تعیین مقاطع سیمها و کابلها

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

6 – 1 - 1 – مدارهای تکفازه

@ElectricalDistribution

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

$$I = \frac{W}{V.\ Cos\varphi} \qquad (1-6)$$

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.

@ElectricalDistribution

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:

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

@ElectricalDistribution

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

@ElectricalDistribution

** 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.

@ElectricalDistribution

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.

$$11.37/0.85 = 12.91$$

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

جدول 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

@ElectricalDistribution

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
۳۵	۱۱۰	۱۴۳	۱۶۸
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

@ElectricalDistribution

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.

$$I = \frac{W}{\eta \,.V.\, Cos\varphi} \qquad (۳-۶)$$

درابطه 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.

@ElectricalDistribution

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.

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.

@ElectricalDistribution

مثال ۶-۴

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 برابر 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.

@ElectricalDistribution

6 – 1 – 2 – مدارهای سه فازه

@ElectricalDistribution

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:

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

درابطه 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. ضریب توان موتور نیز تابع قدرت و سرعت آن می باشد.

@ElectricalDistribution

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.

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.

@ElectricalDistribution

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

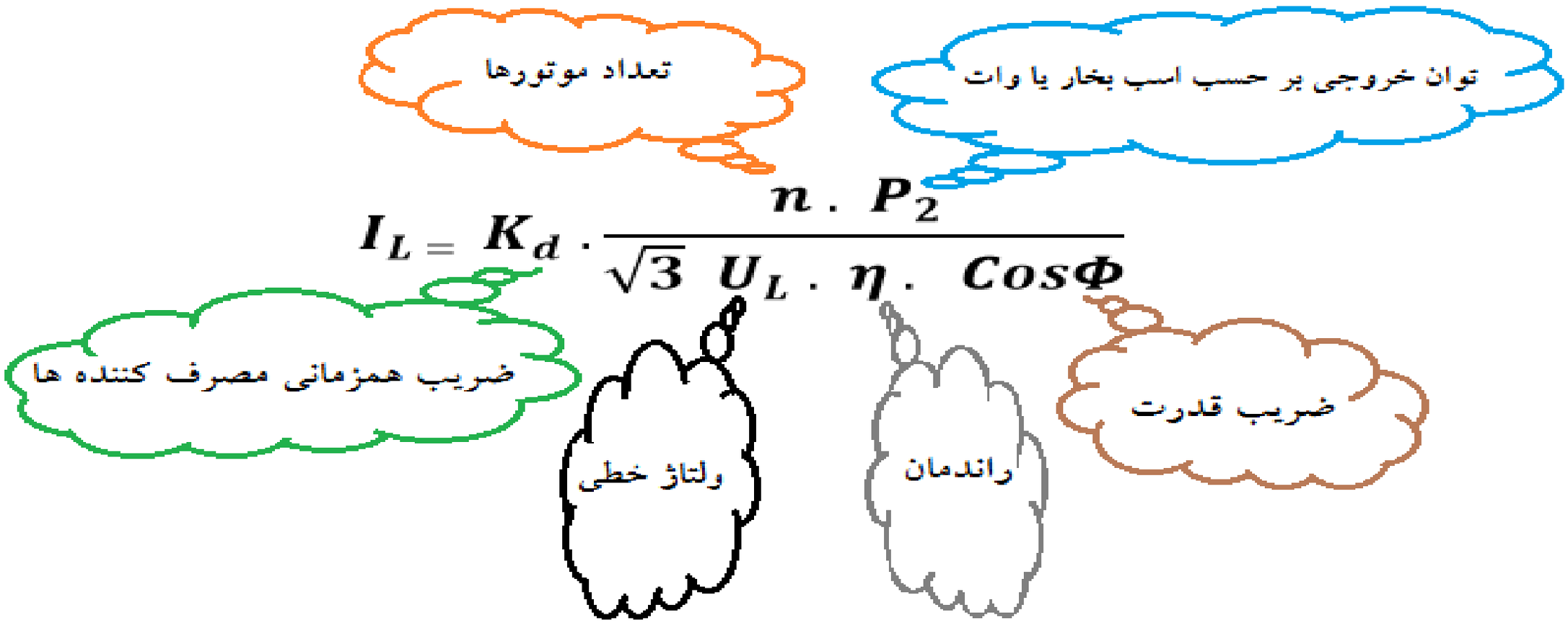
توان خروجی (KW)	موتور دو قطبی 3000 RPM		موتور 4 قطبی 3000 RPM		موتور 6 قطبی 3000 RPM	
	η	CosΦ	η	CosΦ	η	CosΦ
0/5	0/70	0/73	0/69	0/67	0/68	0/63
1	0/72	0/75	0/71	0/69	0/70	0/66
5	0/84	0/86	0/83	0/74	0/81	0/69
10	0/86	0/87	0/84	0/78	0/82	0/71
20	0/88	0/89	0/85	0/83	0/83	0/75
50	0/90	0/90	0/89	0/85	0/87	0/82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

