



پرسش ۴-۱۲) مشترک اگر شدت جریان اتصال کوتاه (Is) از مقدار مشخص شده در نقطه‌ی b بیشتر شود، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (خرداد ۹۳ «۳۶»)

- الف) فیوز عمل کرده و مانع از سوختن کلید خودکار می‌شود.
 ب) کلید خودکار عمل کرده و مانع از سوختن فیوز می‌شود.
 ج) فیوز یا کلید خودکار، هر کدام بسته به مشخصات خود، ممکن است زودتر از دیگری عمل نماید.
 د) در اثر زیاد بودن شدت جریان اتصال کوتاه، قبل از عملکرد وسایل حفاظتی، هادی مدار آسیب می‌بیند.
پاسخ) عبور از نقطه‌ی b، منجر به عملکرد قطع فیوز می‌شود و به عنوان پشتیبان عمل می‌کند. گزینه‌ی الف صحیح است.

۴-۱-۴ جریان اضافه بار (۱-۷۰۰-۱)

جریان اضافه بار در یک مدار سالم بوجود می‌آید و ممکن است به علل مختلف بروز کند. از آن جمله:

- ۱- اشتباه در محاسبه و انتخاب غلط اجزای مدار در مرحله طراحی و اجرا؛
- ۲- رشد طبیعی بار به مرور زمان؛
- ۳- بروز ایرادی در یک دستگاه (مانند زیاد شدن اصطکاک در یاتاقان‌ها) و نظایر آن؛
- ۴- هر دلیل موجه دیگر.

جریان اضافه بار ممکن است نسبت به جریان نامی چند درصد بیشتر باشد یا حتی تا دو سه برابر آن هم بالا رود. در اضافه بار، که گذشت زمان هم در آن نقش عمده دارد و ممکن است از چند دقیقه تا چند یا حتی چندین ساعت طول بکشد، دمای هادی‌ها مخصوصاً کابل‌ها و سیم‌ها و وسایل قطع و وصل، امکان دارد به حدی برسد که عایق‌بندی آنها را زودتر از موعد فرسوده و خراب کند یا محل اتصالات و ترمینال‌ها بیش از حد داغ شوند با اضافه دمای یخ بوجود آمده برای محیط مضر یا خطرناک باشد.

در حال حاضر عمده‌ترین عایق‌بندی به کار رفته در مدارهای فشار ضعیف، PVC است و خاصیت این ماده به گونه‌ای است که دمای بیش از حد مجاز (با توجه به مدت زمان برقراری آن)، آن را از حالت قابل انعطاف و قابل برگشت به حالت اولیه خارج کرده و به حالت صلب و شکننده (غیرقابل برگشت به حالت پلاستیک) در می‌آورد که در اثر نیروهای مکانیکی نسبتاً کوچکی، خرد شده و پودر می‌شود. بنابراین برای هر مدار، با توجه به مشخصه‌های آن جنس، سطح مقطع، نوع عایق‌بندی، نوع اضافه بار و مدت زمان برقراری احتمالی آن لازم است وسایل حفاظتی با جریان نامی مناسب (فیوز، کلید مینیاتوری، کلید خودکار، کلید جریان تفاضلی) انتخاب شوند تا جریان مدار را قبل از رسیدن آسیب به عایق‌بندی، که در نهایت منجر به آتش سوزی و با اتصال کوتاه و یا برق‌گرفتگی می‌شود، قطع کند.

۴-۱-۴-۱ حفاظت در برابر اضافه بار (۷۱)

برای طرح یک مدار الکتریکی، قبل از هر چیز لازم است مصرف آن یا شدت جریان طرح تعیین شود. به عبارت دیگر باید نوع مصرف، شدت جریان عادی مصرف و جریان‌های اضافه بار موقت مصرف کننده‌هایی که از مدار تغذیه می‌کنند مشخص شوند تا از روی آنها شدت جریان طرح تعیین گردد. شاید این قسمت از کار، مشکل‌ترین آن باشد زیرا چیزی که به دنبال آن هستیم ما را وارد دنیای احتمالات می‌کند که برای مهندسین زمینه‌ای ناخوشایند است. مخصوصاً هنگامی که تعیین ضریب همزمانی در میان باشد. به نحوی که بعداً خواهیم دید در تعقیب تعیین شدت جریان طرح، از اعداد و ضرایب تجربی استفاده می‌شود و با در نظر گرفتن همه جوانب مقدار مورد جستجو برآورد می‌شود و نتیجه اینکه حتی در بهترین شرایط، با عدم قاطعیت روبرو هستیم. البته هر چه اعداد مورد استفاده در برآورد، از منابع مطمئن‌تر استخراج شوند و افراد برآورد کننده با آداب و رسوم استفاده از برق در محل آشنایی و تجربه بیشتری داشته باشند، نتیجه به واقعیت نزدیک‌تر خواهد شد. ولی با توجه به نفس موضوع انتظار دقت کامل در برآورد ساده اندیشی است. به یاد داشته باشیم که منشاء مقادیر اصلی مورد استفاده در این نوع محاسبات، جنبه آماری دارند و در کشور ما اینگونه آمار اصلاً وجود ندارد و منابع خارجی با توجه به بسیاری عوامل، که تفاوت در فرهنگ استفاده از برق یکی از آنهاست، مقادیر مورد بحث را برای استفاده کننده ایرانی حتی در بهترین شرایط، بسیار تقریبی می‌نماید. حال فرض کنیم که با توجه به تمامی مشکلات و تقریب‌ها، شدت جریانی که مدار باید برای آن طرح شود، تعیین شده است. این همان شدت جریان طرح است که طبق IEC با I_B نشان داده می‌شود.

