تأسیسات الکتریکی

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیش‌نیاز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

هدف: آشنایی با مهندسی روشنایی و تأسیسات الکتریکی

مدرس: کاظم وارثی (kzm.varesi@gmail.com)

هم‌نیاز: -

- روشنایی: تعریف و ماهیت نور، اشعه مادون قرمز و ماوراء بنفش، کمیت‌های نورسنجی، استانداردهای روشنایی، محاسبات روشنایی داخلی و خارجی.
- ساختمان و راه‌اندازی لامپ‌ها: رشته‌ای، فلورسنت، جیوه‌ای، سدیم، کم‌مصرف.
- ایمنی و حفاظت در تأسیسات الکتریکی.
- محاسبات سطح مقطع سیم و کابل و سیم‌کشی هوایی.
- فیوز و محاسبات آن.
- طراحی تابلو.
- برآورد بار و تقاضا برای بارهای صنعتی و تجاری.
- زمین کردن (الکتریکی و حفاظتی)، اندازه‌گیری مقاومت زمین، رله‌های زمین و سایر ادوات و رله‌های مرتبط.
- انواع سیستم‌های توزیع برق.
- سیستم‌های اضطراری.
- آشنایی با آسانسور و پله‌های برقی
- تصحیح ضریب قدرت در کارخانجات.
- سیستم‌های هشدار دهنده.
- سیستم‌های جریان ضعیف شامل آنتن و سیستم تلفن.
- آشنایی با نرم‌افزارهای مربوطه.
- پروژه

تأسیسات الکتریکی

❑ مراجع

[۱] مهندسی تأسیسات الکتریکی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و چهارم، ۱۳۹۵.
[۲] مهندسی روشنایی، دکتر حسن کلهر، شرکت سهامی انتشار، چاپ بیست و هشتم، ۱۳۹۵.
[۳] لامپ‌ها و محاسبات روشنایی فنی، محمدمهدی موحدی، چاپ چهارم، ۱۳۷۵.
[۴] روشنایی فنی (شاخهٔ: کاردانش، گروه تحصیلی: برق، زیرگروه: الکتروتکنیک، رشته‌های مهارتی: برق ساختمان)، محمدحسن اسلامی، شهرام خدادادی و علیرضا حجرگشت، ناشر: شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سوم، ۱۳۹۴.

[5] Mechanical and Electrical Equipment for Buildings [12th Edition], by: Walter T. Grondzik & Alison G. Kwok. Wiley, 2014.
[6] Electrical Installations Hand Book, Siemens I, II, III.
[7] The Lighting Handbook, Zumtobel Lighting GmbH, 5th edition, revised and updated: July 2017.

تأسیسات الکتریکی

تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

مقاطع سیمهای عایق دار و کابلها توسط جریان مجاز و حداکثر افت ولتاژ مجاز معین می شود . جریان مجاز سیمها و کابلها و عوامل تعیین کننده آن را در فصل پنجم دیده ایم و لذا به طوری که خواهیم دید انتخاب مقاطع صحیح بر این اساس تنها مستلزم محاسبه جریان مدار و استفاده از جداول مربوط می باشد. انتخاب مقاطع صحیح براساس افت ولتاژ مستلزم اشنایی با ضوابط مربوط و محاسبه افت ولتاژ است که در قسمت دوم این فصل بررسی می شود.

بارهای روشنایی در مکانهای مسکونی ؛ تجاری و صنعتی عموماً از مدارهای تک فاز تغذیه می‌شوند. موتورهای کوچک که در وسایل خانگی مثل کولرها, ماشین لباسشویی, ماشین ظرفشویی، یخچال , یخزن ، چرخ گوشت ، آبمیوه گیری و غیره مورد استفاده قرار می گیرند ، تک فاز هستند . بسیاری از موتورها که در وسایل الکتریکی مراکز تجاری مانند کولرها، پنکه ها و آب سردکنها مورد استفاده قرار می گیرند نیز تک فاز هستند. موتورهای بزرگ صنعتی غالباً سه فاز هستند . در قسمتهای این فصل انشعابهای تک فاز و سه فاز را به تفکیک در نظر می گیریم.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

۶-۱- تعیین مقاطع سیمها و کابلها براساس جریان مجاز

۶-۱-۱ مدارهای تک فاز

دربارهای روشنایی توانهای قید شده توان ورودی بوده و جریان این گونه مدارها از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$I = \frac{w}{v \cos\phi} \qquad (۱-۶)$$

در رابطه بالا W توان ورودی بار متصل به مدار بر حسب وات، V ولتاژ مدار برحسب ولت $\cos\phi$ وضریب توان مدار می باشد. در مورد چراغهای رشته دار ضریب توان برابر یک و در مورد لامپهای فلورسنت مجهز به خازن اصلاح ضریب توان در حدود ۰/۹ و در مورد لامپهای فلورسنت غیر مجهز ۰/۵ تا ۰/۶ است.

در محاسبه جریان از رابطه (۶-۱) فرض براین است که کلیه چراغها به طور همزمان مورد استفاده قرار می گیرند که در عمل چنین نیست و همه چراغهای متصل به یک مدار به ندرت به طور همزمان روشن می شوند. نسبت حداکثر توان مصرفی همزمان را به کل توان بارهای متصل ضریب مصرف یا ضریب همزمانی می گوییم و آن را با k_d نشان می دهیم. با به کار گرفتن این ضریب معاده (۶-۱) به صورت زیر در می آید:

$$I = k_d \frac{w}{v \cos\phi}$$

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

ضریب مصرف برای بارهای روشنایی مختلف را به صورتی که در جدول ۶-۱آمده است در نظر می گیریم. سوال مهم دیگر که در تعیین مقطع انشعاب یا انشعابها تاثیر دارد این است که حداکثر چند لامپ را می توان روی یک انشعاب قرار داد. مثلاً در یک خانه مسکونی استفاده از یک مدار روشنایی کافی است و یا اینکه لازم است از مدارهای متعدد استفاده به عمل آید. شک نیست که استفاده از یک انشعاب ارزانتر تمام می شود لیکن در این صورت اتصال کوتاه در سر پیچ یکی از لامپها سبب قطع فیوز و در تاریکی فرو رفتن همه خانه خواهد شد. هر چه تعداد انشعابها را بیشتر کنیم ضریب اطمینآن افزایش می یابد، لیکن هزینه نیز بالا می رود. براساس ضوابط بسیاری از کشورها بار روشنایی بیشتر از صد متر مربع را هیچگاه روی یک انشعاب قرار نمی دهند. در بعضی مقررات حتی برابر هر ۵۰ متر مربع یک انشعاب جداگانه در نظرگرفته می شود. در ساختمانهای دو طبقه اگر چه کوچک باشند، بهتر است برای هر طبقه از انشعابهای جداگانه استفاده شود. براساس همین مقررات جریان هر انشعاب روشنایی نباید در هر حال از ۱۵ آمپر متجاوز گردد.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

