هستند در این شرایط ممکن است از نظر اقتصادی لازم باشد که خاک اطراف کابل را تعویض نمود مقدار دقیق خاک تعویضی با استفاده از محاسبه و اندازه گیری تعیین می شود کابل ها و با مسیر کابل هایی که دارای بار زیاد می باشند . می توانند خاک را تحت شرایط عملیاتی در دو حالت متمایز مناطق خشک و مرطوب تعیین شده (مدل دو لایه ای) و هنگام تعیین ضرایب تبدیل f1 , f2 اثرات مناطق خشک بر روی ظرفیت عبور جریان در نظر گرفته شوند .

عمق نصب : عمق نصب کابل ها بسیار جزئی در مقادیر نامی آنها دارد هر چه عمق نصب بیشتر باشد دمای محیط کمتر (و معمولاً مقاومت حرارتی خاک پایینتر) می باشد . این مطلب به دلیل آنکه معمولاً لایه های پایینی مرطوب باقی می مانند صادق می باشد هنگامیکه کابل های فشار ضعیف و فشار قوی بطور جداگانه در عمق نصب متعارف (**1.2 m – 0.7 m**) در دمای محیط $C°$ 20و در خاکی با مقاومت حرارتی 1 k . m / w نصب می شوند ، نیاز به تبدیل مقادیر مشخص شده در جدول نیست

پوشش های محافظ درکانال ها ، بلوک های داکت و نیز در مورد خاکی که زیر پوشش کابل بطور مناسب کوبیده نشده باشد فاصله های هوایی،ممکن است منجر به مقاومت حرارتی اضافی گردد.دراین موارد اگر امکان افزایش فواصل نباشد (مثلاً در مورد کابل های موازی / سیستم های کابل) ظرفیت عبور جریان کابل ها باید کاهش داده شوند

مسیرهای متقاطع کابل ها : هنگامیکه مسیرهای کابل یکدیگر را قطع می نمایند ، خصوصاً وقتی که تعداد کابل ها زیاد باشد ممکن است مشکلاتی پیش آید در این موارد کابل ها باید با فاصله مناسب نصب شوند . دفع حرارتی نیز باید با استفاده از بهترین مواد پوشاننده ممکن ، بهبود یابد در صورتیکه کابل های متقاطع بطور فشرده تر دسته بندی شده باشند ، با استفاده از داکت آجر چینی شده بزرگ در محل تقاطع می توان از خیزهای حرارتی بزرگ جلوگیری نمود. با این عمل می توان کابل ها را با فاصله از روی یکدیگر رد کرد .

عبور از نزدیکی خطوط لوله آب گرم : هنگامیکه کابل ها در مجاورت لوله آب گرم قرار می گیرند و یا آنها را قطع می نمایند خصوصاً اگر لوله آب گرم بطور مناسبی عایق نشده باشند ممکن است خیزهای حرارتی اضافی خطرناکی حاصل شود دفع حرارت پیوسته لوله های آب گرم ممکن است به خشک شدن قابل توجه خاک منجر شو به همین دلیل باید بین کابل ها و لوله آب گرم فاصله حفظ گردد (فاصله بین کابل ها نیز ممکن است لازم

باشد که افزایش یابد) و لوله آب گرم باید بصورت مناسب از تمام جوانب عایق گردند نصب عایق بین کابل ها و آب گرم ، کابل ها را از حرارت حاصل از لوله ها حفظ می نماید . اما این موارد منجر به جلوگیری از دفع حرارت خود کابل ها نیز می گردد و در نتیجه توصیه نمی شود .

مثال ۳ :

■ نصب در زمین گروه بندی : سه کابل NYFGY3 * 185 SM 3 . 6/6 KV پرو تودرتو بصورت موازی نصب شده اند . باید در شرایط زیر توان منتقل شده را محاسبه نمود :

شرایط عملیاتی :

درجه حرارت عملیات مجاز	70 $C°$
فاصله بین کابل ها در حالت کابل های کنار هم در خاک	7cm
پوشش : آجر	
بار منبع توان بخش عمومی ضریب بار	0.7 m
مقاومت حرارتی خاک ρ_E (مرطوب)	1.5K.m/w
دمای محیط	

مقادیر نامی حاصل :

مقدار نامی Ir مطابق جدول ۷-۱۸ و (1)	395 A

ضرایب تبدیل :

- f1 مطابق جدول ۱۴-۱۸ و (1)	0.80
- f2 مطابق جدول ۱۸-۱۸ و (1)	0.77
- پوشش : آجر	1.00

ضریب تبدیل کل $\prod f$ 0.62

سه کابل را می توان با جریان زیر تحت بار قرار داد :

I_Z = 3. 395 A . 062= 735

در نتیجه توان انتقالی در محل اتصال معادل است با :

S = $\sqrt{3}$. u . I = $\sqrt{3}$ .6KV.735 = 7.64 MVA

شرایط عملیاتی

در جه حرارت عملیاتی مجاز 90 $C°$

فاصله بین سیستم ها در حالت کابل ها در کنار هم درون خاک 7 cm

پوشش : آجر

باز پیوسته ، ضریب بار m 1.0

مقاومت حرارتی خاک (مرطوب) 1.5 m/w

دمای محیط 20 $C°$

توان انتقالی مورد نظر 5 MVA منجر به جریان بار زیر می گردد .

$I_b = \frac{S}{\sqrt{3}.U} = \frac{5MVA}{\sqrt{3}.10KV}$ =289A

تخمین ولیه فرض می کند که به دو سیستم کابل نیاز می باشد . که منجر pEضریب تبدیل های زیر می گردد .

f1 مطابق جدول ۱۴-۱۸ و (1) 0.86

f2 مطابق جدول ۱۸- ۱۸ و (1) 0.72

پوشش : آجر 1.00

ضریب تبدیل کل $\prod f$ 0.62

هنگامیکه جریان بار فرضی $I_b f$ به شرایط عملیاتی مرجع تبدیل گردد . برای هر سیستم کابل بدست می آید:

$$I_b f = \frac{289}{2.062} = 233A$$

جدول ۷-۱۸ نشان می دهد که لازم است دو سیستم کابل از نوع N2*S2Y1* 70 RM/16. 6/10 KV انتخاب شود کابل هر کدام دارای سطح مقطع هادی مس،70mm2 باشند مقدار نامی این کابل(ظرفیت عبور جریان تحت شرایط عملیاتی) معادل I_r =268A می باشد و در نتیجه برای جریان بار فرضی 233A می باشد .

محاسبات دیگر برای کابل

35 mm2 ، RM/16 , 6/10 KV N2×S2Y 1 × 35 ، نشان می دهد که برای سطح مقطع هادی 35 mm2 در جریان نامی lr= 187 A ، به سیستم نیاز خواهد بود ضرایب تبدیل زیر بکار گرفته می شوند :

- f1 مطابق جدول ۱۴-۱۸ و (1) 0.86
- f2 مطابق جدول ۱۸- ۱۸ و (1) 0.6 2
- پوشش : آجر 1.00
- ضریب تبدیل کل $\prod f$ 0.53

در نتیجه سیستم کابل سه تایی با سطح مقطع 35 mm2 ظرفیت عبور جریان عبارت خواهد بود از :

Lz=3.lr . $\prod$f = 3. 187 A. 053 = 297 A

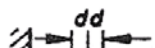
مثال ۳ :

■ **نصب در هوا** : تعداد 33 کابل چند هسته ای ، مطابق شکل ۵-۷-۱ در یک زیرزمین بر روی راک نصب شده اند . در جدول ۲۰-۷-۱ نوع و جریان بار هر کابل مشخص شده است . زیر زمین به اندازه ای است ک تضمین کننده آن باشد که حتی در صورت تحت بار قرار گرفتن کابل ها ، نیز درجه حرارت از دمای محیط معادل su = 40 ^{0C} فراتر نرود (ظرفیت حرارتی بینهایت) . نیازمندی منجر به شرط زیر می گردد :

$\leq \prod$f

دسته بندی کابل ها به گروه های 5 تایی و منجر به ضریب کاهش معادل fH≈0.91 می شود

نتایج جدول ۲۰-۷-۱ نشان می دهد که نسبت جریان بار به ظرفیت عبور جریان (lb/lr) هیچگاه از حاصل ضرب ضرایب تبدیل FH.fs بزرگتر نمی باشد در نتیجه از کابل ها می توان در



شرایط عملیاتی مشخص شده ، بدون آنکه بر روی عمر آنها اثر گذاشته شود ، استفاده نمود .

جدول ۲۰-۷-۱ اطلاعات فنی برای نصب کابل ها

علامت	NYFGY	NYCWY	NEKEBA	NA2*Y
تعداد هسته ها و سطح مقطع هادی UO/U	3*120 SM	4*240 SM	3*95 RM	4*95 SE
KV	3.6/6	0.6/1	12/20	0.6/1
تعداد کابل ها	13	7	6 175	7
بار A.lb ضریب تبدیل m= 1.0	200	320		200
دمای محیط Su= 40 .c				
مقادیر نامی A. lr	274	443	243	308
مطابق جدول (1)	18.8	18.6	18.10	18.6
دمای کاری مجاز sL , c.	70	70	65	90
Lb/lr	0.73	0.72	0.72	0.65
fg مطابق جدول ۱۸-۱۹ از ۱ fH fg	0.87	0.87	0.85	0.91
. (Fh=0.91)	0.79	0.79	0.77	0.83

نصب درون داکت :

۱- داکت های بدون تهویه و با درپوش : در داکت های بدون تهویه و با درپوش بخش عمده تلفات حرارتی کابل ها فقط از طریق دیواره ها ، بالا و پایین داکت ، دفع می شود تمرکز حرارتی حاصله ، دمای هوای اطراف کابل ها را در داخل داکت بالا برده و در نتیجه ظرفیت عبور جریان در داکت نسبت به وضعیت هوای آزاد ، کاهش می یابد .

خیز حرارتی هوای داخل کابل به ابعاد داکت و مقدار تلفات حرارتی تمام کابل ها بستگی دارد . تعداد و توزیع کابل هایی که تلفات حرارتی کابل ها بستگی دارد . تعداد و توزیع کابل هایی که تلفات حرارتی را تولید می کنند . تأثیری روی خیز حرارتی ندارد .

۲- داکت در زمین : در صورتیکه داکت در زمین قرار داشته باشد (مثل ساختمان های صنعتی و ایستگاههای توان) روش ساده محاسبه بصورت زیر بکار برده می شود . قبل از شرح این روش ، چند توصیه برای نصب کابل در داخل داکت شرح داده می شود .

۳- توصیه هایی برای نصب کابل : کابل ها را می توان مستقیماً بر روی دیواره های داکت (با استفاده از گیره های کابل) نصب کرد . فاصله بین راک ها ، بستگی به عرض آنها دارد ، اما نباید از 30 cm کمتر باشد . این فاصله هنگام نصب داخلی ترین کابل نیز باید رعایت گردد. وقتی که کابل ها بر روی راک یا نردبان نصب می شوند و یا بصورت مستقیم بر روی دیواره ها ثابت می گردند برای به حداقل رسانیدن انتقال حرارت بین کابل ها ، باید فاصله بین کابل ها برابر با قطر کابل باشد . این مطلب وقتی که جریان بار زیاد باشد از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

۴-ابعاد داکت : ارتفاع داکت های قابل دسترسی نباید از 2.0 m کمتر باشد عرض داکت باید به اندازه ای باشد که فضای عبور حداقل معادل 80cm- 60 cm را فراهم آورد . در جایی که از راک های عمودی با فاصله 30 cm استفاده شده باشد ، برای ایجاد سهولت در نصب ، باید عرض راک ها به 50 cm محدود شود .

خیز حرارتی هوای داخل داکت شکل ۶-۷-۱ : خیز حرارتی هوای داخل داکت را به عنوان تابعی از تلفات حرارتی واحد طول داکت و با در نظر گرفتن ابعاد داکت به عنوان متغیر ، رسم کرده است .