بر مبنای I_B، شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی یا در مورد وسایل قابل تنظیم، شدت جریان تنظیم شده وسیله انتخاب می‌شود که منطقاً باید برابر یا بیشتر از I_B باشد تا مدار بتواند بدون وقفه جریان مصرف را تأمین کند. شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی (nominal or setting current) طبق IEC یا I_n ما نمایش داده می‌شود.



یادآوری ۱: در مورد وسایل حفاظتی قابل تنظیم (کلید خودکار)، I_n شدت جریان تنظیم شده است (setting current) بر مبنای I_n . مشخصات مدار (جنس، سطح مقطع، نوع عایق‌بندی و شرایط محل) و شدت جریان مجاز حرارتی (current carrying capacity) مدار انتخاب می‌شود IEC این شدت جریان را با I_z نمایش می‌دهد. برای اینکه مدار دچار اضافه جریان دائم نشود و عایق‌بندی آن سالم بماند I_z را باید برابر یا بزرگتر از I_n انتخاب شود.

یادآوری ۲: اگر مدار از مناطق مختلفی عبور کند که دارای ضرایب انتقال حرارتی متفاوتند، یا سطح مقطع مدار در طول آن تغییر کند، باید کمترین شدت جریان مجاز انتخاب شود.

علاوه بر سه شدت جریان I_B ، I_n و I_z ، IEC شدت جریان دیگری را نیز تعریف می‌کند که در صورت عبور آن از مدار، عمل وسیله حفاظتی با سوختن فیوز تضمین شده باشد. این شدت جریان در مورد کلیدهای خودکار از هر نوع شدت جریان عمل و در مورد فیوزها، شدت جریان ذوب نامیده می‌شود که با I_2 نمایش داده می‌شود.

در عمل I_2 به ترتیب زیر انتخاب می‌شود:

- برای کلیدهای خودکار: شدت جریان عمل در زمانی که به طور قراردادی انتخاب شده است.

- برای فیوزهای نوع gI: شدت جریان ذوب در زمان قراردادی

- برای فیوزهای نوع gII: $0.9 \times$ شدت جریان ذوب در زمان قراردادی.

یادآوری ۳: ضریب 0.9 تفاوت‌هایی را که طبق استانداردهای مربوطه بین آزمون‌های فیوزهای gI و gII وجود دارد منظور می‌کند.

gI = فیوزهای کاربرد عمومی با واکنش سریع (quick response)

gII = فیوزهای کاربرد عمومی با واکنش تأخیری (time-lag)

یادآوری ۴: درباره جریان I_1 شکل ۷۱۰-۱، بعداً هم صحبت خواهد شد. در اینجا کافی است گفته شود که I_1 جریانی است که در صورت عبور از یک وسیله حفاظتی، وسیله را در زمانی قراردادی (که معمولاً یک ساعت انتخاب می‌شود) بسته به نوع وسیله، قطع یا ذوب نخواهد کرد.

یادآوری ۵: برای مشخصه‌های فیوزهای نوع gI و gII، به استانداردهای IEC ۲۶۹ مراجعه شود.

گفته‌های بالا را می‌توان در دو رابطه ساده زیر خلاصه نمود

$$I_B < I_n < I_z \quad (۱)$$

رابطه (۱)، قاعده شدت جریان نامی خوانده می‌شود.

$$I_2 \leq 1.45 I_z \quad (۲)$$

رابطه (۲)، قاعده "شدت جریان عمل" خوانده می‌شود.

یادآوری ۶: مقدار 1.45 ضریبی است انتخابی. جریان I_2 را هرگز نباید از I_z $1/45$ بیشتر انتخاب شود. به عبارتی دیگر تا جایی که به اضافه بار مربوط می‌شود:

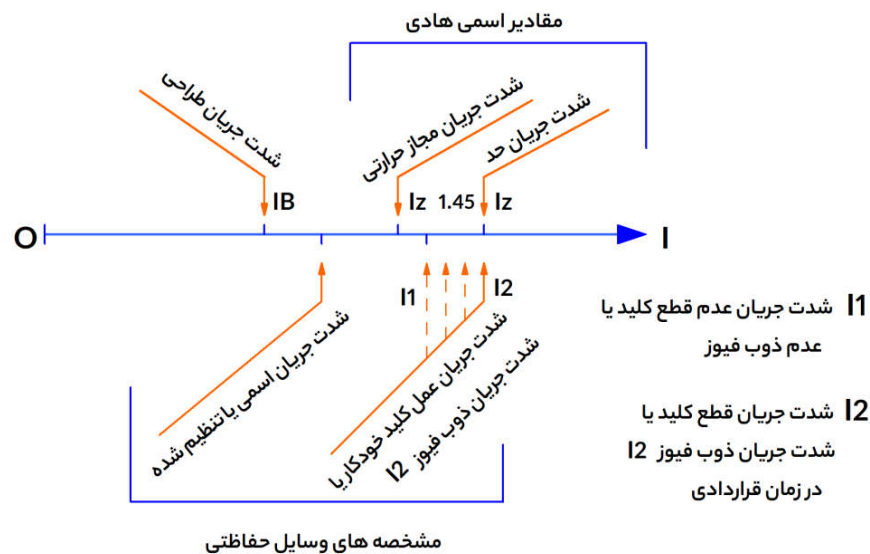
اولاً - مشخصه‌های مدار باید به نحوی انتخاب شوند که هادی‌های مدار توانایی حمل جریان اسمی و اضافه بارهای مجاز را به طور دائم با موقت داشته باشد. به این مشخصه‌ها مقادیر اسمی هادی گفته می‌شود.