جدول ۶-۱: ضریب مصرف بارهای روشنایی

نوع بار روشنایی	ضریب مصرف
مدار روشنایی خانگی	۱/۰
مدار روشنایی مراکز صنعتی مراکز از قسمتهای بزرگ مجاور هم	۰/۹۵
مدار روشنایی مراکز صنعتی مرکب از قسمتهای بزرگ	۰/۸۵
مدار روشنایی انبارهای بزرگ	۰/۳۵
مدار روشنایی مراکز تجاری	۰/۹۵
مدار روشنایی مخلوط روشنایی و وسایل خانگی	۰/۸۰

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

مثال ۶-۱

محاسبات روشنایی لزوم استفاده از ۵۰ لامپ ۱۰۰ولتی را در یک خانه مسکونی نشان می دهد. جریان انشعاب یا انشعابهای لازم و اندازه سیم مناسب برای سیم کشی در لوله را معین کنید.

محیط را ۳۵درجه و مساحت خانه را ۱۸۰ متر مربع فرض کنید.

با استفاده از رابطه (۶-۲) جریان مربوط از این قرار است:

$$I = 1 \times \frac{50 \times 100}{220} = 22.73$$

براساس ضوابط یاد شده استفاده از حداقل دو انشعاب الزامی است و جریان هر انشعاب چنین است:

$$22.73 / 2 = 11.37$$

با توجه به درجه حرارت محیط ۳۵درجه و استفاده از ضریب تصحیح از جدول۵-۲ ظرفیت سیم در ۲۵ درجه باید چنین باشد.

$$11.37 / 0.88 = 12.91$$

با استفاده از جدول (۵-۱) سیمهای ۱/۵ در لوله با ظرفیت مجاز ۱۶ آمپر در حرارت ۲۵ درجه انتخاب می شود.

در مقررات بسیاری از کشورها برای داشتن استحکام مکانیکی کافی از سیم کوچکتر از۱/۵ در لوله استفاده نمی شود.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

جدول ۵-۱ : جریان مجاز سیمهای عایق دار

سطح مقطع سیم (میلیمتر مربع)	جریان مجاز گروه ۱ تا سه سیم در لوله	جریان مجاز گروه ۲ سیم چند لا درهوا	جریان مجاز گروه ۳ چند سیم یک لا درهوا
۰/۷۵	-	۱۳	۱۶
۱	۱۲	۱۶	۲۰
۱/۵	۱۶	۲۰	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۷	۳۶
/۴	۲۷	۳۶	۴۵
۶	۳۵	۴۷	۵۷
۱۰	۴۸	۶۵	۷۸
۱۶	۶۵	۸۷	۱۰۴
۲۵	۸۸	۱۱۵	۱۳۷

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

موتورهای کوچک در حدود یک کیلو وات یا کمتر از نوع القایی با رتور قفسی در کلیه وسایل خانگی و نیز در مراکز تجاری مورد استفاده قرار می گیرند. این موتورها در مراکز صنعتی کوچک مانند کارگاهها نیز برای گرداندن ماشین الات کوچک و ابزار کار برقی مورد استفاده قرار می گیرند. جریان یک موتور تک فاز با ظرفیت اسمی W وات با استفاده از رابطه زیر به دست می اید.

$$I = \frac{w}{v\eta\cos\phi} \qquad (۳-۶)$$

دررابطه بالا W توان خروجی موتور برحسب وات، V ولتاژ مدار تغذیه برحسب وات و η راندمان موتور و $\cos\phi$ضریب قدرت موتور می باشد. راندمان این موتورها ۰/۵ تا۰/۶ و ضریب قدرت آنها ۰/۶ تا۰/۷ می باشد. تنها دریک نوع از این موتورها که در حالت کار خازنی در مدار دارند، ضریب قدرت تا ۰/۹ بالا می رود. در برخی استانداردها، بخصوص استاندارد آمریکایی ظرفیت انشعاب را ۱/۲۵ برابر مقدار محاسبه شده در نظر می گیرند. این کار به این علت انجام می شود که موتورهای ممکن است برای مدتهای محدود بار اضافی حمل کنند. توجه کنید که جریان راه اندازی موتورها که در حدود ۷ برابر جریان نامی است چون تنها مدت کوتاهی برقرار است ملاک تعیین مقاطع سیمها و کابلها نمی باشد.

در برق کشی خانه ها وسایل موتوردار کوچک را به پریزهای معمولی متصل می کنیم، لیکن برای هر یک از بارهای بزرگتر نظیر ماشین لباسشویی ، ظرفشویی، یخچال و یخزن بهتر است از انشعابهای مستقل استفاده شود.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای تک‌فاز)

مثال ۶-۲

یک ماشین لباسشویی به ظرفیت ۱/۵ کیلو وات ۲۲۰ ولت از طریق سیم با عایق پلاستیکی واقع در لوله تغذیه می شود. مقطع سیم را با توجه به حرارت محیط ۴۰ درجه محاسبه کنید.

با فرض ضریب توان ۰/۷ و راندمان ۰/۶ جریان چنین می شود:

$$I = \frac{1500}{220 \times 0.6 \times 0.7} = 16.23$$

از جدول ۵-۲ ضریب تصحیح رابرابر ۰/۸۲ به دست می آوریم.بنابراین ظرفیت سیم در حرارت ۲۵درجه چنین است:

$$16.23 / 0.82 = 19.79$$

با استفاده از جدول ۵-۱ کابل ۲/۵ ولت جریان مجاز ۲۱ آمپر اختیار می شود.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

۶-۱-۲ مدارهای سه فاز

بیشتر بارهای صنعتی را موتورهای القایی سه فاز با رتور قفسی تشکیل می دهند. البته در برخی موارد معدود نیز از موتورهای برق مستقیم ، موتورهای سنکرون و یا موتورهای القایی با رتور سیم پیچی استفاده به عمل می آید. جریان خط یک موتور سه فاز در حالت کار در ظرفیت اسمی آن از این قرار است:

$$I = \frac{w}{\sqrt{3} v \eta \cos\phi} \qquad (۴-۶)$$

دررابطه بالا W توان اسمی موتور برحسب وات ، Vولتاژ خط برحسب ولت ، ηراندمان موتور و $\cos\phi$ ضریب توان موتور می باشد. راندمان بستگی به ظرفیت موتور و سرعت آن دارد و در موتورهای بزرگتر با سرعت بیشتر دارای مقدار بزرگتری است.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

