

تعیین مقاطع سیمها و کابلها

6 - 1 - تعیین مقاطع سیمها و کابلها بر اساس جریان مجاز

6 - 1 - 1 - مدارهای تکفازه

در بارهای روشنایی توان های نوشته شده، توان ورودی بوده و جریان این گونه مدارها از رابطه ذیل به دست می آید.

$$I = \frac{W}{V \cdot \cos\varphi}$$

(1-6)

توان ورودی به بار متصل شده به مدار بر حسب وات

ولتاژ مدار بر حسب ولت

ضریب قدرت

W

V

$\cos\Phi$

نکته: ضریب قدرت در چراغ های با لامپ رشته ای برابر یک و در مورد لامپ های فلورسنت دارای خازن اصلاح ضریب قدرت در حدود 0/9 و در مورد لامپ های فلورسنت بدون خازن اصلاح ضریب قدرت بین 0/5 تا 0/6 می باشد.

محاسبه جریان در مدارات روشنایی تک فازه با در نظر گرفتن ضریب همزمانی مصرف

نسبت حداکثر توان مصرفی همزمان به کل توان بارهای موجود در مدار را ضریب مصرف یا ضریب همزمانی می گوئیم و آن را با K_d نشان می دهیم.

با قرار دادن این ضریب در معادله (1-6) خواهیم داشت:

$$I = K_d \cdot \frac{W}{V \cdot \cos\varphi}$$

ضریب مصرف بارهای روشنایی

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

** توجه **

بر اساس ضوابط بسیاری از کشورها روشنایی بیشتر از صد متر مربع را هیچگاه بر روی یک انشعاب قرار نمی دهند.

در بعضی مقررات برای هر 50 متر مربع یک انشعاب جداگانه در نظر گرفته می شود.

در ساختمان های دو طبقه حتی اگر مساحت کم باشد، بهتر است برای هر طبقه از یک انشعاب جداگانه استفاده شود.

بر اساس مقررات جریان یک خط روشنایی از 10 A بالاتر نباشد.

مثال ۶-۱

محاسبات روشنایی لزوم استفاده از ۵۰ لامپ ۱۰۰ ولتی 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 ۳۵ درجه و مساحت خانه را ۱۸۰ متر مربع فرض کنید. با استفاده از رابطه (۶-۲) جریان مربوط از این قرار است:

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

بر اساس 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 ۳۵ درجه و استفاده از ضریب تصحیح از جدول ۵-۲ ظرفیت سیم در ۲۵ درجه باید چنین باشد.

$$11.37 / 0.85 = 12.91$$

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

جدول ۵-۶: 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

جدول ۵-۱: جریان مجاز سیمهای عایق دار

جریان مجاز گروه ۳ چند سیم یک لا در هوا	جریان مجاز گروه ۲ سیم چند لا در هوا	جریان مجاز گروه ۱ تا سه سیم در لوله	سطح مقطع سیم (میلیمتر مربع)
۱۶	۱۳	-	۰.۱۷۵
۲۰	۱۶	۱۲	۱
۲۵	۲۰	۱۶	۱/۵
۳۶	۲۷	۲۱	۲/۵
۴۵	۳۶	۲۷	۴
۵۷	۴۷	۳۵	۶
۷۸	۶۵	۴۸	۱۰
۱۰۴	۸۷	۶۵	۱۶
۱۳۷	۱۱۵	۸۸	۲۵
۱۶۸	۱۴۳	۱۱۰	۳۵
۲۱۰	۱۷۸	۱۴۰	۵۰
۲۶۰	۲۲۰	۱۷۵	۷۰
۳۱۰	۲۶۵	۲۱۰	۹۵
۳۶۵	۳۱۰	۲۵۰	۱۲۰
۴۱۵	۳۵۵	-	۱۵۰
۴۷۵	۴۰۵	-	۱۸۵
۵۶۰	۴۸۰	-	۲۴۰
۶۴۵	۵۵۵	-	۳۰۰
۷۷۰	-	-	۴۰۰
۸۸۰	-	-	۵۰۰

موتورهای کوچک در حدود یک کیلو وات یا کمتر از نوع القایی یا 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 آلات 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 آید.

$$I = \frac{W}{\eta \cdot V \cdot \cos\phi}$$

(۳-۶)

در رابطه بالا W توان خروجی موتور بر حسب وات، V ولتاژ مدار تغذیه بر حسب وات و η راندمان موتور و $\cos\phi$ ضریب قدرت موتور می باشد.

راندمان این موتورها ۰/۵ تا ۰/۶ و ضریب قدرت آنها ۰/۶ تا ۰/۷ می باشد.
تنها در یک نوع از این موتورها که در حالت کار خازنی در مدار دارند، ضریب قدرت تا ۰/۹ بالا می رود.

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.

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

$$16.23 / 0.82 = 19.79$$

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

6 - 1 - 2 - مدارهای سه فازه

بیشتر بارهای صنعتی را موتورهای القایی سه فاز با رتور قفسی تشکیل می دهند. البته در برخی موارد محدود 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:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3}V\eta \cos \phi} \quad (4-6)$$

در رابطه بالا W توان اسمی موتور بر حسب وات، V ولتاژ خط بر حسب ولت، η راندمان 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. ضریب توان موتور نیز تابع قدرت و سرعت آن می باشد.