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

@ElectricalDistribution

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



@ElectricalDistribution

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:

$$33.39 / 0.71 = 47.76$$

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.

@ElectricalDistribution

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

@ElectricalDistribution

در موتورهای الکتریکی توان متناسب با مجذور ولتاژ است، مثلا 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 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 .

@ElectricalDistribution

1-2-6) افت ولتاژ در مدارهای تک فازه

@ElectricalDistribution

$$a = \frac{200\,\rho\,.\,l\,.\,I\,.\,Cos\emptyset}{\alpha\,.\,V}$$

ضریب قدرت	$Cos\emptyset$
سطح مقطع سیم بر حسب متر مربع	a
مقاومت ویژه فلزات در ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب اهم متر	ρ
طول مسیر بر حسب متر	l
جریان عبوری از مسیر بر حسب آمپر	I
ولتاژ بر حسب ولت	V
درصد افت ولتاژ مجاز	α

@ElectricalDistribution

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

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
$Cos\emptyset$	ضریب قدرت

@ElectricalDistribution

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 :

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

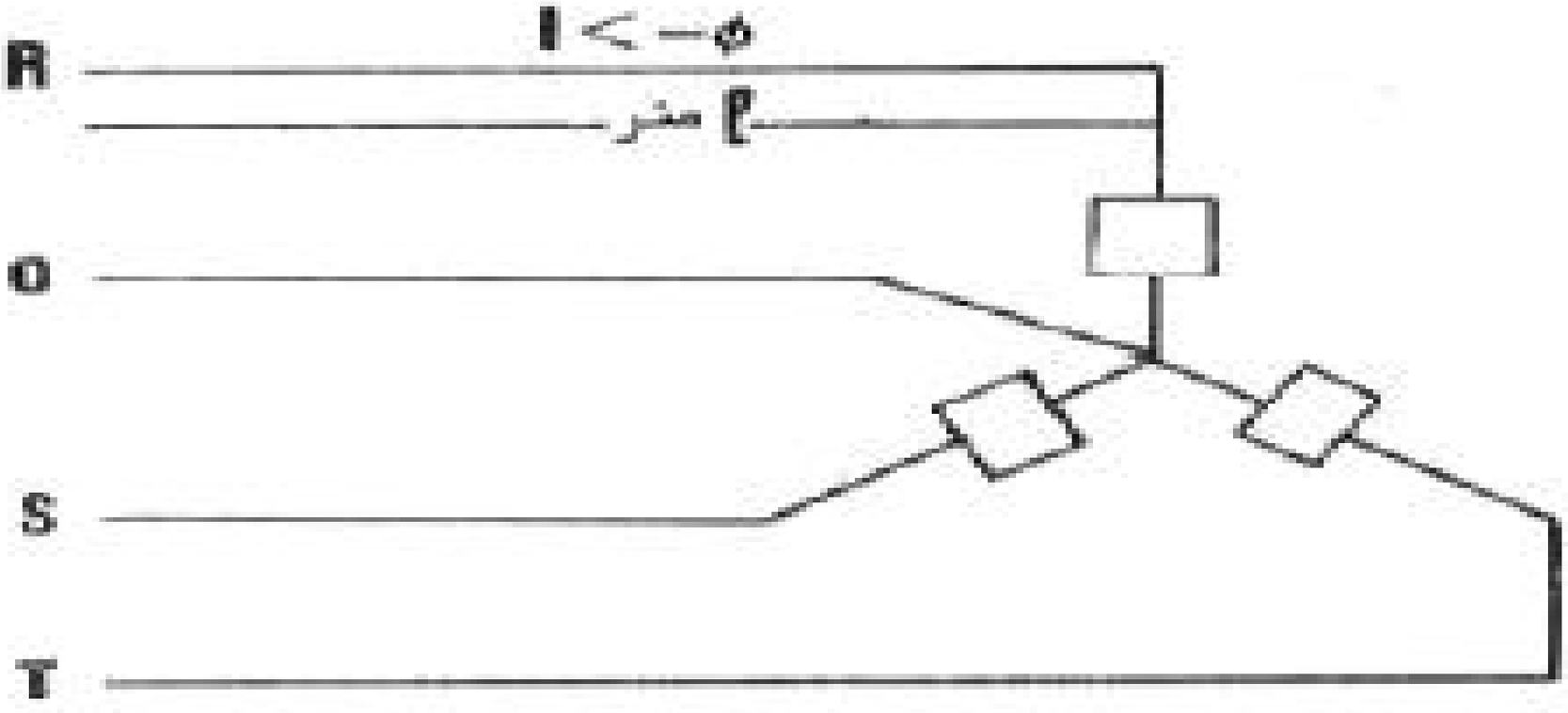
لذا سیم ۱۶ میلیمتر مربع از این نظر کافی است . جریان مجاز چنین سیم بدون روکش در هوای ۳۵ درجه از جدول ۵-۵ و ۵-۶ برابر ۷۶/۵آمپر است و با توجه به اینکه این بار روشنایی جمعاً ۷/۵ آمپر جریان لازم دارد، این سیم از نظر جریان مجاز به مراتب بزرگتر از اندازه لازم است.

@ElectricalDistribution

6-2-2) افت ولتاژ در مدارهای سه فازه

@ElectricalDistribution

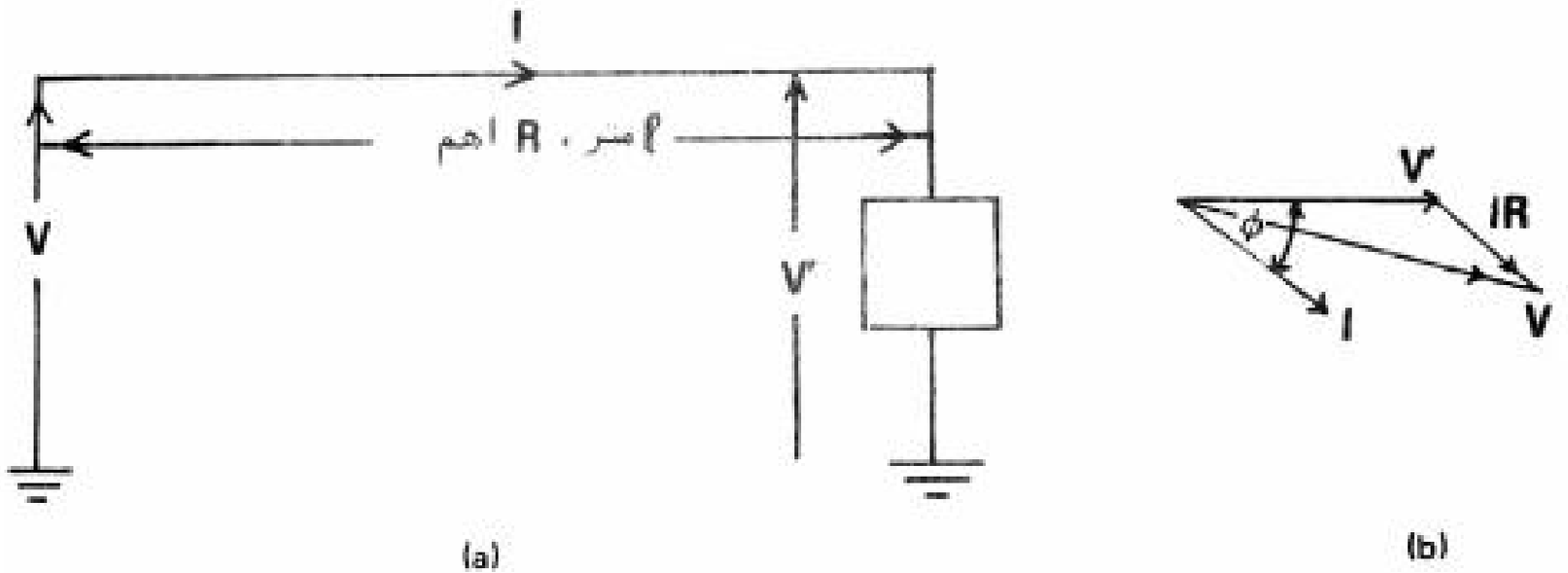
مدار سه فازی مطابق شکل ۶-۳ را در نظر بگیرید که دارای طول ۱متر و مقاومت هر یک از سیمهای آن r اهم است و در انتهای آن بار متعادلی که جریان I با ضریب توان $\cos\Phi$ می گیرد. متصل است.