ثانیاً - مشخصه‌های وسیله حفاظت در برابر اضافه بار مدار باید به نحوی انتخاب شوند که در صورت بروز اضافه بارهای غیرمجاز، قبل از اینکه در اثر اضافه دما هرگونه صدمه‌ای به مدار وارد شود، جریان به طور خودکار قطع شود به این مشخصه‌ها مقادیر اسمی وسایل حفاظتی گفته می‌شود

این مقادیر اسمی هادی و مقادیر اسمی وسایل حفاظتی باید هماهنگی دقیق به عمل آید. علاوه بر آن بین وسایل حفاظتی در برابر جریان‌های اضافه بار و اتصال کوتاه هم باید هماهنگی به عمل آید.



شکل ۷۱۰-۱ مطالب گفته شده در بالا را به صورت دیاگرام نشان می‌دهد.



۱ شدت جریان عدم قطع کلید یا عدم ذوب فیوز I_1 شدت جریان قطع کلید یا شدت جریان ذوب فیوز I_2 در زمان قراردادی
شکل (۳-۴): هماهنگی مشخصه‌های هادی‌ها و وسایل حفاظتی از نظر حفاظت در برابر اضافه بار (۷۱۰-۱)

پرسش ۴-۱۳) مشترک با توجه به تعاریف جریان‌های زیر، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (آذر ۹۲ «۵۳»)

I_B = شدت جریان طرح، I_z = شدت جریان مجاز حرارتی مداوم هادی‌های مدار، و I_n = شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی.

الف) $I_n \leq I_B \leq I_z$ (ب) $I_B \leq I_z \leq I_n$ (ج) $I_B \leq I_n \leq I_z$ (د) $I_n \leq I_z \leq I_B$

پاسخ) شدت جریان مجاز هادی (I_z)، حتماً باید از شدت جریان طرح (I_B) بزرگتر باشد تا بتواند جریان طرح را تأمین کند. جریان کابل باید بیشتر از جریان فیوز یا وسیله حفاظتی (I_n) باشد. گزینه‌ی ج صحیح است.

پرسش ۴-۱۴) مشترک کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (بهمن ۹۴ «۱»)

الف) شدت جریان مجاز هادی در یک زمان معین، باید بیش از شدت جریان قطع وسیله حفاظتی آن در همان زمان باشد.

ب) شدت جریان قطع وسیله حفاظتی در یک زمان معین، باید بیشتر از شدت جریان مجاز هادی در همان زمان باشد.

ج) شدت جریان قطع وسیله حفاظتی در یک زمان معین، باید برابر با شدت جریان مجاز هادی در همان زمان باشد.

د) شدت جریان قطع وسیله حفاظتی در همه حال، باید با شدت جریان مجاز هادی برابر باشد.

پاسخ) برای اینکه مدار دچار اضافه جریان دائم نشود و عایق‌بندی آن سالم بماند، جریان مجاز حرارتی باید برابر یا بزرگتر از شدت جریان قطع وسیله حفاظتی باشد. گزینه‌ی الف صحیح است.

پرسش ۴-۱۵) مشترک با توجه به تعاریف جریان‌های زیر، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (آذر ۹۲ «۵۳»)

I_B : شدت جریان طرح، I_z : شدت جریان مجاز حرارتی مداوم هادی‌های مدار، و I_n : شدت جریان اسمی وسیله حفاظتی است.

الف) $I_n \leq I_B \leq I_z$ (ب) $I_B \leq I_z \leq I_n$ (ج) $I_B \leq I_n \leq I_z$ (د) $I_n \leq I_z \leq I_B$

پاسخ) I_z حتماً باید از I_B بزرگتر باشد تا بتواند جریان طرح را تأمین کند. جریان کابل باید بیشتر از جریان فیوز باشد. گزینه‌ی ج صحیح است.

مسئله: با توجه به فرمول‌های صفحه‌ی ۳۴۳ راهنمای مبحث ۱۳، به ۲ پرسش بعدی پاسخ دهید:

$I_n \leq I_B \leq I_z$ ، $I_z \leq 1.45 I_n$ ، برای حفاظت فیوز: $I_1 = 1$ ، $I_2 = 1.45 I_n$ ، برای حفاظت کلید اتوماتیک، $I_1 = 1$ ، $I_2 = 1.45 I_n$ ، شدت جریان طراحی، I_n : شدت

جریان اسمی یا تنظیم شده‌ی وسیله حفاظتی، I_z : شدت جریان مجاز حرارتی کابل، I_1 : شدت جریان عدم قطع کلید یا عدم ذوب فیوز، و I_2 : شدت جریان قطع کلید یا شدت جریان ذوب فیوز در زمان قراردادی.



پرسش ۴-۱۶) طراحی چنانچه وسیله حفاظتی تغذیه‌ی یک بار، فیوز باشد، کدام یک از روابط زیر صحیح است؟ (مرداد ۱۴۰۰، طراحی «۲۲»)

الف) $I_B \leq I_n \leq 0.9 I_Z$ (ب) $I_B \leq I_n \leq I_Z$ (ج) $I_B \leq I_n \leq 1.45 I_Z$ (د) هیچ کدام

پاسخ) با دقت در گزینه‌ها می‌توان دریافت که سوال در مورد رابطه‌ی بین I_B و I_Z بوده است؛ پس:

$$\begin{cases} I_2 \leq 1.45 I_Z \\ I_2 = 1.6 I_n \end{cases} \rightarrow 1.6 I_n \leq 1.45 I_Z \rightarrow I_n \leq 0.9 I_Z$$

گزینه‌ی الف صحیح است.

این پرسش، مشابهی پرسش «۵» آذر ۹۲ است.