مثال ۳-۶

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 ۳-۶

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

با استفاده از معادله (۴-۶)

$$I = \frac{10 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.86 \times 0.87} = 20.31$$

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

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 ۳-۶ استفاده نمود.

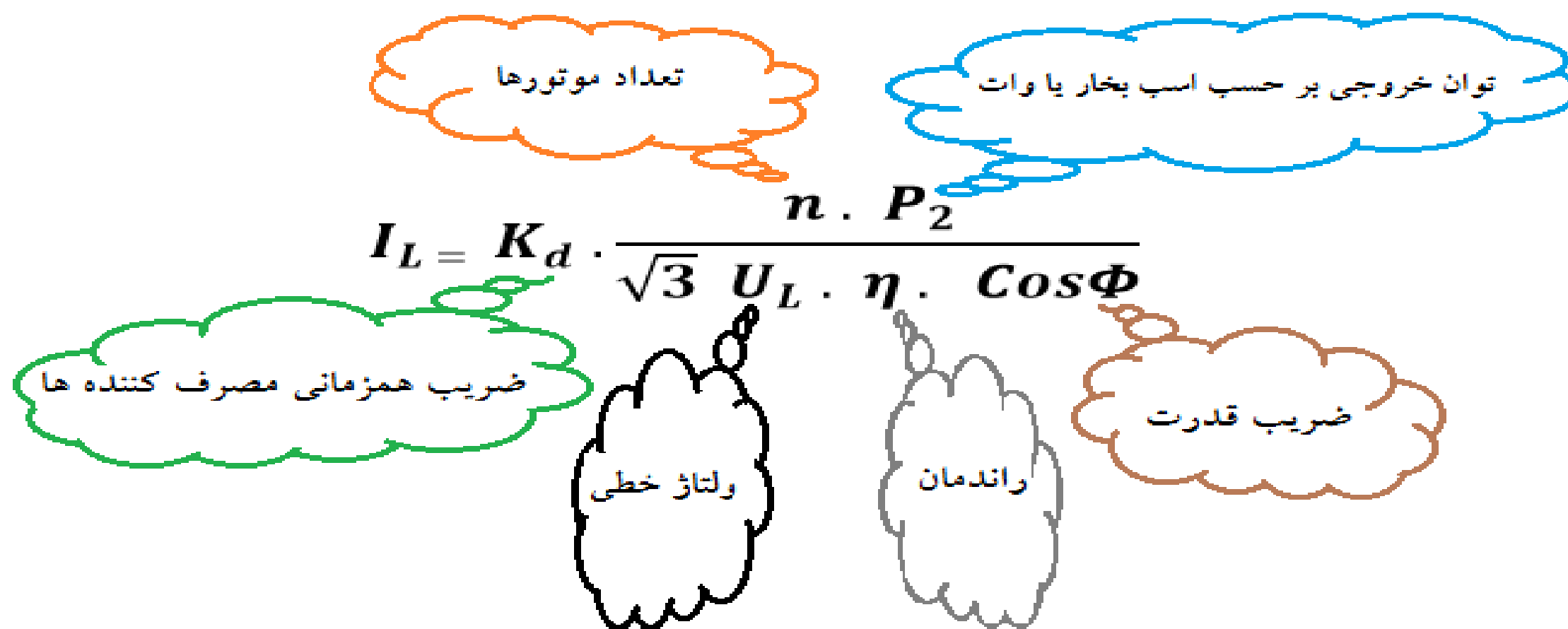
جدول ۶-۲ راندمان و ضریب قدرت موتورهای القایی سه فاز رتور قفسی

موتور 6 قطبی 3000 RPM		موتور 4 قطبی 3000 RPM		موتور دو قطبی 3000 RPM		توان خروجی (KW)
CosΦ	η	CosΦ	η	CosΦ	η	
0/63	0/68	0/67	0/69	0/73	0/70	0/5
0/66	0/70	0/69	0/71	0/75	0/72	1
0/69	0/81	0/74	0/83	0/86	0/84	5
0/71	0/82	0/78	0/84	0/87	0/86	10
0/75	0/83	0/83	0/85	0/89	0/88	20
0/82	0/87	0/85	0/89	0/90	0/90	50
0/84	0/89	0/89	0/90	0/92	0/91	100
0/91	0/92	0/93	0/93	0/94	0/93	1000

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

محاسبه جریان برای انشعاب سه فازه، اگر تعداد موتورها و ضریب همزمانی مصرف کننده ها و راندمان در نظر گرفته شود.



مثال ۴-۶

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

با استفاده از جدول ۳-۶ ضریب مصرف همزمان برابر ۰/۹ به دست می آید. با استفاده از جدول ۲-۶ راندمان برابر ۰/۸۳ و ضریب توان برابر ۰/۷۴ است. با استفاده از معادله (۴-۶) 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 ۴-۵ 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:

$$33.39 / 0.71 = 47.76$$

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

6-2 - تعیین مقاطع سیم ها و کابل ها بر اساس افت ولتاژ مجاز

در موتورهای الکتریکی توان متناسب با مجذور ولتاژ است، مثلاً ولتاژ تغذیه اگر 5 درصد افت داشته باشد توان موتور 19 درصد کم می شود.

در تاسیسات الکتریکی باید از افت شدید ولتاژ جلوگیری گردد اما از آنجاییکه افت ولتاژ را بطور کامل نمی توان از بین برد بنابراین متناسب با هر کاربرد افت ولتاژ مجاز را معین می کنند.