شکل ۶ ـ ۳ : یک مدار سه فاز با بار متعادل

@ElectricalDistribution

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



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

جریان سیم نول را صفر در نظر می گیریم.

@ElectricalDistribution

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

@ElectricalDistribution

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؟

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

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 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 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.

@ElectricalDistribution

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

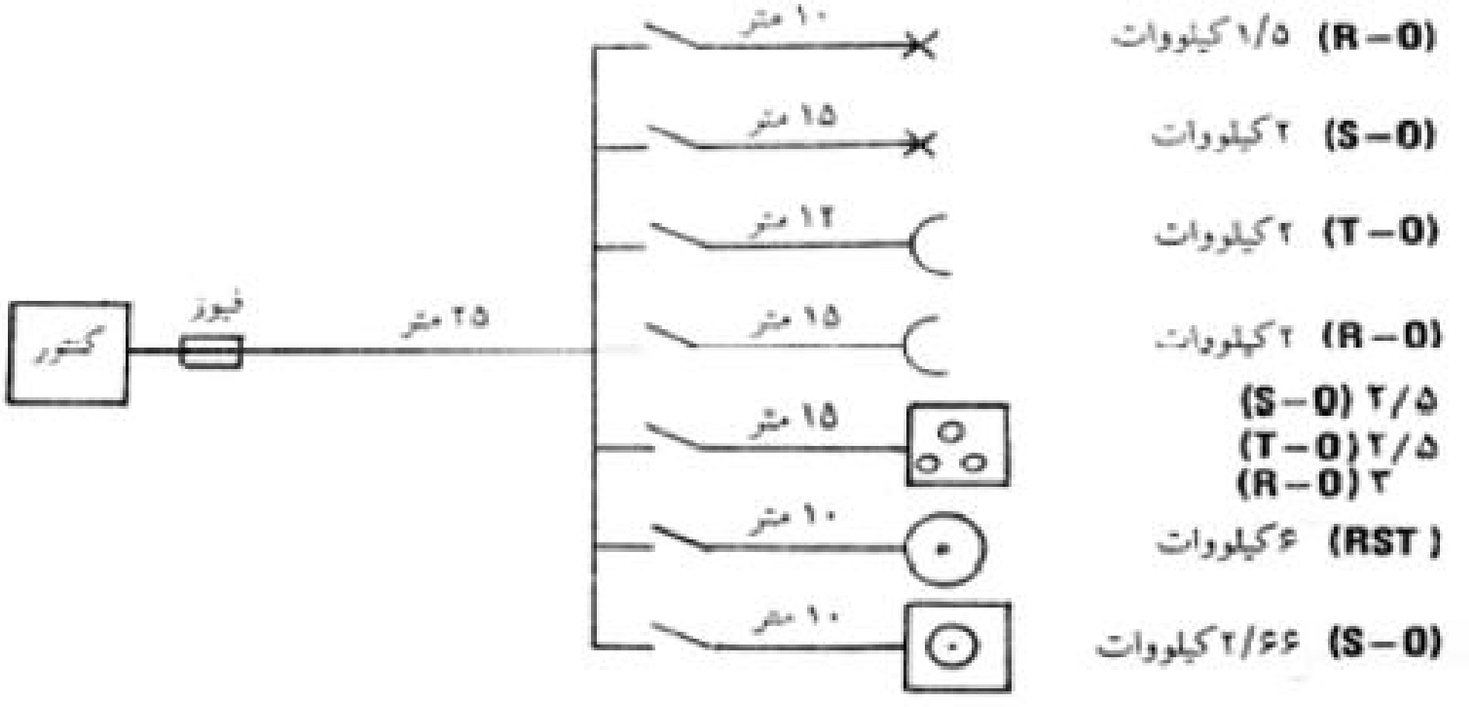
$$S = \frac{100 \cdot \sum_{i=1}^{n}(l_i \cdot P_i)}{\alpha \cdot V_L^2}$$

