پنجمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

# جلوگیری از خطرات برق‌گرفتگی
## در شبکهٔ روشنائی معابر با پایهٔ فلزی

حسین کاظمیان ـ سید مجتبی صدوقی

شرکت توزیع نیروی برق تهران

**چکیده:**

همانگونه که می‌دانیم آمار برق‌گرفتگی به سبب برق‌دار شدن پایه‌های روشنائی فلزی در اثر اتصال فاز با بدنه کم نیست و همه ساله در گوشه و کنار کشور شاهد آن هستیم.

در حال حاضر شبکه روشنائی معابر با سیستم سه فاز و نول برقرار می‌باشد که فازها توسط یک فیوز ۶۳ آمپر مورد حفاظت قرار می‌گیرند و سیم نول نیز در پست اصلی ۲۰۰۰۰/۴۰۰ ولت مستقیماً زمین می‌گردد.

همچنین مقاومت بدن انسان در قسمتهای مختلف متفاوت بوده که مقدار تقریبی آن با توجه به ولتاژ شبکه ۱۰۰۰ اهم فرض می‌گردد و از طرف دیگر حداکثر ولتاژ مجاز که انسان می‌تواند تحمل کند بر طبق استاندارد IEC برابر ۶۵ ولت و حداکثر جریان قابل تحمل ۲۵ mA می‌باشد و مقادیر بیشتر می‌تواند خطرات جدی را در برداشته باشد.

یک اتصال زمین مطلوب در پست اصلی دارای مقاومتی برابر ۲ اهم یا کمتر از آن می‌باشد.

## شرح مقاله :

همیشه باید در نظر داشت که مقاومت مدار باید به اندازه‌ای باشد که جریان اتصال کوتاه بتواند توسط فیوز قطع گردد. اگر مقاومت کل مسیر جریان R، شامل مجموع مقاومت هادیهای رابط $R_L$ و مقاومت زمین $R_e$ باشد با توجه به اینکه جریان اتصال کوتاه باید حداقل ۲/۵ برابر جریان نامی فیوز باشد لذا می‌توان مقاومت زمین مطلوب را بدست آورد (جریان نامی فیوز انشعابات روشنائی معابر در حال حاضر ۶۳ آمپر می‌باشد).

$\frac{220}{R} = 63 \times 2.5 : R = 1.4$ اهم

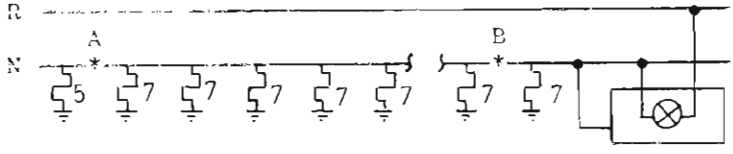
با توجه به اینکه مقاومت خطوط رابط حدود ۱/۳ اهم بر کیلومتر می‌باشد (برای سیم با مقطع $16\ mm^2$) و طول مسیر برای پایه با چراغ ۲۵۰ وات تقریباً ۱۰۰۰متر است لذا داریم:

$R_L = 1.3 \times 1 = 1.3$ اهم

و بدین ترتیب خواهیم دید که مقدار مقاومت زمین مطلوب باید برابر 0.1 اهم باشد که در عمل ایجاد آن ممکن نیست. روشهای زیر انواع حفاظت اتصال فاز با بدنه را مورد بررسی قرار داده و نقاط ضعف و قوت آنها را بیان می‌کند.

## ۱ ـ زمین کردن نول در طول مسیر بر روی پایه‌های روشنائی و اتصال پایه‌های فلزی با سیم نول :

اگر عمل زمین کردن را بشرح بالا و مطابق شکل زیر انجام دهیم با فرض اینکه بتوان با مقاومتی معادل ۷ اهم به یک اتصال زمین مناسب روی هر پایه برسیم و مقاومت زمین در پست یا تابلو اصلی تغذیه نیز ۵ اهم باشد و تعداد پایه‌ها نیز بر روی هر فاز ۱۱ عدد باشند خواهیم دید که در صورت برخورد فاز با بدنهٔ پایهٔ فلزی جریان اتصال کوتاه از مدار خواهد گذشت که اگر فیوز صحیح انتخاب شده باشد حتی در صورت تماس انسان با پایه نیز خطری وی را تهدید نخواهد کرد.