این افت ولتاژ در مورد مدارهای روشنایی 4 درصد و در مورد مدارهای تغذیه موتورهای 6 درصد است. معمولاً نیمی از این افت ولتاژ را به شبکه توزیع و نیم دیگر را به سیم کشی داخلی اختصاص می دهند.

6-2-1) افت ولتاژ در مدارهای تک فازه

$$a = \frac{200 \rho . l . I . \text{Cos}\phi}{\alpha . V}$$

$\text{Cos}\phi$

ضریب قدرت

a

سطح مقطع سیم بر حسب متر مربع

ρ

مقاومت ویژه فلزات در ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب اهم متر

l

طول مسیر بر حسب متر

I

جریان عبوری از مسیر بر حسب آمپر

V

ولتاژ بر حسب ولت

α

درصد افت ولتاژ مجاز

$$S = \frac{200 \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot I_i \cdot \text{Cos}\phi_i)}{\alpha \cdot K \cdot V}$$

S سطح مقطع سیم بر حسب متر مربع

K هدایت ویژه فلزات در ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب اهم متر

l طول هر مسیر بر حسب متر

I جریان عبوری از هر مسیر بر حسب آمپر

V ولتاژ بر حسب ولت

α درصد افت ولتاژ مجاز

Cosϕ ضریب قدرت

مثال: ۶-۷

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

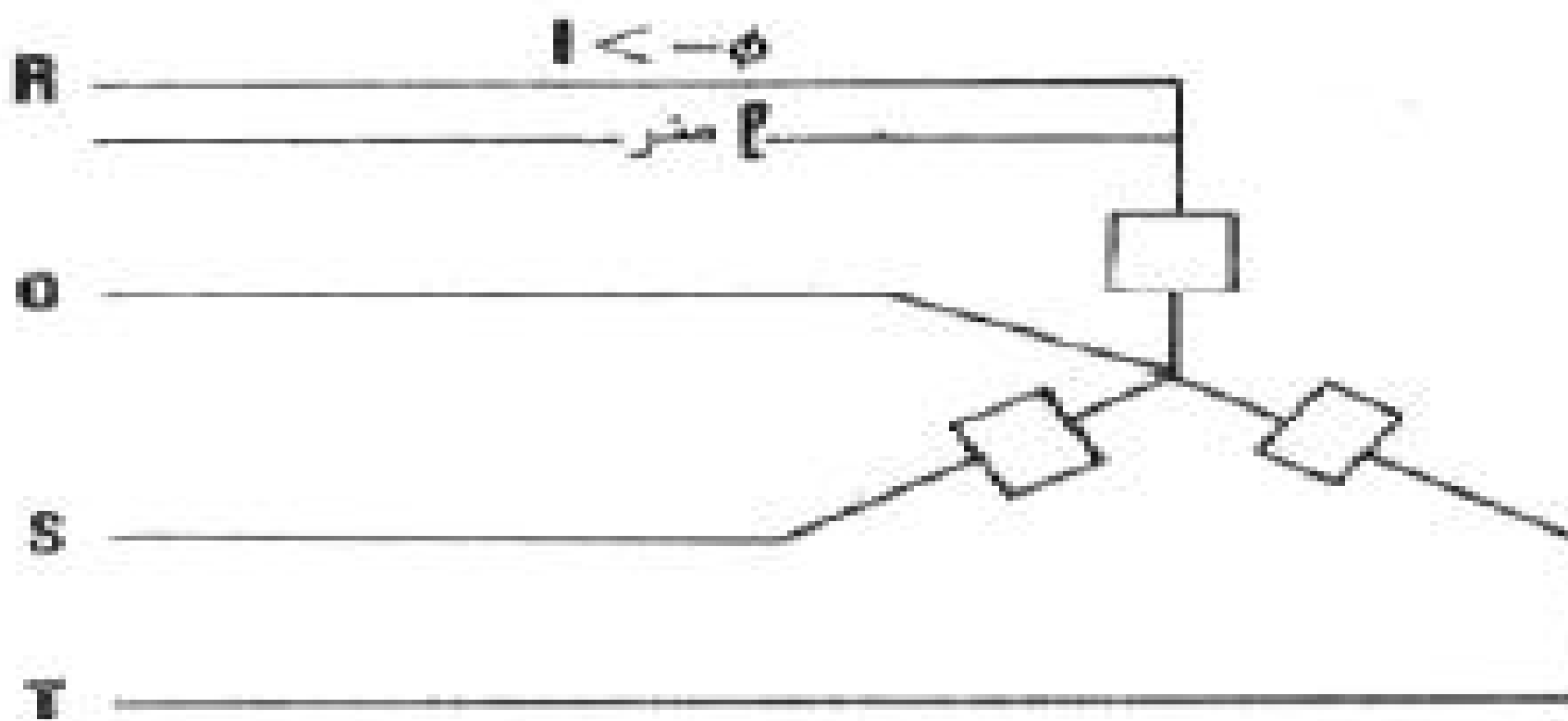
اندازه سیم لخت مسی مدار تغذیه را با افت ولتاژ مجاز ۳ درصد حساب کنید. آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز مناسب است؟ حرارت محیط ۳۵ درجه است. با استفاده از رابطه (۶-۷) و مقاومت ویژه مس $\rho(60) = 1/996 \times 10^{-8}$ داریم:

$$a = \frac{200 \times 1.996 \times 10^{-8} \sum_{i=1}^{11} (i-1) \times 50 \times 150}{3 \times (220)^2} = 11.34 \times 10^{-6} m^2 = 11.34 mm^2$$

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 ۵-۵ برابر ۶ برابر ۷۶/۵ آمپر 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.