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
$Cos\emptyset$	ضریب قدرت
P	توان خروجی هر دستگاه بر حسب وات

@ElectricalDistribution

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؟



@ElectricalDistribution

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 ۲/۵ 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 ؟ آبگرمکن برقی سه کیلو واتی یک بار سه فاز متعادل است و بالاخره ماشین رختشویی ۳/۸ کیلو واتی یک بار تک فاز است که روی فاز **S** قرار دارد.

(R – O) ۱/۵ کیلووات

انشعاب چراغ ۱/۵ کیلو واتی

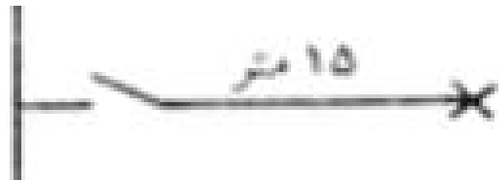
$$1\frac{1.5\times1000}{220}=6.82$$

با استفاده از (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times10\times6.82\times1}{1\times220}=1.28\times10^{-6}m^2=1.28mm^2$$

لذا سیم ۱/۵ از هر نظر کافی است .

@ElectricalDistribution



(S−O) ۲ کیلووات

انشعاب چراغ ۲ کیلو واتی

$$I\frac{2\times1000}{220}=9.09$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times9.09\times1}{1\times220}=2.56mm^2$$

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

@ElectricalDistribution

(R–O) ۲ کیلووات

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

$$I\frac{2\times1000}{220\times0.8}=11.36$$

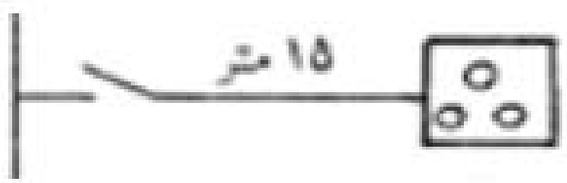
$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times11.36\times0.8}{1\times220}=2.56\times10^{-6}m^2=2.56mm^2$$

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

(T–O) ۲ کیلووات

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

@ElectricalDistribution



(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.

$$I\frac{3\times1000}{220\times1}=13.64$$

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times15\times13.64\times0.8}{1\times220}=3.84\times10^{-6}m^2=3.84mm^2$$

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

@ElectricalDistribution

۶ کیلووات (RST)

انشعاب آبگرمکن:

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

$$I\frac{6\times1000}{\sqrt{3}\times380\times1}=9.12$$

با استفاده از رابطه(۶-۸)

$$a=\frac{100\times2.064\times10^{-8}\times10\times9.12\times1}{1\times220}=0.86\times10^{-6}M^{2}=0.86mm^{2}$$

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.