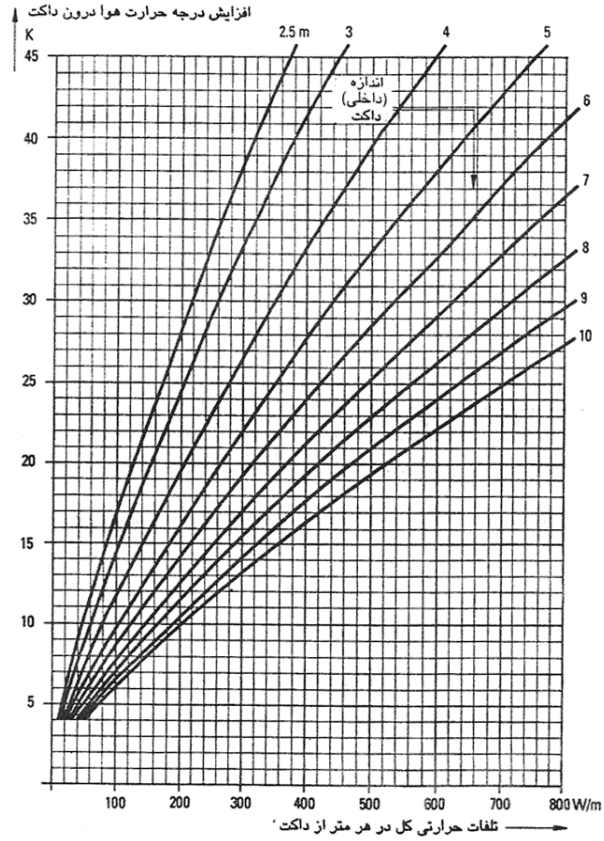
از این نمودار به همراه مقادیر نامی I_r برای کابل در هوای آزاد می توان برای تعیین سطح مقطع مورد نیاز در انتقال مقدار مشخص توان و یا محاسبه خیز حرارتی حاصل (هنگامیکه تعداد کابل ها ، سطح مقطع هادی ، جریان بار و ابعاد داکت معلوم باشند) . استفاده کرد .

هنگام تعیین اندازه داکت ، باید فقط سطوحی در نظر گرفته شوند که امکان عبور حرارت را دارند به عنوان مثال دیوارها و سقف مجاور با موتورخانه ، سلولهای ترانسفورمر و یا مناطق مشابه را نباید در محاسبات وارد نمود .

طراحی : یک تأسیسات بصورت زیر طراحی می گردد : اولین قدم شامل انتخاب تقریبی سطح مقطع هادی برای هر کابل است که باید حدوداً % 30 از مقدار لازم در وضعیت هوایی بزرگتر باشد برای جریان های بالا ، ممکن است لازم باشد تا برای هر مسیر کابل از چند کابل استفاده شود . قدم بعدی ترسیم داکت و مشخص کردن ارتفاع ، عرض ، تعداد راک ها و آرایش مورد نیاز با استفاده از قوانین شرح داده شده در بالا ، می باشد . مطابق آرایش انتخاب شده برای کابل ها در نقشه ، می توان ضریب تبدیل fH برای گروه کابل نصب شده در فضای آزاد را با استفاده از جداول ۲۰-۱۸ تا ۲۳-۱۸ محاسبه نمود . سپس می توان تلفات حرارتی کل تمام کابل ها و خیز حرارتی حاصل را برای هوای داخل داکت تعیین نمود مقدار حاصل را باید به دمای هوای داخل داکت در حالت کابل های بی بار و ضریب تبدیل fg تعیین شده برای این وضعیت در صورتیکه این دو ضریب تبدیل ضرب شوند . حاصل ضرب نباید کمتر از نسبت بار مورد نظر I_b به مقدار نامی I_r باشد:

$$\frac{I_b}{I_r} \leq \Pi f = fh.fg$$

در صورتیکه این نسبت برقرار نباشد باید تعداد کابل ها ، سطح مقطع هادی و یا اندازه داکت افزایش داده شود .



شکل ٦-٧-١ افزایش حرارت هوای درون داکت به عنوان تابعی از تلفات حرارتی در هر متر از داکت

■ **دسته بندی تعداد بیشتر کابل ها** : در صورتیکه تعداد کابل های دسته بندی شده از مقدار مجاز مشخص شده در جداول بزرگتر باشد ، ضرایب کاهش مطابق شکل ٧-٧-١ قابل استفاده هستند . در صورتیکه موادی شامل گروهی به ظرفیت عبور جریان Ir سیستم دسته بندی شده کابل مربوط می شود .

در صورتیکه تعداد بیشتر از 6 راک بر روی یکدیگر قرار گرفته شده باشند می توان از ضریب تبدیل برای 6 راک استفاده نمود . در صورتیکه فاصله بین دیوار و اولین کابل روی راک بیشتر از 2cm باشد ضریب تبدیل بدست آمده از شکل ٧-٧-١ بیشتر از راک هایی که شامل یک لایه کابل هستند را می توان در 1.05 ضرب نمود . مقدار تقریبی ضریب کاهش برای دسته بندی در هوا fH را می توان از ضریب کاهش fHh (مؤلفه افقی) برای دسته بندی کابل ها بر روی راک و ضریب کاهش fHV (مؤلفه عمودی) برای کابل های دسته بندی شده بر روی راک با بار مشابه و بر روی یکدیگر ، بدست آورد (مطابق شکل a ٧-٧-١) .

یعنی : $F_H = F_{Hh}.F_{HV}$

که برای دو راک کابل روی هم 0.95= F_{HV} برای سه راک کابل روی هم 0.93= F_{HV} برای شش راک کابل روی هم 0. 90= F_{HV} می باشد .

درمورد راک کابل هایی با یک لایه از کابل ، مقدار $F_{Hh}.F_{HV}$ بصورت حاصل ضرب F_{HV} را می توان مستقیماً از منحنی های شکل b- ۷- ۷-۱ بدست آورد . در صورتیکه تعداد کابل های نصب شده درون داکت و بار آنها معلوم نباشد ، سطح مقطع هادی را باید برای یک مقدار ضریب کاهش کلی فرضی انتخاب نمود . در صورتیکه مقدار ضریب کاهش مورد استفاده اولیه کافی نباشد . لازم است برای تعیین آنکه آیا نیاز به تهویه اضافی هست یا خیر ، یک مرور نهایی انجام گردد .

داکت یا تهویه اجباری : در صورتیکه دفع حرارتی بصورت طبیعی از طریق دیواره های داکت ناچیز باشد (یعنی هوای داخل داکت بسیار گرم شده و درجه حرارت هادی از مقدار مجاز تجاوز نماید) و یا در صورتیکه راه حل دیگر مثلاً افزایش اندازه داکت یا سطح خنک کننده مقدور نباشد ، باید از تهویه اجباری استفاده گردد .

در این موارد معمولاً محاسبات براساس تلفات حرارتی تولید شده داخل داکت انجام می گیرد و این واقعیت که حرارت بصورت پیوسته توسط دیواره داکت دفع می گردد . لحاظ نمی گردد . به این ترتیب اطمینان حاصل می شود که پنکه های خنک کننده بصورت مناسبی انتخاب گردیده و امکان توسعه کافی برای آینده در نظر گرفته شده است .

مقدار هوای عبوری Q به تلفات حرارتی کل $\sum P'$ تولید شده توسط کابل ها درون داکت ، طول داکت ۱ و خیز حرارتی هوای خنک کننده Δg_{co} بین ورودی و خروجی داکت بستگی دارد . این مقدار بصورت زیر محاسبه می شود :

$$Q = \frac{\Sigma P.1}{c_p.\Delta g_{co}}$$ برحسب $\frac{m^3}{s}$

$\sum P' = \sum \left(P_i' + P_d' \right)$ شامل تلفات حرارتی حاصل از جریان و در صورت لزوم ، تلفات دی الکتریک P_d تمام کابل های درون داکت می باشد .

cp ظرفیت حرارتی ویژه هوا تحت فشار ثابت است و به دما و نیز رطوبت هوا بستگی دارد . محاسبات تقریبی براساس CP=1.3 kg/km3 انجام می شود

سرعت v با استفاده از سطح مقطع حاصل از ارتفاع و عرض داکت محاسبه می گردد .

$U = \frac{Q}{A}$ برحسب $\frac{m}{s}$

در صورتیکه لازم باشد از ایجاد صدای مزاحم جلوگیری شود . سرعت نباید 5 m/5 تجاوز نماید .

مقدار افزایش درجه حرارت هوا در درون داکت باید با در نظر گرفتن دمای هوای خنک کننده موجود و دمای هوای مجاز در خروجی داکت ، محاسبه گردد . دمای هوای خنک کننده قبل از گرم شدن ، معمولاً معادل دمای هوای محیط ϑ_∂ انتخاب شده برای طراحی پروژه است با در نظر داشتن حداکثر دمای مجاز هادی ϑ_{Lr} ، و کابلی که دارای بزرگترین مقدار (نسبی) خیز حرارتی است خیز حرارتی هوای خنک کننده معادل است با :

$$\Delta \vartheta co \le \vartheta Lr - \vartheta a - \Delta \vartheta L$$

$\Delta \vartheta L = \Delta \vartheta r (\frac{lb}{I r})^2 = (\vartheta Lr - 30C°)(\frac{l_b}{I_r})^2$ برحسب K

به دلیل آنکه هوای متحرک دفع حرارتی کابل ها را بطور محسوس بهبود می دهد در این مورد نیازی به استفاده از ضریب تبدیل برای دسته بندی F_H نمی باشد .

مثال :

نصب درون داکت در ساختمان : کابل های فهرست شده جدول ۲۱-۷-۱ را می باید درون داکت با طول 20 m و با سطوح مقطع 1.5m .2.2m نصب نمود این داکت می تواند حرارت را توسط سطوح خود دفع نماید

کابل ها تحت بار عملیاتی مشخص شده در جدول قرار گرفته اند . زمان عملیاتی در ابتدا برای 8h در روز تحت بار کامل در نظر گرفته شده است امکان عملیات تحت بار کامل به مدت 16 h نیز باید میسر باشد برای این منظور می توان از تهویه اجباری استفاده نمود .دمای هوای محیط در حالت بی باری کابل ها 35 $C°$ می باشد .

شکل ۸-۷-۱ آرایش طراحی شده این کابل ها را درون داکت نشان می دهد .

برای دسته های 5 تایی کابل بر روی تعداد کل هفت راک ، ضریب تبدیل $F_H \approx 0.91$ باید به کار رود در حالت عملیات 8 ساعته مقدار r.m.s برای کابل های ستون ی جدول ۲۱-۷-۱ عبارت است از :

$$\text{Ia} = \sqrt{\frac{I_{b1}^2 . t_1}{t_1 + t_2}} = 205A . \sqrt{\frac{8h}{24h}} = 118A$$

تلفات حرارتی با استفاده از مقاومت در واحد طول مشخص شده در جداول کتاب (power cables and their Applicatiom) محاسبه می گردد .

