

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.

$$I = \frac{W}{V \cdot \cos\varphi} \quad (1-6)$$

W توان ورودی به بار متصل شده به مدار بر حسب وات
V ولتاژ مدار بر حسب ولت
CosΦ ضریب قدرت

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 گوییم 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

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

* * 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 ۱-۶

محاسبات روشنایی لزوم استفاده از ۵۰ لامپ ۱۰۰ ولتی را در یک خانه مسکونی نشان می‌دهد. 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 (۲-۶) جریان مربوط از این قرار است:

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

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

$$11.37 / 0.85 = 12.91$$

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

جدول ۲-۵: ضرایب تصحیح جریان مجاز

درجه حرارت	ضرایب تصحیح
۵۵	۰/۳۸
۵۰	۰/۵۳
۴۵	۰/۶۵
۴۰	۰/۷۵
۳۵	۰/۸۵
۳۰	۰/۹۳

جدول ۱-۵ : جریان مجاز سیمهای عایق دار

جریان مجاز گروه ۲ چند سیم یک لا در هوای	جریان مجاز گروه ۲ سیم چند لا در هوای	جریان مجاز گروه ۱ تاسه سیم در لوله	سطح مقطع سیم (میلیمتر مربع)
۱۶	۱۳	-	۰.۷۵
۲۰	۱۶	۱۲	۱
۲۵	۲۰	۱۶	۰.۹۵
۳۶	۲۷	۲۱	۰.۷۵
۴۵	۳۶	۲۷	۱۴
۵۷	۴۷	۳۵	۸
۷۸	۶۵	۴۸	۱۰
۹۰	۸۷	۶۵	۱۶
۱۲۷	۱۱۵	۸۸	۲۵
۱۶۸	۱۴۳	۱۱۰	۳۵
۲۱۰	۱۷۸	۱۴۰	۵۰
۲۶۰	۲۲۰	۱۷۵	۷۰
۲۹۰	۲۵۰	۱۹۰	۹۰
۳۸۰	۳۱۰	۲۵۰	۱۲۰
۴۱۰	۳۵۰	-	۱۵۰
۴۷۰	۴۰۰	-	۱۸۵
۵۶۰	۴۸۰	-	۲۴۰
۶۴۰	۵۵۰	-	۲۰۰
۷۷۰	-	-	۴۰۰
۸۸۰	-	-	۵۰۰

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 می‌گیرند. این موتورها در مراکز صنعتی کوچک مانند کارگاهها نیز برای گرداندن ماشین‌الات کوچک و ابزار کار برقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. جریان یک موتور تک فاز با ظرفیت اسمی W وات با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I = \frac{W}{\eta \cdot V \cdot \cos\phi} \quad (T-4)$$

در اینجا بالا W توان برقی موتور بر حسب وات، V ولتاژ مدار تغذیه بر حسب وات و η راندمان موتور و $\cos\phi$ ضریب فلت موتور می‌باشد.

راندهان این موتورها ۵٪ تا ۶٪ و ضریب قدرت آنها ۶٪ تا ۷٪ می باشد.
 تنها در یک نوع از این موتورها که در حالت کار خارجی در مدار دارند، ضریب قدرت تا ۱۹٪ بالا می رود.

جزیان راه لذاری موتورها که در حدود ۷ برابر جزیان نامی است چون تنها مدت کوتاهی برقرار است ممکن مقاطع سیمها و کالبدانی نباشد.

در برق کشی خانه ها و سایل موتوردار کوچک را به پردهای معمولی متصل می کنند، لیکن برای هر یک از بارهای بزرگتر تغییر هاشمین لیستشویی،
ظرفیتی، بیخیال و بیخوبی بیشتر است از اشغالهای مستقل استفاده شود.

مثال ۴-۲

یک ماشین لباسشویی به ظرفیت ۱/۵ کیلو وات ۲۲۰ ولت از طریق سیم با عایق پلاستیکی واقع در لوله نگذیه می شود مقاطع سیم را با توجه به حرارت محيط ۴۰ درجه معالجه کنید.