پرسش ۴-۱۷) طراحی برای به ظرفیت ۷۰ kW سه‌فاز با ضریب توان ۰/۹ و با سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت، مفروض است. چنانچه جریان

کابل تغذیه‌ی این بار $I_Z = 134 \text{ A}$ باشد، مناسب‌ترین وسیله‌ی حفاظتی تغذیه‌ی این بار، چه می‌باشد؟ (مرداد ۱۴۰۰، طراحی «۲۳»)

الف) فیوز ۱۲۵ آمپر (ب) کلید اتوماتیک (MCCB) ۱۲۵ آمپر با جریان تنظیم ۱۲۵ آمپر

ج) گزینه‌های الف و ب، هر دو صحیح است. (د) هیچ کدام

پاسخ) مقدار توان ظاهری برابر است با:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{70}{0.9} = 77.77 \rightarrow S = 77.77 \text{ kVA}$$

مقدار جریان، برابر است با:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \Rightarrow I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_L} = \frac{77.77}{\sqrt{3} \times 0.4} = 112.25 \rightarrow I_L = 112.25 \text{ A}$$

پس مقدار جریانی که توسط مصرف کننده کشیده می‌شود، برابر با ۱۱۲/۲۵ آمپر است. در نتیجه، کابل تغذیه که ظرفیت جریانی معادل با ۱۳۴ آمپر را دارا می‌باشد، توانایی تحمل و عبور جریان این مصرف کننده را دارد. از آنجایی که وسیله‌ی حفاظتی باید دارای ویژگی‌های حرارتی و مغناطیسی باشد تا بتواند مصرف کننده را در برابر اضافه جریان و اتصال کوتاه محافظت نماید، قرار گرفتن کلید خودکار اتوماتیک با جریان تنظیم ۱۲۵ آمپر در بالادست این مصرف کننده، مناسب می‌باشد. گزینه‌ی ب صحیح است.

مسئله: با توجه به فرمول‌های صفحه ۳۴۳ راهنمای مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، به پرسش‌های ۱۷ و ۱۸ پاسخ دهید.

برای حفاظت فیوز:

برای حفاظت کلید خودکار اتوماتیک:

پرسش ۴-۱۸) طراحی برای به ظرفیت ۷۰ کیلووات سه‌فاز با ضریب توان ۰/۹ و با سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت مفروض است. چنانچه

برای این بار وسیله حفاظتی فیوز ۱۲۵ آمپر پیش‌بینی گردد؛ حداقل جریان کابل تغذیه این بار چقدر است (شهریور ۱۴۰۱ طراحی «۱۷»)

(ضریب کاهش باردهی کابل را ۰/۸ فرض کنید.)

الف) ۱۳۹ آمپر (ب) ۱۷۴ آمپر (ج) ۱۵۶ آمپر (د) ۱۴۰ آمپر

پاسخ) مقدار جریان ذوب فیوز (I_2) برابر است با:

$$I_2 = 1.5 I_n = 1.5 \times 125 = 200 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45 I_Z \rightarrow I_Z \geq \frac{200}{1.45} \rightarrow I_Z \geq 138 \text{ A}$$

با قرار دادن در نامساوی می‌توان نوشت:

$$I = \frac{I_Z}{\rho_n \cdot \rho_T} = \frac{138}{0.8} = 172.5 \text{ A}$$

گزینه ب درست است.

پرسش ۴-۱۹) طراحی در پرسش قبل، چنانچه به جای وسیله حفاظتی فیوز از کلید خودکار اتوماتیک ۱۲۵ آمپر (غیرقابل تنظیم)

استفاده شود، کدام گزینه در خصوص حداقل جریان تغذیه بار صحیح است (شهریور ۱۴۰۱ طراحی «۱۸»)?

الف) حداقل جریان کابل تغذیه بار تغییری نمی‌کند. (ب) حداقل جریان کابل تغذیه بار افزایش می‌یابد.

ج) حداقل جریان کابل تغذیه بار کمتر می‌شود. (د) هیچ کدام

پاسخ) با توجه به سرعت عملکرد بالاتر فیوز نسبت به کلید اتوماتیک در جریان‌های برابر، استفاده از کلید اتوماتیک حداقل جریان

بار را کاهش می‌دهد. گزینه ج صحیح است.

**۴-۱-۴-۲ محل نصب وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار (۷۱۶-۱)**

یک وسیله حفاظت در برابر اضافه بار باید در محل تغییر هر یک از مشخصه‌های مدار نصب شود. مانند:

- (۱) محل تغییر سطح مقطع مدار؛
- (۲) محل تغییر ساختار کابل یا تغییر شرایط محیط نصب؛
- (۳) محل تغییر ظرفیت کابل (جریان مجاز) به هر علت (کم شدن مقطع، جنس هادی، ساختار کابل). در این میان چند استثنا وجود دارد: وسیله ایجاد حفاظت در برابر اضافه بار یک مدار می‌تواند در هر نقطه‌ای از مدار قرار بگیرد به شرط آنکه از محل تغییر مشخصه‌های مدار تا محل نصب وسیله حفاظتی، هیچ انشعاب یا پریز یا نقطه برداشت دیگری وجود نداشته باشد و یکی از دو شرط زیر برقرار باشد:
 - (الف) در برابر اتصال کوتاه محافظت شده باشد.
 - (ب) طول مدار از محل تغییر مشخصه‌های مدار تا محل نصب وسیله حفاظتی، از ۳ متر تجاوز نکند و مدار به نحوی نصب شده باشد که احتمال بروز اتصال کوتاه در این قسمت از مدار حداقل باشد و محل نصب وسیله حفاظتی در نزدیکی مواد محترقه نباشد.

۴-۱-۴-۳ موارد حذف وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار (۷۱۶-۲)

در موارد ذکر شده در زیر پیش‌بینی در برابر اضافه بار لازم نخواهد بود. البته این به شرطی است که مقررات دیگری به دلایل مختلف مانند وجود حریق، نصب این وسایل را الزامی نکند.