مثلاً برای کابل های ستون یک جدول ۲۱-۷-۱ :

$$p' = 3I_q^{\ 2} . R'_w = 3.(118A)2.0.151\Omega / m = 6.31w / m$$

$$\sum p = 14.6.31 = 88.3w / m$$

تلفات حرارتی کابل های ستون های دو ، سه و چهار به روش مشابهی تعیین گردیدند و در جدول ۲۱-۷-۱ وارد شده اند . در نتیجه جمع تلفات حرارتی تمام کابل ها می شود :

$$\sum p' = 88.3 + 43.3 + 27.2 + 34.9 = 193.7 w/m$$

دمای هوای داخل داکت مطابق شکل ۶-۷-۱ : ضریب تبدیل برای دما از معادله زیر بدست می آید :

$$f_{\vartheta} = \sqrt{\frac{\Delta \vartheta_L}{\Delta \vartheta_r}} = \sqrt{\frac{70-47}{70-30}} = 0.76.$$

مقایسه نسبت l_b / l_r با حاصل ضرب ضرائب تبدیل fg. fH نشان می دهد که دمای عملیاتی مجاز برای هیچ یک از کابل ها ، نقض نشده است . با استفاده از کابل های ستون یک جدول ۲۱-۷-۱ به عنوان یک مثال خیز حرارتی مجاز هوای خنک کننده را می باید تعیین نمود معادلات زیر بکار می روند :

$$\Delta \vartheta_L = 40K(\frac{205}{313})2 = 17.2K.$$

$$\Delta \vartheta_{co} \leq 70 - 35 - 17.21 \leq 8k.$$

با در نظر گرفتن عملیات 16 ساعته :

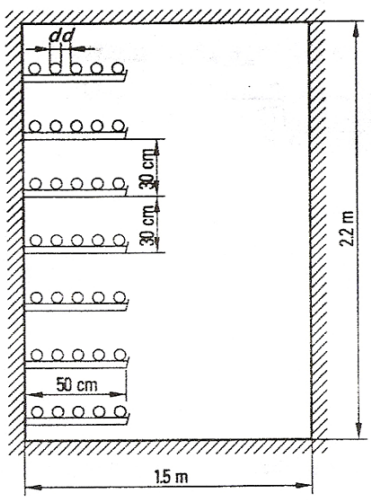
$$Iq = 205A.\sqrt{\frac{16h}{24h}} = 167A$$

و

$$P' = 3 \times (167A)2.0151\Omega / Km = 12.6w/m.$$

جدول ۲۱-۷-۱ اطلاعات فنی نصب کابل ها درون داکت در ساختمان ها

ستون	1	2	3	4
علامت	NYFGY	NYSEY	NEKEBA	NEKEBA
تعداد هسته‌ها و سطح مقطع هادی	3 × 150 SM	3 × 240 RM	3 × 70 RM	3 × 120 RM
U_0/U و kV	3.6/6	6/10	12/20	12/20
تعداد کابل‌ها	14	8	6	7
بار I_b، A	205	240	120	165
ضریب بار m = 1.0				
در حرارت محیط ϑ_U = 35 °C				
ظرفیت عبور جریان I_r، A	313	423	200	279
مطابق جدول [1]	18.8	18.8	18.10	18.10
درجه حرارت عملیاتی مجاز ϑ_L، °C	70	70	65	65
مقاومت واحد طول R'w، Ω/km	0.151	0.0934	0.318	0.184
I_b/I_r	0.65	0.57	0.60	0.59
h ۸ کار				
I_g A	118	139	69	95
P' W/m	6.31	5.41	4.54	4.98
∑P' W/m	88.3	43.3	27.2	34.9
f۹	0.76	0.76	0.72	0.72
$f_H \cdot f_g$ (f_H = 0.91)	0.69	0.69	0.66	0.66
K $\Delta\vartheta_L$	17.2	12.9	12.6	12.2
K $(\Delta\vartheta_{co})_{max}$	17.8	22.1	17.4	17.8



شکل ۸-۷-۱ آرایش کابل مطابق جدول ۲۱-۷-۱ بر روی راک های کابل درون داکت در ساختمان

در نیجه در مقایسه با عملیات 8 ساعته تلفات حرارتی دو برابر شده است :

$$\sum p = 2.193.7 = 387.4w/m.$$

و دمای هوای درن داکت تقریباً به مقدار 20 k (به شکل ٦-٧-١ مراجعه کنید) افزایش یافته و معادل 35+20= 55 .c می گردد در نتیجه لازم است که داکت دارای تهویه باشد .

همانطور که قبلاً نشان داده شده است . حداکثر خیز حرارتی دمای هوای درون کابل معادل 18k ($\Delta\vartheta co$) برای کابل های ستون یک جدول 21-7-1 ، مجاز خواهد بود .

مقادیر مربوط به کابل های دیگر را می توانید در جدول ۲۱-۷-۱ بیابید .

برای مثال ، خیز حرارتی مجاز $\Delta\vartheta co = 10k$ برای هوای خنک کننده انتخاب شده است با فرض طول داکت 20m و سطح مقطع m^2 1.5m.2.m=3.3 هوای عبوری مورد نیاز معادل است با :

$$Q = \frac{\sum P.I}{cp.\Delta\vartheta co}\, m/s^3 \quad \text{برحسب}$$

$$cp = 1.3\frac{KJ}{K.m^3} = \frac{387.4w/m.20m}{1.3.10^3 Ws/m^3.10k} = 0.60\frac{m^3}{5}$$

قطعات نصب کابل :

در نتیجه کاربرد فزاینده انرژی الکتریکی و نیز پیشرفت های تکنولوژی مخابراتی ، سیستم های سیم کشی مفصلی در ساختمان های مسکونی و اجرایی ، پیش از هر زمانی دیگری مورد نیاز می باشند صرف نظر از آنکه هدف از ساختن ساختمانها ، صنعتی ، تجاری ، اداری یا مسکونی باشد . نصب کابلها نیاز به زمان قابل توجهی برای کار تأسیسات دارد . کاهش دادن زمان نصب نه تنها باعث اقتصادی تر شدن کار می شوند ، بلکه اغلب فرآیند نصب را نیز بطور قابل توجهی تسهیل می نماید . بخش زیرین به شرح مواد مهم کار بردی در نصب و ثابت کردن کابل ها می پردازد . برای کابل تکی لوله های انتخاب شده به نوع نصب وشرایط خاص نصب کابل ها ، بستگی دارد . لوله هایی از جنس پلاستیک ، پلاستیک مخصوص ، فولاد و آلومینیم موجود می باشند

انواع لوله ها:

۱- لوله هایی برای تنش مکانیکی زیاد ، برای نصب در سیمان و رو یا درون گچ (با علامت (AS)

۲-لوله هایی برای تنش مکانیکی متوسط برای نصب رو یا درون گچ (با علامت « A ») .

۳-لوله هایی برای تنش مکانیکی پایین فقط برای نصب درون گچ (با علامت « B ») .

۴-لوله هایی با مشخصه الکتریکی مخصوص با (علامت « C ») .

۵- لوله هایی با مشخص ضد آتش سوزی (با علامت « F ») .

۶- لوله هایی که در درجه حرارت های تا C. 105 از نظر حرارتی پایدار هستند(با علامت « 105 »)

لوله های پلاستیکی از برق دار شدن تصادفی توسط نقص های عایق کابل جلوگیری می کنند متقابلاً ، لوله های فلزی که از درون عایق شده باشند . در صورتیکه حامل کابل های عایق ابتدایی (نظیر H07V) باشند ، باید مورد حفاظت اضافی در برابر ولتاژهای لمس بالا قرار گیرند . انتخاب یک لوله عایق و یا کانال با استحکام بالا به تنش مکانیکی به کاربرد خاص بستگی دارد . در صورتیکه لوله های پلاستیکی در معرض تنش حرارتی غیر عادی حاصل از سرما (در صورتیکه کار تأسیساتی در زمستان انجام شود) یا گرما (در مواقعی که پنل ها برای استفاده در سیمان مونتاژ می شوند قرار می گیرند . از انواع خاص ، نظیر لوله های پلی پروپیلین باید استفاده شود .

■ **انواع نصب** : برای نصب در زیر گچ استفاده ، از انواع لوله ها قابل انعطاف که به راحتی توسط دست خم می شود ، ترجیح داده می شود . لوله های سخت ، بدلیل آنکه نیاز به نقاط نصب کمتری دارند بیشتر مناسب استفاده در نصب روی گچ می باشند .

ابزار سیم کشی : در طول فرآیند زمان بر کابل کشی درون لوله ، اغلب به علت پیچ خوردگی و یا گیر کردن کابل درون لوله مشکلاتی پیش می آید . این مشکلات خصوصاً در مواردی ایجاد می گردد که باید کابلی را به درون لوله ای که درون آن کابل وجود دارد هدایت کرد .

ابزار کشیدن کابل KATI – Blilz (شکل ۱۳-۷-۱) این مشکلات آشنا را حل می نماید . فنر مارپیچی با قابلیت انعطاف ، بالا با سرهای گرد به درون هر خمی با شعاع انحنای 30 mm وارد می شود میله ای به قطر 3 mm از جنس فایبرگلاس – pc دارای قابلیت انعطاف مشابه فنر مارپیچی است ، اما پایداری درونی آن به معنی استحکام یک میله است . این مشخصه ها ، امکان غلبه بر هر خمی و یا مقاومتی را فراهم می کنند . کارایی ابزار KATI – Blilz را می توان حتی با استفاده از مواد روان ساز کابل افزایش داد .

شکل ۱۳-۷-۱ ابزار کابل کشی KATI – Blilz

عمل اصطکاک را تقریباً به اندازه % 50 کاهش می دهد .

این مطلب باعث جلوگیری از پاره گی و آسیب دیدگی کابل ها می شود و احتمال اتصال کوتاه حاصل از این موارد را کم می نماید مواد روان ساز ، بر روی پوشش کابل ، یک لایه با دوام بر جای می گذارند که خود نیز از کابل ها در برابر خشک شدگی و ترک برداشتن محافظت می نماید .

■ **بست های کابل** : بست های کابل ، ابتدا برای نصب بر روی ریل بکار می روند . اگر چه از آنها می توان به شرح مرسوم ترین قطعات پرداخت . هنگام انتخاب قطعات شرایط خاص نصب را باید همواره در نظر داشت . موارد زیر دارای اهمیت بسیار می باشند :

◄ نوع نصب با توجه به تنش های مکانیکی ، حرارتی و شیمیایی ،

◄ نوع نصب با توجه به ظاهر کار (نصب پنهان مثل نصب در سقف کاذب و یا نصب آشکار مثلاً در کارگاه ها و بیمارستان ها) .

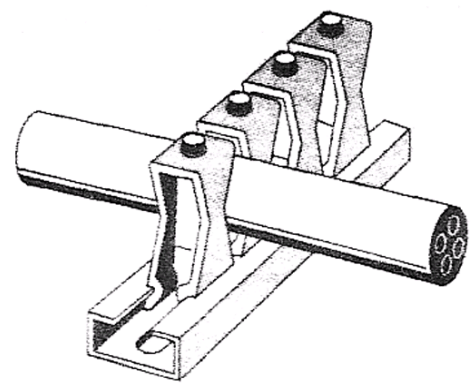
◄نصب ساده کابل های اضافی

◄ هزینه نصب و هزینه قطعات لازم و

◄ فاصله لازم بین تأسیسات توان و سیستم های مخابراتی .

■ گیره چند تایی : از بست های چندتایی معمولاً برای تعداد بیشتر از 5 کابل استفاده نمی گردد خصوصاً وقتی که محل نصب آشکار باشد انواع گوناگون در اندازه های مختلف بر حسب قطر خارجی از تقریباً 25 mm , 8 mm , 38 mm موجود می باشند . این بست ها به ریل های توخالی ساخته شده از پلاستیک و یا ورق فولادی گالوانیزه گرم ، نصب می شوند (شکل ۱۸-۷-۱) .

■ بست های کابل : با استفاده از بست های کابل می توان هر تعداد کابل را نصب نمود . حتی بصورت یکی بالای دیگری در چندین لایه ، این بست ها در اندازه های مختلف بر حسب قطر خارجی از 10mm 100mm موجود هستند .