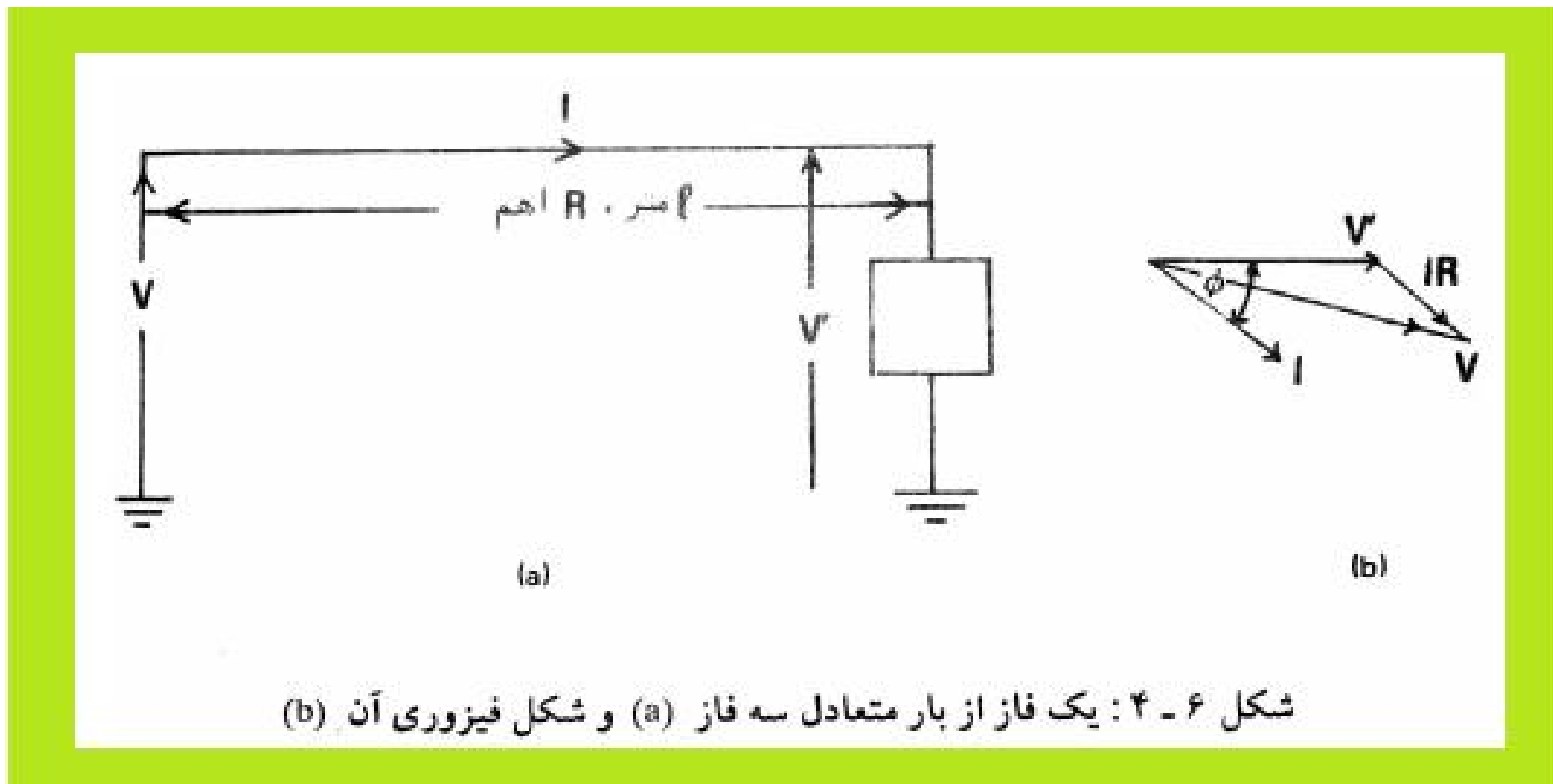
2-2-6) افت ولتاژ در مدارهای سه فازه

مدار سه فازي مطابق شكل ۳-۶ را در نظر بگيريد كه داراي طول (متر) و مقاومت هر يك از سيمهاي آن Γ اهم است و در انتهاي آن بار متعادلي كه جريان I با ضريب توان $\cos\phi$ مي گيرد. متصل است.



شكل ۳ - ۶ : يك مدار سه فاز با بار متعادل

به علت تشابه کامل فازها برای تجزیه و تحلیل مدار فقط یکی از آنها به صورت زیر در نظر گرفته می شود.



جریان سیم نول را صفر در نظر می گیریم.

