

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

بسمه تعالی



هر کابلی با سطح مقطع معینی قادر به انتقال جریانی مشخص میباشد که اگر جریان از آن حد تجاوز کند سبب تلفات انرژی الکتریکی، افزایش افت ولتاژ، کوتاهی عمر کابل و یا حتی باعث سوختن کابل میشود.

در آموزش محاسبه سطح مقطع کابل به همراه مثال فرمولها و جداول محاسبه سطح مقطع کابل ارائه شده است.

موارد تعیین کننده مقطع کابل

۱ - جریان عبوری از کابل از حد مجاز کابل بیشتر نشود.

۲ - افت ولتاژ نباید بیشتر از حد مجاز باشد چون باعث کاهش ولتاژ انتهای خط شده و در نهایت آسیب رسیدن به بار میشود.

۳ - محاسبات اقتصادی در مورد سطح مقطع انتخابی از نظر افت توان انجام شود .

در ادامه آموزش محاسبه سطح مقطع کابل به همراه مثال پیرامون چگونگی انتخاب سطح مقطع کابل با در نظر گرفت سه اصل فوق، شرح مختصری ارائه می گردد:

۱- انتخاب کابل مناسب با توجه به جریان مجاز کابل

جریان مجاز کابل های برق و کابل های مخصوص روشنایی و سیم کشی به ترتیب در جدول شماره ۱ تا ۴ داده شده است. لازم به یادآوری است که اگر از کابل های برق (جدول ۱) بخواهیم بطور دایم بارگیری کنیم بسته به نوع خاک باید خشک شدن آن و بالا رفتن مقاومت حرارتی آن را در نظر گرفته و محاسبات دقیق را انجام دهیم. توجه : مقادیر این جدول های به صورت استاندارد بوده و برای محاسبه دقیقتر بخصوص برای کابل های با سطح مقطع بالا که از حساسیت بیشتری برخوردارند باید جدول ها را از شرکت سازنده کابلی که میخواهیم استفاده کنیم تهیه کنیم چون مقادیر جدول های شرکت های سازنده مختلف با یکدیگر متفاوتند.

محاسبه سطح مقطع کابل

ابتدا برای تعیین سطح مقطع مناسب کابل باید جریان بار یا همان جریانی که میخواهیم از کابل عبور کند را بدست بیاوریم:

$$I_n = \frac{P}{V}(\text{DC}) \quad \text{برای جریان مستقیم}$$

$$I_n = \frac{P}{V (pf)}(\text{AC}) \quad \text{برای جریان متناوب تک فاز}$$

P : مقدار توان اکتیو بر حسب وات

V ولتاژ خط شبکه بر حسب ولت

I : جریان عبوری از کابل بر حسب آمپر

Pf : ضریب قدرت بار

در مرحله بعد پیش از پیدا کردن سطح مقطع کابل باید با توجه به شرایطی که کابل در آن قرار می گیرد، ضرایب مربوطه را از جداول ۲ و ۳ بدست آوریم و از رابطه زیر جریان مجاز کابل را محاسبه کنیم:

$$I_c = \frac{I_n}{\text{ضرایب به آمده دست}}$$

که در آن I_c جریان مجاز کابل به آمپر است.

سپس از روی این جریان و با توجه به جریان مجاز کابل های برق (جدول ۱) و کابل های مخصوص روشنایی و سیم کشی (جدول ۴) سطح مقطع کابل مورد نظر بدست می آوریم.

۲- تعیین افت ولتاژ کابل

حال که سطح مقطع را با توجه به جدول های کابل بدست آوردیم باید مقدار افت ولتاژ آن را محاسبه کنیم تا ببینیم این کابل چه مقدار افت ولتاژ دارد و آیا میزان آن قابل قبول هست یا خیر در صورتی که میزان افت ولتاژ در بارهای صنعتی بیش از ۲ درصد شد باید سائز سطح مقطع کابل را بالاتر در نظر گرفت تا میزان افت ولتاژ کاهش یابد و مجدد میزان افت ولتاژ را محاسبه میکنیم تا به درصد افت ولتاژ مناسب برسیم.

نکته : درصد افت ولتاژ برای بارهای روشنایی نباید از ۳ درصد تجاوز کند و برای بارهای صنعتی نباید از ۲ درصد تجاوز کند.

اگر درصد افت ولتاژ در حد مجاز نباشد باید سطح مقطع بالاتری را انتخاب کنیم.