شکل ۱۸-۷-۱ گیره عایق برای نصب بدون پیچ

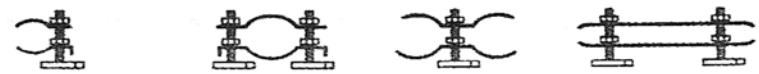
شکل ۱۴-۷-۱ بست با میخ سرخود

شکل ۱۵-۷-۱ بست فشاری چند گانه

شکل ۱۶-۷-۱ گیره قابل انعطاف برای لوله‌های پلاستیکی، فولادی و آلومینیمی

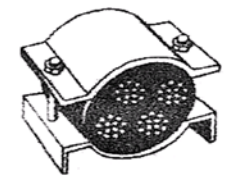
شکل ۱۷-۷-۱ گیره قفل دار برای کانال‌ها

شکل ۱۹-۷-۱ گیره های کابل برای یک یا چند کابل

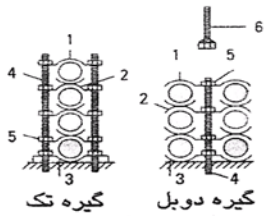


گیره چندتایی | گیره دوبل | گیره تک باد و پایه‌آلومینیم | گیره تک با یک پایه

شکل ۲۰ – ۷– ۱ گیره تک با دو پایه

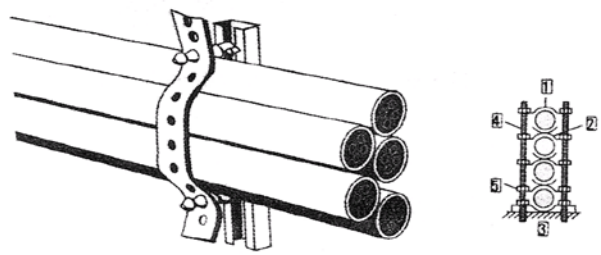


شکل ۲۱-۷-۱ چند کابل بر روی هم نصب شده



گیره تک | گیره دوبل

1 روپوش
2 پوشش میانی
3 پوشش پشتی
4 قطعه نصب کننده
5 مهره شش پر
6 پیچ توسعه



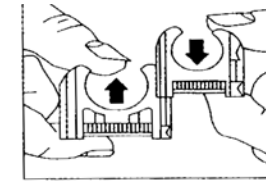
شکل ۲۲-۷-۱ نصب با استفاده از میخ های پلاستیکی و نوارهای قابل انعطافPVC بر روی ریل تو خالی

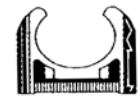
این بست ها بصورت بست تک با دو پیچ و یا بصورت دوبل و یا بست چندتایی عرضه می شوند (شکلهای ۱۹-۷-۱-تا ۲۱-۷-۱) .

بست کابل شامل حلقه پشت و حلقه رو با پیچ و مهره می باشد برای نصب کابل های تک هسته ای با استفاده از بست تکی نمونه ای با حلقه آلومینیمی برای جلوگیری از افزایش درجه حرارت حاصل از جریان های فوکو یا گردابی ، موجود است . حلقه آلومینیمی : شکل بست و حلقه پشتی که باید بصورت محکم پیچ شود . حتی از آسیب دیدن کابل های حساس به فشار ، جلوگیری می نماید

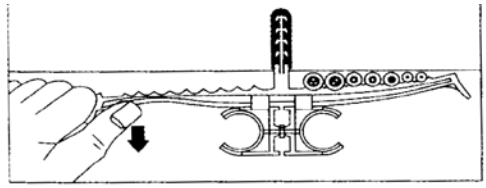
نوارهای پلاستیکی : از انواع مختلف نوارهای پلاستیکی در نصب پنهان استفاده می گردد . مثل دسته بندی کابل در سقف کاذب . با استفاده از میخ های مخصوص بر روی ریل های تو خالی می توان از نوارهای سوراخ دار PVC برای محکم کردن کابل ها استفاده کرد (شکل ۲۲-۷-۱) . روشهای نصب کابل ، کانال و داکت سیستم نصب فشاری شکلهای ۲۳-۷-۱ تا ۳۱-۷-۱ می باشد .

داکت کابل : داکت های PVC سخت در هنگامیکه کابل ها دسته بندی شده باشند و یا در سیستم هایی که اغلب لازم است کابلی اضافه شود و یا مسیر کابل ها تغییر نماید . بسیار مناسب می باشندشکل ۳۲-۷-۱) این داکت ها می تواند در نصب آشکار باز بمانند یا در نصب پنهان توسط درپوش ، بسته شوند . این داکت ها را می توان با استفاده از پارتیشن های داخلی به بخش های متفاوت قسمت نمود .

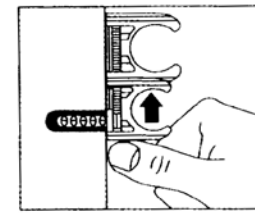


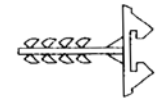


شکل ۲۹-۷-۱ گیره یورو: قابل اتصال به یکدیگر به صورت کشویی

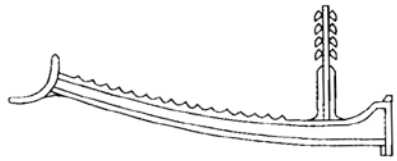


شکل ۲۶-۷-۱ گیره کمانی دو طرفه برای کابل‌ها
گیره‌هایی در پایین برای نصب لوله، سمت چپ پرانتز سمت پایین خم شده است.

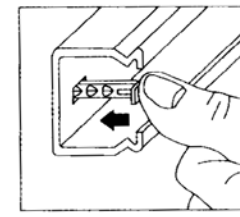




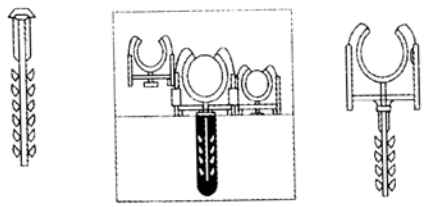
شکل ۳۰-۷-۱ پین گیره یورو



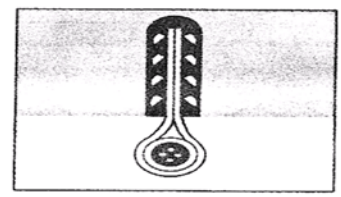
شکل ۲۷-۷-۱ گیره کمانی یک طرفه

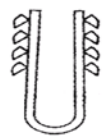


شکل ۳۱-۷-۱ رولپلاک نصب داکت

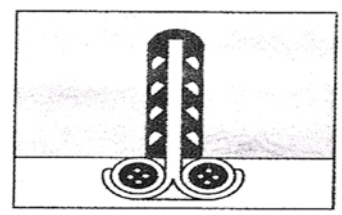


شکل ۲۸-۷-۱ گیره برای لوله های سخت

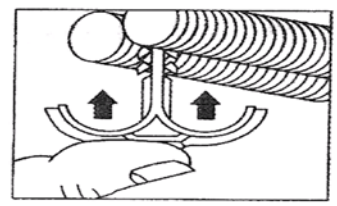


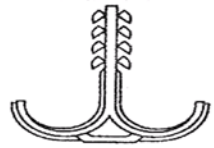


شکل ۲۳-۷-۱ گیره برای یک یا چند کابل و یا کانال‌های قابل انعطاف



شکل ۲۴-۷-۱ گیره دو قلو برای دو کابل موازی





شکل ۲۵-۷-۱ گیره دو قلو برای دو کانال سخت یا دو دسته کابل

طیف وسیع لوازم جانبی و اندازه های گوناگون موجود .امکان ساخت انواع داکت را فراهم می آورد

داکت های نوع زیر در گاهی : کلید ها و پریزها و وسایل مشابه دیگر را می توان بر روی نمونه خاصی از داکت مثلاً نوع زیر در گاهی ، نصب نمود (شکل ۳۳-۷-۱)

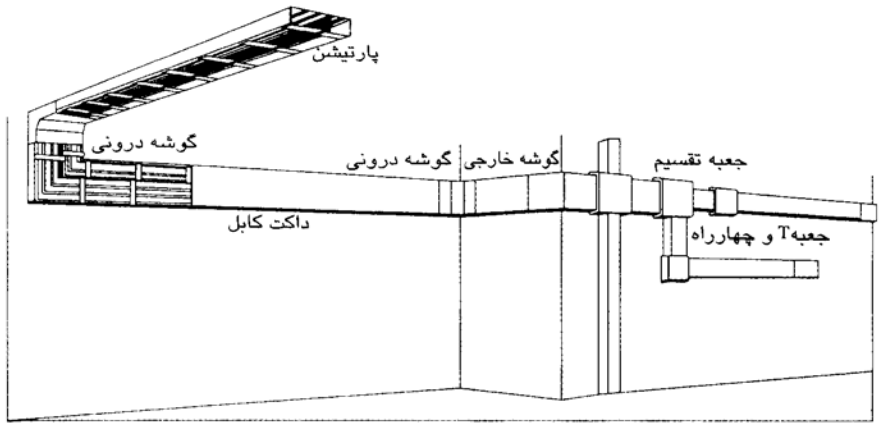
داکت های قرنیزی : داکت های نوع زوار چوبی مانند قرنیز دور اتاق (شکل ۳۴-۷-۱) برای نصب بر روی سیمان و مدرن سازی ساختمان های قدیمی ، مناسب هستند با استفاده از یک جعبه می توان کلید پریز یا وسیله مشابه دیگری را در هر نقطه ای از داکت نصب نمود .

داکت برای نصب زمینی : از داکت های زمینی برای نصب کابل های قدرت و مخابرانی بین ترمینال های دیواری و میزهای تحریر استفاده می گردد . مثلاً در اداره ها (شکل ۳۵ – ۷-۱) تعداد بیشتر کابل های بر روی تکیه گاه ها ، داخل شیارهای کابل ، مسیرهای مخصوص کابل و یا بر روی راک کابل نصب می شوند .

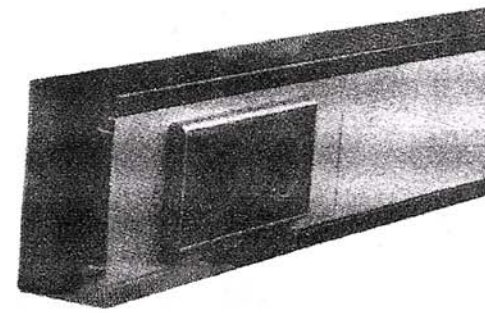
تکیه گاه های کابل های قابل انعطاف : نصب تکیه گاه های کابل های قابل انعطاف ساخته شده از میله گردهای فولادی گالوانیزه بسیار ساده می باشد (شکل ۳۶-۷-۱) . آنها را می توان در سایت به هر شکلی خم نمود . این تکیه گاه ها از تمام جوانب باز هستند و اجازه هر نوع توزیع کابل را فراهم می آورند این ساختار باز از تجمع گرد و خاک جلوگیری کرده و امکان خنک شدن مناسب کابل ها را ایجاد می نمایند . بدلیل آنکه از بازوها هم برای نصب خود و نیز برای نگهداری کابل استفاده می شود نیاز به قطعات دیگر برای اتصال بازوها به یکدیگر نمی باشد .

مسیر های عبور کابل : مسیر های عبور کابل (بخش ۳-۴-۱ ۵) انواع مختلف و از جنس پلاستیک یا ورق فولادی گالوانیزه موجود هستند .لوازم جانبی شامل خم ها، رابط ها و غیره می باشند مسیرهای عبور کابل بر روی بخشهای اتصال دهنده دیوار و یا قطعات خاص (مثل آویزها و بازوها) که به سقف وصل می گردد نصب می شود .

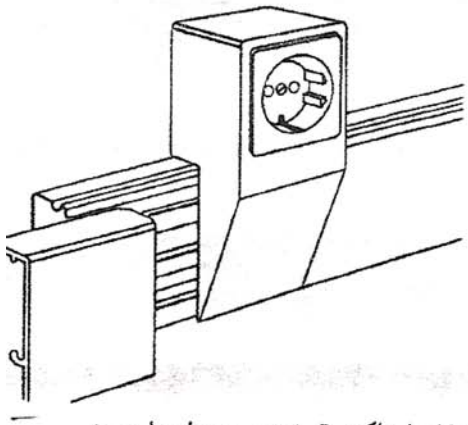
به عنوان یک قاعده کابل به سادگی درون مسیر عبور کابل قرار می گیرند اگر لازم باشد کابل عمود بر مسیر عبور کابل نصب شود باید با استفاده از بست های پلاستیکی و یا نوارهای سوراخ دار کابل ها را ثابت نمودشکل (۳۷-۷-۱)



شکل ۳۲-۷-۱ نصب داکت کابل



شکل ۳۳-۷-۱ داکت از نوع زیر درگاهی با پریزهای خروجی برای سیستم‌های قدرت



شکل ۳۴-۷-۱ داکت قرنیزی همراه با پریز

جداول مشخصه انواع کابل وسیم

این سیم ها برای مصارف عمومی در اتاق های خشک ، در تجهیزات الکتریکی ، کلیدها و تابلوهای توزیع ، داخل لوله های دفن شده زیر گچ و روی گچ که بوسیله ی بست های عایقی مهار شده اند تا ولتاژ ۷۵۰ ولت ، استفاده می شوند . استفاده ی این سیم ها مستقیماً زیر گچ مجاز نیست .