اما قطع شدن سیم نول در ۲ حالت مورد توجه است :

الف ) قطعی در نقطه A و بروز اتصال بدنه روی هر یک از پایه‌ها جریان زیر را در مدار جاری کرده و در صورت تماس شخص با هر یک از پایه‌ها وی را تحت ولتاژ کمتر از حداکثر مجاز قرار می‌دهد. (با در نظر گرفتن متوسط مقاومت سیم فاز).

$$I = \frac{220}{5 + (7/33) + (1.3/2)} = 38\ A \qquad : VT = (38/33) \times 7 = 8\ V$$

هر چند که ولتاژ فوق خطری را متوجه شخص نمی‌کند لیکن جریان مذکور توسط فیوز ۶۳ A قابل قطع شدن نیست و در پست اصلی بر روی بدنه دستگاه‌ها اضافه ولتاژ زیادی را موجب می‌شود.

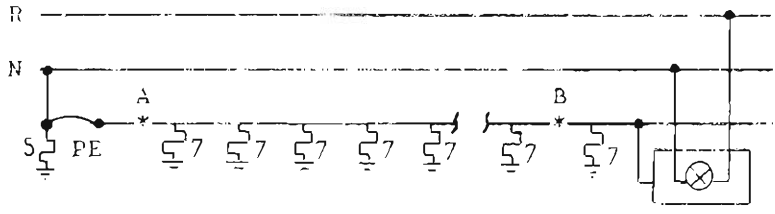
ب ) چنانچه قطع سیم نول قبل از آخرین پایهٔ یک فاز در نقطه B پیش آید و سپس اتصال بدنه روی پایهٔ مذکور رخ دهد جریان زیر از مدار عبور کرده و ولتاژ زیادی را بر روی بدن شخصی که پایه فوق را لمس می‌کند قرار می‌دهد.

$$I = \frac{220}{Req} = 26\ A : VT = 26 \times 7 = 182\ V$$

$$Req = 7 + (5 \times 7/32) / (5 + 7/32) + 1.3$$

## ۲ ـ استفاده از سیم پنجم حفاظتی و زمین کردن آن بر روی هر پایه و اتصال بدنه پایه‌ها با سیم مربوطه :

اگر عمل زمین کردن را به شرح بالا و مطابق شکل زیر انجام دهیم اولاً اگر فاز با بدنه برخورد کند جریان اتصال کوتاه از مدار عبور کرده و توسط فیوز قطع خواهد شد ثانیاً در اثر قطع شدن سیم نول لامپ خاموش شده که در این صورت می‌توان نسبت به رفع عیب اقدام و محل پارگی را پیدا نمود.




چنانچه سیم پنجم در نقطه A یا B قطع شود مطابق حالت ۱ بوده و قطعی در A در پست اصلی و قطعی در B در روی پایه‌ها خطر آفرین است.

با یک برنامه کامپیوتری می‌توان اضافه ولتاژهای هر پایهٔ اتصال بدنه شده را در حالت قطع

هر اسپن از سیم حفاظتی بررسی نمود. همچنین با این برنامه می‌توان حداکثر ولتاژ تماس و جریانهای اتصال کوتاه و اتصال بدنه را در شرایط مختلف محاسبه و بررسی نمود.

در اثر پاره شدن سیم حفاظتی در هر اسپن و اتصال بدنهٔ پایه‌های سمت چپ اسپن فوق خطری متوجه ما نخواهد شد لیکن اتصال بدنهٔ پایه‌های سمت راست مشکل آفرین است که باید بررسی گردد.