برای تعیین درصد افت ولتاژ می توان روابط زیر را بکار برد:

$$\Delta V\% = \frac{2 R I_n L}{V} 100 \quad \text{برای جریان مستقیم (DC)}$$

$$\Delta V\% = \frac{2 Z I_n L}{V} 100 \quad \text{برای جریان متناوب تک فاز (AC)}$$

$$\Delta V\% = \frac{1.73 Z I_n L}{V} 100 \quad \text{برای جریان متناوب سه فاز (AC)}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

R: مقاومت هادی در ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب اهم

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

V ولتاژ خط بر حسب ولت :

L طول کابل بر حسب متر :

X مقاومت القایی (اندوکتانس) بر حسب اهم (ستون چهارم جدول ۵)

۳- بررسی اقتصادی محاسبه کابل

برای طراحی اقتصادی شبکه و بهینه سازی نیازمند داده های آماری و مقادیر واقعی نظیر قیمت کابل، هزینه نصب و نگهداری، بهای هر کیلو وات ساعت مصرفی، مدت زمان بهره برداری از کابل و غیره هستیم.

مثال عملی محاسبه سطح مقطع کابل

می خواهیم برای برق رسانی به موتور سه فاز ۳۸۰ ولتی به قدرت ۹۰ کیلووات و با ضریب ۰,۸ که در فاصله ۱۰۰ متری از تابلوی توزیع قرار دارد از کابل پلاستیکی نوع NYY-O استفاده کنیم. در صورتیکه موتور روزانه ۱۰ ساعت با بار کامل کار کند و دست کم به همان مدت هم بار آن از ۶۰ درصد بار کامل تجاوز نکند و کابل بطور مستقیم در عمق ۷۰ سانتیمتری در خاک قرار گرفته و حداکثر دمای محیط هم ۴۰ درجه سانتیگراد باشد، سطح مقطع کابل مورد نظر را برای موتور مورد نظر حساب کنید.

ابتدا جریان بار را حساب می کنیم:

$$I_n = \frac{P}{1.73 V (pf)} = \frac{90000}{1.73 (380) (0.8)} = 171 \quad \text{آمپر}$$

از جدول ۲ ضریب تصحیح دما برای دمای ۴۰ درجه ۰,۷۷ است، پس جریان مجاز کابل برابر است با:

$$I_c = \frac{I_n}{k} = \frac{I_n}{0.77} = 222 \quad \text{آمپر}$$

از جدول می توانیم مشاهده کنیم که کابل ۳*۷۰ می تواند ۲۳۰ آمپر را منتقل کند، پس برای این بار مناسب است. برای بررسی درصد افت ولتاژ در این کابل از جدول ۵-۲ می توانیم مقامت اهمی و القایی کابل را بدست آوریم:

$$R = 0.321 \quad \text{ohm / km}$$

$$X = 0.074 \quad \text{ohm / km}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{0.321^2 + 0.074^2} = 0.329 \quad \text{ohm / km}$$

$$\Delta V\% = \frac{1.73 Z I_n L}{V} 100 = \frac{1.73 (0.329) (171) (100)}{380 (1000)} 100 = 2.6 \%$$

نکته ای که باید در هنگام تعیین سطح مقطع کابل در نظر داشت این است که در فواصل کوتاه توانایی انتقال جریان عامل تعیین کننده است. در حالیکه در شبکه های با طول بلند، افت ولتاژ نقش اساسی دارد.

۴-چند توصیه در مورد نصب کابل

*کابل پلاستیکی (پی وی سی) را نباید در زمستان کابل کشی نمود. در شرایط خاص کار در سرما می توان از پیش قرقه کابل را در محیط گرم قرار داد و پس از گرم شدن بی درنگ آن را نصب کنیم.

*هنگام نصب کابل شعاع خمش نباید از ۱۲ برابر قطر خارجی کمتر باشد.

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

*در صورتیکه کابل در خاک دفن شود، باید کانالی به عمق ۷۰ سانتیمتر حفر کرد و کابل را داخل خاک نرم به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر قرار داد و سپس روی آن آجر و در پایان خاک معمولی ریخت.

