حفاظت الکتریکی
با اتصال زمین

مدیریت

بهداشت، ایمنی ومحیط زیست

به نام خدا

حفاظت الکتریکی با اتصال زمین

۱۳۸۹

تهران: خیابان طالقانی – شماره ۳۷۸ تلفن ۶۶۴۹۱۳۱۱ مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

عنوان: حفاظت الکتریکی با اتصال زمین

تهیه کننده: مدیریت بهداشت ایمنی و محیط زیست

ناشر: انتشارات روابط عمومی شرکت ملی پالایش و پخش

نوبت چاپ: اول – ۱۳۸۹

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

فهرست عناوین

پیشگفتار ۵
مقدمه ۷
انواع اتصال زمین ۷
جریانی که در موقع اتصال زمین شبکه از تأسیسات زمین می گذرد ۱۰
اختلاف سطح قدم مجاز متناسب با زمان قطع رله ۱۰
اختلاف سطح تماس مجاز ۱۱
جلوگیری از اختلاف سطح تماس و قدم زیاد ۱۱
طرح زمین الکتریکی ۱۲
ارتباط زمین‌های مختلف ۱۳
جلوگیری از اثر متقابل زمین‌ها بر یکدیگر در موقع تاسیس دو زمین
مجزا ۱۶
انواع مقاومت‌های زمین ۱۸
ولتاژهای مختلف هنگام عبور جریان از میل زمین ۱۹
انواع میل‌ها ۲۰
سنجش مقاومت گسترده زمین ۲۴
سنجش مقاومت مخصوص زمین ۲۵
صفر کردن ۲۷
منابع ۳۲

سفید

پیشگفتار

انرژی برق از جمله دستاوردهای مهم بشر برای ارتقای سطح رفاه و آسایش زندگی است. انتقال آسان، ارزان بودن و پاک بودن از جمله ویژگی‌هایی است که استفاده از برق را به عنوان یک منبع مناسب انرژی روز به روز افزایش می‌دهد. اما چنانچه این منبع مفید انرژی به درستی مورد استفاده قرار نگیرد، ممکن است اثرات نامطلوب یا جبران ناپذیری به دنبال داشته باشد. حال آن‌که رعایت اصول اولیه ایمنی در استفاده از برق می‌تواند خطرات آن به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. این جزوه آموزشی به سیستم‌های حفاظت زمین به عنوان یکی از روش‌های پیشگیری از برق گرفتگی می‌پردازد. بدیهی است که این کتابچه کلیه اصول و معیارهای ایمنی را در این‌باره بیان نمی‌کند و همه موارد ایمنی آن را پوشش نمی‌دهد. جهت کسب اطلاعات کامل، باید به دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

سفید

مقدمه

برق گرفتگی یکی از حوادث جدی و پر تکرار در صنایع به حساب می‌آید. از این‌رو اتخاذ تدابیر ایمنی برای جلوگیری از این‌گونه حوادث کمک زیادی به حفاظت از نیروی انسانی و سایر سرمایه‌ها و منابع یک شرکت می نماید. راه‌های مختلفی برای پیشگیری از برق گرفتگی وجود دارد که یکی از مؤثرترین و بهترین راه حل‌ها استفاده از سیستم حفاظت زمین است. به دلایل مختلفی ممکن است بدنه یک دستگاه به صورت ناخواسته برقدار شود که در صورت برقرای تماس بین بدن انسان و بدنه دستگاه و برقرار شدن مدار الکتریکی،ممکن است جریان برق به میزان خطرناک از بدن فرد عبور کند و باعث آسیب دیدگی یا مرگ او شود. در صورت استفاده و به کارگیری یک سیستم مناسب حفاظت زمین، میزان جریانی که از بدن عبور خواهد کرد خیلی کمتر از حد خطرناک خواهد بود و به فرد آسیبی نخواهد رسید.