با فرض ضریب توان ۰/۷ و راندمان ۶۰، جریان چنین می شود:

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

از جدول ۴-۵ ضریب تصحیح رابرایر ۰/۸۲ به دست می آوریم بنابراین ظرفیت سیم در حرارت ۴۰ درجه چنین است:

$$16.23 / 0.82 = 19.79$$

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

6 - 1 - 2 - مدارهای سه فازه



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

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

در رابطه بالا W توان اسمی موتور بر حسب وات، v ولتاژ خط بر حسب ولت، n راندمان موتور و $\cos\phi$ ضریب توان موتور می‌باشد. راندمان سنتگی 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 می‌باشد.

مثال ۳-۶

کابلی با عایق پلاستیکی در زیر زمین نصب شده و یک موتور الکتری سه فاز دو قطب با رتور فرسی ۱۰ کیلووات 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 معماز 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: راندهای و ضریب تدریت موتورهای القابی سه فاز رotor نفسی

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 هرمان تعدادی موتور

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	تعداد موتورها
۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۴۰	۰	۰	ضریب مصرف هرمان

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

$$I_L = K_d \cdot \frac{n \cdot P_2}{\sqrt{3} U_L \cdot \eta \cdot \cos\Phi}$$

تعداد موتورها

توان خروجی بر حسب اسپ بخار یا وات

ضریب همزمانی مصرف کننده‌ها

ولتاژ خطی

راندمان

ضریب قدرت

مثال ۴-۶

یک کابل پلاستیکی ۴ رشته ای، سه موتور سه فاز القابی چهار قطبی با رنور ففسی ۵ کیلووات ۰.۳۸ ولت را تغذیه می کند. کابل روکار نصب شده و حداقل حرارت محیط ۵ درجه است. مقطع کابل را تعیین کنید با استفاده از جدول ۴-۶ 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 تصمیح ۰/۷۱ است. بنابراین جریانی که کابل در حرارت ۵ درجه حمل می کند از این قدر می شود:

$$33.39 / 0.71 = 47.76$$

با استفاده از جدول ۲-۳ کابل با مقطع ۰.۱ میلیمتر مربع با ظرفیت ۰.۴ آمپر در هوای ۳۰ درجه انتخاب می کنیم. در شرایط اضطراری استفاده از کابل ۰.۶ میلیمتر مربع با ظرفیت ۰.۴۴ آمپر در هوای ۳۰ درجه نیز اشکال به بار نصی اورد.

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

در موتورهای الکتریکی توان مناسب با مجدد ولتاژ است، مثلاً ولتاژ تغذیه اگر ۵ درصد افت داشته باشد توان موتور ۱۹ 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 بردن بنا براین مناسب با هر کاربرد افت ولتاژ مجاز را معین می کنند.

این افت ولتاژ در مورد مدارهای روشنایی ۴ درصد و در مورد مدارهای تغذیه موتورهای ۶ درصد است. معمولاً نیمی از این افت ولتاژ را به شبکه توزیع و نیم دیگر را به سیم کشی داخلی اختصاص می دهند.

(1-2-6) افت ولتاژ در مدارهای تک فازه

$$a = \frac{200 \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos\theta}{\alpha \cdot V}$$

