ماهر
MAHER

سیستم زمین توزیع شده چیست؟

سیستم زمین توزیع شده (PME) چیست؟

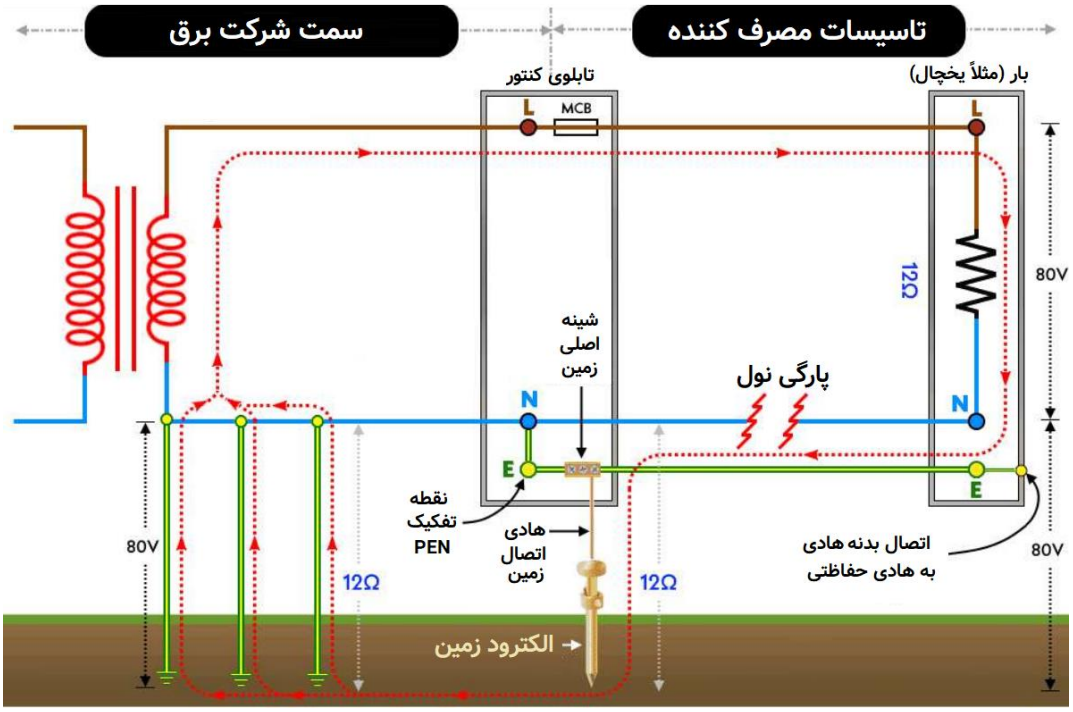
در حفاظت شبکه‌های الکتریکی موضوع سیستم زمین و مباحث مربوط به آن از اهمیت بسیار ویژه‌ای برخوردار است. از این رو آشنایی و بکارگیری انواع مکانیزم‌های حفاظتی زمین یکی از اولویت‌های مهندسان و طراحان سیستم‌های برقی به شمار می‌آید. در این راستا، این مقاله قصد دارد که برای درک بهتر و عمیق‌تر مفاهیم مرتبط با سیستم‌های حفاظت زمین، به معرفی عنوان کاربردی سیستم زمین توزیع شده بپردازد.

برای یادگیری دقیقی و عملی موضوعات مرتبط با سیستم‌های زمین می‌توانید **دوره ارتینگ ماهر** را تهیه کنید.

سیستم زمین توزیع شده چیست؟

روش حفاظتی که در آن هادی نول-حفاظتی (PEN) در محل مصرف کننده و در طول شبکه مکرراً زمین شده باشد، سیستم زمین توزیع شده (Protective Multiple Earth یا به اختصار PME) نام دارد. از این تکنیک همچنین با عنوان نول مکرر زمین شده (Multiple Earthed Neutral یا به اختصار MEN) نیز یاد می‌شود. به کارگیری این روش تضمین می‌کند که در صورت صدمه دیدن برخی الکترودهای زمین، یا پارگی نول، جریان اتصال کوتاه همچنان می‌تواند با خیال راحت از طریق بقیه الکترودهای زمین بازگردد و خطر برق گرفتگی یا سایر خطرات را کاهش دهد.