ضریب توان موتور نیز تابع قدرت و سرعت آن می باشد. البته رابطه (۶-۴) جریان اسمی موتور را در حالت کار به دست می دهد، لیکن به طوری که می دانیم جریان این گونه موتورها در لحظه شروع کار ممکن است از ۵ تا ۷ برابر این مقدار باشد. جریان شروع برای مدت کمی برقرار است و سبب ایجاد حرارت زیاد در سیمها نمی شود و لذا در محاسبه مقطع انشعاب در نظر گرفته نمی شود. در برخی استانداردها بخصوص استاندارد امریکایی ظرفیت انشعاب را ۱/۲۵ برابر جریان اسمی موتور اختیار می کنند. این عمل به علت اینکه موتورها ممکن است برای مدتی محدود مقداری بار اضافی حمل کنند انجام می شود. تغییرات راندمان و ضریب توان موتورهای سه فاز القایی بارتور قفسی با ظرفیت و سرعتهای مختلف در جدول ۶-۲ امده است.

$$I = \frac{w}{\sqrt{3} v \eta \cos\phi} \qquad (۶-۴)$$

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

جدول ۶ـ۲ : راندمان و ضریب قدرت موتورهای القایی سه‌فاز با رتور قفسی

خروجی موتور کیلووات	موتور ۲ قطبی ۳۰۰۰ دور در دقیقه		موتور ۴ قطبی ۱۵۰۰ دور در دقیقه		موتور ۶ قطبی ۱۰۰۰ دور در دقیقه	
	η	$\cos\phi$	η	$\cos\phi$	η	$\cos\phi$
۰/۵	۰/۷۰	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۶۳
۱	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۶۶
۵	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۶۹
۱۰	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۷۸	۰/۸۲	۰/۷۱
۲۰	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۵
۵۰	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۲
۱۰۰	۰/۹۱	۰/۰۹۲	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۴
۱۰۰۰	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۱

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

مثال ۶-۳

کابلی با عایق پلاستیکی در زیر زمین نصب شده و یک موتور القایی سه فاز دو قطب با رتور قفسی ۱۰ کیلو وات ۳۸۰ ولت را تغذیه می کند. مقطع مناسب کابل را با فرض حرارت زمین برابر ۲۰ درجه حساب کنید.

با استفاده از جدول ۶-۲

$$\eta = 0.86 \qquad \cos\phi = 0.87$$

با استفاده از معادله (۶-۴)

$$I = \frac{10\times1000}{\sqrt{3}\times380\times0.86\times0.87} = 20.31$$

با استفاده از جدول ۵-۳ کابل ۱/۵ با ظرفیت مجاز ۲۷ آمپر مناسب است.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	کابل یک سیمی		کابل دو سیمی		کابل سه یا چهار سیمی	
	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°
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	۵۸	۴۴
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۶۰
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	۲۱۰	۱۸۰	۱۸۵	۱۶۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۰۰
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	۳۱۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۴۵
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	۳۶۰	۳۲۰	۳۱۵	۲۸۵
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	۴۰۰	۳۷۵	۳۵۵	۳۲۵
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	۴۶۰	۴۳۰	۴۰۰	۳۷۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	۵۳۰	۵۱۰	۴۶۵	۴۳۵
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	۵۹۰	۵۹۰	۵۲۰	۵۰۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	۶۸۰	۷۱۰	۶۰۰	۶۰۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	–	–	–	–

جدول ۵-۳: جریان مجاز کابل ها با هادی مسی و عایق وغلاف پی – وی – سی

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

در بسیاری مراکز صنعتی یک انشعاب اصلی تعدادی موتور را تغذیه می کند که به ندرت به طور همزمان کار می کنند. در این موارد برای محاسبه جریان انشعاب و تعیین مقطع کابل می توان از ضریب مصرف همزمان مطابق جدول ۶-۳ استفاده نمود.

جدول ۶-۳: ضریب مصرف همزمان تعدادی موتور

تعداد موتورها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱۰
ضریب مصرف همزمان	۱	۱	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۵۰	۰/۴۴

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

مثال ۶-۴

یک کابل پلاستیکی ۴رشته ای، سه موتور سه فاز القایی چهار قطبی با رتور قفسی ۵ کیلو وات ۳۸۰ولت را تغذیه می کند. کابل روکار نصب شده و حداکثر حرارت محیط ۵۰ درجه است. مقطع کابل را تعیین کنید.

با استفاده از جدول ۶-۳ ضریب مصرف همزمان برابر ۰/۹ به دست می اید. با استفاده از جدول ۶-۲ راندمان برابر ۰/۸۳ و ضریب توان برابر ۰/۷۴ است. با استفاده از معادله (۶-۴) با احتساب ضریب مصرف ۰/۹ جریان انشعاب چنین است.

$$I = 0.9 \times \frac{3 \times 5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.83 \times 0.74} = 33.39$$

با استفاده از جدول ۵-۴ برای درجه حرارت ۵ درجه ضریب تصحیح ۰/۷۱ است،بنابراین جریانی که کابل در حرارت ۳۰ درجه حمل می کند از این قرار می شود:

$$33.39 / 0.71 = 47.76$$

۵-۴- ضریب تصحیح جریان مجاز کابل ها

درجه حرارت هوا	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۱/۲۷	۱/۱۲۱	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۱

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس جریان مجاز (مدارهای سه‌فاز)

با استفاده از جدول ۵-۳ کابل با مقطع ۱۰میلیمتر مربع با ظرفیت ۶۰ آمپر در هوای ۳۰ درجه انتخاب می کنیم. در شرایط اضطراری استفاده ازکابل ۶ میلیمتر مربع با ظرفیت ۴۴ آمپر در هوای ۳۰ درجه نیز اشکال به بار نمی آورد.