انواع اتصال زمین

- اتصال زمین حفاظتی
- اتصال زمین الکتریکی

اتصال زمین حفاظتی

جریان‌های تا ۰/۰۲ آمپر برای انسان قابل تحمل است، جریان‌های تا حدود ۰/۰۵ آمپر خطرناک و جریان‌های از ۰/۱ آمپر خطر جانی دارد.

مقاومت بین اعضای مختلف بدن انسان‌ها به طور متوسط برابر است با :

دست و دست: در حدود ۴۰۰۰ اهم

دست و پا: در حدود ۴۵۰۰ اهم

پا و پا: در حدود ۶۵۰۰ Ω اهم

هر دو دست و پاها: در حدود ۱۸۰۰ اهم

اتصال زمین الکتریکی

اتصال زمین الکتریکی یعنی اتصال زمین نقطه‌ای از دستگاه‌های الکتریکی و ادوات برقی که جزئی از مدار الکتریکی می‌باشند. اتصال زمین الکتریکی سه نوع است :

الف ـ اتصال زمین مستقیم

ب ـ اتصال زمین غیرمستقیم

پ ـ اتصال زمین بار

در تعیین مشخصات تأسیسات زمین حفاظتی دو شرط اصلی زیر باید رعایت شود :

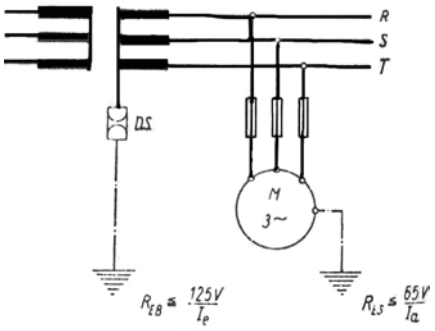
الف) اختلاف سطح میل از ۱۲۵ ولت تجاوز نکند.

باید مقاومت زمین را برای بزرگ‌ترین جریان اتصال زمین محاسبه و طرح‌ریزی کرد و مدت عبور جریان زمین باید محدود و کوتاه باشد.

مقاومت مخصوص زمین mΩ	مدت عبور جریان در دقیقه	
	میل عمقی لوله دومتری به قطر min۲″	میل سطحی به هر طولی به مقطع m^2 (min) ۱۰۰
۵۰	۱۰۰	۳۰
۱۰۰	۲۰۰	۶۰
۲۰۰	۴۰۰	۱۲۰
۳۰۰	۶۰۰	۱۸۰

در صورتی‌که اختلاف سطح میل (E) عملاً غیر از ۱۲۵ ولت باشد، می‌توان مدت مجاز عبور جریان اتصال زمین را متناسب با ضریب (۱۲۵/۲E) تغییر داد.

ب) اختلاف سطح تماسی در خارج از محدودهٔ پست فشارقوی از ۶۵ ولت تجاوز نکند.

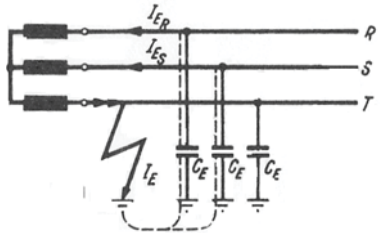


شرط دوم را می‌توان با قرار دادن صحیح میل‌ها و نصب نرده‌ها در محل مناسب یا توسط هدایت کردن صحیح و تنظیم خطوط پتانسیل در زمین توسط میل فرمان به دست آورد.

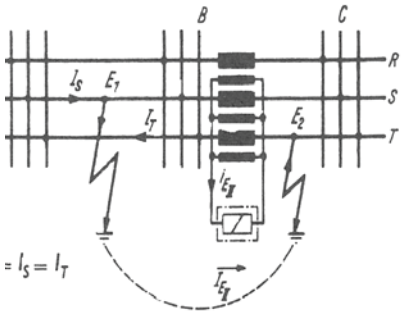
جریانی که در موقع اتصال زمین شبکه از تأسیسات زمین می گذرد در حالتهای مختلف و شرایط مختلف متفاوت است.