همانطور که در شکل زیر برای سیستم ارتینگ PME نشان داده شده، PEN در سمت منبع تغذیه هر دو هدف را انجام می‌دهد، یعنی هم زمین حفاظتی است و هم هادی نول. تا قبل از تحویل این هادی به مصرف کننده، این هادی در چندین نقطه در سمت منبع تغذیه زمین شده است. در مورد پارگی هادی PEN (زمانی که سیم نول در سمت منبع صدمه می‌بیند) در بخش بعدی این مقاله بحث می‌شود و آن بحث، هم اقدامات حفاظتی و هم خطرات بالقوه PME را پوشش می‌دهد.



شکل ۱ - نمایی از ساختار سیستم زمین توزیع شده (**PME**)

در این باره ذکر نکات زیر خالی از لطف نیست:

- سیستم زمین توزیع شده (PME) نوعی از آرایش توزیع نیروی TN-C-S است.
- حداکثر امپدانس حلقه خطای زمین خارجی منبع تغذیه برای آرایش TN-C-S برابر با ۰.۳۵ اهم است.

سیستم زمین از نوع **TN-C-S PME** چیست و چگونه عمل می‌کند؟

TN-C-S PME (ارتینگ چندگانه حفاظتی) یک پیکربندی خاص از یک سیستم توزیع نیروی الکتریکی است که در آن منبع تغذیه خارجی مستقیماً به چندین نقطه روی زمین (T = Terre) متصل است. در سمت مصرف کننده، قطعات هادی به طور مستقیم از طریق هادی حفاظتی (PE) به نول (N) منبع تغذیه و زمین متصل می‌شوند.

نماد «C-S» نشان می‌دهد که هر دو سیم نول (N) و کابل حفاظتی مدار (CPC) در سمت منبع تغذیه ترکیب شده‌اند، در حالی که در سمت مصرف کننده از هم جدا هستند.

در سیستم TN-C-S PME:

- T: Terre (معادل فرانسویِ «زمین» است)
- Neutral: نول
- Combined: ترکیبی
- Separate: جدا

در حالی که در سیستم TN-C-S:

- T»» نشان می‌دهد که اتصال زمین به طور جداگانه از هادی‌های منبع تغذیه تامین می‌شود.
- N»» نشان‌دهنده هادی نول است.
- C»» نشان می‌دهد که برای بخشی از شبکه توزیع برق، هادی‌های نول زمین و هادی‌های حفاظتی با هم ادغام شده‌اند.
- S»» نشان می‌دهد که برای بخش دیگری از سیستم توزیع، هادی‌های نول زمین و هادی‌های حفاظتی جدا هستند.

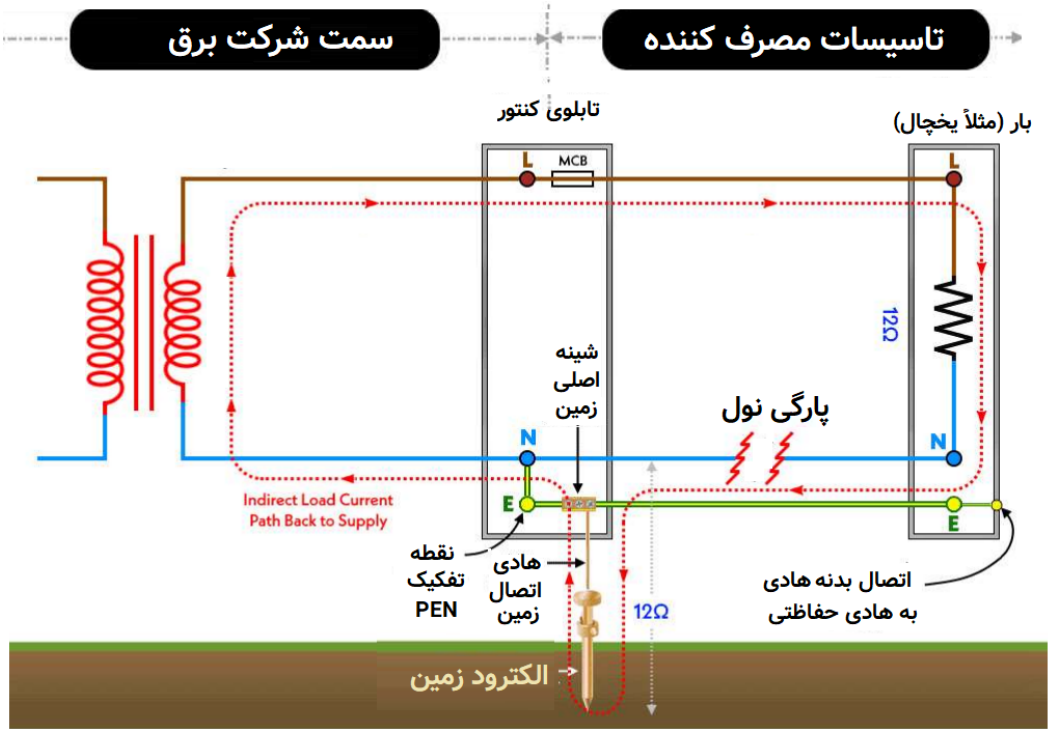
این نوع سیستم برای اطمینان از ایمنی بالاتر، با ارائه یک هادی زمین جداگانه برای اهداف زمین کردن و یک هادی نول و زمین ترکیبی برای بخش‌های خاصی از شبکه توزیع برق طراحی شده است.