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	کابل یک سیمی		کابل دو سیمی		کابل سه یا چهار سیمی	
	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°	زمین ۲۰°	هوای ۳۰°
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	۵۸	۴۴
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۶۰
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰

جدول ۵-۳: جریان مجاز کابل ها با هادی مسی و عایق وغلاف پی – وی – سی

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز

۶-۲- تعیین مقاطع سیمها و کابلها بر اساس افت ولتاژ مجاز

به طوری که می دانید ولتاژ استاندارد تک فاز و سه فاز در ایران به ترتیب ۲۲۰ ولت و ۳۸۰ولت می باشد. در صورتی که ولتاژ از این مقادیر اسمی به طور قابل ملاحظه افزایش یابد، خرابیهایی در دستگاههای برقی موجود می اورد، و در صورتی که از این مقادیر کاهش قابل ملاحظه یابد نیز مشکلات و اختلالاتی در کار دستگاهها به وجود می آید. در موتورهای برقی توان موتور با مجذور ولتاژ متناسب است. در صورتی که ولتاژ تغذیه یک موتور برقی ۵ درصد از مقدار نامی کاهش یابد، توان موتور ۱۰ درصد کم می شود. اگر ولتاژ تغذیه ۱۰ درصد کم شود، توان ۱۹ درصد کاهش می یابد. در مورد لامپهای رشته دار کاهش ولتاژ به اندازه ۵ درصد توان نورانی خروجی را ۱۶ درصد کاهش می دهد و کاهش ولتاژ به اندازه ۱۰درصد، میزآن نور را ۳۰درصد کاهش می دهد.

دلیل این امر این است که با کاهش ولتاژ درجه حرارت کار لامپ شدیداً کاهش می یابد و نور تولید شده، بستگی به درجه حرارت کار لامپ دارد. با توجه به نکات فوق روشن است که در برق رسانی باید سعی شود از کاهش قابل ملاحظه ولتاژ جلوگیری به عمل آید. البته افت ولتاژ را نمی توان به طور کامل از بین برد و لذا مقررا ت حداکثر افت ولتاژ مجاز را معین کرده اند. این افت ولتاژ در مورد مدارهای روشنایی ۴ درصد و در مورد مدارهای تغذیه موتورها ۶ درصد است. معمولاً نیمی از این افت ولتاژ را به شبکه توزیع و نیم دیگر را به سیم کشی داخلی اختصاص می دهند.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز

افت ولتاژ به علت مقاومت، ضریب خود القایی و ظرفیت خازن مدارها می باشد. در خطوط برق رسانی بخصوص در سیمهای داخل لوله به علت نزدیکی سیمهای رفت و برگشت به یکدیگر اثرات القایی قابل صرفنظر است. همچنین به علت طول کم مدارها اثرات خازن خط نیز قابل صرنظر است. بنابراین در محاسبات سیم کشی داخلی تنها مقاومت سیمها در محاسبات وارد می شوند. در محاسبات خطوط برق رسانی هوایی به علت فاصله قابل ملاحظه بین سیمهای مدار از خود القایی نمی توان صرفنظر کرد، لیکن به علت کوتاهی طول اثر خازنی در این موارد هم کوچک و قابل صرفنظر است.

در قسمتهای ذیل ابتدا افت ولتاژ مدارهای تک فاز و سپس افت ولتاژ مدارهای سه فاز برق رسانی داخلی را مورد بررسی قرار می دهیم.

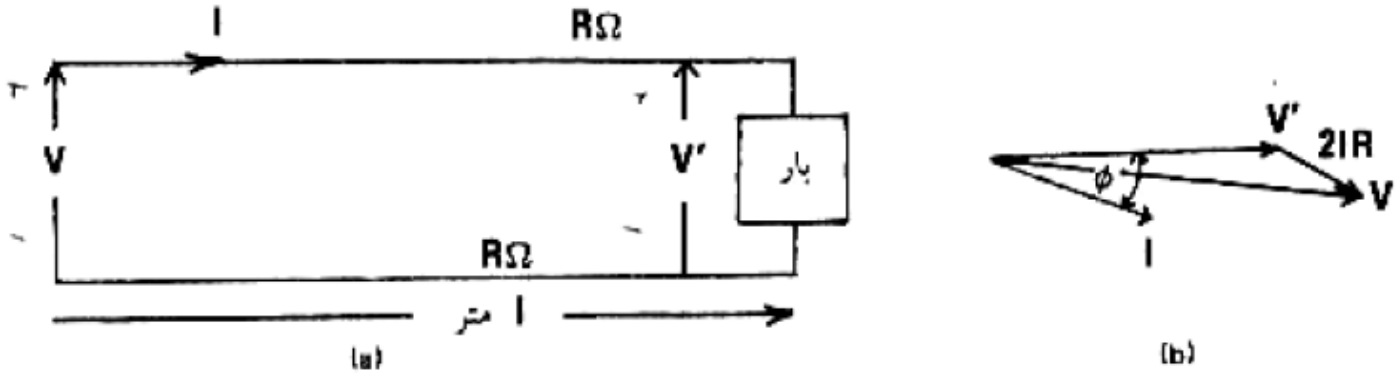
تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)

۶-۲-۱- افت ولتاژ در مدارهای تک فاز

مدار تک فازی مطابق شکل۶-۱را در نظر بگیرید که دارای طول L متر است و مقاومت هر سیم آن r اهم می باشد با جریان I آمپر و ضریب توان $\cos\Phi$ را که در انتهای خط متصل است تغذیه می کند.

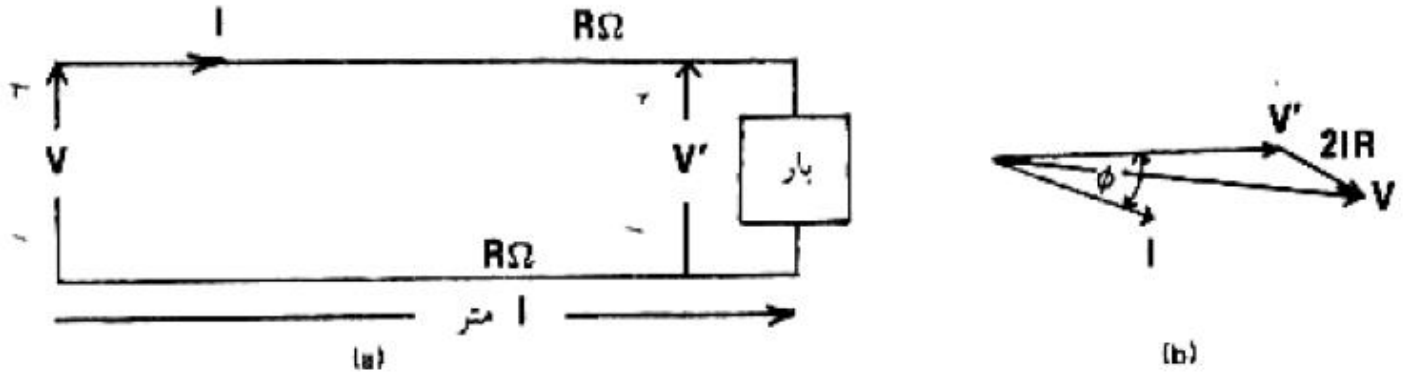


شکل ۶ ـ ۱ : مدار تک‌فاز (a) و نمایش فیزوری آن (b)