الف) اتصال یک فاز

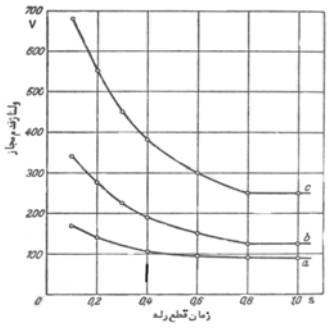
(Uph.w.cb.l (A۳IE = IC =



ب)اتصال دوبل زمین



اختلاف سطح قدم مجاز متناسب با زمان قطع رله

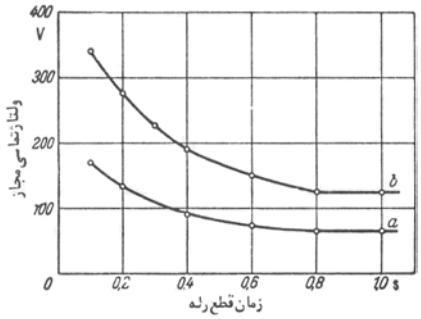


a: فشار قدم در محوطه خارج از پست

b: فشار قدم در محوطه خارج از تأسیسات پست خارجی (پشت نرده‌ها) اما در داخل محوطهٔ متعلق به تأسیسات محوطه‌سازی و باغ و چمن و خیابان‌های داخل محوطه نیروگاه

c : محوطه داخلی پست خارجی

اختلاف سطح تماس مجاز



a : مربوط به خارج تأسیسات

b : مربوط به داخل تأسیسات

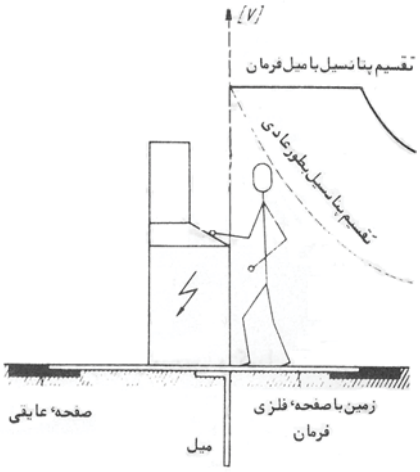
در شبکه‌هایی که جریان اتصال زمین از چند صد آمپر تجاوز می‌کند، با در نظرگرفتن رابطه V/IE۱۲۵R = مقاومت زمین باید مقادیری در حدود ۳ تا ۰/۳ اهم پیدا کند.

برای جلوگیری از اختلاف سطح تماس و قدم زیاد از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

الف ـ در داخل محوطه تأسیسات فشارقوی

- جایگاه متصدیان، باید برای دو برابر اختلاف سطح میل زمین عایق شود و تمام تابلوها و قطعات فلزی که در زمین قرار گرفته‌اند به یکدیگر متصل شوند.
- قسمت‌های تابلو که بوسیله انسان لمس می‌شود باید نسبت به زمین عایق شوند.
- کف سالن پست فشارقوی با مفتول‌های فلزی پوشانده شود (بتون آرمه) و مفتول‌های فلزی داخل بتون به تأسیسات زمین وصل شود.
- می‌توان با قرار دادن مفتول‌های فولادی و یا توری فلزی در کف زمین اطراف ترانسفورماتورها و تابلوها و قطعات فلزی دیگر از به وجود آمدن اختلاف سطح تماس و قدم بیشتر از ۱۲۵ ولت جلوگیری کرد.
- جایگاه متصدیان مقابل تابلو با کف پوش فلزی مفروش شود، به طوری

که با تابلوها و قطعات فلزی مجاور آن در چند نقطه مرتبط باشد. در نتیجه اختلاف سطح تماس از بین می‌رود و برای برطرف کردن خطر ولتاژ قدم، دور تا دور آن حداقل به عرض ۱/۲۵ متر با کف پوش عایقی مفروش شود.