HO7V-U — ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه /V ۲۵۰۰

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی سیم (kg/km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای C°۷۰ (MΩ.km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای C° ۲۰ (Ω/km)	قطر تقریبی سیم (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سطح مقطع سیم (mm^2)
۱۰۰	۱۹/۸	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۲/۸	۰/۷	۱×۱/۳۸	۱/۵
۱۰۰	۳۰/۹	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۳/۴	۰/۸	۱×۱/۷۸	۲/۵
۱۰۰	۴۶	۰/۰۰۸۵	۴/۶۱	۳/۹	۰/۸	۱×۲/۲۵	۴
۱۰۰	۶۴/۹	۰/۰۰۷۰	۳/۰۸	۴/۴	۰/۸	۱×۲/۷۶	۶
۱۰۰	۱۰۹	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۵/۶	۱/۰	۱×۳/۵۷	۱۰

سیم های نیمه افشان با عایق PVC تا ولتاژ ۷۵۰-۴۵۰ ولت

این سیم ها برای مصارف عمومی در اتاق های خشک ، در تجهیزات الکتریکی ، کلیدها و تابلوهای توزیع ، داخل لوله های دفن شده زیر گچ و روی گچ که بوسیله ی بست های عایقی مهار شده اند تا ولتاژ ۷۵۰ ولت ، استفاده می شوند . استفاده ی این سیم ها مستقیماً زیر گچ مجاز نیست . این سیم ها نسبت به سیم های میله ای از انعطاف بیشتری برخوردارند .

ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه / ۲۵۰۰ V HO7V-R

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی سیم (kg/km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°C (MΩ.km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/km)	قطر تقریبی سیم (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سطح مقطع سیم (mm^2)
۱۰۰	۲۱/۵	۰/۰۱۰	۱۲/۱	۳	۰/۷	۷×۰/۵۳	۱/۵
۱۰۰	۳۲/۹	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۳/۶	۰/۸	۷×۰/۶۷	۲/۵
۱۰۰	۴۹/۱	۰/۰۰۷۷	۴/۶۱	۴/۲	۰/۸	۷×۰/۸۵	۴
۱۰۰	۷۰	۰/۰۰۶۵	۳/۰۸	۴/۸	۰/۸	۷×۱/۰۴	۶
۱۰۰	۱۱۶	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۶/۱	۱/۰	۷×۱/۳۵	۱۰
۱۰۰۰	۱۷۵	۰/۰۰۵۰	۱/۱۵	۷/۱	۱/۰	۷×۱/۷۰	۱۶
۱۰۰۰	۲۷۸	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۸/۹	۱/۲	۷×۲/۱۴	۲۵
۱۰۰۰	۳۷۵	۰/۰۰۴۰	۰/۵۲۴	۱۰/۰	۱/۲	۷×۲/۵۲	۳۵
۵۰۰	۵۰۶	۰/۰۰۴۵	۰/۳۸۷	۱۱/۷	۱/۴	۱۹×۱/۷۸	۵۰
۵۰۰	۷۱۳	۰/۰۰۳۵	۰/۲۶۸	۱۳/۵	۱/۴	۱۹×۲/۱۴	۷۰

سیم های افشان با عایق PVC تا ولتاژ ۷۵۰-۴۵۰ ولت

این سیم ها برای مصارف عمومی در اتاق های خشک ، در تجهیزات الکتریکی ، کلیدها و تابلوهای توزیع ، داخل لوله های دفن شده زیر گچ و روی گچ که بوسیله ی بست های عایقی مهار شده اند تا ولتاژ ۷۵۰ ولت ، استفاده می شوند . استفاده ی این سیم ها مستقیماً زیر گچ مجاز نیست . این سیم ها نسبت به سیم های نیمه افشان از انعطاف بیشتری برخوردارند .

ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه / ۲۵۰۰ V — HO7V-F

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی سیم (kg/km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°C (MΩ.km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/km)	قطر تقریبی سیم (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سطح مقطع سیم (mm^2)
۱۰۰	۲۱	۰/۰۱۰	۱۳/۳	۳/۰	۰/۷	۳۰×۰/۲۵	۱/۵
۱۰۰	۳۳	۰/۰۰۹	۷/۹۸	۳/۶۵	۰/۸	۵۰×۰/۲۵	۲/۵
۱۰۰	۴۹	۰/۰۰۷	۴/۹۵	۴/۲	۰/۸	۵۶×۰/۳۰	۴
۱۰۰	۶۹	۰/۰۰۶	۳/۳۰	۴/۸	۰/۸	۷(۱۲×۰/۳)	۶
۱۰۰	۱۲۰	۰/۰۰۵۶	۱/۹۱	۶/۵	۱/۰	(۶×۱۲+۸)×۰/۴۰	۱۰
۱۰۰۰	۱۸۵	۰/۰۰۴۶	۱/۲۱	۷/۹	۱/۰	۷(۱۸×۰/۴)	۱۶
۱۰۰۰	۲۸۹	۰/۰۰۴۴	۰/۷۸۰	۹/۸	۱/۲	۷(۲۸×۰/۴)	۲۵
۱۰۰۰	۳۹۴	۰/۰۰۳۸	۰/۵۵۴	۱۱/۱	۱/۲	(۶×۳۰+۳۶)×۰/۴۰	۳۵
۵۰۰	۵۶۸	۰/۰۰۳۷	۰/۳۸۶	۱۳/۳	۱/۴	(۶×۵۷+۵۴)×۰/۴۰	۵۰
۵۰۰	۷۹۰	۰/۰۰۳۲	۰/۲۷۲	۱۵/۳	۱/۴	(۶×۵۱+۵۴)×۰/۵۰	۷۰

کابل های قدرت تک رشته با مشخصات عایق و روکش PVC با ولتاژ ۱-۰.۶ کیلو ولت

استفاده از این کابلها برای مصارف روشنایی و خطوط توزیع فشار ضعیف تا ۱۰۰۰ ولت در مراکز مسکونی ، تجاری و صنعتی می باشد . این کابل ها در داخل یا بیرون ساختمان ، زیر زمین ، داخل آب و داخل کانال ها ، جایی که احتمال آسیب دیدگی مکانیکی وجود نداشته باشند نصب می شوند .

ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه/ ۳/۵ kv H1VV-R H1VV-U

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی کابل (kg/km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰ c (MΩ.km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰ c (Ω/km)	قطر تقریبی کابل (mm)	ضخامت روکش (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سایز کابلها (mm^2)
۱۰۰۰	۸۴/۳	۰/۰۱	۴/۶۱	۷/۱	۱/۴	۱/۰	۱×۲/۲۵	۱×۴
۱۰۰۰	۸۸/۵	۰/۰۰۹	۴/۶۱	۷/۴	۱/۴	۱/۰	۷×۰/۸۵	۱×۴
۱۰۰۰	۱۰۸	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۷/۶	۱/۴	۱/۰	۱×۲/۷۶	۱×۶
۱۰۰۰	۱۱۳	۰/۰۰۸	۳/۰۸	۸/۰	۱/۴	۱/۰	۷×۱/۰۴	۱×۶
۱۰۰۰	۱۵۲	۰/۰۰۷	۱/۸۳	۸/۴	۱/۴	۱/۰	۱×۳/۵۷	۱×۱۰
۱۰۰۰	۱۶۰	۰/۰۰۶۴	۱/۸۳	۸/۸	۱/۴	۱/۰	۷×۱/۳۵	۱×۱۰
۱۰۰۰	۲۲۸	۰/۰۰۵۳	۱/۱۵	۹/۹	۱/۴	۱/۰	۷×۱/۷۰	۱×۱۶
۱۰۰۰	۳۳۶	۰/۰۰۵۱	۰/۷۲۷	۱۱/۶	۱/۴	۱/۲	۷×۲/۱۲	۱×۲۵
۱۰۰۰	۴۴۰	۰/۰۰۴۴	۰/۵۲۴	۱۲/۷	۱/۴	۱/۲	۷×۲/۵۰	۱×۳۵
۱۰۰۰	۵۸۷	۰/۰۰۴۴	۰/۳۸۷	۱۴/۵	۱/۴	۱/۴	۱۹×۱/۷۸	۱×۵۰
۱۰۰۰	۷۹۳	۰/۰۰۳۷	۰/۲۶۸	۱۶/۲	۱/۴	۱/۴	۱۹×۲/۱۲	۱×۷۰
۱۰۰۰	۱۰۸۰	۰/۰۰۳۶	۰/۱۹۳	۱۸/۷	۱/۵	۱/۶	۱۹×۲/۵۰	۱×۹۵
۵۰۰	۱۳۲۳	۰/۰۰۳۳	۰,۱۵۳	۲۰/۳	۱/۵	۱/۶	۳۷×۲/۰۱	۱×۱۲۰
۵۰۰	۱۶۰۴	۰/۰۰۳۳	۰/۱۲۴	۲۲/۴	۱/۶	۱/۸	۳۷×۲/۲۲	۱×۱۵۰
۵۰۰	۲۰۲۱	۰/۰۰۳۳	۰/۰۹۹۱	۲۵/۰	۱/۷	۲/۰	۳۷×۲/۵۰	۱×۱۸۵
۵۰۰	۲۵۹۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۷۵۴	۲۸/۰	۱/۸	۲/۲	۶۱×۲/۲۲	۱×۲۴۰
۵۰۰	۳۲۶۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۶۰۱	۳۱/۳	۱,۹	۲/۴	۶۱×۲/۵۰	۱×۳۰۰
۵۰۰	۴۱۸۶	۰/۰۰۲۹	۰/۰۴۷۰	۳۴/۹	۲/۰	۲/۶	۶۱×۲/۸۵	۱×۴۰۰
۵۰۰	۵۲۳۱	۰/۰۰۲۸	۰/۰۳۶۶	۳۸/۶	۲/۱	۲/۸	۶۱×۳/۲۰	۱×۵۰۰
۵۰۰	۶۶۰۴	۰/۰۰۲۵	۰/۰۲۸۳	۴۲/۷	۲/۲	۲/۸	۹۱×۲/۹۷	۱×۶۳۰
۵۰۰	۸۳۳۵	۰/۰۰۲۲	۰/۰۲۲۱	۴۷/۲	۲/۳	۲/۸	۹۱×۳/۳۶	۱×۸۰۰
۵۰۰	۱۰۴۹۴	۰/۰۰۲۱	۰/۰۱۷۶	۵۲/۶	۲/۵	۳/۰	۹۱×۳/۷۸	۱×۱۰۰۰

کابل های قدرت تک رشته ای با مشخصات عایق و روکش PVC ، مس هم محور ، با ولتاژ ۱-۰.۶ کیلو ولت

استفاده از این کابل ها در خطوط توزیع فشار ضعیف تا ولتاژ ۱۰۰۰ ولت می باشد . این نوع کابل ها در زیر زمین ، بیرون و داخل ساختمان ، داخل آب و داخل کانال ها استفاده می شوند . در ضمن شیلد کابل افراد را از خطر برقگرفتگی محافظت می کند .

ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه/ ۳/۵ kv

H1VCV- UH1VCV-R

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی کابل (kg/km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°C (MΩ.km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/km)	قطر کابل (mm)	ضخامت روکش (mm)	ساختار مس هم محور: نوار مسی (mm)(mm)	ساختار مس هم محور: مفتول مسی (N-mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سایز کابلها (mm^2)
۱۰۰۰	۱۸۰	۰/۰۱۳	۴/۶۱	۱۰/۷	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۰/۹۱	۱/۴	۱×۲/۲۵	۱×۴+۴
۱۰۰۰	۱۸۷	۰/۰۱۲	۴/۶۱	۱۱/۰	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۰/۹۱	۱/۴	۷×۰/۸۵	۱×۴+۴
۱۰۰۰	۲۲۸	۰/۰۱۱	۳/۰۸	۱۱/۶	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۱/۱۲	۱/۴	۱×۲/۷۶	۱×۶+۶
۱۰۰۰	۲۳۷	۰/۰۱۰	۳/۰۸	۱۲/۰	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۱/۱۲	۱/۴	۷×۱/۰۴	۱×۶+۶
۱۰۰۰	۳۱۹	۰/۰۰۹۲	۱/۸۳	۱۳/۱	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۱/۴۵	۱/۴	۱×۳/۵۷	۱×۱۰+۱۰
۱۰۰۰	۳۳۰	۰/۰۰۸۴	۱/۸۳	۱۳/۵	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۱/۴۵	۱/۴	۷×۱/۳۵	۱×۱۰+۱۰
۱۰۰۰	۴۶۵	۰/۰۰۷۰	۱/۱۵	۱۵/۴	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۳	۱/۴	۷×۱/۷۰	۱×۱۶+۱۶
۱۰۰۰	۱۵۶	۰/۰۰۵۸	۰/۷۲۷	۱۶/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۳	۱/۴	۷×۲/۱۲	۱×۲۵+۱۶
۱۰۰۰	۶۷۱	۰/۰۰۵۱	۰/۵۲۴	۱۷/۳	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۳	۱/۴	۷×۲/۵۰	۱×۳۵+۱۶
۱۰۰۰	۸۸۹	۰/۰۰۴۴	۰/۳۸۷	۱۹/۱	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۱/۷۸	۱/۴	۱۹×۱/۷۸	۱×۵۰+۲۵
۱۰۰۰	۱۱۹۸	۰/۰۰۳۷	۰/۲۶۸	۲۱/۳	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۲/۱۱	۱/۴	۱۹×۲/۱۲	۱×۷۰+۳۵
۵۰۰	۱۶۳۰	۰/۰۰۳۶	۰/۱۹۳	۲۴/۱	۱/۸	۱×۱۰×۰/۱	۱۲×۲/۳۰	۱/۶	۱۹×۲/۵۰	۱×۹۵+۵۰
۵۰۰	۲۰۵۶	۰/۰۰۳۳	۰/۱۵۳	۲۶/۵	۱/۸	۱×۱۰×۰/۱	۱۲×۲/۷۲	۱/۶	۳۷×۲/۰۱	۱×۱۲۰+۷۰
۵۰۰	۲۳۴۵	۰/۰۰۳۳	۰/۱۲۴	۲۸/۴	۱/۸	۱×۱۰×۰/۱	۱۲×۲/۷۲	۱/۸	۳۷×۲/۲۲	۱×۱۵۰+۷۰
۵۰۰	۲۹۸۰	۰/۰۰۳۳	۰/۰۹۹۱	۳۱/۲	۱/۸	۱×۱۰×۰/۱	۱۴×۲/۹۳	۲/۰	۳۷×۲/۵۰	۱×۱۸۵+۹۵
۵۰۰	۳۸۰۰	۰/۰۰۳۲	۰/۰۷۵۴	۳۵/۰	۱/۹	۱×۱۰×۰/۱	۱۴×۳/۳۰	۲/۲	۶۱×۲/۲۲	۱×۲۴۰+۱۲۰
۵۰۰	۴۷۵۲	۰/۰۰۳۱	۰/۰۶۰۱	۳۸/۴	۲/۰	۱×۱۰×۰/۱	۱۶×۳/۴۵	۲/۴	۶۱×۲/۵۰	۱×۳۰۰+۱۵۰
۵۰۰	۶۰۰۶	۰/۰۰۲۹	۰/۰۴۷۰	۴۲/۵	۲/۱	۱×۱۰×۰/۱	۱۸×۳/۶۱	۲/۶	۶۱×۲/۸۵	۱×۴۰۰+۱۸۰
۵۰۰	۷۵۹۲	۰/۰۰۲۸	۰/۰۳۶۶	۴۷/۰	۲/۳	۱×۱۰×۰/۱	۲۰×۳/۹۰	۲/۸	۶۱×۳/۲۰	۱×۵۰۰+۲۴۰
۵۰۰	۹۵۳۰	۰/۰۰۲۵	۰/۰۲۸۳	۵۱/۶	۲/۴	۱×۱۰×۰/۱	۲۲×۴/۱۶	۲/۸	۹۱×۲/۹۷	۱×۶۳۰+۳۰۰
۳۵۰	۱۲۱۹۲	۰/۰۰۲۲	۰/۰۲۲۱	۵۶/۶	۲/۵	۱×۱۰×۰/۱	۲۶×۴/۴۲	۲/۸	۹۱×۳/۳۶	۱×۸۰۰+۴۰۰
۲۵۰	۱۵۲۸۸	۰/۰۰۲۱	۰/۰۱۷۶	۶۲/۴	۲/۷	۱×۱۰×۰/۱	۳۰×۴/۶۰	۳/۰	۹۱×۳/۷۸	۱×۱۰۰۰+۵۰۰

کابل های قدرت چند رشته گرد با مشخصات عایق و روکش PVC با ولتاژ ۱-۰.۶ کیلو ولت

استفاده از این کابل ها برای مصارف روشنایی و در خطوط توزیع فشار ضعیف تا ولتاژ ۱۰۰۰ ولت می باشد . این نوع کابل ها درمراکز مسکونی ، تجاری و صنعتی ، بیرون و داخل ساختمانها ، زیرزمینها ، داخل آب و داخل کانال ها که بدور از هر گونه احتمال ضربدیدگی باشد استفاده می شوند .

H1VV-U H1VV-R

ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه/ ۳/۵ kv

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی کابل (Kg/Km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°C (MΩ/Km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/Km)	قطر تقریبی کابل (mm)	ضخامت روکش (mm)	ضخامت فیلر (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سایز کابلها (mm^2)
۱۰۰۰	۱۷۹	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱۱/۶	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱×۱/۴۰	۲×۱/۵
۱۰۰۰	۱۹۳	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۱۲/۰	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۷×۰/۵۳	۲×۱/۵
۱۰۰۰	۲۱۵	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱۲/۲	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱×۱/۷۸	۲×۲/۵
۱۰۰۰	۲۳۱	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۱۲/۸	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۷×۰/۶۷	۲×۲/۵
۱۰۰۰	۲۹۶	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱۴/۲	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۲×۴
۱۰۰۰	۳۱۷	۰/۰۰۹۲	۴/۶۱	۱۴/۷	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۰/۸۵	۲×۴
۱۰۰۰	۳۶۱	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۱۵/۲	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۷۶	۲×۶
۱۰۰۰	۳۸۸	۰/۰۰۷۹	۳/۰۸	۱۵/۹	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۰۴	۲×۶
۱۰۰۰	۴۸۵	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۱۶/۸	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۳/۵۷	۲×۱۰
۱۰۰۰	۵۲۴	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۱۷/۷	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۳۵	۲×۱۰
۱۰۰۰	۷۰۹	۰/۰۰۵۲	۱/۱۵	۱۹/۹	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۷۱	۲×۱۶
۵۰۰	۱۰۲۸	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۲۳/۳	۱/۸	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۱۵	۲×۲۵
۵۰۰	۱۳۰۳	۰/۰۰۴۳	۰/۵۲۴	۲۵/۶	۱/۸	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۵۲	۲×۳۵
۱۰۰۰	۲۰۲	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱×۱/۴۰	۳×۱/۵
۱۰۰۰	۲۱۸	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۱۲/۵	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۷×۰/۵۳	۳×۱/۵
۱۰۰۰	۲۳۹	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۴۲/۹	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱×۱/۷۸	۳×۲/۵
۱۰۰۰	۲۶۶	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۱۲/۴	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۷×۰/۶۷	۳×۲/۵
۱۰۰۰	۳۴۴	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱۴/۸	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۳×۴
۱۰۰۰	۳۶۹	۰/۰۰۹۲	۴/۶۱	۱۵/۴	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۰/۸۵	۳×۴
۱۰۰۰	۴۲۹	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۱۵/۹	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۷۶	۳×۶
۱۰۰۰	۴۵۷	۰/۰۰۷۹	۳/۰۸	۱۶/۶	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۰۴	۳×۶
۱۰۰۰	۵۹۰	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۱۷/۷	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۳/۵۷	۳×۱۰
۱۰۰۰	۶۳۳	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۱۸/۶	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۳۵	۳×۱۰
۵۰۰	۸۷۵	۰/۰۰۵۲	۱/۱۵	۲۱/۰	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۷۱	۳×۱۶
۵۰۰	۱۲۸۲	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۲۳/۷	۱/۸	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۱۵	۳×۲۵
۵۰۰	۱۶۴۳	۰/۰۰۴۳	۰/۵۲۴	۲۷/۱	۱/۸	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۵۲	۳×۳۵
۱۰۰۰	۲۳۲	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱۲/۸	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱×۱/۴۰	۴×۱/۵
۱۰۰۰	۲۵۱	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۱۳/۲	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۷×۰/۵۳	۴×۱/۵
۱۰۰۰	۲۹۲	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱۳/۸	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۱×۱/۷۸	۴×۲/۵
۱۰۰۰	۳۰۸	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۱۳/۸	۱/۸	۱/۰	۰/۸	۷×۰/۶۷	۴×۲/۵
۱۰۰۰	۴۰۸	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱۵/۹	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۴×۴
۱۰۰۰	۴۳۸	۰/۰۰۹۲	۴/۶۱	۱۶/۶	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۰/۸۵	۴×۴
۱۰۰۰	۵۱۷	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۱۷/۱	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۷۶	۴×۶
۱۰۰۰	۵۵۳	۰/۰۰۷۹	۳/۰۸	۱۸/۰	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۰۴	۴×۶
۱۰۰۰	۷۲۰	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۱۹/۱	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۱×۳/۵۷	۴×۱۰
۱۰۰۰	۷۷۱	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۲۰/۲	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۳۵	۴×۱۰
۵۰۰	۱۰۷۴	۰/۰۰۵۲	۱/۱۵	۲۲/۸	۱/۸	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۷۱	۴×۶
۵۰۰	۱۵۹۳	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۲۷/۰	۱/۸	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۱۵	۴×۲۵
۵۰۰	۲۰۴۸	۰/۰۰۴۳	۰/۵۲۴	۲۹/۷	۱/۸	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۵۲	۴×۳۵
۵۰۰	۱۴۴۳	۰/۰۰۵۲و۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷و۱/۱۵	۲۵/۹	۱/۸	۱/۰	۱/۲.۱/۰	۷×۲/۱۵و۷×۱/۷۱	۳×۲۵/۱۶
۵۰۰	۱۷۹۵	۰/۰۰۴۳و۰/۰۰۵۲	۰/۵۲۴و۱/۱۵	۲۷/۹	۱/۸	۱/۰	۱/۲.۱/۰	۷×۲/۵۲و۷×۱/۷۱	۳×۳۵/۱۶

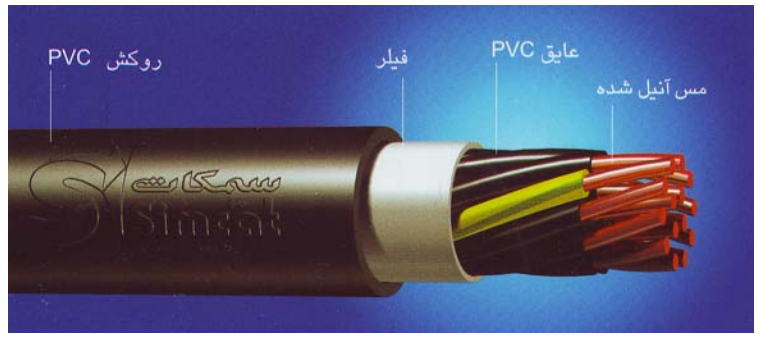
کابلهای قدرت چند رشته شیلددار با عایق و روکش PVC ، با ولتاژ ۱-۰.۶ کیلو ولت

استفاده از این کابل ها در خطوط انتقال فشار ضعیف تا ولتاژ ۱۰۰۰ ولت می باشد . این نوع کابل ها در بیرون و داخل ساختمانها ، زیرزمینها ، داخل آب و داخل کانال ها که بدور از هر گونه احتمال ضربدیدگی باشد استفاده می شوند . شیلد کابل به عنوان محافظ ، از خطرات برقگرفتگی محافظت می کند .