$\cos\theta$ ضریب فدرت

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

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

S

سطح مقطع سیم بر حسب متر مربع

K

هدایت ویژه فلزات در 70° درجه سانتی گراد بر حسب اهم متر

l

طول هر مسیر بر حسب متر

I

جريان عبوری از هر مسیر بر حسب آمپر

V

ولتاژ بر حسب ولت

a

درصد افت ولتاژ مجاز

Cos\phi

ضریب قدرت

مثال: ۷-۶

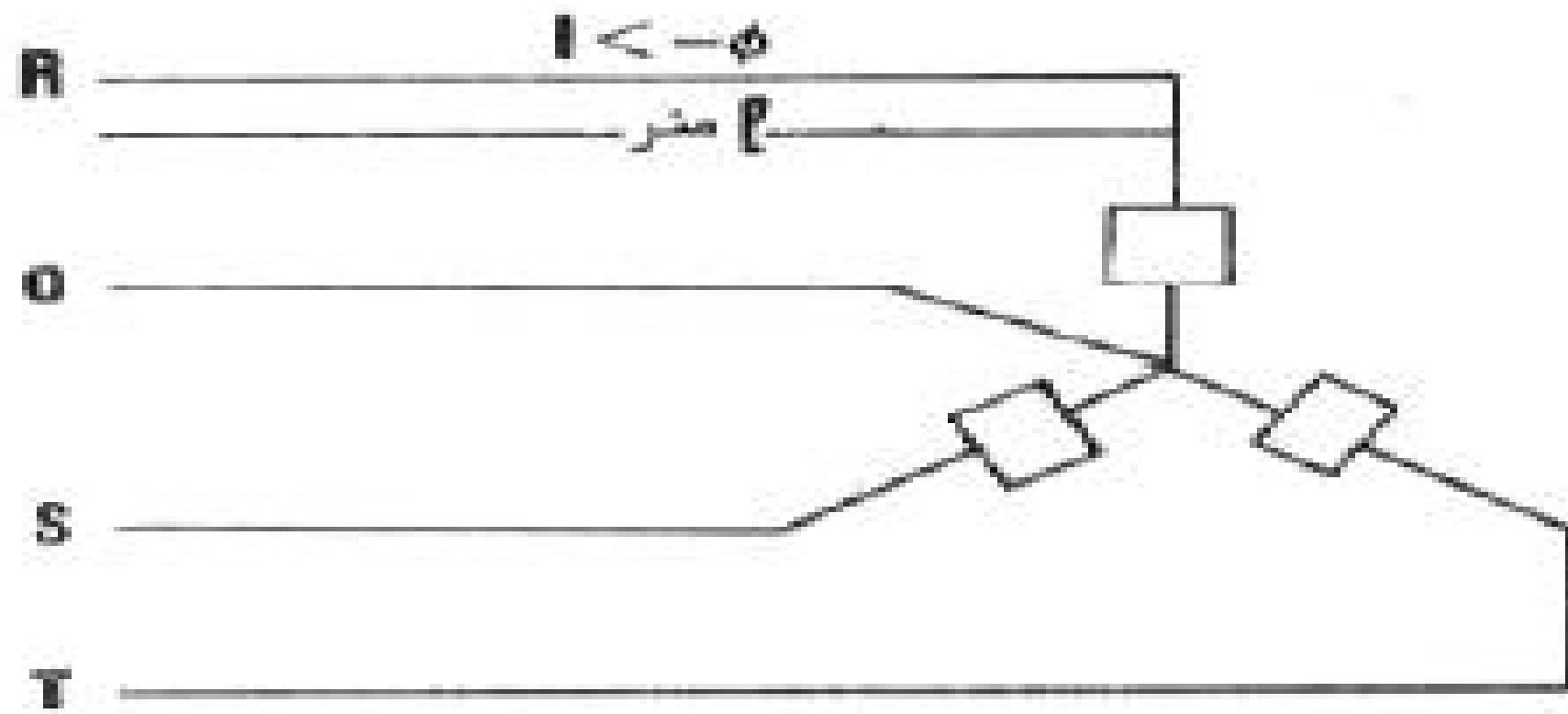
برای روشنایی خیابانی به طول ۵۰۰ متر از ۱۱ لامپ رشته دار ۲۲۰ ولت استفاده شده است. لامپ اول در ابتدای مدار تعذیبه قرار دارد و فاصله بین دو لامپ مجاور ۵۰ متر است. اندازه سیم لخت مسی مدار تعذیبه را با افت و لتاژ مجاز ۳ درصد حساب کنید. آیا این سطح مقطع از نظر جریان مجاز مناسب است؟ حرارت محیط ۳۵ درجه است. با استفاده از رابطه (۷-۶) و مقاومت ویژه مس $1/996 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ داریم:

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

لذا سیم ۱۶ میلیمتر مربع از این نظر کافی است. جریان مجاز چندین سیم بدون روکش در هوای ۳۵ درجه از جدول ۵-۵ و ۵-۶ 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 مراقب بزرگتر از اندازه لازم است.