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)



شکل ۶ ـ ۱ : مدار تک‌فاز (a) و نمایش فیزوری آن (b)

در شکل فیزوری ولتاژ دو سربار V به عنوان فیزور مبدا اختیار شده، و در روی محور افقی ترسیم گردیده است و جریان مدار با فاز تاخیری Φ کشیده شده است . ولتاژ سرخط با توجه به اینکه $2IR$ نسبت به V' خیلی کوچک است تقریباً چنین می‌شود.

$$V \approx V' + 2IR\cos\phi$$

و بنابراین افت ولتاژ در خط ΔV چنین می شود.

$$\Delta V = 2IR\cos\phi$$

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)

در صورتی که ρ مقاومت ویژه هادی سیم برحسب اهم متر در درجه حرارت کار باشد مقاومت موثر هر سیم به طول L متر از این قرار است:

$$R = \frac{\rho l}{a}$$

در رابطه بالا a مقطع سیم بر حسب متر مربع است.

در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را با α نشان دهیم رابطه زیر حاصل می شود:

$$\alpha = 100 \times \frac{\Delta v}{v} = \frac{100 \times \frac{2\rho l}{a} I \cos\phi}{v}$$

ویا

$$a = \frac{200 \rho 1 I \cos\phi}{\alpha v}$$

روابط بالا مقطع سیم را بر حسب متر مربع برای درصد افت مجاز a به دست می دهد.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)

مثال ۶-۵

در مثال ۶-۲ فاصله ماشین لباسشویی از تابلو توزیع ۲۰ متر است . آیا مقطع محاسبه شده از نظر افت ولتاژ۳ درصد کافی است و با استفاده از رابطه(۶-۵) و برابر $2/064\times10^{-8}$اهم متر (مقاومت ویژه مس در ۷۰درجه) چنین می نویسیم.

$$a=\frac{200\rho 1 I\cos\phi}{\alpha v}$$

$$a=\frac{200\ \times 2.064\times10^{-8}\times20\times16.23\times0.7}{3\times220}=1.42\times10^{-6}m^2=1.42mm^2$$

بنابراین سیم ۲/۵ میلیمتر مربع انتخاب شده از نظر افت ولتاژ نیز مناسب است.

مثال ۶-۲

یک ماشین لباسشویی به ظرفیت ۱/۵ کیلو وات ۲۲۰ ولت از طریق سیم با عایق پلاستیکی واقع در لوله تغذیه می شود. مقطع سیم را با توجه به حرارت محیط ۴۰ درجه محاسبه کنید.

با فرض ضریب توان ۰/۷ و راندمان ۰/۶ جریان چنین می شود:

$$I=\frac{1500}{220\times0.6\times0.7}=16.23$$

از جدول ۵-۲ ضریب تصحیح رابرابر ۰/۸۲ به دست می آوریم.بنابراین ظرفیت سیم در حرارت ۲۵درجه چنین است:

$$16.23/0.82=19.79$$

با استفاده از جدول ۵-۱ کابل ۲/۵ ولت جریان مجاز ۲۱ آمپر اختیار می شود.

تأسیسات الکتریکی

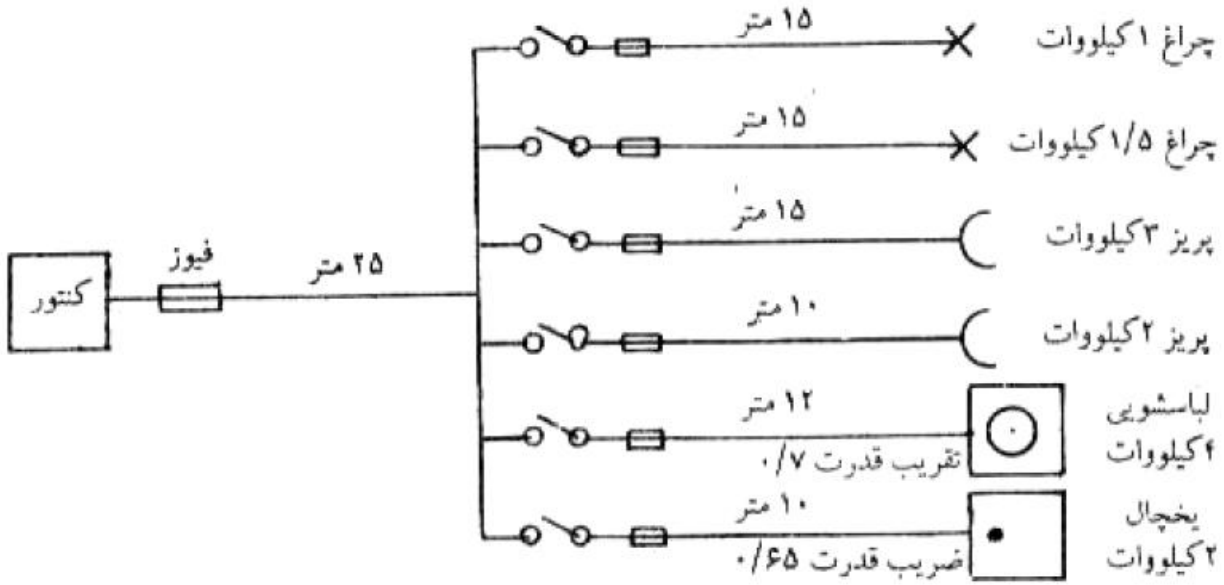
✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)

مثال ۶-۶

یک خانه مسکونی که از برق تک فاز استفاده می کند، دارای دو انشعاب برای چراغها، دو انشعاب برای پریزها و دو انشعاب برای یخچال و ماشین لباسشویی مطابق شکل می باشد.