- (الف) وسیله حفاظتی نصب شده در طرف تغذیه به نحوی باشد که هادی انشعابی را در برابر اضافه بار حفاظت کند. (با استفاده از جدول ۴-۲) یادآوری ۱: این جدول براساس دمای محیط 30°C و جریان مداوم تنظیم شده است.
- یادآوری ۲: در اصل این جدول برای دو نوع هادی- مس و آلومینیوم تهیه شده است. اما چون در تاسیسات کشور ما از هادی آلومینیوم استفاده نمی‌شود، مقادیر مربوط به آن ذکر نشده‌اند.

شرح گروه‌هایی که در جدول‌های ۱-۷p۳ و ۲-۷p۳ ذکر شده‌اند، به ترتیب زیر است:

گروه ۱- یک یا چند هادی عایق در لوله

گروه ۲- کابل‌های چند رشته‌ای بدون زره، کابل‌های قابل انعطاف و مشابه آنها

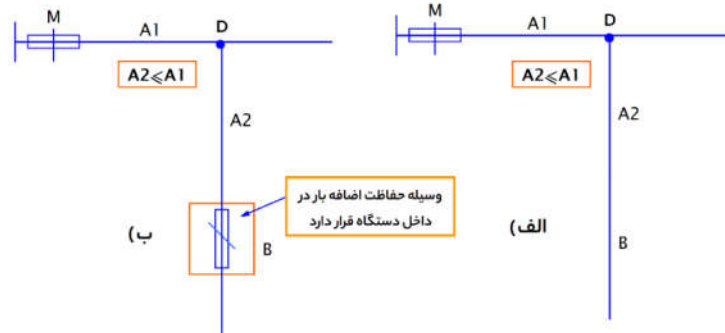
گروه ۳- هادی‌های عایق و کابل‌های تک رشته‌ای در هوای آزاد که فاصله آنها با دیوار یا از هادی‌های عایق با کابل از قطر

هادی عایق با کابل نباشد.

جدول (۴-۲): ۱-۷p۳ شدت جریان اسمی In برای انواع وسایل حفاظتی و سطح مقطع هادی عایق‌دار مربوط به هر جریان اسمی طبق VED ۰۱۰۰

شدت جریان اسمی وسایل حفاظتی (فیوز - کلید خودکار و مینیاتوری) In (آمپر)			سطح مقطع نامی هادی
گروه ۱ ۱ GROUP	گروه ۲ ۲ GROUP	گروه ۳ ۳ GROUP	mm ²
CU	CU	CU	
-	۶	۱۰	۰/۷۵
۶	۱۰	۱۰	۱
۱۰	(۱)۱۰	۲۰	۰/۷۵
۱۶	۲۰	۲۵	۲/۵
۲۰	۲۵	۳۵	۴
۲۵	۳۵	۵۰	۶
۳۵	۵۰	۶۳	۱۰
۵۰	۶۳	۸۰	۱۶
۶۳	۸۰	۱۰۰	۲۵
۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۳۵
۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۵۰
۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۷۰
۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	۹۵
۲۰۰	۲۵۰	۳۱۵	۱۲۰
-	۲۵۰	۳۱۵	۱۵۰
-	۳۱۵	۴۰۰	۱۸۵
-	۴۰۰	۴۰۰	۲۴۰
-	۴۰۰	۵۰۰	۳۰۰
-	-	۶۳۰	۴۰۰
-	-	۶۳۰	۵۰۰

(الف) برای هادی‌ها و کابل‌های غلاف‌دار یا بی‌غلاف که تنها دو هادی آنها باردار باشند، می‌توان از وسیله حفاظتی ۱۶ امپر استفاده کرد.
(ب) مدارهایی که احتمال بروز اضافه بار در آنها وجود ندارد ولی در برابر اتصال کوتاه حفاظت شده و دارای انشعاب یا پریز نباشند. (برای مثال بخاری برقی نصب ثابت جز در صورت بروز خرابی اضافه بار ندارد. مثال دیگر وجود وسیله حفاظتی در خود دستگاه است).
(ج) برای بعضی مدارها طبق مقررات خاص آنها مانند مدارهای مخابرات، کنترل، ارسال علائم و مانند آنها.



وسیله M برای حفاظت شاخه B در برابر اضافه بار مناسب است. وسیله حفاظتی داخل دستگاه مصرف کننده برای حفاظت شاخه B در برابر اضافه بار مناسب است.

شکل (۴-۴): حالت‌هایی برای عدم استفاده از حفاظت در برابر اضافه بار در مدار انشعابی (۷۱۶-۲)

مدارهای تغذیه کننده پریز یا موتور را باید با حفاظت اضافه بار در نظر گرفت اما در مورد آنها هم می‌توان استثناء قائل شد:

(د) اگر مشخصه‌های تغذیه جریان را محدود کند (مانند تغذیه از طریق ترانسفورماتور با امپدانس زیاد)

(ه) اگر ساختار وسیله تغذیه شونده از مدار بروز اضافه بار را ناممکن سازد. در هر حال چنانچه مدار پریز از نوع بند (د) در بالا نباشد باید حتما در برابر اضافه بار حفاظت شود.

۴-۱-۴-۴ حذف وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار با نیت جلوگیری از بی برق شدن مدار (۷۱۶-۴)

در مواردی که قطع ناگهانی مدار ممکن است باعث بروز خطر شود، توصیه می‌شود از نصب حفاظت در برابر اضافه بار صرف نظر گردد. این موارد عبارتند از:

- ۱- مدار تحریک ماشین‌های گردان (سنکرون)؛
- ۲- مدار تغذیه آهنرباهای بالابر؛
- ۳- ثانویه ترانسفورماتورهای جریان؛
- ۴- پمپ‌های آتش‌نشانی.

در اینگونه موارد توصیه می‌شود از نوعی وسیله اعلان اضافه بار (سمعی - بصری) استفاده شود.