H1VCV-U H1VCV-R — **ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه / ۳/۵ kv**

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی کابل (kg/km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°c (MΩ.km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°c (Ω/km)	قطر تقریبی کابل (mm)	ضخامت روکش (mm)	ساختار مس هم محور: نوار مسی N-mm-mm	ساختار مس هم محور: مفتول مسی N-mm	ضخامت فیلر (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سایز کابلها (mm^2)
۱۰۰۰	۲۲۱	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱۲/۹	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۶×۰/۵۶	۱/۰	۰.۸	۱×۱/۴۰	۲×۱/۵+۱/۵
۱۰۰۰	۲۳۴	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۱۳/۳	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۵۲	۱/۰	۰.۸	۷×۰/۵۳	۲×۱/۵+۱/۵
۱۰۰۰	۲۶۹	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱۳/۹	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۶۷	۱/۰	۰.۸	۱×۱/۷۸	۲×۲/۵+۲/۵
۱۰۰۰	۲۸۵	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۱۴/۴	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۶۷	۱/۰	۰.۸	۷×۰/۶۷	۲×۲/۵+۲/۵
۱۰۰۰	۳۶۰	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱۵/۹	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۸×۰/۷۹	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۲×۴+۴
۱۰۰۰	۳۸۷	۰/۰۰۹۲	۴/۶۱	۱۶/۳	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۷۱	۱/۰	۱/۰	۷×۰/۸۵	۲×۴+۴
۱۰۰۰	۴۵۲	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۱۷/۱	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۸۶	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۷۶	۲×۶+۶
۱۰۰۰	۴۸۱	۰/۰۰۷۹	۳/۰۸	۱۷/۸	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۸۶	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۰۴	۲×۶+۶
۱۰۰۰	۵۷۷	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۱۹/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۱/۱۲	۱/۰	۱/۰	۱×۳/۵۷	۲×۱۰+۱۰
۱۰۰۰	۶۵۸	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۲۰/۰	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۲×۱/۰۲	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۳۵	۲×۱۰+۱۰
۱۰۰۰	۹۰۵	۰/۰۰۵۲	۱/۱۵	۲۲/۵	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۳	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۷۱	۲×۱۶+۱۶
۵۰۰	۱۲۳۱	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۲۵/۸	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۳	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۱۵	۲×۲۵+۱۶
۵۰۰	۱۵۰۹	۰/۰۰۴۳	۰/۵۲۳	۲۸/۱	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۳	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۵۲	۲×۳۵+۱۶
۱۰۰۰	۲۳۴	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱۳/۳	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۵۲	۱/۰	۰.۸	۱×۱/۴۰	۳×۱/۵+۱/۵
۱۰۰۰	۲۶۰	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۱۳/۷	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۵۲	۱/۰	۰.۸	۷×۰/۵۳	۳×۱/۵+۱/۵
۱۰۰۰	۳۰۲	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱۴/۴	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۸×۰/۶۲	۱/۰	۰.۸	۱×۱/۷۸	۳×۲/۵+۲/۵
۱۰۰۰	۳۱۹	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۱۴/۸	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۸×۰/۶۲	۱/۰	۰.۸	۷×۰/۶۷	۳×۲/۵+۲/۵
۱۰۰۰	۴۱۵	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱۶/۴	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۷۱	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۳×۴+۴
۱۰۰۰	۴۴۰	۰/۰۰۹۲	۴/۶۱	۱۷/۰	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۷۱	۱/۰	۱/۰	۷×۰/۸۵	۳×۴+۴
۱۰۰۰	۵۲۳	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۱۷/۸	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۸۷	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۷۶	۳×۶+۶
۱۰۰۰	۵۵۱	۰/۰۰۷۹	۳/۰۸	۱۸/۵	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۸۷	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۰۴	۳×۶+۶
۱۰۰۰	۷۲۴	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۱۹/۹	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۲×۱/۰۲	۱/۰	۱/۰	۱×۳/۵۷	۳×۱۰+۱۰
۱۰۰۰	۷۶۶	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۲۰/۸	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۲×۱/۰۲	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۳۵	۳×۱۰+۱۰
۵۰۰	۱۰۶۹	۰/۰۰۵۲	۱/۱۵	۲۳/۶	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۴×۱/۲	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۷۱	۳×۱۶+۱۶
۵۰۰	۱۳۸۰	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۲۷/۰	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۸×۱/۰۶	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۱۵	۳×۲۵+۱۶
۵۰۰	۱۸۴۲	۰/۰۰۴۳	۰/۵۲۳	۲۹/۴	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۸×۱/۰۶	۱/۰	۱/۲	۷×۲/۵۲	۳×۳۵+۱۶
۱۰۰۰	۲۷۴	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱۴/۰	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۵۲	۱/۰	۰.۸	۱×۱/۴۰	۴×۱/۵+۱/۵
۱۰۰۰	۲۹۵	۰/۰۱۱	۱۲/۱	۱۳/۵	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۷×۰/۵۲	۱/۰	۰.۸	۷×۰/۵۳	۴×۱/۵+۱/۵
۱۰۰۰	۳۴۶	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱۵/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۸×۰/۶۲	۱/۰	۰.۸	۱×۱/۷۸	۴×۲/۵+۲/۵
۱۰۰۰	۳۶۸	۰/۰۰۹	۷/۴۱	۱۶/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۸×۰/۶۲	۱/۰	۰.۸	۷×۰/۶۷	۴×۲/۵+۲/۵
۱۰۰۰	۴۸۱	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱۷/۵	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۷۱	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۴×۴+۴
۱۰۰۰	۵۱۱	۰/۰۰۹۲	۴/۶۱	۱۸/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۰×۰/۷۱	۱/۰	۱/۰	۷×۰/۸۵	۴×۴+۴
۱۰۰۰	۶۱۰	۰/۰۰۸۷	۳/۰۸	۱۸/۹	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۲×۰/۷۹	۱/۰	۱/۰	۱×۲/۷۶	۴×۶+۶
۱۰۰۰	۶۳۷	۰/۰۰۷۹	۳/۰۸	۱۹/۸	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۲×۰/۷۹	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۰۴	۴×۶+۶
۱۰۰۰	۸۵۴	۰/۰۰۷۰	۱/۸۳	۲۱/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۴×۰/۹۳	۱/۰	۱/۰	۱×۳/۵۷	۴×۱۰+۱۰
۱۰۰۰	۹۰۵	۰/۰۰۶۵	۱/۸۳	۲۲/۳	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۴×۰/۹۳	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۳۵	۴×۱۰+۱۰
۵۰۰	۱۲۶۹	۰/۰۰۵۲	۱/۱۵	۲۵/۲	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۶×۱/۱۲	۱/۰	۱/۰	۷×۱/۷۱	۴×۱۶+۱۶
۵۰۰	۱۷۹۳	۰/۰۰۵۰	۰/۷۲۷	۲۹/۴	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۸×۱/۰۶	۱/۰	۱.۲	۷×۲/۱۵	۴×۲۵+۱۶
۵۰۰	۲۲۵۳	۰/۰۰۴۳	۰/۵۲۳	۳۲/۱	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۲۰×۱/۰۱	۱/۰	۱.۲	۷×۲/۵۲	۴×۳۵+۱۶
۵۰۰	۱۶۶۲	۰/۰۰۵۰.۰/۰۰۵۲	۰/۷۲۷.۱/۱۵	۲۸/۵	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۱۸×۱/۰۶	۱/۰	۱.۲.۱.۰	۷×۲/۱۵.۷×۱/۷۱	۳×۲۵/۱۶+۱۶
۵۰۰	۲۰۱۶	۰/۰۰۴۳.۰/۰۰۵۲	۰/۵۲۳.۱/۱۵	۳۰/۶	۱/۸	۱×۵×۰/۱	۲۰×۱/۰۱	۱/۰	۱.۲.۱.۰	۷×۲/۵۲.۷×۱/۷۱	۳×۳۵/۱۶+۱۶

کابلهای کنترل تک لا با مشخصات عایق و روکش PVC ، با ولتاژ ۱-۰.۶ کیلو ولت



این نوع کابل ها به منظور انتقال سیگنالهای آنالوگ و دیجیتال به منظور کنترل و اندازه گیری و حفاظت در مکان های مختلف در سطح نیروگاهها و پستها (عمدتاً اتاق کنترل) استفاده می شوند . هر رشته جداگانه شماره گذاری می گردد

H1VV-U — ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه/ ۳/۵ kV

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی کابل (Kg/Km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°C (MΩ/Km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/Km)	قطر تقریبی کابل (mm)	ضخامت روکش (mm)	ضخامت فیلر (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سایز کابلها (mm^2)
۱۰۰۰	۲۶۷	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۱۳۷	۰/۸	۱×۱/۴۰	۵×۱/۵
۱۰۰۰	۳۲۳	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۱۴/۶	۰/۸	۱×۱/۴۰	۷×۱/۵
۱۰۰۰	۴۶۳	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۱۷/۶	۰/۸	۱×۱/۴۰	۱۰×۱/۵
۱۰۰۰	۵۰۳	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۱۸/۱	۰/۸	۱×۱/۴۰	۱۲×۱/۵
۱۰۰۰	۵۵۱	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۱۸/۹	۰/۸	۱×۱/۴۰	۱۴×۱/۵
۱۰۰۰	۶۰۶	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۱۹/۷	۰/۸	۱×۱/۴۰	۱۶×۱/۵
۵۰۰	۶۸۳	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۲۰/۶	۰/۸	۱×۱/۴۰	۱۹×۱/۵
۵۰۰	۸۸۵	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۲۳/۶	۰/۸	۱×۱/۴۰	۲۴×۱/۵
۵۰۰	۱۰۰۵	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۲۴/۹	۰/۸	۱×۱/۴۰	۳۰×۱/۵
۵۰۰	۱۱۷۸	۰/۰۱۲	۱۲/۱	۱/۸	۱/۰	۲۶/۶	۰/۸	۱×۱/۴۰	۳۷×۱/۵
۱۰۰۰	۳۳۹	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۱۴/۸	۰/۸	۱×۱/۷۸	۵×۲/۵
۱۰۰۰	۴۱۸	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۱۵/۸	۰/۸	۱×۱/۷۸	۷×۲/۵
۱۰۰۰	۶۰۵	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۱۹/۲	۰/۸	۱×۱/۷۸	۱۰×۲/۵
۱۰۰۰	۶۶۲	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۱۹/۸	۰/۸	۱×۱/۷۸	۱۲×۲/۵
۱۰۰۰	۷۳۵	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۲۰/۶	۰/۸	۱×۱/۷۸	۱۴×۲/۵
۱۰۰۰	۸۱۲	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۲۱/۶	۰/۸	۱×۱/۷۸	۱۶×۲/۵
۵۰۰	۹۲۱	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۲۲/۶	۰/۸	۱×۱/۷۸	۱۹×۲/۵
۵۰۰	۱۱۹۶	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۲۶/۰	۰/۸	۱×۱/۷۸	۲۴×۲/۵
۵۰۰	۱۳۷۷	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۸	۱/۰	۲۷/۴	۰/۸	۱×۱/۷۸	۳۰×۲/۵
۵۰۰	۱۶۴۰	۰/۰۱۰	۷/۴۱	۱/۹	۱/۰	۲۹/۶	۰/۸	۱×۱/۷۸	۳۷×۲/۵
۱۰۰۰	۴۷۹	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۱۷/۲	۱/۰	۱×۲/۲۵	۵×۴
۱۰۰۰	۶۰۱	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۱۸/۵	۱/۰	۱×۲/۲۵	۷×۴
۱۰۰۰	۸۸۴	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۲۲/۸	۱/۰	۱×۲/۲۵	۱۰×۴
۱۰۰۰	۹۷۴	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۲۳/۵	۱/۰	۱×۲/۲۵	۱۲×۴
۱۰۰۰	۱۰۸۴	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۲۴/۶	۱/۰	۱×۲/۲۵	۱۴×۴
۵۰۰	۱۲۰۰	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۲۵/۸	۱/۰	۱×۲/۲۵	۱۶×۴
۵۰۰	۱۳۷۲	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۸	۱/۰	۲۷/۱	۱/۰	۱×۲/۲۵	۱۹×۴
۵۰۰	۱۸۴۳	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۱/۹	۱/۲	۳۱/۷	۱/۰	۱×۲/۲۵	۲۴×۴
۵۰۰	۲۱۴۳	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۲/۰	۱/۲	۳۴/۰	۱/۰	۱×۲/۲۵	۳۰×۴
۵۰۰	۲۵۶۰	۰/۰۱۰	۴/۶۱	۲/۱	۱/۲	۳۶/۷	۱/۰	۱×۲/۲۵	۳۷×۴

کابلهای انعطاف پذیر با مشخصات عایق و روکش PVC ، با ولتاژ ۵۰۰-۳۰۰ ولت

این نوع کابلها در اتاقهای خشک و مرطوب برای تغذیه وسایل و تجهیزات الکتریکی قابل حمل در منازل و ادارات و همچنین وسایل گرمایی تا ۵۰۰ ولت ، جائیکه انتظار تنش های مکانیکی متوسط و انعطاف پذیری بیشتری داشته باشیم بکار می روند . این کابلها برای بیرون ساختمان مناسب نیستند .