در این بررسی فرض شده است مقاومت زمین متوسط هر پایه برابر ۷ اهم، تعداد پایه‌های هر فاز ۱۱ اصله، فاصلهٔ میانگین پایه‌های متوالی ۳۰ متر و نوع چراغ ۲۵۰ وات می‌باشد. (بررسی برای فاز R انجام شده است).

طبق جدول خروجی بدست آمده از برنامه فوق (جدول شمارهٔ ۱) تا پایهٔ نوزدهم پاره شدن سیم زمین در هر اسپن به صورت منفرد اضافه ولتاژ خطرناکی را ایجاد نمی‌کند اما از پایهٔ نوزدهم به بعد ولتاژ تماس از ۶۵ ولت بیشتر شده که خطرناک است. جدول مذکور نشان می‌دهد مثلاً برای پایهٔ ۳۱ام باز شدن اسپن ۲۲ ام ولتاژ تماس ۷۲ ولت را ایجاد می‌کند و هر چه شمارهٔ اسپن قطع شده بیشتر از ۲۲ گردد ولتاژ بیشتری را ایجاد کرده و در نهایت با قطع اسپن ۳۱ام ولتاژ تماس به ۱۳۵ ولت می‌رسد که بدترین حالت ممکنه می‌باشد.

ستون چهارم جدول مذکور حداکثر ولتاژ را روی پایهٔ اتصال بدنه شده در حالت قطع اسپن سمت چپ پایهٔ مورد بررسی نشان می‌دهد.

ستون پنجم جریان اتصال زمین را در حالت قطع اسپن ما قبل پایهٔ اتصال بدنه شده ارائه می‌دهد.

مقادیر بدست آمده نشان می‌دهند جریانهای اتصال زمین آنقدر کم هستند که در مواقعی می‌توانند با عدم قطع جریان توسط فیوز روبرو گردند.

ستون ششم حداکثر جریان اتصال کوتاه را در صورت سالم بودن سیم پنجم نشان می‌دهد. مقادیر بدست آمده نشان می‌دهد برای پایه‌های انتهائی چون طول مسیر زیاد شده و مقاومت بالا رفته لذا جریان اتصال کوتاه کم شده که باز هم با مشکل قطع تأخیری یا عدم قطع فیوز روشنائی پست روبرو خواهیم بود.

چنانچه بدنهٔ پایه‌ها بدون ارتینگ به طور مستقیم در خاک قرار گیرند و میانگین مقاومت هر یک از آنها را ۶۵اهم بدانیم نتایج دیگری بدست می‌آید که در جدول شمارهٔ ۲ مندرج است. مقادیر نشان می‌دهند تحت این شرایط ولتاژهای تماس با بدنه زیاد و جریانهای اتصال بدنه کم می‌باشند که بسیار نگران کننده است.

همچنین نرم‌افزار فوق قادر است براساس اطلاعات ورودی از قبیل نوع چراغ بکار رفته و

فواصل بین پایه‌ها، حداکثر تعداد پایه‌های مجاز هر فاز را براساس افت ولتاژ مجاز محاسبه و ارائه نماید که مقدار فوق در سطر آخر جدول خروجی نمایان است.

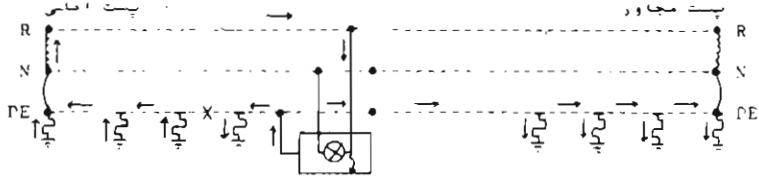
## راه حلهای ارائه شده برای رفع مشکل اتصال زمین :