پرسش ۴-۲) مشترک کدام یک از تجهیزات اشاره شده، نیازی به حفاظت اضافه بار ندارد؟ (اسفند ۹۱ «۲۵»)

- (الف) پمپ‌های آتش‌نشانی و پمپ‌های آبرسانی
(ب) پمپ‌های آتش‌نشانی و هواکش‌ها
(ج) پمپ‌های آتش‌نشانی و هواکش‌های فشار مثبت
(د) پمپ‌های آبرسانی و هواکش‌ها

پاسخ) گزینه ج صحیح است؛ زیرا برای پمپ‌های آتش‌نشانی، ضرورت و اولویتی برای حفاظت در مقابل اضافه بار وجود ندارد و حتی، اگر منجر به از بین رفتن موتور هم شود، باز هم باید به کار خود ادامه دهد. هواکش فشار مثبت، در سقف ساختمان قرار می‌گیرد و هنگام بروز آتش‌سوزی، هوا را به راهرو می‌دمد تا فشار راهرو مثبت شده، دود از واحدها به راهرو نفوذ نکند و امکان فرار افراد از راهرو وجود داشته باشد. برای این هواکش هم، اضافه باری تعریف نشده و تحت هر شرایطی باید به کار خود ادامه دهد؛ زیرا با جان و مال مردم در ارتباط است.

پرسش ۴-۲) نظارت-اجرا کدام یک از گزینه‌های زیر، در خصوص استفاده از وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار برای پمپ‌های آتش‌نشانی، صحیح است؟ (اسفند ۹۵، نظارت «۳۴»)

(الف) توصیه می‌شود از وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار برای پمپ‌های آتش‌نشانی استفاده شود.
(ب) استفاده از وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار برای پمپ‌های آتش‌نشانی، اختیاری می‌باشد.

(ج) توصیه می‌شود که از وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار برای پمپ‌های آتش‌نشانی استفاده شود، این وسیله حفاظتی نباید باعث قطع مدار گردد و فقط وسیله اعلان اضافه بار (سمعی - بصری) باشد.

(د) استفاده از وسیله حفاظتی در برابر اضافه بار برای پمپ‌های آتش‌نشانی، الزامی است.

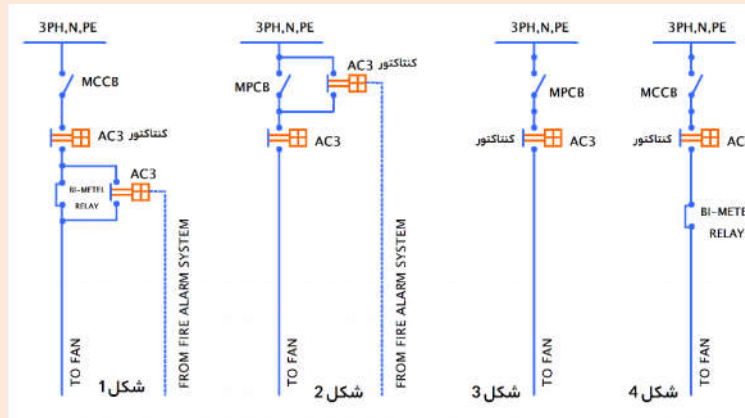
پاسخ) گزینه ج صحیح است.

این پرسش، مشابهی پرسش‌های «۵۰» اسفند ۸۹ و اردیبهشت ۱۴۰۲ نظارت «۴۸» است.



مسئله: یک پارکینگ دارای دو عدد فن دمنده و دو عدد فن مکنده می‌باشد. در حالت نرمال برای گاز CO ماشین‌ها ۱ عدد فن دمنده و یک عدد فن مکنده کار می‌کند. در حالت تخلیه‌ی ناشی از حریق، هر دو فن دمنده و نیز هر دو فن مکنده کار خواهد کرد. به پرسش بعدی جواب دهید:

پرسش ۴-۲۲) مشترک کدام یک از گزینه‌های زیر، مناسب‌ترین مدار تغذیه‌ی فن‌های تخلیه‌ی دود ناشی از حریق می‌باشد؟ (مهر ۹۸، طراحی «۳۲»)



د) شکل ۴

ج) شکل ۳

ب) شکل ۲

الف) شکل ۱

پاسخ) سیستم تخلیه‌ی دود، جزو سیستم‌هایی است که حتی اگر دچار اضافه بار هم شود، نباید از مدار خارج شود. شکل ۱ دارای مسیری از کنتاکتور AC^3 برای وصل بودن سیستم در حین حریق و در صورت عملکرد رله‌ی اضافه بار (Bi-metal Relay) و دارای کلید خودکار اتوماتیک (MCCB) و کنتاکتور (AC^3) در ابتدای مسیر بوده و صحیح است. در شکل ۲، با عمل کردن کنتاکتور، کلید MPCB کلاً از مدار خارج شده و در این حالت مدار فاقد کلید اصلی در ورودی برای قطع و وصل دستی بوده و اشتباه است. در شکل‌های ۳ و ۴، مسیری برای وصل در صورت عملکرد رله‌ی اضافه بار وجود نداشته و پس اشتباه است. گزینه‌ی الف صحیح است.

این پرسش، مشابه‌ی پرسش «۲۲» ادريشفت ۹۷ طرازی است.

۴-۱-۵ شرایط نصب چند کابل به موازات همدیگر از نظر اضافه بار (۵-۷۱۶)

هنگامی که یک وسیله حفاظتی عهده دار حفاظت چند کابل موازی باشد، شاخه‌های موازی هر قطب یا فاز مدار باید دارای جریان‌هایی که با یکدیگر برابرند. باشد و البته شدت جریان I_z جمع جریان‌های همه شاخه‌ها خواهد بود. برای رسیدن به این هدف لازم است شرایط زیر رعایت شوند:

- هادی‌های هر شاخه باید از یک جنس و با سطح مقطع و طول برابر باشد؛

- ساختار هادی‌ها یا کابلها یکسان باشد؛

- نحوه و شرایط نصب هادی‌ها یا کابل‌ها یکسان باشد؛

- هیچ انشعایی در طول مسیر وجود نداشته باشد.