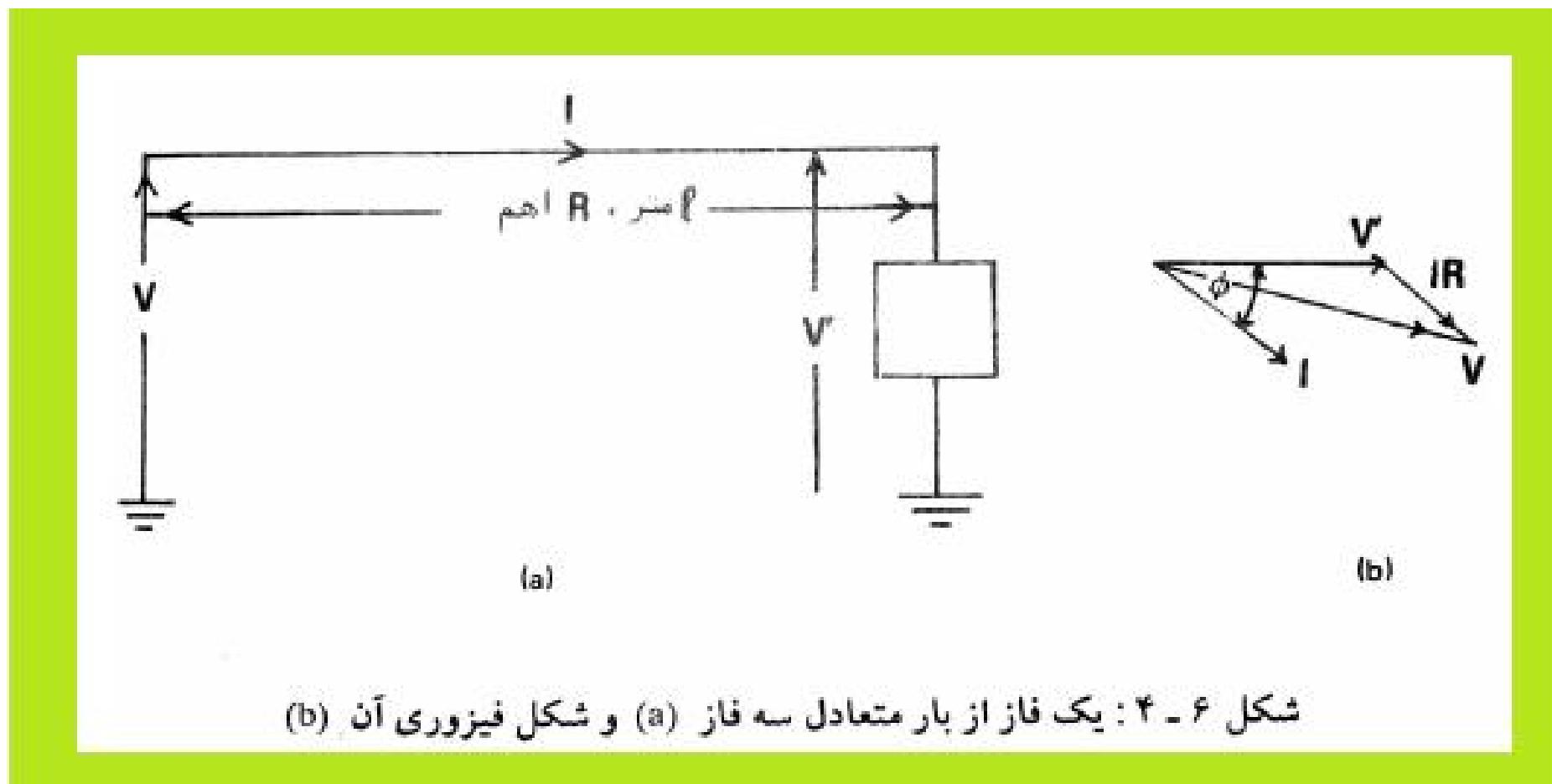
۲-۲-۶) افت ولتاژ در مدارهای سه فازه

مدار سه فازی مطابق شکل ۶-۳ را در نظر بگیرید که دارای طول امتر و مقاومت هر یک از سیم‌های آن Γ است و در انتهای آن بار متعادلی که جربان I با ضریب $\cos\Phi$ می‌گیرد متصل است.



شکل ۶ - ۳: یک مدار سه فازی 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.



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

جريان سیم نول را صفر در نظر می گیریم.

محاسبه سطح مقطع سیم برای یک مصرف کننده سه فازه

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

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

جريان عبوری از مسیر بر حسب آمپر

V_L

ولتاژ خطی خطي بر حسب ولت

α

درصد افت ولتاژ مجاز

27 *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 ۱۶/۲۵×۲ (کابل چهار سیمی 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 ۰ درجه برابر ۵۰ 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 تیستند. و سعی براین 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 دو تا 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