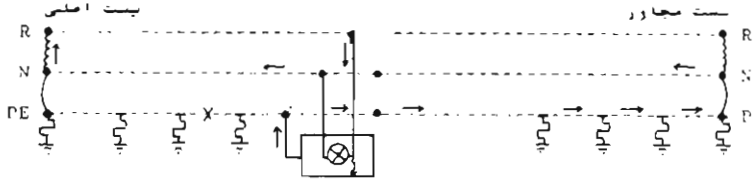
۱ ـ اتصال شبکه‌های روشنائی همجوار

همانگونه که از نتایج برنامه بر می‌آید استفاده از سیم پنجم می‌تواند کمک خوبی در رفع برخی مشکلات بوجود آمده باشد ولی ما همچنان با مشکل قطع سیم حفاظتی بعد از ۲/۳ طول خط و ایجاد اضافه ولتاژ غیر مجاز مواجه خواهیم بود. چنانچه بخواهیم از روش اول استفاده نمائیم (استفاده از شبکه ۴ سیمه و زمین کردن سیم نول در نقاط مختلف) لازم است انتهای سیم نول را به سیم نول ۳ شبکه دیگر که از پستهای دیگری خارج شده‌اند متصل نمائیم اما از آنجا که پیدا کردن این ۳ شبکه بسیار بعید است لذا استفاده از این روش ما را با مشکل اجرائی روبرو می‌سازد.

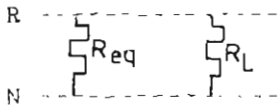
با استفاده از روش دوم و بکارگیری سیم پنجم حفاظتی تنها کافی است سیم نول و سیم پنجم را به سیم نول و سیم پنجم یک شبکهٔ همجوار اتصال داد که عملی می‌باشد. تحت این شرایط قطعی سیم پنجم در هر جا که باشد دیگر مشکلی را ایجاد نمی‌کند. البته لازم است هر چند مدت یکبار مقاومت بین سیم PE و N را با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری تست کرد و در صورت بروز مشکل نسبت به رفع آن اقدام نمود. دلیل لزوم کنترل سالم بودن سیم حفاظتی صرفاً به این علت است که پس از پارگی اول ممکن است پارگی دیگری رخ دهد که تحت شرایط خاص می‌تواند خطرساز باشد لذا بازدید دوره‌ای می‌تواند مفید واقع شود.

در اثر اتصال شبکهٔ روشنائی به شبکهٔ همجوار به شرح بیان شده چنانچه یک نقطه از سیم حفاظتی پاره شود و سپس اتصال بدنه رخ دهد دو مسیر کاملاً جداگانه برای جریان بوجود می‌آید. یک مسیر از طریق پایه‌های اتصال زمین شده در سمت راست نقطه پارگی و برگشت جریان از طریق پایه‌های سمت چپ نقطه پارگی و مسیر دیگر از طریق سیم حفاظتی شبکه مجاور و برگشت از طریق سیم نول. اَشکال زیر دو مسیر جریان را به تفکیک نشان می‌دهند.






مدار معادل این اتصال بدنه به شکل زیر است.




Req = مقاومت معادل مسیر اول

$R_L$ = مقاومت مسیر دوم (مربوط به سیم مسی)

به علت بوجود آمدن دو مسیر مختلف برای جریان اتصال زمین، مقاومت معادل کل مدار کاهش چشمگیر داشته لذا جریان اتصال زمین افزایش یافته و ولتاژ تماس کاهش می‌یابد؛ از طرف دیگر قطع فیوز حفاظتی تحت این شرایط سریع‌تر رخ می‌دهد.

برای بدست آوردن شرایط مناسب‌تر و اتصال زمین بهتر و کاهش اضافه ولتاژهای ایجاد شده می‌توان اقدامات دیگری نیز انجام داد.

۲ ـ نصب فیوز جداگانه برای هر پایه با جریان نامی ۶A، وجود این فیوز بسیار ضروری بوده و از خطرات بسیاری جلوگیری می‌کند.

۳ ـ اگر جریان اتصال کوتاه در قسمتی از خط از ۲/۵ برابر جریان نامی فیوز کمتر باشد باید در بین راه نیز بر روی فاز، فیوز جداگانه‌ای با جریان نامی کمتر از فیوز پست اصلی قرارداد. محل قرارگیری فیوز مذکور می‌تواند در داخل یک تابلو کوچک در کنار یکی از پایه‌های مسیر انتخاب گردد.