توجه به نکات زیر الزامی است:

- اگر (PEN) یا (CNE) به چندین نقطه منبع متصل باشند، اتصال مربوطه TN-C-S از نوع PME شناخته می‌شود.
- اگر (PEN) یا (CNE) به یک نقطه منبع تغذیه متصل باشد، به عنوان یک TN-C-S از نوع PNB شناخته می‌شود.
- به کارگیری نقطه نول ترکیبی در سمت مصرف کننده ممنوع است. بلکه، این نقطه باید فقط در سمت منبع تغذیه در نظر گرفته شود، مگر اینکه مقررات ۵۴۳.۴.۱ تحت شرایط خاص این اجازه را بدهد.
- طبق مقررات ۵۴۳.۴.۱، هادی‌های نول و زمین جداگانه باید در سمت مصرف‌کننده استفاده شوند.

PNB چیست؟

PNB که به اختصار (Protective Neutral Bonding) نامیده می‌شود، روشی مشابه سیستم ارتینگ PME است که در آن اتصال نول به زمین (TN) به جای اینکه در سمت منبع تغذیه یا ترانسفورماتور توزیع شکل بگیرد، در سمت مصرف‌کننده ایجاد می‌شود. در سیستم TN-C-S از نوع PNB تنها یک نقطه وجود دارد که هادی‌های PEN یا CNE مصرف کنندگان منفرد به منبع تغذیه، یعنی ترانسفورماتور متصل می‌شوند.



شکل ۲ - نمایی از ساختار سیستم زمین (**TN - C - S PMB**)

طبق ESQCR (مقررات ایمنی، کیفیت و تداوم برق)، مصرف‌کننده مجاز به داشتن هادی PEN نیست و تنها در شبکه توزیع و تحت مسئولیت شرکت توزیع برق این هادی می‌تواند وجود داشته باشد.

لازم به ذکر است که:

- از PNB همچنین با عنوان اتصال N-E نیز نام برده می‌شود.
- سیستم PNB می‌تواند دارای TN-C-S باشد، اما TN-C-S نمی‌تواند به همراه PNB قرار گیرد.

در مقاله زیر تفاوت همبندی و ارتینگ را شرح داده‌ایم.

تفاوت‌های کلیدی بین گراندینگ، ارتینگ و همبندی

چرا و کجا از سیستم ارتینگ PME استفاده می شود؟

مزیت این روش در آن است که اگر سیم نول صدمه ببیند، جریان اتصال کوتاه از طریق الکترودهای زمین به سمت منبع تغذیه باز می‌گردد. اگر تعداد الکترودها خیلی زیاد باشد، مقاومت این مسیر کم است و حفاظت‌های مدار را به سرعت تحریک و قطع می‌کند (زیرا جریان زیادی از آن‌ها عبور می‌کند).