@ElectricalDistribution

(S–O) ۲/۶۶ کیلووات

انشعاب ماشین رختشویی :

با فرض ضریب توان ۰/۷ راندمان ۰/۷

$$I\frac{2066\times1000}{220\times0.7\times0.7}=24.67$$

با استفاده از رابطه (۶-۵)

$$a=\frac{200\times2.064\times10^{-8}\times24.67\times0.7}{1\times220}=3.24\times10^{-6}M^{2}=3.24mm^{2}$$

لذا دو رشته سیم ۴ میلیمتر مربع کافی است.

@ElectricalDistribution

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	$6.82 \angle 0°$	–	–	$6.82 \angle 0°$
چراغها ۲ کیلوات	–	$9.09 \angle -120°$	–	$9.09 \angle -120°$
پریزها ۲ کیلوات	–	–	$11.36\angle -276.87°$	$11.36\angle -276.87°$
پریزها ۲ کیلووات	$11.36\angle -36.87°$	–	–	$11.36 \angle -36.87°$
اجاق برقی	$13.64 \angle 0°$	$11.37 \angle -120°$	$11.37 \angle -210°$	$2.27 \angle 0°$
آبگرمکن برقی	$9.12 \angle 0°$	$9.12 \angle -120°$	$9.12 \angle -240°$	0
ماشین رختشویی	–	$24.67\angle -165.57°$	–	$24.67\angle -165.57°$
جمع	$39.26 \angle -10°$	$50.05\angle -140.59°$	$30.35 \angle 107.02°$	$13.05\angle -132.92°$

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

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

@ElectricalDistribution

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

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

با احتساب افت ولتاژ در سیم نوترال و با توجه به -۱۲۰ درجه فاز ولتاژ فاز S چنین می نویسیم:

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

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

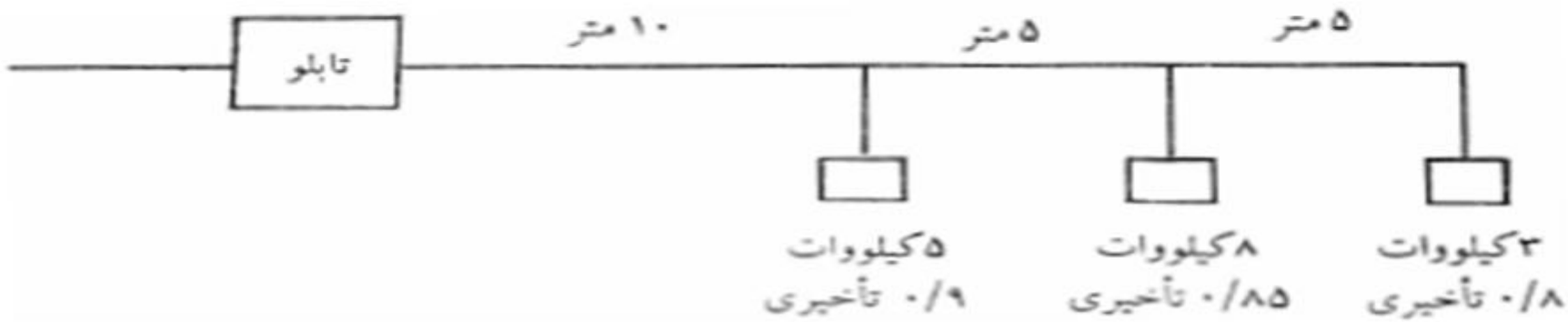
با مراجعه به جدول (۵-۱) ملاحظه می کنید که سیم ۶ میلیمتر مربع در لوله در حرارت ۲۵ درجه ۳۵ آمپر حمل می کند و کافی به نظر می رسد، لیکن درجه حرارت معمول ایران بالاتر است و بهتر است از سیم ۱۰ استفاده کنیم که حتی در درجه حرارت ۴۵ درجه هم ۳۶ آمپر حمل می کند. لذا از چهار رشته سیم ۱۰ استفاده می کنیم.