۴ ـ جریان نامی فیوز اصلی کابل روشنائی بهتر است ۳۵ آمپر انتخاب گردد.

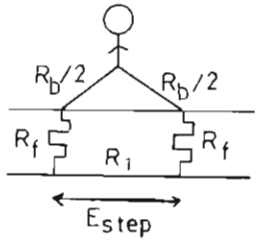
۵ ـ مقطع سیم نول و حفاظتی باید به اندازهٔ فازها بوده و جنس سیم حفاظتی نیز چنانچه جداگانه کشیده شود و سیم لخت باشد می‌تواند از نوع copper weld انتخاب شود تا علاوه بر اینکه از مقاومت مکانیکی خوبی برخوردار باشد از نظر خوردگی نیز مشکلی نداشته باشد. ولیکن بهتر است برای بوجود آمدن احتمال قطع همزمان سیم فاز و سیم زمین از کابل پنج سیمه استفاده شود و چنانچه از کابل چهار سیمه استفاده می‌کنیم سیم زمین لخت را چسبیده به کابل در کانال قرار دهیم تا در صورت برخورد جسم خارجی، سیم فاز و زمین با همدیگر پاره شوند.

۶ ـ با زمین کردن پایه‌ها ولتاژ تماس به مقادیر قابل قبولی کاهش می‌یابد ولیکن ولتاژ گام در اثر افزایش جریان اتصال زمین می‌تواند به مقادیر زیادی برسد.

ولتاژ گام قابل تحمل از رابطهٔ صفحهٔ بعد پیروی می‌کند که اگر زمان اتصالی را حدوداً ۳ ثانیه و مقاومت مخصوص زمین را ۱۰۰ اهم در متر در نظر بگیریم داریم :

$$Estep = \frac{165 + \rho s}{\sqrt{t}} = \frac{165 + 100}{\sqrt{3}} = 153\ V$$

محاسبات نشان می‌دهند ولتاژ قدم بر روی پایه‌های زمین شده در هنگام اتصال زمین می‌تواند به مقادیر زیادی برسد. شکل زیر مدار الکتریکی مربوط به ولتاژ قدم را نشان می‌دهد:




Rf = مقاومت زمین زیر پاها

Rb = مقاومت بین دو پا

Ri = مقاومت قسمتی از زمین

برای جلوگیری از اثرات نامطلوب ولتاژ قدم می‌توان مقاومت زمین را در اطراف پایه افزایش داد. این کار را می‌توان با استفاده از یک لایه بتن یا سنگریزه در زیر پایه به انجام رسانید. در این حالت باید چاه اتصال زمین کمی دور تراز پایه حفر شود تا امکان بازدید و همچنین تماس با رطوبت زمین برای آن فراهم باشد. البته استفاده از شبکهٔ فلزی برای هم پتانسیل کردن محدودهٔ نزدیک پایه متصور است لیکن هزینهٔ آن نسبتاً زیاد است.

۷ ـ تیرهای فلزی باید در مکانی قرار گیرند که با آب تماس نداشته باشند تا در آنها پوسیدگی ایجاد نشود.

۸ ـ اگر کنار تیر با فاصله مناسب چمن‌کاری یا گل‌کاری وجود داشته باشد بهتر است میل زمین را در آن بکوبیم تا رطوبت در اطراف آن وجود داشته باشد (توجه داشته باشیم که سیم اتصال پایه به میل زمین باید تا حد امکان کوتاه انتخاب شود و مقطع آن حداقل ۱۶ میلیمترمربع باشد).

۹ ـ به جای زمین کردن تمام پایه‌های مربوط به هر فاز می‌توانیم آنها را دو در میان زمین کنیم که باز هم مقادیر قابل قبول ولتاژ تماس را در اختیار ما قرار خواهد داد ولی باید توجه کنیم که تحت این شرایط باید برای هر فاز حتماً آخرین پایه را زمین نمائیم (۳ پایهٔ آخر مربوط به ۳ فاز مختلف حتماً باید زمین شوند). ضمناً پایه‌هائی را که زمین نمی‌شوند باید به سیم پنجم حفاظتی متصل نمود.