مقاطع سیمهای اصلی و انشعابها را با فرض ۱درصد افت ولتاژ در خط اصلی و۱/۵ درصد در هر یک از انشعابها تعیین کنید. ضریب مصرف همزمان انشعابهای فرعی را یک و انشعاب اصلی را ۰/۶۰ فرض کنید. آیا مقاطع محاسبه شده از نظر جریان مجاز هم مناسبند؟

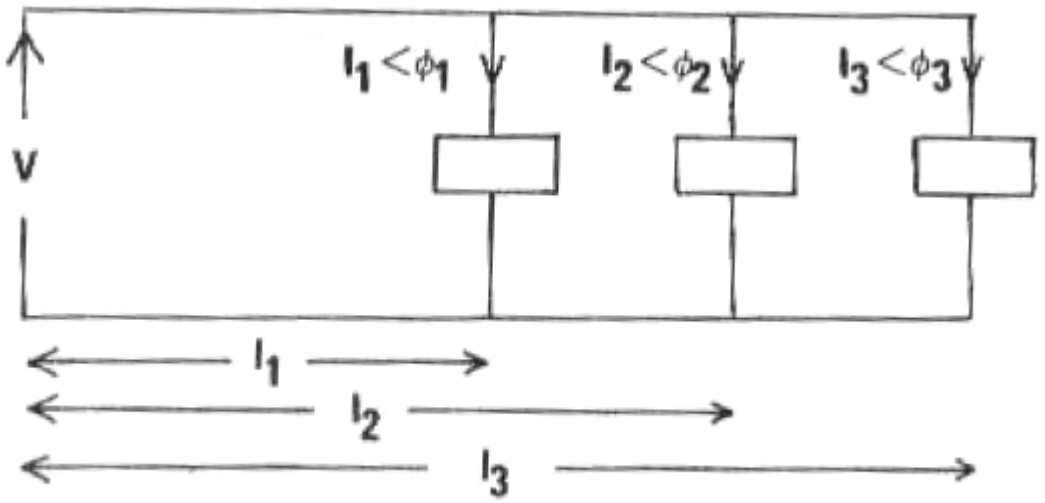


تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)

در صورتی که خط تغذیه بارهای مختلفی در فواصل مختلف را تغذیه کند معادله سطح مقطع سیم شکل جدیدی پیدا می کند. در شکل ۶-۲ سه بار مختلف نشان داده شده است که به ترتیب در فواصل l_1 . l_2 . l_3 قرار دارندو جریانهای I_1 . I_2 . I_3 با فازهای تأخیری ϕ_1.ϕ_2.ϕ_3 اخذ می کنند. افت ولتاژ در این حالت می شود:



شکل ۶ ـ ۲ : مدار تک‌فاز با سه بار مختلف

$$\Delta v = 2r_1 I_1 \cos\phi_1 + 2r_2 i_2 \cos\phi_2 + 2r_3 l_3 \cos\phi_3$$

$$\alpha = 100 \times \frac{\Delta v}{v} = \frac{200 \times \frac{\rho}{a}(l_1 I_1 \cos\phi + l_2 I_2 \cos\phi + l_3 I_3 \cos\phi)}{v}$$

$$a = 200\,\rho \sum_{i=1}^{3} \frac{l_i I_i \cos\phi_i}{\alpha V}$$

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای تک‌فاز)

مثال: ۶-۷

برای روشنایی خیابانی به طول ۵۰۰ متر از ۱۱ لامپ رشته دار ۱۵۰ وات ۲۲۰ ولت استفاده شده است. لامپ اول درابتدای مدار تغذیه قرار دارد و فاصله بین دو لامپ مجاور ۵۰متر است.

اندازه سیم لخت مسی مدار تغذیه را با افت ولتاژ مجاز ۳ درصد حساب کنید. آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز مناسب است؟ حرارت محیط ۳۵ درجه است . با استفاده از رابطه (۶-۷) و مقاومت ویژه مس $\rho(60)=1/996\times10^{-8}$ داریم :

$$a=\frac{200\times1.996\times10^{-8}\sum_{i=1}^{11}(i-1)\times50\times150}{3\times(220)^2}=11.34\times10^{-6}m^2=11.34mm^2$$

لذا سیم ۱۶ میلیمتر مربع از این نظر کافی است . جریان مجاز چنین سیم بدون روکش در هوای ۳۵ درجه از جدول ۵-۵ و ۵-۶ برابر ۷۶/۵آمپر است و با توجه به اینکه این بار روشنایی جمعاً ۷/۵ آمپر جریان لازم دارد، این سیم از نظر جریان مجاز به مراتب بزرگتر از اندازه لازم است.

تأسیسات الکتریکی

جدول ۵-۵ : جریان مجاز سیم های بدون عایق هوایی

سطح مقطع (میلیمتر مربع)	جریان مجاز (آمپر)
۶	۵۰
۱۰	۶۵
۱۶	۹۰
۲۵	۱۲۰
۳۵	۱۵۵
۵۰	۱۸۵
۷۰	۲۴۰
۹۵	۳۰۵
۱۲۰	۳۵۵
۱۵۰	۴۲۵
۱۸۵	۴۷۰
۲۴۰	۵۴۵
۳۰۰	۶۵۰

جدول ۶-۵ : ضرایب تصحیح جریان مجاز

درجه حرارت	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۳۸

تأسیسات الکتریکی

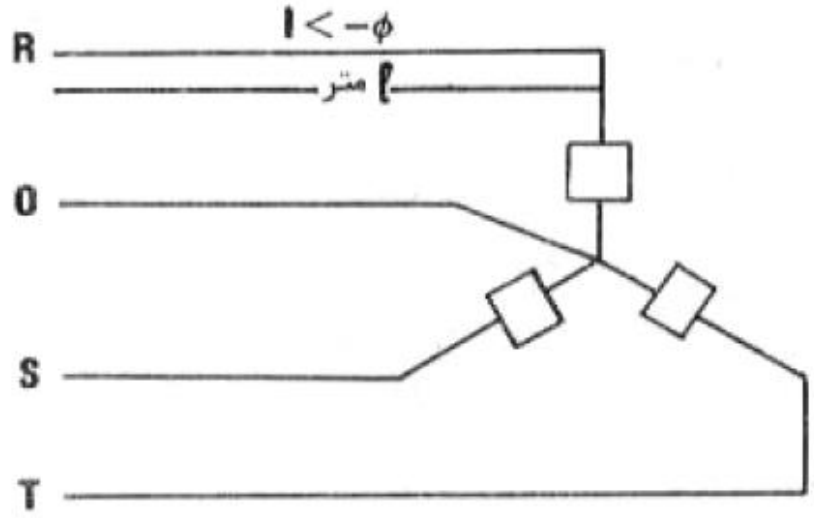
✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

۶-۲-۲- افت ولتاژ در مدارهای سه فاز

مدار سه فازی مطابق شکل ۶-۳ را در نظر بگیرید که دارای طول l متر و مقاومت هر یک از سیمهای آن r اهم است و در انتهای آن بار متعادلی که جریان I با ضریب توان $\cos\Phi$ می گیرد. متصل است.