ولتاژ آزمون: ۵ دقیقه/ ۲/۵ kV — H05VV-F

متراژ بسته بندی (m)	وزن تقریبی کابل (Kg/Km)	حداقل مقاومت عایقی در دمای ۷۰°C (MΩ/Km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/Km)	قطر تقریبی کابل (mm)	ضخامت روکش (mm)	ضخامت عایق (mm)	ساختار هادی (No-mm)	سایز کابلها (mm^2)
۱۰۰۰	۱۸۶	۰/۰۰۷۶	۴/۹۵	۱۰/۶	۱/۱	۰/۸	۵۶×۰/۳۰	۲×۴
۱۰۰۰	۲۵۱	۰/۰۰۶۵	۳/۳۰	۱۲/۰	۱/۲	۰/۸	۸۴×۰/۳۰	۲×۶
۱۰۰۰	۴۰۸	۰/۰۰۶۳	۱/۹۱	۱۵/۱	۱/۴	۱/۰	۸۰×۰/۴۰	۲×۱۰
۱۰۰۰	۶۴۳	۰/۰۰۴۶	۱/۲۱	۱۹/۰	۱/۶	۱/۰	۷(۱۸×۰/۴۰)	۲×۱۶
۱۰۰۰	۲۳۹	۰/۰۰۷۶	۴/۹۵	۱۱/۵	۱/۲	۰/۸	۵۶×۰/۳۰	۳×۴
۱۰۰۰	۳۱۴	۰/۰۰۶۵	۳/۳۰	۱۳/۰	۱/۳	۰/۸	۸۴×۰/۳۰	۳×۶
۱۰۰۰	۵۲۶	۰/۰۰۶۳	۱/۹۱	۱۶/۳	۱/۵	۱/۰	۸۰×۰/۴۰	۳×۱۰
۵۰۰	۸۳۳	۰/۰۰۴۶	۱/۲۱	۲۰/۴	۱/۷	۱/۰	۷(۱۸×۰/۴۰)	۳×۱۶
۱۰۰۰	۲۹۴	۰/۰۰۷۶	۴/۹۵	۱۲/۶	۱/۲	۰/۸	۵۶×۰/۳۰	۴×۴
۱۰۰۰	۴۰۷	۰/۰۰۶۵	۳/۳۰	۱۴/۴	۱/۴	۰/۸	۸۴×۰/۳۰	۴×۶
۱۰۰۰	۶۶۳	۰/۰۰۶۳	۱/۹۱	۱۸/۱	۱/۶	۱/۰	۸۰×۰/۴۰	۴×۱۰
۵۰۰	۱۰۴۹	۰/۰۰۴۶	۱/۲۱	۲۲/۹	۱/۹	۱/۰	۷(۱۸×۰/۴۰)	۴×۱۶

سیم های مسی سخت هوایی

این هادی ها برای انتقال انرژی الکتریکی در خطوط توزیع فشار ضعیف و متوسط ، جائیکه فاصله دکلها از هم کوتاه هستند و همچنین در شرایط سخت آب و هوایی بکار می روند . هر یک از مفتولهای این هادی جهت تحمل تنش های مکانیکی باید از نوع سخت کشیده شده یا آنیل نشده باشند .

سایز سیم (mm^2)	ساختار هادی (No-mm)	قطر سیم (mm)	وزن تقریبی هادی (Kg/Km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/Km)	حداقل نیروی پارگی (KN)	وزن‌بسته بندی (Kg)
۱۰	۷×۱/۳۵	۴/۱	۹۰	۱/۸۰۶	۴/۱	۵۰۰
۱۶	۷×۱/۷۰	۵/۱	۱۴۳	۱/۱۳۸۵	۶/۵	۱۰۰۰
۲۵	۷×۲/۱۰	۶/۳	۲۱۹	۰/۷۴۶۱	۹/۹	۱۰۰۰
۳۵	۷×۲/۵۰	۷/۵	۳۱۰	۰/۵۲۶۴	۱۴/۰	۱۰۰۰
۵۰	۷×۳/۰	۹/۰	۴۴۷	۰/۳۶۵۶	۲۰/۲	۱۰۰۰
۵۰	۱۹×۱/۷۸	۸/۹	۴۳۸	۰/۳۷۵۹	۱۹/۸	۱۰۰۰
۷۰	۱۹×۲/۱۰	۱۰/۵	۵۹۷	۰/۲۷۶۲	۲۶/۹	۱۰۰۰
۹۵	۱۹×۲/۵۰	۱۲/۵	۸۴۶	۰/۱۹۴۹	۳۸/۱	۱۵۰۰
۱۲۰	۱۹×۲/۸۰	۱۴/۰	۱۰۶۱	۰/۱۵۵۴	۴۷/۸	۱۵۰۰
۱۵۰	۳۷×۲/۲۵	۱۵/۷	۱۳۳۷	۰/۱۲۳۸	۶۰/۱	۲۰۰۰
۱۸۵	۳۷×۲/۵۰	۱۷/۵	۱۶۵۱	۰/۱۰۰۳	۷۴/۲	۲۰۰۰
۲۴۰	۶۱×۲/۲۵	۲۰/۲	۲۲۰۸	۰/۰۷۵۳	۹۹/۱	۳۰۰۰

هادی های تمام آلومینیومی (AAC)

این نوع هادی ها برای انتقال انرژی الکتریکی در مکانهایی از جمله ایستگاههای پست که فاصله دکل ها از هم کوتاه هستند بکار می روند . هر یک از مفتولهای این هادی باید کشیده شده سخت (بدون آنیل) باشند تا بتوانند فشار ناشی از وزن هادی را تحمل کنند . مصرف عمده این هادیها در خطوط توزیع فشار متوسط و ضعیف است .

نام هادی	سطح مقطع (mm^2)	ساختار هادی (No-mm)	قطر هادی (mm)	وزن تقریبی هادی (Kg/Km)	حداکثر مقاومت الکتریکی در دمای ۲۰°C (Ω/Km)	حداقل نیروی پارگی (KN)	وزن‌بسته بندی (Kg)
Peachbell	۱۳/۲۹	۷×۱/۵۵	۴/۷	۳۷	۲/۱۶۹	۲/۳	۱۲۰۰۰
Rose	۲۱/۱۶	۷×۱/۹۶	۵/۹	۵۸	۱/۳۶۲	۳/۶	۸۰۰۰
Iris	۳۳/۶۱	۷×۲/۴۷	۷/۴	۹۳	۰/۸۵۷۴	۵/۶	۸۰۰۰
Pansy	۴۲/۳۹	۷×۲/۷۸	۸/۳	۱۱۷	۰/۶۸۰۱	۶/۸	۴۰۰۰
Poppy	۵۳/۴۸	۷×۳/۱۲	۹/۴	۱۴۷	۰/۵۳۹۰	۸/۲	۴۰۰۰
Aster	۶۷/۴۲	۷×۳/۵۰	۱۰/۵	۱۸۶	۰/۴۲۷۶	۱۰/۴	۴۰۰۰
Phlox	۸۵/۰۳	۷×۳/۹۳	۱۱/۸	۲۳۴	۰/۳۳۹۰	۱۲/۶	۴۰۰۰
Oxlip	۱۰۷/۲۰	۷×۴/۴۲	۱۳/۳	۲۵۹	۰/۲۶۸۸	۱۵/۹	۴۰۰۰
Valerian	۱۲۶/۷۰	۱۹×۲/۹۱	۱۴/۶	۳۴۹	۰/۲۲۷۵	۲۰/۰	۴۰۰۰
Sneezewort	۱۲۶/۷۰	۷×۴/۸۰	۱۴/۴	۳۴۹	۰/۲۲۷۵	۱۸/۸	۴۰۰۰
Laurel	۱۳۵/۲۰	۱۹×۳/۰۱	۱۵/۱	۳۷۳	۰/۲۱۱۳	۲۱/۳	۴۰۰۰
Daisy	۱۳۵/۲۰	۷×۴/۹۶	۱۴/۹	۳۷۳	۰/۲۱۱۳	۲۰/۱	۴۰۰۰
Peony	۱۵۲/۰	۱۹×۳/۱۹	۱۶/۰	۴۱۹	۰/۱۸۹۶	۲۳/۵	۲۰۰۰
Tulip	۱۷۰/۵	۱۹×۳/۳۸	۱۶/۹	۴۷۰	۰/۱۶۹۲	۲۶/۴	۲۰۰۰
Daffodil	۱۷۷/۴	۱۹×۳/۴۵	۱۷/۲	۴۸۹	۰/۱۶۲۵	۲۷/۴	۲۰۰۰
Canna	۲۰۱/۰	۱۹×۳/۶۷	۱۸/۴	۵۵۶	۰/۱۴۳۲	۳۰/۶	۲۰۰۰
Goldentuft	۲۲۸/۰	۱۹×۳/۹۱	۱۹/۶	۶۲۸	۰/۱۲۶۴	۳۳/۹	۲۰۰۰
Syringa	۲۴۲/۰	۳۷×۲/۷۸	۲۰/۲	۶۶۶	۰/۱۱۹۳	۳۸/۲	۲۰۰۰
Cosmos	۲۴۲/۰	۱۹×۴/۰۲	۲۰/۱	۶۶۶	۰/۱۱۹۳	۳۵/۹	۲۰۰۰
Hyacinth	۲۵۳/۰	۳۷×۲/۹۵	۲۰/۷	۶۹۸	۰/۱۱۳۷	۴۰/۰	۲۰۰۰
Zinnia	۲۵۳/۰	۱۹×۴/۱۲	۲۰/۶	۶۹۸	۰/۱۱۳۷	۳۷/۷	۲۰۰۰
Dahlia	۲۸۲/۰	۱۹×۴/۳۵	۲۱/۷	۷۷۷	۰/۱۰۲۳	۴۱/۹	۲۰۰۰
Mistletoe	۲۸۲/۰	۳۷×۳/۱۱	۲۱/۸	۷۷۷	۰/۱۰۲۳	۴۳/۷	۲۰۰۰
Meadowsweet	۳۰۴/۰	۳۷×۳/۲۳	۲۲/۶	۸۳۸	۰/۰۹۴۸	۴۷/۱	۱۰۰۰
Orchid	۳۲۳/۰	۳۷×۳/۳۳	۲۳/۳	۸۸۸	۰/۰۸۹۳	۴۹/۹	۱۰۰۰
Heuchera	۳۲۹/۰	۳۷×۳/۳۷	۲۳/۶	۹۰۸	۰/۰۸۷۵	۵۱/۰	۱۰۰۰
Flag	۳۵۵/۰	۶۱×۲/۷۲	۲۴/۵	۹۷۸	۰/۰۸۱۳	۵۷/۲	۱۰۰۰
Verbena	۳۵۵/۰	۳۷×۳/۴۹	۲۴/۵	۹۷۸	۰/۰۸۱۳	۵۴/۹	۱۰۰۰
Nasturtium	۳۶۳/۰	۶۱×۲/۷۵	۲۴/۸	۱۰۰۰	۰/۰۷۹۵	۵۸/۴	۱۰۰۰
Violet	۳۶۳/۰	۳۷×۳/۵۳	۲۴/۷	۱۰۰۰	۰/۰۷۹۵	۵۶/۲	۱۰۰۰