Cosθ

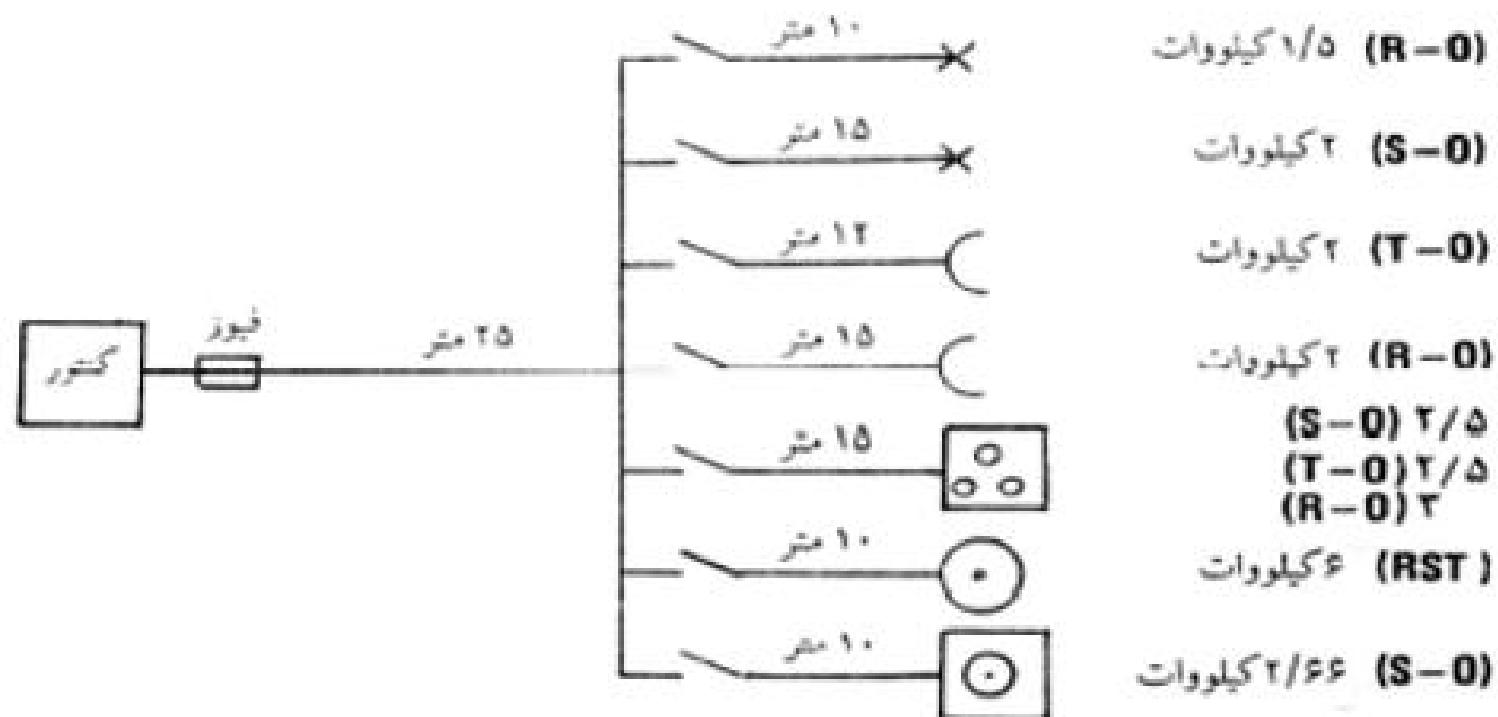
ضریب قدرت

29 **P**

توان خروجی هر دستگاه بر حسب وات

مثال ۶-۹

یک منزل مسکونی از برق سه فاز چهار سیمی $380/220$ ولت استفاده می‌کند و دارای ۷ انشعاب به صورت زیر می‌باشد. افت ولتاژ مجاز در انشعابها $1/5$ درصد و در خط اصلی $1/5$ درصد است. سیم کشی با استفاده از سیم مسی با عایق پلاستیکی در لوله انجام می‌شود. ضریب مصرف هم انشعاب ۱ و ضریب مصرف خط اصلی $1/5$ است. اندازه سیمهای را بر اساس افت ولتاژ مجاز معین کنید. آیا اندازه‌های محاسبه شده از نظر جزیان 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 ۳ کیلو وات و دو فاز دیگر هر کدام $2/5$ کیلو وات بار را تغذیه می کنند. بنابراین اجاق برقی در حقیقت مركب از چند بار تک فاز است. آیا می دانید به چه علت برای آن انشعاب سه فاز در نظر گرفته ایم؟ آنگرچه 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.



$$1 \frac{1.5 \times 1000}{220} = 6.82$$

انشعاب چراغ $1/5$ کیلو واتی

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.



۲ کیلووات (S-O)

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.



(R=0) ۱ کیلووات

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

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

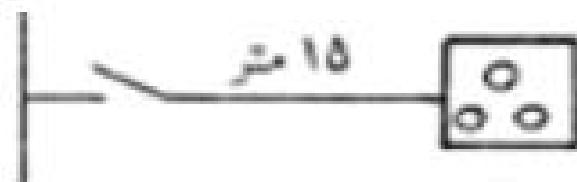
$$a = \frac{200 \times 2.064 \times 10^{-8} \times 15 \times 11.36 \times 0.8}{1 \times 220} = 2.56 \times 10^{-6} m^2 = 2.56 mm^2$$

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