محاسبه سطح مقطع سیم برای یک مصرف کننده سه فازه

$$S = \frac{100 \rho . l . W}{\alpha . V_L^2}$$

S سطح مقطع سیم بر حسب متر مربع

ρ مقاومت ویژه فلزات در ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب اهم متر

l طول مسیر بر حسب متر

I جریان عبوری از مسیر بر حسب آمپر

V_L ولتاژ خطی خطی بر حسب ولت

α درصد افت ولتاژ مجاز

P توان مصرفی دستگاه بر حسب وات

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 ۲ درصد 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:

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

بنابراین کابل انتخاب شده از نظر جریان مجاز نیز مناسب است. در بارهای سه فاز متعادل جریان سیم نوترال پیوسته برابر صفر است و به این دلیل سیم نوترال را هر اندازه کوچک دلخواه می توان در نظر گرفت. در بسیاری موارد در صنعت یا خانه همه بارها سه فاز نیستند و سعی بر این است که بارهای تک فاز را به طور تقریباً مساوی بین فازها تقسیم کرده تا جریان سیم نوترال به صفر نزدیک شود. در این موارد در صورتی که بارهای تکفاز دوتا از فازها را قطع کنیم جریان قابل ملاحظه ای در سیم خنثی خواهیم داشت و لذا برای سیم خنثی باید اندازه مناسبی انتخاب نمود.

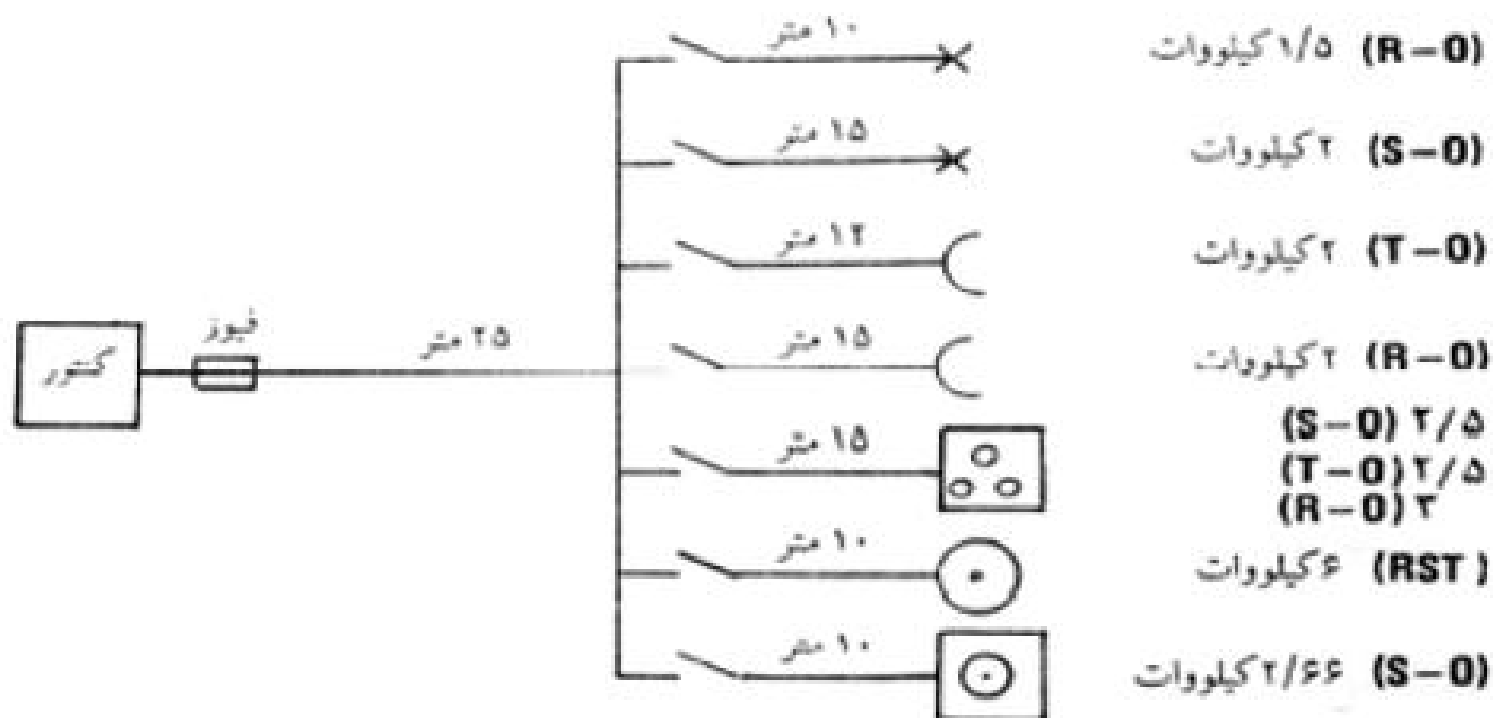
محاسبه سطح مقطع سیم با استفاده از توان در سیستم سه فازه

$$S = \frac{100 \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot P_i)}{\alpha \cdot V_L^2}$$

S	سطح مقطع سیم بر حسب متر مربع
K	هدایت ویژه فلزات در ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب اهم متر
l	طول هر مسیر بر حسب متر
I	جریان عبوری از هر مسیر بر حسب آمپر
V_L	ولتاژ خطی بر حسب ولت
α	درصد افت ولتاژ مجاز
Cos∅	ضریب قدرت
P	توان خروجی هر دستگاه بر حسب وات

مثال ۶-۹

یک منزل مسکونی از برق سه فاز چهار سیمی ۲۲۰/۳۸۰ ولت استفاده می کند و دارای ۷ انشعاب به صورت زیر می باشد. افت ولتاژ مجاز در انشعابها ۱ درصد 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؟



هر یک از دو انشعاب پریزها دو سیمی است و به ترتیب از فازهای T,R روی یک فاز قرار گرفته، به طوری که فاز R، 3 کیلو وات و دو فاز دیگر هر کدام 2/5 کیلو وات بار را تغذیه می کنند. بنابراین اجاق برقی در حقیقت مرکب از چند بار تک فاز است. آیا می دانید به چه علت برای آن انشعاب سه فاز در نظر گرفته ایم؟ آنگرمکن برقی سه کیلو واتی یک بار سه فاز متعادل است و بالاخره ماشین رختشویی 3/8 کیلو واتی یک بار تک فاز است که روی فاز S قرار دارد.