بدیهی است که جریان سیم نوترال صفر آمپر خواهد بود. نظر به تشابه کامل فازها برای تجزیه و تحلیل مدار می توان تنها یکی از فازها را به صورت زیر در نظر گرفت.



شکل ۶ ـ ۳ : یک مدار سه‌فاز با بار متعادل

تأسیسات الکتریکی

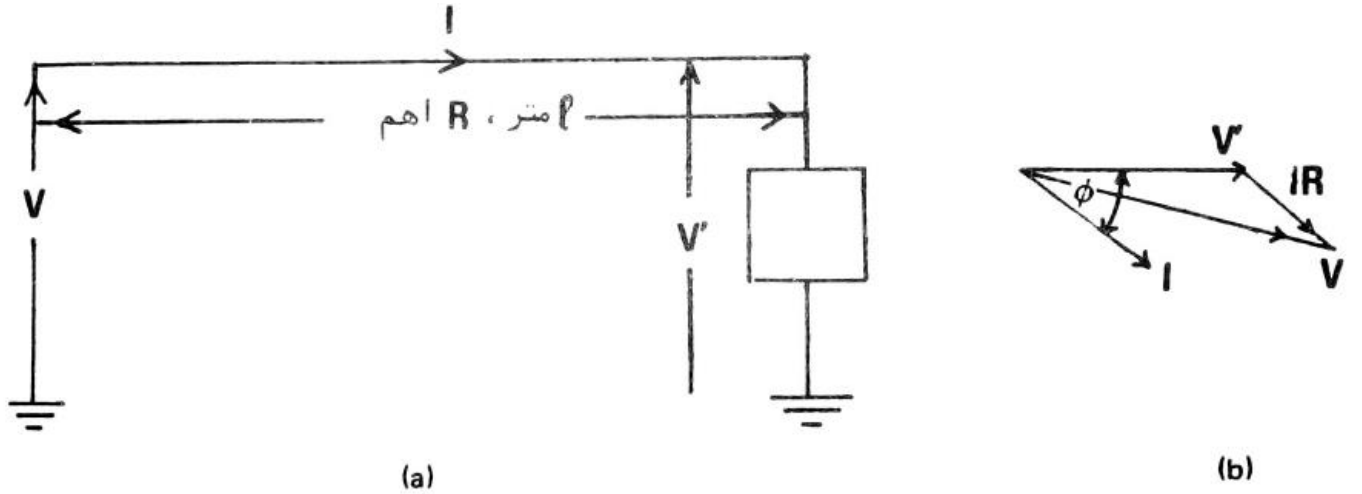
✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

۶-۲-۲- افت ولتاژ در مدارهای سه فاز

مدار سه فازی مطابق شکل ۶-۳ را در نظر بگیرید که دارای طول l متر و مقاومت هر یک از سیمهای آن r اهم است و در انتهای آن بار متعادلی که جریان I با ضریب توان $\cos\Phi$ می گیرد. متصل است.

بدیهی است که جریان سیم نوترال صفر آمپر خواهد بود. نظر به تشابه کامل فازها برای تجزیه و تحلیل مدار می توان تنها یکی از فازها را به صورت زیر در نظر گرفت.



شکل ۶ ـ ۴ : یک فاز از بار متعادل سه فاز (a) و شکل فیزوری آن (b)

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

با توجه به شکل فازوری ۶-۴ (b) در نظر گرفتن این حقیقت که IR نسبت به V' کوچک است ولتاژ دو سر بار چنین می شود.

$$V \approx V' + IR\cos\phi$$

ولذا افت ولتاژ خط Δv از این قرار می شود.

$$\Delta V = IR\cos\phi = I(\frac{\rho l}{a})\cos\phi$$

در رابطه بالا a سطح مقطع سیم برحسب متر مربع و l طول آن برحسب متر است . در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را با a نشان دهیم رابطه زیر حاصل می شود:

$$a = \frac{100\rho l I\cos\phi}{\alpha V} \qquad (۸-۶)$$

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

در رابطه بالا a سطح مقطع سیم برحسب متر مربع و l طول آن برحسب متر است . در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را با a نشان دهیم رابطه زیر حاصل می شود:

$$a = \frac{100\rho l I \cos\phi}{\alpha V} \qquad (۸-۶)$$

رابطه بالا مقطع سیم را برحسب متر مربع برای درصد افت ولتاژ مجاز α به دست می دهد. دقت کنید که V در رابطه بالا ولتاژ فاز نسبت به نوترال است . در صورتی که صورت و مخرج رابطه (۸-۶) را در 3V ضرب کنیم چنین می شود:

$$a = \frac{100\rho l(3VI\cos\phi)}{3\alpha V^2}$$

جمله داخل پرانتز توان گرفته شده W توسط بار می باشد لذا

$$a = \frac{100\rho l w}{\alpha V_l^2} \qquad (۹-۶)$$

در معادلات بالا V ولتاژ فاز V_l ولتاژ خط و w توان بار است.

تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

مثال ۶-۸

یک کابل چهار سیمی به طول ۷۰ متر در هوا کشیده شده و یک مصرف کننده سه فاز متعادل ۳۸۰ ولت ۴۰ کیلو وات با ضریب توان ۰/۸ را تغذیه می کند. سطح مقطع کابل برای افت ولتاژ مجاز ۲درصد چقدر باید اختیار شود؟ آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز کافی است؟

$$a = \frac{100 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 70 \times 40 \times 1000}{3 \times (380)^2} = 20.01 \times 10^{-6} m^2 = 20.01 mm^2$$

لذا کابل ۳×۲۵/۱۶ (کابل چهار سیمه با سه سیم ۲۵ میلیمتر مربع برای فازها و یک سیم ۱۶ میلیمتر مربع برای نوترال) از نظر افت ولتاژ مجاز مناسب است . جریان مجاز این کابل در هوای ۳۰ درجه برابر ۱۰۵ آمپر و در هوای ۴۰ درجه ۹۱ آمپر است که بایستی با جریان بار مقایسه شود.