(T=0) ۲ کیلووات

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



$$\begin{aligned} & (S-0) \frac{\pi}{5} \\ & (T-0) \frac{\pi}{5} \\ & (R-0) \frac{\pi}{5} \end{aligned}$$

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 با کابلی به این اندازه مناسب است و جریان مجاز آنها خیلی بیشتر از جریان بار می باشد.



(RST) 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 (۸-۶)

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

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) ۲۵/۶ کیلووات

انشعاب ماشین رخشویی :

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.

انشعاب	جریان R	جریان S	جریان T	جریان O
چراغها ۱/۵ کیلووات	$6.82 \angle 0^\circ$	—	—	$6.82 \angle 0^\circ$
چراغها ۲ کیلووات	—	$9.09 \angle -120^\circ$	—	$9.09 \angle -120^\circ$
پریزها ۲ کیلووات	—	—	$11.36 \angle -276.87^\circ$	$11.36 \angle -276.87^\circ$
پریزها ۴ کیلووات	$11.36 \angle -36.87^\circ$	—	—	$11.36 \angle -36.87^\circ$
اجاق برقی	$13.64 \angle 0^\circ$	$11.37 \angle -120^\circ$	$11.37 \angle -210^\circ$	$2.27 \angle 0^\circ$
آبگرمکن برقی	$9.12 \angle 0^\circ$	$9.12 \angle -120^\circ$	$9.12 \angle -240^\circ$	۰
ماشین رختشویی	—	$24.67 \angle -165.57^\circ$	—	$24.67 \angle -165.57^\circ$
جمع	$39.26 \angle -10^\circ$	$50.05 \angle -140.59^\circ$	$30.35 \angle 107.02^\circ$	$13.05 \angle -132.92^\circ$