توصیه نمی‌شود هدایت چند کابل موازی فقط در مورد مقاطع بزرگ اجرا شود و در سیم کشی‌های تأسیساتی اصلاً مورد استفاده قرار نگیرد.

۴-۲-۴ جریان اتصال کوتاه (۲-۱-۷۰۰)

جریان اتصال کوتاه در یک مدار معیوب بروز می‌کند. در طول هر مدار یا در داخل دستگاهی که آن را تغذیه یا کنترل می‌کند ممکن است اتصال کوتاه بروز کند. اتصال کوتاه شدن یک مدار یعنی وصل شدن یک یا چند هادی از آن مدار که در حالت عادی دارای پتانسیل‌های مختلف می‌باشند از طریق امپدانس بسیار کوچک به هادی‌های دیگر، که ممکن است به قرار زیر باشند:

- هادی‌های برقرار دیگر همان مدار (هر ترکیبی از یک یا دو یا سه فاز + هادی خنثا (N))؛

- هادی‌های برقرار مدارهای دیگر؛

- هادی حفاظتی (PEN)؛

- بدنه‌های هادی تجهیزات الکتریکی؛

- بدنه‌های هادی بیگانه؛

- هادی‌های اتصال به زمین.



در محاسبات، امیدانس نقطه اتصال کوتاه برابر صفر اختیار می‌شود. بسته به دوری و نزدیکی نقطه اتصال کوتاه به منبع تغذیه و مشخصه‌های مدار، شدت جریان اتصال کوتاه ممکن است چند ده برابر با چند صد برابر و حتی در بعضی موارد چند هزار برابر جریان نامی باشد. تأثیر جریان اتصال کوتاه بر هادی‌های مدار و محیط اطراف و لوازم و دستگاه‌های حفاظتی، دو گانه است:

۱-۲-۱-۷۰۰- اثر حرارتی

از نظر آسیب رسانی به عایقندی، مانند حالت اضافه بار، در اینجا نیز زمان نقشی عمده دارد با این تفاوت که به علت وجود شدت‌های جریان بسیار بزرگ، زمان قطع باید بسیار کوتاه‌تر از حالت اضافه بار باشد تا دما از حد مجاز تجاوز نکند.

۱-۲-۲-۷۰۰- اثر مکانیکی

جریان‌های بسیار شدید اتصال کوتاه که از هادی‌های مدارها و بدنه‌های هادی و بدنه‌های بیگانه‌ای که در مسیر آنها قرار دارند عبور می‌کنند، علاوه بر آثار حرارتی، اجزای مدار را تحت تأثیر نیروهای الکتروپویایی قرار می‌دهد. این نیروها در حالت اضافه بار اهمیت نداشتند و به این دلیل در آنجا راجع به آنها صحبتی نشد، اما در مورد شدت جریان‌های اتصال کوتاه، نیروهای جذب و دفع در هادی‌ها به قدری بزرگند که ممکن است سبب له شدن شینه‌ها و شکستن مقره‌های آنها، چیدن هادی‌های کابل‌ها به هم و له شدن عایق‌بندی‌های بین آنها و کنده شدن اجزای مدارها و بدنه‌ها و به طور کلی خرابی‌های مکانیکی شدید دیگر شود. اتصال کوتاه در تاسیسات ساختمان‌ها و سیستم‌های توزیع نیروی برق باید از دو نظر مورد بررسی قرار گیرند:

۱) حداکثر شدت جریان اتصال کوتاه در بدترین شرایط:

در این مورد بدترین شرایط هنگامی اتفاق می‌افتد که نقطه اتصال کوتاه مصادف با لحظه‌ای است که جابجایی موج جریان کامل بوده و حداکثر جریان از مدار عبور کند. علاوه بر آن شرایط دما و غیره باید به نحوی انتخاب شود که به زیاد شدن جریان اتصال کوتاه کمک کند. شدت جریانی که به این ترتیب به دست می‌آید:

الف) برای انتخاب شینه‌ها و مقره‌ها و کنترل ایستادگی کابل‌ها و لوازم قطع و وصل و کنترل و حفاظت، از نظر توانایی ایستادگی آن‌ها در برابر نیروهای دینامیکی

ب) برای کنترل همه اجزای مدار از نظر ایستادگی آن‌ها در برابر دمایی که بوجود می‌آید، مورد استفاده قرار گیرد.

۲) شدت جریان اتصال کوتاه بین یک فاز و بدنه هادی یا هادی با هدف حفاظتی در بدترین شرایط:

در این مورد بدترین شرایط هنگامی اتفاق می‌افتد که نقطه اتصال کوتاه مصادف با لحظه‌ای است که جابجایی موج جریان وجود نداشته باشد و بنابراین، حداقل جریان از مدار عبور کند. علاوه بر آن شرایط دما و غیره باید به نحوی انتخاب شود که جریان اتصال کوتاه احتمالی کمترین مقدار را داشته باشد. شدت جریانی که به این ترتیب به دست می‌آید، برای کنترل لوازم حفاظتی (فیوز، کلید مینیاتوری، کلید خودکار) به کار می‌رود که معلوم کند حداقل جریان اتصال کوتاه در برخورد یک فاز به هادی حفاظتی یا بدنه هادی، برای قطع مدار در ۰.۴ ثانیه یا ۵ ثانیه (بسته به کاربرد مدار) کافی خواهد بود یا نه.