ب ـ در خارج محوطه تأسیسات فشارقوی

در صورتی‌که اختلاف سطح تماس از ۶۵ ولت و اختلاف سطح قدم از ۹۰ ولت تجاوز کند، باید برای جلوگیری از خطرات احتمالی آن یکی از روش‌های زیر به کار گرفته شود :

- نرده‌ها را دور از تأسیسات کشیده تا محوطه با فشار قدم غیرمجاز در داخل تأسیسات قرار گیرد.
- در تأسیسات زمین از میل فرمان پتانسیل استفاده کرد.
- زمین اطراف پست فشارقوی را از زمین داخل پست بایستی جدا کرد.

طرح زمین الکتریکی

هنگام محاسبه تأسیسات زمین الکتریکی باید شرایط زیر در نظر گرفته شود:

● بیشترین جریانی که در موقع اتصال زمین شبکه از آن می گذرد مبنا قرار داده شود.

● در شبکه و تأسیساتی که دارای ولتاژهای مختلف می‌باشند ولی از یک زمین مشترک الکتریکی استفاده می‌شود، زمین مشترک برای شبکه ای که جریان نقطه ستاره آن حداکثر و از بقیه بزرگتر است محاسبه می‌شود.

● در تأسیسات زمین الکتریکی هنگام اتصال زمین شدن شبکه، در صورتی که ولتاژ زمین بیشتر از ۱۲۵ ولت شود، باید سیم‌های رابط به زمین الکتریکی را عایق و در مقابل تماس محافظت کرد.

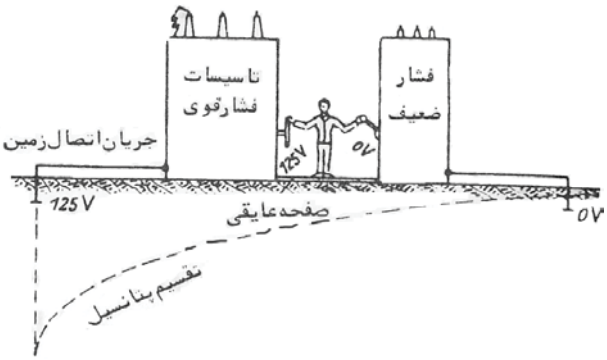
ارتباط زمین‌های مختلف

اگر وصل کردن زمین‌های مختلف موجب بروز خطراتی می‌شود که در موقع جداکردن آنها وجود ندارد، بهتر است زمین‌ها از هم جدا باشند.

VDE حداکثر اختلاف سطح تماسی درازمدت را در تأسیسات با اختلاف سطح زیاد، ۱۲۵ ولت و در تأسیسات با فشارکم، ۶۵ ولت تعیین کرده است.

الف) اتصال زمین در مراکز نیرو که انرژی را فقط با فشار زیاد انتقال می‌دهند و شبکه فشار کم آن فقط برای مصرف داخلی خود نیروگاه است

● زمین حفاظتی تأسیسات فشار زیاد و فشار کم بهتر است به هم وصل شوند.



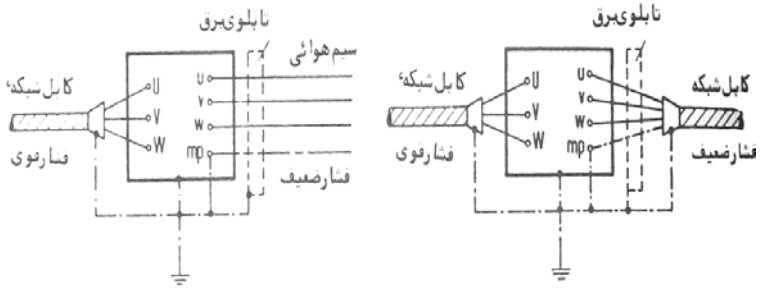
● زمین حفاظتی تأسیسات فشار زیاد می‌تواند با زمین الکتریکی تأسیسات فشار کم متصل شود و یک واحد را تشکیل دهد به شرطی که تأسیسات فشارکم فقط مصرف داخلی را تامین کند.