جدول شماره ۱- جریان مجاز کابل های برق به آمپر شرایط محیط

سطح مقطع mm ²	مداکثر دمای هادی ۷۰ درجه سانتیگراد									
	کابل های ۱ سیمه DC		کابل های ۲ سیمه		کابل های ۳ و ۴ سیمه		سه کابل یک سیمه سه فاز			
	در خاک	در هوا	در خاک	در هوا	در خاک	در هوا	در خاک ○○○	در هوا ○○○	در خاک ○○○	در هوا ○○○
۱.۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸	-	-	-	-
۲.۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵	-	-	-	-
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴	-	-	-	-
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۹	۴۴	-	-	-	-
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۵۰	-	-	-	-
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰	۸۶
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۴۰	۱۲۰
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۴۵
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	-	-	۱۸۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۰۰	۱۸۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	-	-	۲۳۰	۲۰۰	۲۷۵	۲۶۰	۲۴۰	۲۲۵
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	-	-	۲۷۵	۲۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۹۵	۲۸۰
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	-	-	۳۱۵	۲۸۵	۳۷۰	۳۷۵	۳۳۵	۳۳۰
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	-	-	۳۵۵	۳۲۰	۴۲۰	۴۳۰	۳۸۰	۳۸۰
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	-	-	۴۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۴۵۰	۴۳۰	۴۴۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	-	-	۴۶۵	۴۳۵	۵۴۰	۵۹۰	۴۹۰	۵۳۰
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	-	-	-	-	۶۲۰	۶۸۰	۵۵۰	۶۱۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	-	-	-	-	۷۱۰	۸۲۰	۶۵۰	۷۴۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	-	-	-	-	۸۲۰	۹۶۰	۷۴۰	۸۶۰

شرایط محیط کابل

*دمای محیط در خاک ۲۰ درجه سانتیگراد

*دمای محیط در هوای آزاد ۳۰ درجه سانتیگراد

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

*مقاومت ویژه حرارتی عایق و روکش پی وی سی 600 deg c. Cm/w

*مقاومت ویژه حرارتی خاک 600 deg c. Cm/w

*بار روزانه: ۱۰ ساعت با بار کامل و دست کم ۱۰ ساعت با ۶۰ درصد بار کامل

جدول شماره ۲- ضریب تصحیح برای دمای محیط

دمای محیط بر حسب درجه سانتیگراد										
	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
کابل در خاک	1.05	1	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55	0.45
کابل در هوای آزاد	1.17	1.12	1.06	1	0.94	0.87	0.79	0.71	0.61	0.5

جدول شماره ۳- ضریب تصحیح (به درصد) جریان مجاز برای سیم ها و کابل های سیم کشی در صورت تغییر دمای محیط از ۲۵ درجه سانتیگراد

دمای محیط بر حسب درجه سانتیگراد	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵
در صد جریان مجاز	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۰	۱۰۵	۱۰۰	۹۴	۸۸	۸۲	۷۵	۶۷	۵۸	۴۷	۳۳



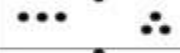


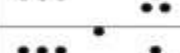
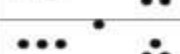
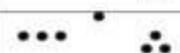


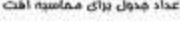
جدول شماره ۴- جریان مجاز سیم های عایق دار و کابل های سیم کشی با حداکثر دمای هادی مسی ۷۰ درجه و دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

سطح مقطع mm ²	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
	یک یا چند سیم عایق‌دار در لوله شرطی می	کابل‌های سبک چند سیمه	سیم‌های نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع
	ISIRI (607) 01 NYA	ISIRI (607) 10 NYM	به ضابطه یک‌قطر از یکدیگر
جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A	جریان مجاز A
۱	۱۲	۱۶	۲۰
۱.۵	۱۶	۲۰	۲۵
۲.۵	۲۱	۲۷	۳۴
۴	۲۷	۳۶	۴۵
۶	۳۵	۴۷	۵۷
۱۰	۴۸	۶۵	۷۸
۱۶	۶۵	۸۷	۱۰۴
۲۵	۸۸	۱۱۵	۱۳۷
۳۵	۱۱۰	۱۴۳	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۷۸	۲۱۰
۷۰	۱۷۵	۲۲۰	۲۶۰
۹۵	۲۱۰	۲۶۵	۳۱۰
۱۲۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۶۵
۱۵۰	—	۳۵۵	۴۱۵
۱۸۵	—	۴۰۵	۴۷۵
۲۴۰	—	۴۸۰	۵۶۰
۳۰۰	—	۵۵۵	۶۴۵
۴۰۰	—	—	۷۷۰
۵۰۰	—	—	۸۸۰