(R-0) 1/5 کیلووات

انشعاب چراغ 1/5 کیلو واتی

$$I = \frac{1.5 \times 1000}{220} = 6.82$$

با استفاده از (۵-۶)

$$a = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 10 \times 6.82 \times 1}{1 \times 220} = 1.28 \times 10^{-6} m^2 = 1.28 mm^2$$

لذا سیم 1/5 از هر نظر کافی است .



(S-0) ۲ کیلووات

انشعاب چراغ ۲ کیلو واتی

$$I \frac{2 \times 1000}{220} = 9.09$$

$$a = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 15 \times 9.09 \times 1}{1 \times 220} = 2.56 \text{mm}^2$$

لذا سیم ۲/۵ کمی کوچک است لیکن خالی از اشکال می باشد و استفاده از سیم ۴ لازم نیست.



پریز دو کیلوواتی در فاصله ۱۵ متری با فرض ضریب توان متوسط ۰/۸

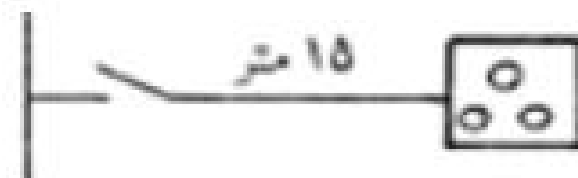
$$I = \frac{2 \times 1000}{220 \times 0.8} = 11.36$$

$$a = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 15 \times 11.36 \times 0.8}{1 \times 220} = 2.56 \times 10^{-6} m^2 = 2.56 mm^2$$

لذا سیم ۲/۵ کمی کوچک است لیکن خالی از اشکال می باشد و استفاده از سیم ۴ لازم نیست.



برای انشعاب دیگر پریزها هم به همین ترتیب سیم ۲/۵ مناسب است.



(S-O) ۲/۵
 (T-O) ۲/۵
 (R-O) ۲

انشعاب اجاق برقی:

فاز R بیشترین بار را دارد و بدترین وضع از نظر نوترال این است که بارهای دوفاز T.S قطع باشد.

$$I \frac{3 \times 1000}{220 \times 1} = 13.64$$

$$a = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 15 \times 13.64 \times 0.8}{1 \times 220} = 3.84 \times 10^{-6} m^2 = 3.84 mm^2$$

لذا چهار رشته ۴ میلیمتر مربع یا کابلی به این اندازه مناسب است و جریان مجاز آنها خیلی بیشتر از جریان بار می باشد.



(RST) ۶ کیلووات

انشعاب آبگرمکن:

آبگرمکن بار سه فاز متعادل است و لذا جریان نوترال صفر و جریان هر فاز از این قرار است:

$$I = \frac{6 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 1} = 9.12$$

با استفاده از رابطه (۶-۸)

$$a = \frac{100 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 10 \times 9.12 \times 1}{1 \times 220} = 0.86 \times 10^{-6} M^2 = 0.86 mm^2$$

با توجه به استحکام مکانیکی لازم ۴ رشته سیم ۱/۵ انتخاب می شود. سیم چهارم برای اتصال به نقطه نوترال آبگرمکن مورد استفاده قرار می گیرد و در شرایط عادی جریانی حمل نمی کند.



(S-0) ۲/۶۶ کیلووات

انشعاب ماشین رختشویی :

با فرض ضریب توان ۰/۷ راندمان ۰/۷

$$I \frac{2066 \times 1000}{220 \times 0.7 \times 0.7} = 24.67$$

با استفاده از رابطه (۵-۶)

$$a = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 24.67 \times 0.7}{1 \times 220} = 3.24 \times 10^{-6} M^2 = 3.24 mm^2$$

لذا دو رشته سیم ۴ میلیمتر مربع کافی است.

انشعاب اصلی

نظر به این که بار فازهای مختلف یکنواخت نیست، جمع بار هر فاز را به صورت زیر محاسبه می کنیم.