در نتیجه خطر برق گرفتگی ناشی از پارگی سیم نول از بین می‌رود (یعنی علی‌رغم پارگی و قطع سیم نول در اثر اتصال به زمین از دو جا، خطر برق گرفتگی در هنگام دست زدن به بدنه‌های هادی وجود ندارد). اگر تعداد الکترودها ک و مقاومت آنها زیاد باشد، در صورت آسیب دیدن سیم نول، بازگشت جریان به سمت منبع تغذیه اتفاق نمی‌افتد و لمس بدنه های هادی منجر به شوک الکتریکی می‌شود.

در روش PME، از آنجا که سیم نول منبع تغذیه به سیستم زمین مصرف‌کننده متصل است (یا در آن ادغام شده است)، هنگامی که سیم نول پاره می‌شود، جریان از طریق سیستم زمین باز می‌گردد. بنابراین، حتی اگر سیم نول پاره شود، لمس برنه های هادی خطر برق گرفتگی در پی ندارد.

شرکت‌های تامین‌کننده برق و توزیع‌کنندگان انرژی الکتریکی اغلب از روش (PME) برای مناطق روستایی استفاده می‌کنند که شرایط خوبی برای اجرای ارتینگ مناسب فراهم نیست (مانند مناطق کوهستانی و غیره) و همچنین در نقاطی که به دست آوردن مقاومت کم برای هر ساختمان هزینه‌های قابل توجهی در پی دارد. توجه به این نکته اهمیت دارد که استفاده از PME در مکان‌هایی است که به دست آوردن مقاومت حلقه زمین با مقدار پایین از ترانسفورماتور منبع تغذیه تا پایانه‌های مصرف‌کننده دشوار است، نیازمند مجوز کتبی از مقامات مربوطه می‌باشد.

سایزینگ هادی و هم‌بندی برای PME و ارتینگ PNB

هنگام تعیین سایز هادی زمین برای PME، باید از بندهای ۱۱۴.۱ و ۵۴۳.۱.۱ A+۷۶۷۱:۲۰۱۸ BS ۲:۲۰۲۲ پیروی کرد. محاسبه سطح مقطع هادی زمین باید مطابق با بند ۵۴۳.۱.۳ باشد و انتخاب سایز هادی حفاظتی باید بر اساس بند ۵۴۳.۱.۴ صورت گیرد.

جهت انتخاب سایز هادی‌ها برای ارتینگ PME باید توجه داشت که:

- از مقررات ۵۴۲.۳.۱ برای هادی حفاظتی مدفون شده در زمین باید استفاده کرد.
- مقررات ۵۴۴ (جدول ۷۶۷۱ ۵۴.۸) برای تعیین سطح مقطع PEN و هادی هم‌بندی حفاظتی به کار گرفته می‌شود. لازم است اطمینان کسب کرد که مقدار مورد نظر از مقدار حاصل از فرمول مرجع ذکر شده در BS ۷۴۵۴ کمتر نیست.
- از مقررات ۵۴۴.۱.۱ برای TN-C-S PNB که در آن PME قابل اعمال نیست، استفاده می‌شود.
- رجوع به جداول BS ۷۶۷۱، یعنی ۴۳.۱ (فصل ۴۳)، ۵۴.۲ تا ۵۴.۶، ۵۴.۷ و ۵۴.۸ برای اتصال حفاظت اصلی و هادی‌های ارت الزامی است.

خطر بالقوه سیستم ارتینگ PME

ایجاد زمین موثر با استفاده از PME امری بسیار مهم است، زیرا چنین سیستم‌هایی می‌توانند مسائل جدیدی را نیز پیش آورند که ممکن است خطراتی را به همراه داشته باشد. به عنوان مثال، اطمینان از این‌که پتانسیل هادی نول به دلیل ارتینگ به سطوح خطرناک نمی‌رسد، ضروری است، زیرا تمام هادی‌های حفاظتی به نول منبع تغذیه متصل می‌شوند.

این امر باعث افزایش خطر برق گرفتگی در یک شبکه توزیع خاص می‌شود. به ویژه در صورت وارد شدن آسیب به هادی نول نگرانی تشدید می‌شود. اتفاقی که اغلب در خطوط هوایی روستایی رخ می‌دهد.