جدول شماره ۵-۱

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

سطح مقطع mm ²	مقاومت DC هادی در ۲۰ درجه	مقاومت AC هادی در 70 درجه	رآکتانس تقریبی ohm / Km	طرز قرار گیری کابل ها
1 x 1.5	12.1	14.29	-	•
1 x 2.5	7.41	8.54	-	•
1 x 4	4.61	5.35	-	•
1 x 6	3.08	3.55	-	•
1 x 10	1.83	2.12	-	•
1 x 16	1.15	1.35 1.35 1.35	0.254 0.11	
1 x 25	0.727	0.852 0.852 0.852	0.242 0.107	
1 x 35	0.524	0.615 0.615 0.615	0.228 0.097	
1 x 50	0.387	0.453 0.454 0.454	0.189 0.096	
1 x 70	0.268	0.313 0.314 0.315	0.210 0.094	
1 x 95	0.193	0.226 0.226 0.227	0.203 0.091	
1 x 120	0.153	0.180 0.180 0.181	0.196 0.088	
1 x 150	0.124	0.146 0.147 0.148	0.192 0.086	
1 x 185	0.0991	0.1163 0.1184 0.1171	0.086 0.184	
1 x 240	0.0754	0.0886 0.0916 0.0896	0.082 0.174	
1 x 300	0.0601	0.0706 0.0742 0.0720	0.082 0.170	

اعداد جدول برای هماسیه افت ولتاژ و افت توان کافی می باشد .

جدول شماره ۲-۵

آموزش محاسبه سطح مقطع مناسب کابل به همراه مثال.....مهندس واقف

	رآکتانسی تقریبی ohm / Km	مقاومت AC هادی در 70 درجه	مقاومت DC هادی در ۲۰ درجه	سطح مقطع mm ²
تک مفتولی	0.108	14.48	12.1	2 x 1.5
	0.104	8.71	7.41	2 x 2.5
	0.100	5.46	4.61	2 x 4
	0.094	3.62	3.08	2 x 6
	0.088	2.16	1.83	2 x 10
نیمه افشان	0.083	1.37	1.15	2 x 16
	0.080	0.870	0.727	2 x 25
	0.078	0.627	0.524	2 x 35
	0.108	14.48	12.1	3 x 1.5
	0.104	8.71	7.41	3 x 2.5
	0.100	5.46	4.61	3 x 4
	0.094	3.62	3.08	3 x 6
	0.088	2.16	1.83	3 x 10
	0.083	1.37	1.15	3 x 16
	0.080	0.870	0.727	3 x 25
	0.077	0.627	0.524	3 x 35
	0.077	0.463	0.387	3 x 50
	0.074	0.321	0.268	3 x 70
	0.074	0.232	0.193	3 x 95
	0.072	0.184	0.153	3 x 120
	0.072	0.150	0.124	3 x 150
	0.071	0.1203	0.0991	3 x 185

اعداد جدول برای محاسبه افت ولتاژ و افت توان کافی می باشد .

نکته مهمه در نصب کابل های بزرگ

جهت راحتی نصب کابل ها با سطح مقطع بسیار بالا و انتخاب بهینه کابل مناسب به جای یک کابل از دو کابل استفاده میشود .مثلا برای شبکه سه فاز برای هر فاز دو کابل که با یک دیگر بصورت موای متصل شده اند استفاده میشود که در مجموع ۶ کابل برای هر سه فاز (بدون در نظر گرفتن سیم نول و زمین) مورد استفاده قرار میگیرد این کار باعث میشود علاوه بر اینکه مقاومت اهمی کابل ها کاهش یابد و در نتیجه آن کاهش تلفات و همچنین کاهش افت ولتاژ را سبب میشود در نصب و جاگذاری کابل های بزرگ کمک میکند.

تکلیف:

۱- تحقیق کنید چه سطح مقطعی از کابل و همینطور سیم در توزیع برق پرکاربردند؟ (برای دانشجویان دروس توزیع زمینی، توزیع هوایی)

۲- چرا سطح مقطع سیمهای بکار رفته از جنس مس و آلومینیوم در شرایط یکسان متفاوت است؟ (برای دانشجویان درس سیستم انرژی)

پاسخ تمرینات به arashvam@gmail.com ایمیل زده شود. معرفی درس و دانشجو و رعایت گزارش استاندارد برای پاسخگویی ضروریست..

مهلت ارائه تا مورخ ۲۸ اردیبهشت