۱۰ ـ تا آنجا که امکان دارد تعداد پایه‌های روشنائی برای هر فاز باید با توجه به افت ولتاژ و افت توان مجاز در نظر گرفته شود بطوری که جریان اتصال کوتاه و اتصال زمین قادر به قطع فیوز باشند.

۱۱ ـ در مسیر سیم نول نباید هیچگاه فیوز قرارداد و در طول مسیر نباید آنرا زمین نمود. (برای شبکهٔ پنج سیمه با سیم حفاظتی).

۱۲ ـ تمام چراغها باید دارای خازن تصحیح ضریب قدرت باشند تا علاوه بر بهبود ضریب قدرت، جریان مصرفی نیز به حداقل کاهش یابد. بدین وسیله می‌توان علاوه بر صرفه‌جوئی از فیوز با جریان نامی کمتر استفاده نمود.

۱۳ ـ ضروری است نقطه اتصال سیم پنجم حفاظتی به پایه و نقطهٔ اتصال پایه به زمین بطور مشترک در یک نقطه بر روی پایه در نظر گرفته شود تا کمترین مقاومت را در مسیر داشته باشیم.

**توجه** : در روشهای اعلام شده چنانچه فیوز اصلی درست انتخاب نشود یا عمل ننماید همچنین اگر هر پایه، فیوز مناسب را نداشته باشد یا اینکه از فیوز بین راه برای قطع جریانهای اتصال کوتاه پائین استفاده نکنیم به جای برق‌دار شدن یک پایه تمام پایه‌ها برق‌دار خواهند شد که خطر آن به مراتب بیشتر خواهد بود.

از روشهای دیگری که می‌توانند مفید واقع گردند و در مقابل خطر برق‌گرفتگی در اثر اتصال بدنه حفاظت لازم را ارائه دهند می‌توان به روش عایق‌کاری ۲ متر از پائین پایه توسط لاستیک یا مواد شیمیائی و یا استفاده از تیرهای پلی پلاستیک که امروزه برای مصارف سبک از آن استفاده می‌شود اشاره نمود. البته این کارها ما را از بکار بردن روشهای دیگر رفع اتصال زمین برای برقراری شرایط طبیعی بی‌نیاز نخواهد ساخت.

قابل ذکر است اگر تابلو فشار ضعیف پست یا تابلو تغذیه سیستم روشنائی با مقاومت مناسب به زمین متصل نباشد (اتصال زمین نداشته و یا سرقت شده باشد) و اتصال سیم حفاظتی و سیم نول به این سیستم مهم شمرده نشود یا فراموش شود در صورت اتصال فاز به بدنه فلزی پایه‌ها وضعیت خطرناکی را ایجاد خواهد نمود و باید همیشه این اتصال و همچنین وجود سیستم اتصال زمین در پست دائماً کنترل گردد.

در خاتمه متذکر می‌شود با توجه به اینکه حفظ سلامتی مردم در برابر برق‌گرفتگی در سطح شهر به عهده وزارت نیرو و سازمانهای تابعه می‌باشد، لذا برخورد اصولی با این مشکل می‌تواند نتایج مثبتی را به دنبال داشته باشد.

## جدول ۱) محاسبهٔ ولتاژ تماس پایهٔ اتصال بدنه شده برای پایه‌های روشنایی فلزی

| جریان اتصال کوتاه (بدون پارگی سیم) (A) | جریان اتصال زمین با قطع اسپن ماقبل (A) | حداکثر ولتاژ تماس پایه اتصالی با اسپن ماقبل قطع (V) | ولتاژ تماس پایه اتصالی با قطع اسپن (V) | اسپن قطع شده | | پایهٔ اتصال بدنه شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2626 | 42 | 9 | 9 | 1 | 0 | 1 |
| 656 | 113 | 26 | 26 | 4 | 3 | 4 |
| 375 | 151 | 39 | 39 | 7 | 6 | 7 |
| 263 | 164 | 58 | 58 | 10 | 9 | 10 |
| 202 | 162 | 54 | 54 | 13 | 12 | 13 |
| 164 | 152 | 59 | 5 | 16 | 15 | 16 |
| 119 | 124 | **72 | 72 | 22 | 21 | 22 |
| 105 | 107 | **83 | 72 | 22 | 21 | 25 |
| 94 | 86 | *101 | 72 | 22 | 21 | 28 |
| 85 | 58 | *135 | 72 | 22 | 21 | 31 |