هادی PEN مدار باز

فرض می‌شود که یک مصرف کننده از یک سیستم توزیع با زمین حفاظتی چندگانه (PME) تغذیه شده و دارای بار پنج کیلووات است (این بار به یک منبع تغذیه ۲۳۰ ولت متصل است و مقاومت بار تقریباً ۱۲ اهم است). اگر به هر دلیلی هادی نول منبع تغذیه در جایی از مسیر صدمه ببیند، هیچ مسیر مستقیمی برای بازگشت جریان بار عادی به منبع وجود ندارد. با این حال، در سیستم توزیع، مسیر جایگزینی برای بازگشت این جریان بار به ترمینال‌های تغذیه از طریق دیگر هادی‌های نول زمین شده، در دسترس است. (به عبارت دیگر، اگر سیم نول منبع تغذیه در جایی پاره شود، تنها مسیر بازگشت جریان الکتریکی از طریق PME است). بنابراین، جریان از طریق این اتصالات به صورت موازی با زمین جاری می‌شود و از طریق مسیرهای الکترودها در طرف دیگر نقطه پارگی به ترمینال تغذیه باز می‌گردد.

اگر مقاومت هر الکترود نیز تقریباً ۱۲ اهم باشد، به این معنی است که ولتاژ تغذیه ۲۳۰ ولت به طور مساوی در دو طرف بار و نقطه پارگی توزیع می‌شود. در نتیجه، تمام هادی‌های ارت شده در هر تاسیساتی که توسط این سیستم توزیع در حال تغذیه هستند، اکنون تقریباً دارای ۸۰ ولت برق می‌شوند. در چنین شرایطی اگر شخصی به یک بدنه هادی زمین شده دست بزند دچار برق گرفتگی با ولتاژ ۸۰ ولت می‌شود که مهم‌ترین خطر این نوع ارتینگ است.

با توجه به این خطرات، الزامات روش PME بسیار سختگیرانه است. از جمله الزامات اساسی این است که، هادی نول باید در چندین نقطه از سیستم ارت شود و مقاومت بین هر هادی و زمین نباید از ۱۰ اهم تجاوز کند. علاوه بر این، توصیه می‌شود در محل هر مصرف کننده یک الکترود زمین وجود داشته باشد.

برای آشنایی بیشتر با انواع سیستم‌های زمین مقاله زیر را می‌توان مطالعه کرد.
انواع سیستم زمین حفاظتی را بشناسید!

جمع‌بندی

با توجه به نقش کلیدی سیستم زمین در حفاظت اشخاص و تجهیزات الکتریکی، در این مقاله سیستم زمین توزیع شده معرفی و بررسی شد. می‌توان دریافت که اجرا و پیاده‌سازی این سیستم از پیچیدگی‌های خاص خود برخوردار است که به آنها اشاره شد. به علاوه، در اجرای این سیستم رعایت استانداردهای مصوب برای اطمینان از صحت عملکرد بسیار اهمیت دارد.

سوالات متداول

۱ - مزیت استفاده از سیستم زمین توزیع شده چیست؟

به کارگیری این روش تضمین می‌کند که در صورت صدمه دیدن سیم نول، جریان اتصال کوتاه همچنان از طریق الکترودهای زمین به منبع بازگردد و خطر برق گرفتگی و سایر خطرات را کاهش می‌دهد.

۲ - نام رسمی متداول برای سیستم زمین توزیع شده کدام هستند؟

سیستم زمین توزیع شده به عنوان (PME) ناخته می‌شود.

۳ - ارتینگ توزیع شده حفاظتی چه سیستمی است؟

TN-C-S PME (ارتینگ چندگانه حفاظتی) یک پیکربندی خاص از یک سیستم توزیع الکتریکی است که در آن منبع تغذیه خارجی از طریق الکترودهای متعددی به زمین متصل است. در سمت مصرف کننده، قطعات هادی به طور مستقیم از طریق کابل‌های حفاظتی مدار (CPC) به نول (N) منبع تغذیه و زمین متصل می‌شوند.

مراجع

https://www.eca.co.uk/CMSPages/GetFile.aspx?guid=29fc3322-9b4d-4fa3-abc8-ceede8b54dc6#:~:text=This%20particular%20type%20of%20earthing,these%20terminals%20are%20linked%20together.

https://medium.com/@Voltimum/the-principles-of-protective-multiple-earthing-pme-c068f2f433ac

https://professional-electrician.com/technical/protective-multiple-earthing-pme-earthing-facility-niceic/