۴-۲-۱-۱- حفاظت در برابر اتصال کوتاه (۷۱۷)

برای اطمینان از این که اجزای یک سیستم، ایمنی در برابر اتصال غیر مستقیم را تامین خواهند کرد، لازم است اقدامات زیر به عمل آیند:

- ۱- به کمک محاسبه و اندازه‌گیری، امیدانس حلقه اتصال کوتاه (Z_s) به دست آمده و از روی آن حداقل شدت جریان اتصال کوتاه بین هر فاز و های حفاظتی (I_a) محاسبه می‌گردد.

- ۲- حداقل جریان محاسبه شده (I_a)، با حداقل جریانی که اولین وسیله حفاظتی در طرف تغذیه را ظرف مدت زمان‌های 0.4 ثانیه یا ۵ ثانیه قطع می‌کند و در مورد فیوزها، I_p نام دارد، مقایسه می‌شود.

اگر این موارد با خواسته‌های ایمنی مطابقت نداشته باشد، باید برای آن چاره‌جویی کرد.

۴-۲-۲ محاسبه امپدانس حلقه اتصال کوتاه (Z_s) و شدت جریان اتصال کوتاه (I_a) (۲-۶۲۴)

هدف

در تاسیسات فشار ضعیف، شدت جریان‌های اتصال کوتاه با دو هدف محاسبه می‌شوند.

(۱) IK_{max} حداکثر جریان اتصال کوتاه تجهیزات الکتریکی باید برای بدترین شرایط که مصادف است با عبور شدیدترین جریان از مدار کنترل شود تا توانایی مقاومت آنها در برابر این جریان‌ها بررسی شود. کلیدها، کابل‌ها، تپه‌ها فیوزها و در اصل همه تجهیزات باید از این نظر کنترل شوند.

(۲) IK_{min} حداقل جریان اتصال کوتاه وسایل حفاظتی باید برای اطمینان از اینکه در بدترین شرایط که در این حالت مصادف است با عبور ضعیف‌ترین جریان اتصال کوتاه بین یک فاز و هادی حفاظتی/خنثا (PEN) یا حفاظتی (PE) یا بدنه هادی به موقع عمل خواهند کرد کنترل شوند، بسته به نوع مدار، وسایل حفاظتی باید مدار را حداکثر ظرف ۰.۴ ثانیه یا ۵ ثانیه قطع کند.

نظر به اینکه در اینجا هدف بررسی شرایط تأمین ایمنی در برابر برق‌گرفتگی است، درباره Ik_{max} بحثی نخواهد شد، و به طور خلاصه وقت خود را صرف بررسی این خواهیم کرد که آیا Ik_{min} یعنی ضعیف‌ترین جریانی که ممکن است از مدار عبور کند، خواهد توانست وسیله حفاظتی را در زمان‌های موردنظر قطع کند یا نه.

در همه سیستم‌های TN بدنه‌های هادی لوازم الکتریکی از طریق هادی‌های حفاظتی (PE) و یا حفاظتی/خنثا (PEN) به نقطه خنثای منبع نیرو (N یا O) وصل است اگر به هر دلیل یکی از فازها با بدنه هادی یا هادی حفاظتی/خنثی اتصال کوتاه شود، جریانی که به آن جریان اتصال کوتاه (I_a) می‌گویند در مدار جاری می‌شود. I_a باید بزرگتر از I_p یا I_n باشد تا مدار در ظرف زمان مجاز (۰.۴ ثانیه یا ۵ ثانیه) قطع کند. در بند ۶۲۴-۱ و شکل ۶۲۴-۱ راجع به این مطلب بحث شده است. اینک اجزای شبکه شکل ۶۲۴-۱ را به ترتیب زیر مشخص می‌کنیم:

- R_T و X_T - مقاومت و راکتانس ترانسفورماتور به اهم
- R_{L1} و X_{L1} - مقاومت و راکتانس هادی فاز خط A-B به اهم
- R_{PEN1} و X_{PEN1} - مقاومت و راکتانس‌های هادی حفاظتی/خنثای خط A-B به اهم؛
- R_{L2} و X_{L2} - مقاومت و راکتانس هادی فاز خط B-C به اهم
- R_{PEN2} و X_{PEN2} - مقاومت و راکتانس‌های هادی / خنثای خط B-C به اهم؛
- R_{L3} و X_{L3} - مقاومت و راکتانس هادی فاز خط C-D به اهم؛
- R_{PEN3} و X_{PEN3} - مقاومت و راکتانس‌های هادی حفاظتی / خنثای خط C-D به اهم.

و مقاومت RS و XS کل عبارت است از:

$$R_s = \sum R = R_T + R_{L1} + R_{L2} + R_{L3} + R_{PEN1} + R_{PEN2} + R_{PEN3}$$

$$X_s = \sum X = X_T + X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} + X_{PEN1} + X_{PEN2} + X_{PEN3}$$

و امپدانس کل برابر خواهد بود با:

$$Z_s = \sqrt{R_s^2 + X_s^2}$$

و شدت جریات اتصال کوتاه خواهد بود:

$$I_a = \frac{cU_o}{Z_s}$$

که باید در رابطه صدق کند:

$$I_a \geq K \cdot I_n$$

پرسش ۴-۲۳) مشترک محاسبات اتصال کوتاه در شبکه‌های فشار ضعیف، به چه منظور انجام می‌گیرد؟ (آذر ۸۴ «۵۶»)

الف) برای قطع مطمئن وسایل حفاظتی

ب) برای انتخاب قدرت قطع وسایل حفاظتی

ج) برای قطع مطمئن وسایل حفاظتی و انتخاب قدرت قطع وسایل حفاظتی

د) انجام محاسبات اتصال کوتاه، آنچنان حساسیتی ندارد و می‌توان از انجام آن صرف نظر کرد.

پاسخ) گزینه‌ی ج صحیح است.