جریان O	جریان T	جریان S	جریان R	انشعاب
$6.82 \angle 0^\circ$	-	-	$6.82 \angle 0^\circ$	چراغها ۱/۵ کیلووات
$9.09 \angle -120^\circ$	-	$9.09 \angle -120^\circ$	-	چراغها ۲ کیلووات
$11.36 \angle -276.87^\circ$	$11.36 \angle -276.87^\circ$	-	-	پریشها ۲ کیلووات
$11.36 \angle -36.87^\circ$	-	-	$11.36 \angle -36.87^\circ$	پریشها ۲ کیلووات
$2.27 \angle 0^\circ$	$11.37 \angle -210^\circ$	$11.37 \angle -120^\circ$	$13.64 \angle 0^\circ$	اجاق برقی
0	$9.12 \angle -240^\circ$	$9.12 \angle -120^\circ$	$9.12 \angle 0^\circ$	آبگرمکن برقی
$24.67 \angle -165.57^\circ$	-	$24.67 \angle -165.57^\circ$	-	ماشین رختشویی
$13.05 \angle -132.92^\circ$	$30.35 \angle 107.02^\circ$	$50.05 \angle -140.59^\circ$	$39.26 \angle -10^\circ$	جمع

مقطع سیم را بر اساس بالاترین جریان فاز محاسبه می کنیم که با احتساب ضریب مصرف ۰/۶۵ چنین می شود.

$$I_s = [50.05 \angle -140.59] \times 0.65 = 32.53 \angle -140.59$$

جریان سیم نوترال با احتساب ضریب مصرف ۰/۶۵ چنین است.

$$I_o = [13.05 \angle -132.92] \times 0.65 = 8.84 \angle -132.92$$

با احتساب افت ولتاژ در سیم نوترال و با توجه به -120° درجه فاز ولتاژ فاز S چنین می نویسیم:

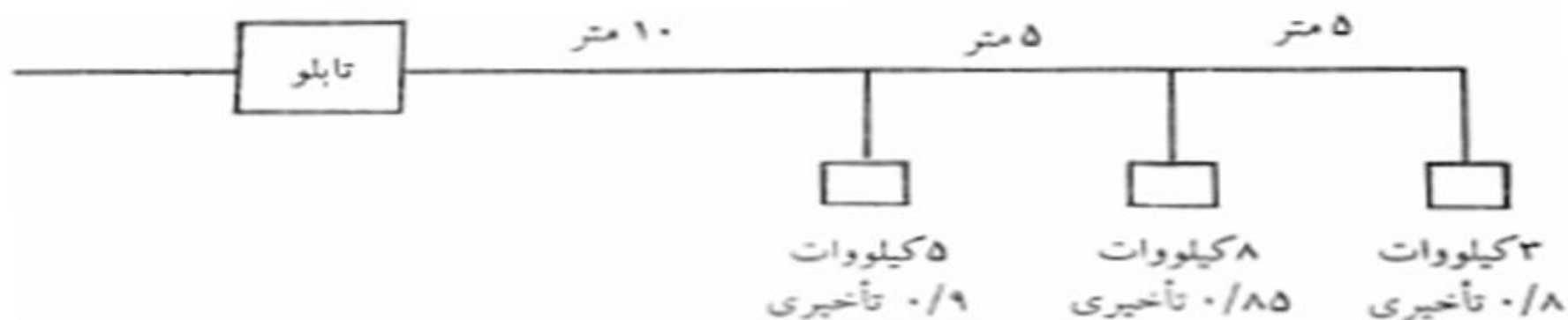
$$a = \frac{100 \times 2.064 \times 10^8 \times 25 \times (32.53 \cos 20.59 + 8.84 \cos 12.92)}{1.5 \times 220}$$

$$a = 6.05 \times 10^{-6} m^2 = 6.05 mm^2$$

با مراجعه به جدول (۵-۱) ملاحظه می کنید که سیم ۶ میلیمتر مربع در لوله در حرارت ۲۵ درجه ۳۵ آمپر حمل می کند و کافی به نظر می رسد، لیکن درجه حرارت معمول ایران بالاتر است و بهتر است از سیم ۱۰ استفاده کنیم که حتی در درجه حرارت ۴۵ درجه هم ۳۶ آمپر حمل می کند. لذا از چهار رشته سیم ۱۰ استفاده می کنیم.

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 ۳ درصد حساب کنید. آیا مقطع حساب شده از نظر جریان مجاز کافی است؟



با استفاده از رابطه (۶-۱۰)

$$a = \frac{100 \times 2.064 \times 10^{-8} \times (10 \times 5 + 15 \times 8 + 20 \times 3) \times 1000}{3 \times (380)^2} = 1.1 \times 10^{-6} m^2 = 1.1 mm^2$$

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 ۳-۵ برابر ۱۸ آمپر و در هوای ۴۵ درجه از جدول ۴-۵ برابر ۱۴/۲۲ آمپر است که باید با جریان بار ما مقایسه شود. جریان بار ما را از این قرار است:

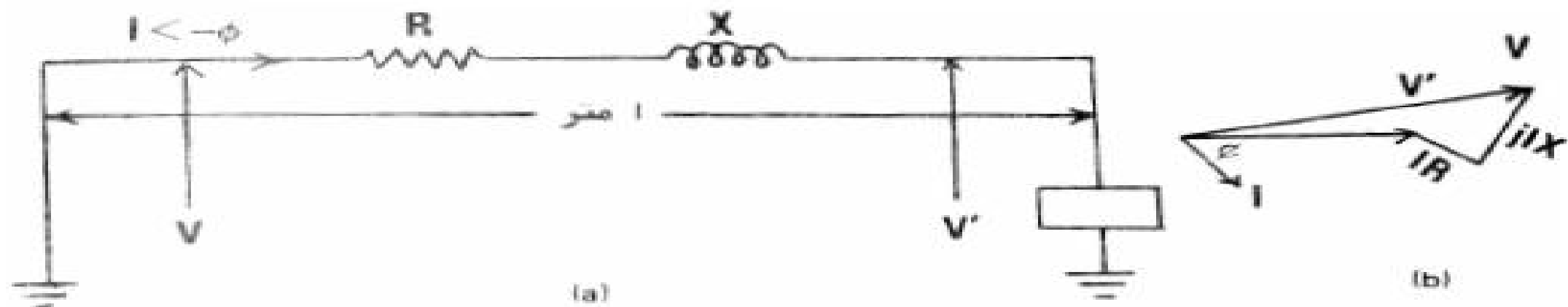
$$I = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.9} \angle -\cos^{-1} 0.9 + \frac{8000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85} \angle -\cos^{-1} 0.85 + \frac{3000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} \angle -\cos^{-1} 0.8$$