جریان بار از این قرار است:

$$I = \frac{40 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 75.97$$

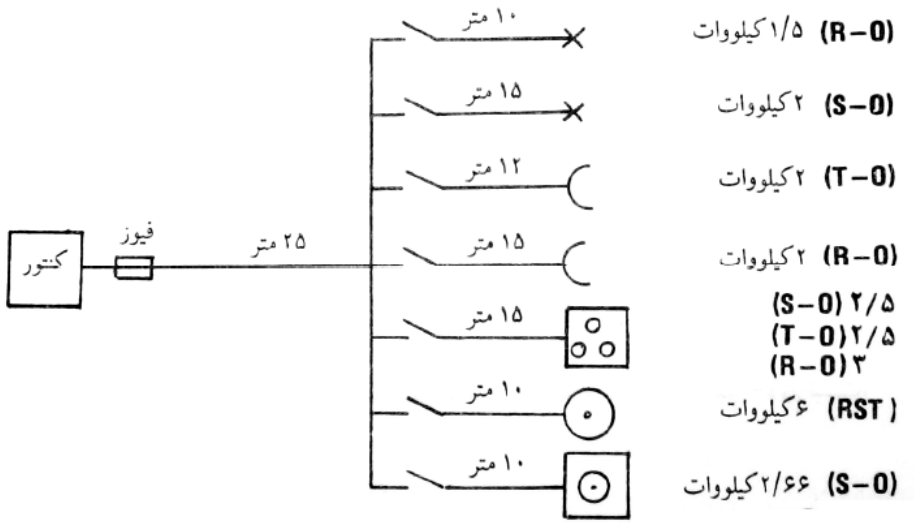
تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

مثال ۶-۹

یک منزل مسکونی از برق سه فاز چهار سیمی ۳۸۰/۲۲۰ ولت استفاده می کند و دارای ۷ انشعاب به صورت زیر می باشد. افت ولتاژ مجاز در انشعابها ۱درصد و در خط اصلی ۱/۵ درصد است. سیم کشی با استفاده از سیم مسی با عایق پلاستیکی در لوله انجام می شود. ضریب مصرف هم انشعاب ۱ و ضریب مصرف خط اصلی ۰/۶۵ است. اندازه سیمها را بر اساس افت ولتاژ مجاز معین کنید. آیا اندازه های محاسبه شده از نظر جریان مجاز مناسب هستند؟



تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

در صورتی که خط تغذیه سه فاز N بار سه فاز واقع در فواصل مختلف را تغذیه کند؛ برای محاسبه صطح مقطع به همان ترتیبی که در مورد مدار یک فاز عمل کردیم روی یک فاز سیستم سه فاز عمل می کنیم و نتیجه زیر حاصل می شود:

$$a = \frac{100\rho\sum_{i=1}^{N} I_i W_i}{\alpha V_l^2}$$

تأسیسات الکتریکی

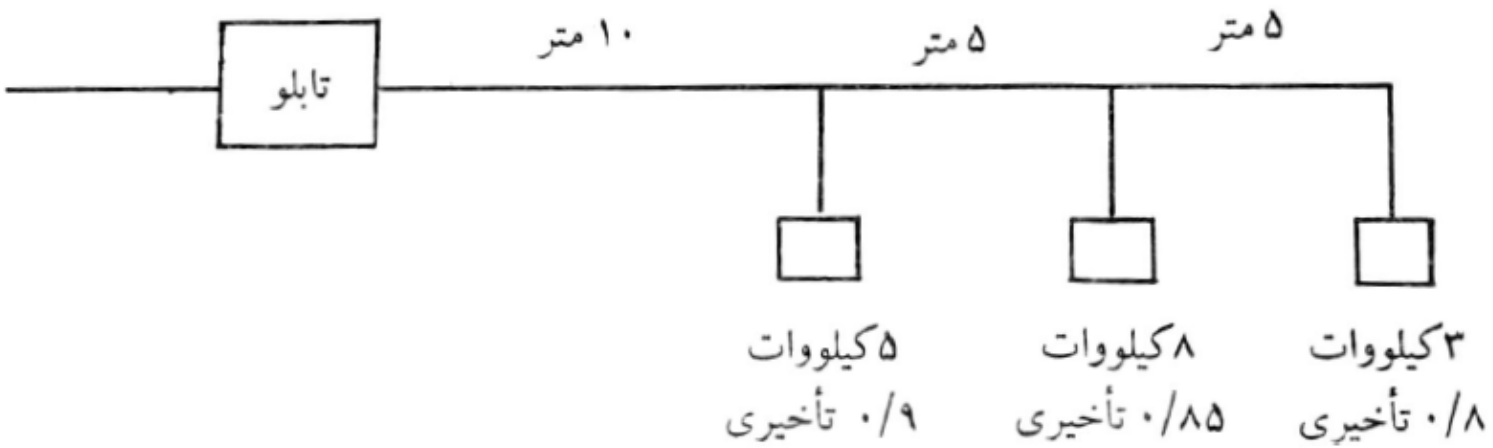
✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

مثال ۶-۱۰

یک کابل سه فاز چهار سیمی ۳۸۰ ولت واقع در هوا سه بار مختلف سه فاز را مطابق شکل زیر تغذیه می کند. سطح مقطع سیم را برای افت ولتاژ مجاز ۳درصد حساب کنید.

آیا مقطع حساب شده از نظر جریان مجاز کافی است؟



تأسیسات الکتریکی

✓ تعیین مقاطع سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها

❖ تعیین مقاطع سیم‌ها و کابل‌ها براساس افت ولتاژ مجاز (افت ولتاژ در مدارهای سه‌فاز)

با استفاده از رابطه(۶-۱۰)

$$a=\frac{100\times 2.064\times 10^{-8}\times(10\times 5+15\times 8+20\times 3)\times 1000}{3\times(380)^2}$$

$$=1.1\times 10^{-6}m^2=1.1mm^2$$

ملاحظه می کنید که از نظر افت ولتاژ مجاز کابل چهار سیمی ۱/۵ میلیمتر مربع کافی است که جریان مجاز آن در هوای ۳۰ درجه از جدول ۵-۳ برابر ۱۸آمپر و در هوای ۴۵درجه از جدول۵-۴ برابر ۱۴/۲۲ آمپر است که باید با جریان بار ما مقایسه شود.

جریان بار ما را از این قرار است:

$$I=\frac{5000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.9}\angle-\cos^{-1}0.9+\frac{8000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.85}\angle-\cos^{-1}0.85+\frac{3000}{\sqrt{3}\times 380\times 0.8}\angle-\cos^{-1}0.8$$

$$I=8.44\angle-25.84+14.30\angle-31.74+5.7\angle-36.87$$

$$=(7.60-j3.68)+(12.15-j7.53)+(4.56-j3.42)$$

$$=24.31-j14.63=28.37\angle-31.04$$

از جدول ۵-۳ ملاحظه می کنید از نظر جریان مجاز برای کار در هوای ۳۰ درجه استفاده از کابل ۲/۵ میلیمتر مربع که ظرفیت ۳۵ آمپر دارد، لازم است.