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

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

جزیان سیم نوتروال با اختساب ضریب مصرف ۰.۶۵ چنین است.

$$I_0 = [13.05\angle -132.92] \times 0.65 = 8.84\angle -132.92$$

با اختساب افت ولتاژ در سیم نوتروال و با توجه به -20° درجه فار ولتاژ فاز S چنین می نویسیم:

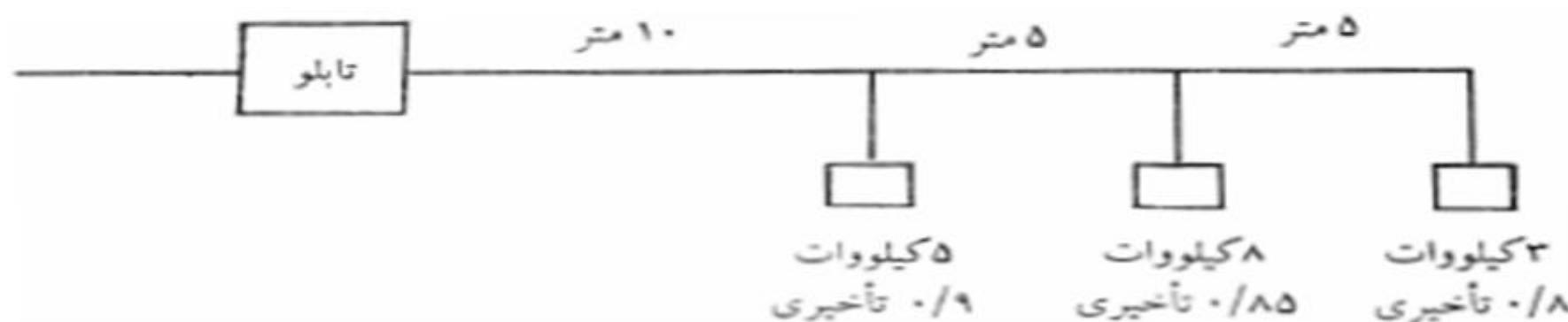
$$a = \frac{100 \times 2.064 \times 10^8 \times 25 \times (32.53 \cos 20.59 + 8.84 \cos 12.92)}{1.5 \times 220}$$

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

با مراجده به جدول (۱-۵) ملاحظه می کنید که سیم ۶ میلیمتر مربع در لوله در حرارت 25° درجه 35° 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 45° درجه هم 36° آمپر حمل می کند. لذا از چهار رشته سیم ۱۰ استفاده می کنیم.

مثال ۱۰-۶

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؟



با استفاده از رابطه (۱۰-۶)