@ElectricalDistribution

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؟



با استفاده از رابطه(۶-۱۰)

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

@ElectricalDistribution

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:

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

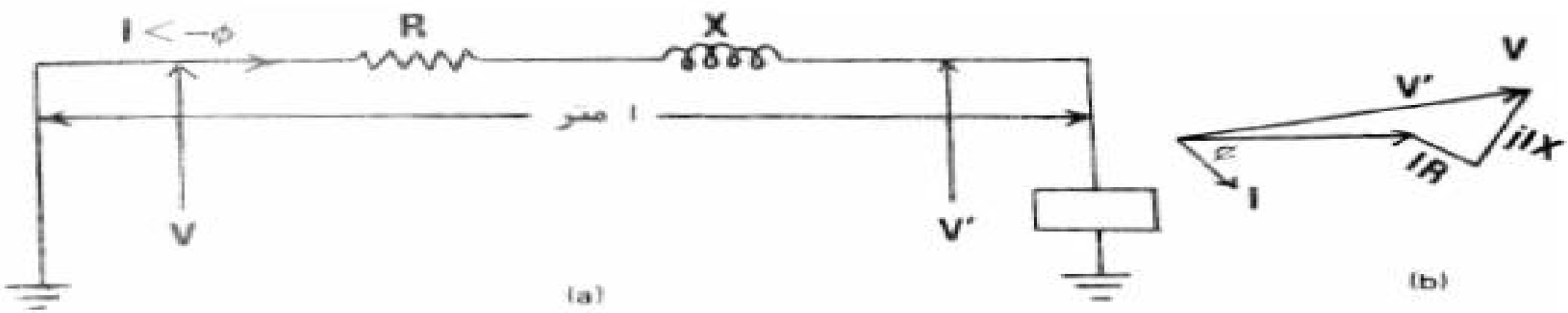
$$I = 8.44\angle -25.84 + 14.30\angle -31.74 + 5.7\angle -36.87 = (7.60 - j3.68) + (12.15 - j7.53) + (4.56 - j3.42)$$

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

از جدول 5 – 3 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.

@ElectricalDistribution

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 A بنامیم رابطه زیر را می توان نوشت:

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

و یا

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

@ElectricalDistribution

همان طور که می دانیم .

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

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

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

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

در رابطه بالا **d** فاصله دو فاز از یکدیگر و **r** شعاع هر یک از هادیها می باشدو**i** طول خط برحسب متر است.

لذا

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

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

و یا

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

و یا

$$a=\frac{\rho l\cos\Phi}{\frac{\alpha V}{100I}-10^{-5}\pi l\left(0.5+2Ln\frac{D}{\sqrt{al\,\pi}}\right)\sin\Phi}\qquad(۱۱-۶)$$

@ElectricalDistribution

مثال ۶-۱۱

یک خط توزیع سه فاز هوایی ۳۸۰ولت بار سه فاز متعادلی به میزآن ۳۶ کیلو وات با ضریب توان ۰/۶۵ را که در فاصله ۷۰متری 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؟

$$I = \frac{36\times1000}{\sqrt{3}\times380\times.65} = 84.15$$

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

$$A = \frac{1.996\times10^{-8}\times70\times0.65}{\frac{2\times220}{100\times84.15}} = 17.37\times10^{-6}m^2 = 17.37mm^2$$

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

$$A = \frac{1.996\times10^{-8}\times70\times0.65}{\frac{2\times220}{100\times84.15} - 10^{-5}\pi\times70\left(0.5+2Ln\frac{0.75}{\sqrt{17.37\times10^{-6}/\pi}}\right)} = 28.22mm^2$$

در صورتی که مقطع به دست امده را مجدداً در معادله (۶-۱۱) قرار دهیم a برابر ۲۷/۵۳ میلیمتر مربع به دست می آید که اگر باز در معادله (۶-۱۱) قرار گیرد a برابر ۲۷/۵۶ 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.

@ElectricalDistribution