33 = عداد کل پایه‌های روشنایی برای سه فاز
30 = میانگین فاصله بین پایه‌های متوالی (متر)
7 = میانگین مقاومت زمین پایه‌ها (اهم)
250 W : حبوه = نوع لامپ

14 = جریان دائم کل چراغها برای هر فاز
24 = جریان استارت کل چراغها برای هر فاز
11 = حداکثر تعداد پایه‌های مجاز هر فاز بر اساس افت ولتاژ مجاز

## جدول ۲) محاسبهٔ ولتاژ تماس پایهٔ اتصال بدنه شده برای پایه‌های روشنایی فلزی

| جریان اتصال کوتاه (بدون پارگی سیم) (A) | جریان اتصال زمین با قطع اسپن ماقبل (A) | حداکثر ولتاژ تماس پایه اتصالی با اسپن ماقبل قطع (V) | ولتاژ تماس پایه اتصالی با قطع اسپن (V) | اسپن قطع شده | | پایهٔ اتصال بدنه شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2626 | 31 | 62 | 62 | 1 | 0 | 1 |
| 656 | 35 | **75 | 75 | 4 | 3 | 4 |
| 375 | 36 | **87 | 75 | 4 | 3 | 7 |
| 263 | 36 | **99 | 75 | 4 | 3 | 10 |
| 202 | 35 | *110 | 75 | 4 | 3 | 13 |
| 164 | 34 | *121 | 75 | 4 | 3 | 16 |
| 138 | 31 | *133 | 75 | 4 | 3 | 19 |
| 119 | 27 | *145 | 75 | 4 | 3 | 22 |
| 105 | 22 | *159 | 75 | 4 | 3 | 25 |
| 94 | 16 | *175 | 75 | 4 | 3 | 28 |
| 85 | 9 | *195 | 75 | 4 | 3 | 31 |

33 = عداد کل پایه‌های روشنایی برای سه فاز
30 = میانگین فاصله بین پایه‌های متوالی (متر)
65 = میانگین مقاومت زمین پایه‌ها (اهم)
250 W : حبوه = نوع لامپ

14 = جریان دائم کل چراغها برای هر فاز
24 = جریان استارت کل چراغها برای هر فاز
11 = حداکثر تعداد پایه‌های مجاز هر فاز بر اساس افت ولتاژ مجاز

## نتیجه گیری :

برای جلوگیری از خطرات برق گرفتگی در پایه‌های فلزی روشنایی معابر در درجه اول استفاده از کابل ۵ سیمه اولویت داشته و ضروری است علاوه بر اتصال کلیهٔ پایه‌ها به هادی پنجم، سه پایهٔ آخر ۳ فاز مختلف و همچنین ۳ پایه در میان در طول مسیر به زمین متصل گردند و چنانچه شبکه از قبل به صورت چهار سیم وجود داشته باشد بهتر است سیم نول را به تمامی پایه‌ها وصل کرده و مطابق سیستم ۵ سیمه عمل زمین کردن را روی پایه‌ها انجام داد.

استفاده از اتصال سیم نول و سیم زمین (سیم پنجم) به سیم نول و زمین شبکه‌های همجوار و بکارگیری فیوز با جریان نامی مناسب در تمامی پایه‌ها می‌تواند مفید بوده و ما را از خطرات بسیاری ایمن نماید.

## منابع و ماخذ :


1. IEC standard no 364.
2. Industrial power system handbood-MC. CRAW HILL.
3. Electrical engineering handbook-SIEMENS.