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

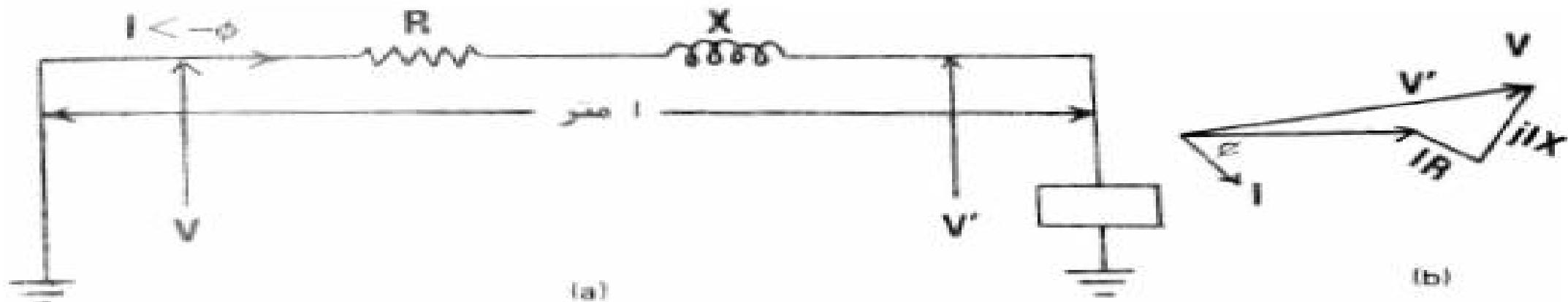
ملاحظه می کنید که از نظر افت ولتاژ مجاز کابل چهار سیمی $1/5$ میلیمتر مربع کافی است که جریان مجاز آن در هوای 20° درجه از جدول ۵-۳ برابر 18 آمپر و در هوای 45° درجه از جدول ۵-۴ برابر 22 آمپر است که باید با جریان بارها مقایسه شود. جریان بارها را از این قرار است:

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

$$I = 8.44 \angle -25.84 + 14.30 \angle -31.74 + 5.7 \angle -36.87 = (7.60 - j3.68) + (12.15 - j7.53) + (4.56 - j3.42) \\ = 24.31 - j14.63 = 28.37 \angle -31.04$$

از جدول ۵-۳ ملاحظه می شود از نظر جریان مجاز برای کار در هوای 30° درجه استفاده از کابل $2/5$ میلیمتر مربع که ظرفیت 35 آمپر دارد، لازم است.

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



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

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

و با افت و لتاژ V در خط چنین می شود:

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

در صورتی که درصد افت ولتاز مجاز را A بنامیم رابطه زیر را می‌توان توضیح داد:

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

1

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

همان طور که می دانیم .

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

که در آن ρ مقاومت ویژه هادی در حرارت کاربر 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:

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

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

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

لذا

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

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

و یا

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

و یا

$$a = \frac{\rho l \cos \Phi}{\frac{\alpha V}{100I} - 10^{-5} \pi l \left(0.5 + 2 \ln \frac{D}{\sqrt{a/\pi}} \right) \sin \Phi} \quad (11-6)$$

مثال ۱۱-۶

یک خط توزیع سه فاز هوایی ۳۸۰ کیلو وات با ضریب توان ۰/۶۵ که در فاصله ۷۰ متری دارد تغذیه می‌کند. فاصله سیمها از یکدیگر ۷۵ سانتیمتر می‌باشد. 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 احتساب از جمله دوم مخرج و استفاده از مقاومت ویژه مس در ۰۶ درجه سانتیگراد داریم:

$$A = \frac{1.996 \times 10^{-3} \times 70 \times 0.65}{2 \times 220} = 17.37 \times 10^{-6} m^2 = 17.37 mm^2$$

$$\frac{100 \times 84.15}{}$$

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

$$A = \frac{1.996 \times 10^{-3} \times 70 \times 0.65}{\frac{2 \times 220}{100 \times 84.15} - 10^{-5} \pi \times 70 \left(0.5 + 2Ln \frac{0.75}{\sqrt{17.37 \times 10^{-6} \pi}} \right)} = 28.22 mm^2$$

در صورتی که مقطع به دست امده را مجدداً در معادله (۱۱-۶) قرار دهیم a برابر $27/53$ میلیمتر مربع به دست می‌آید که اگر باز در معادله (۱۱-۶) قرار گیرد a برابر $27/56$ میلیمتر مربع حاصل می‌شود که به حد کافی دقیق است. بنابراین از نظر افت ولتاژ مجاز سیم بدون رویوش ۳۵ میلیمتر مربع کافی است. با مراجعه به جداول ۵-۵ و ۵-۶ ملاحظه می‌کنید که این سیم حتی در هوای ۰۵ درجه از نظر جریان مجاز کافی است.