$$I = 8.44 \angle -25.84 + 14.30 \angle -31.74 + 5.7 \angle -36.87 = (7.60 - j3.68) + (12.15 - j7.53) + (4.56 - j3.42)$$

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

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

6-3- تعیین مقاطع سیم های هوایی بر اساس افت ولتاژ مجاز



شکل ۶-۵ یک فاز از سیستم سه فاز متعادل (A) و شکل فیزوری مربوط (B).

$$V = V' + IR \cos \Phi + IX \sin \Phi$$

و با افت ولتاژ ΔV در خط چنین می شود:

$$\Delta V = V - V' = IR \cos \Phi + IX \sin \Phi$$

در صورتی که درصد افت ولتاژ مجاز را α بنامیم رابطه زیر را می توان نوشت:

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V} \times 100 = \frac{100(IR \cos \Phi + IX \sin \Phi)}{V}$$

و یا

$$\frac{\alpha V}{100I} = R \cos \Phi + X \sin \Phi$$

همان طور که می دانیم .

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

که در آن ρ مقاومت ویژه هادی در حرارت کار بر حسب اهم متر، l طول بر حسب متر و a مقطع هادی بر حسب متر مربع است. راکتانس القایی برابر ωL است که در مورد یک فاز از سیستم سه فاز متعادل به طوری که در درس قدرت دیده اید از این قرار می شود:

$$X = 100\pi L = 100\pi \left[\mu_0 \left(\frac{1}{8\pi} + \frac{1}{8\pi} L n \frac{D}{r} \right) \right] l$$

$$X = 10^{-5} \pi l \left(0.5 + 2 L n \frac{D}{r} \right)$$

در رابطه بالا d فاصله دو فاز از یکدیگر و r شعاع هر یک از هادیها می باشد و l طول خط بر حسب متر است.

لذا

$$\frac{\alpha V}{100I} = \frac{\rho l}{a} \cos \Phi + 10^{-5} \pi l \left(0.5 + 2 L n \frac{D}{r} \right) \sin \Phi$$

در معادله (6 - 11) بار متعادل با اتصال ستاره در نظر گرفته شده است.

و یا

$$\frac{\alpha V}{100I} - 10^{-5} \pi l \left(0.5 + 2 L n \frac{D}{r} \right) \sin \Phi = \frac{\rho l}{a} \cos \Phi$$

و یا

$$a = \frac{\rho l \cos \Phi}{\frac{\alpha V}{100I} - 10^{-5} \pi l \left(0.5 + 2 L n \frac{D}{\sqrt{a l \pi}} \right) \sin \Phi}$$

(6 - 11)

مثال ۶-۱۱

یک خط توزیع سه فاز هوایی ۳۸۰ ولت بار سه فاز متعادلی به میزان ۳۶ کیلو وات با ضریب توان ۰.۶۵ را که در فاصله ۷۰ متری دارد تغذیه می کند. فاصله سیمها از یکدیگر ۷۵ سانتیمتر می باشد. مقطع سیم را برای افت ولتاژ مجاز ۲ درصد تعیین کنید. آیا این مقطع از نظر جریان مجاز کافی است؟

$$I = \frac{36 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.65} = 84.15$$

با صرنظر از جمله دوم مخرج و استفاده از مقاومت ویژه مس در ۶۰ درجه سانتیگراد داریم:

$$A = \frac{1.996 \times 10^{-8} \times 70 \times 0.65}{\frac{2 \times 220}{100 \times 84.15}} = 17.37 \times 10^{-6} m^2 = 17.37 mm^2$$

با استفاده از (۶-۱۱) و $\sin \Phi = 0.76$ چنین می نویسیم -

$$A = \frac{1.996 \times 10^{-8} \times 70 \times 0.65}{\frac{2 \times 220}{100 \times 84.15} - 10^{-5} \pi \times 70 \left(0.5 + 2 \ln \frac{0.75}{\sqrt{17.37 \times 10^{-6} \pi}} \right)} = 28.22 mm^2$$

در صورتی که مقطع به دست آمده را مجدداً در معادله (۶-۱۱) قرار دهیم a برابر $27/53$ میلیمتر مربع به دست می آید که اگر باز در معادله (۶-۱۱) قرار گیرد a برابر $27/56$ میلیمتر مربع حاصل می شود که به حد کافی دقیق است. بنابراین از نظر افت ولتاژ مجاز سیم بدون روپوش ۳۵ میلیمتر مربع کافی است. با مراجعه به جداول ۵-۵ و ۶-۵ ملاحظه می کنید که این سیم حتی در هوای ۵۰ درجه از نظر جریان مجاز کافی است.