● زمین الکتریکی پیچک زمین (سلف پترزن) و یا هر مقاومت دیگری را که به مرکز ستاره وصل است می‌توان به زمین حفاظتی تأسیسات وصل کرد، مشروط بر این‌که ولتاژ میل زمین در موقع اتصال زمین شبکه و عبور جریان از پیچک از ۱۲۵ ولت تجاوز نکند.

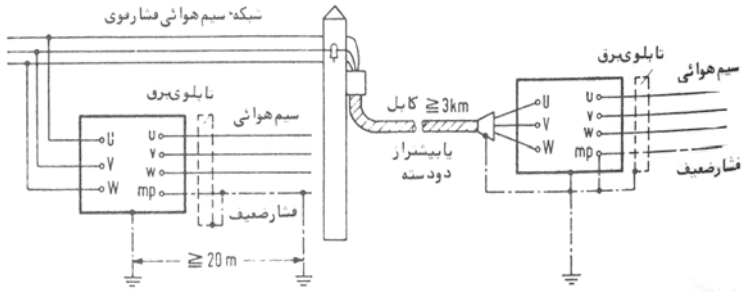
● زمین الکتریکی تأسیسات فشار زیاد را نمی‌توان با زمین الکتریکی تأسیسات فشارکم به یکدیگر وصل کرد، مگر اینکه شرایط ۲ و۳ منظور شده باشد.

ب) اتصال زمین نیروگاه یا تبدیل‌گاه کوچک با تأسیسات مصرف داخلی و مصارف شهری کمتر ازیک کیلو ولت

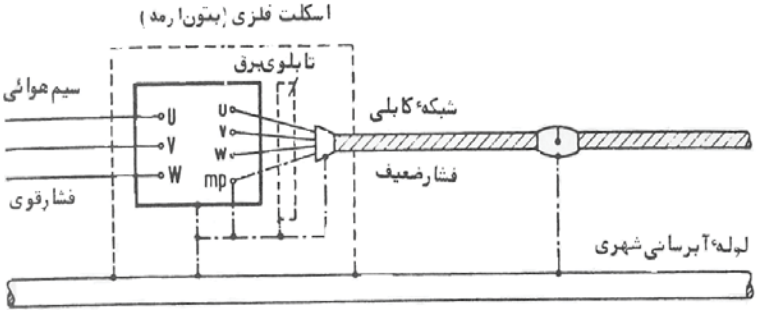
● اگر طرف فشارقوی ترانسفورماتور به شبکه کابلی به نسبت گسترده‌ای متصل باشد و غلاف فلزی کابل فشارقوی دارای ضریب هدایت الکتریکی نسبتاً زیاد باشد و این غلاف به طور مستقیم با زمین در تماس باشد. به عبارت دیگر در صورتی‌که کابل فاقد پوشش خارجی از عایق PVC، قیروگونی و یا هر نوع دیگری باشد، می‌توان در این پست از یک زمین مشترک استفاده کرد.



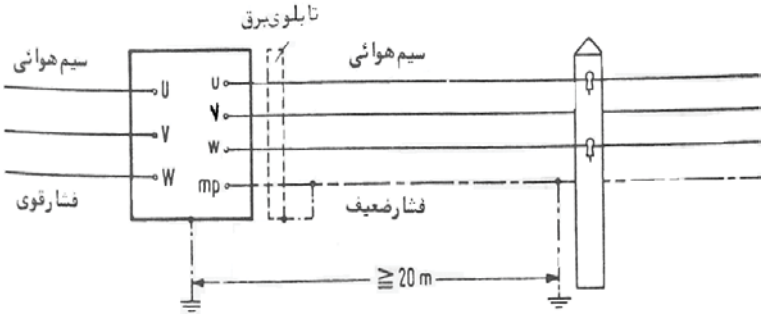
● اگر شبکه فشارقوی از کابل و سیم هوایی تشکیل شده باشد و تمام کابل‌های طرف فشارقوی مربوط به پست ترانسفورماتور، فاقد روکش خارجی از عایق باشد و غلاف فلزی آن که پوسته خارجی کابل را تشکیل می‌دهد نیز دارای هدایت الکتریکی مناسب باشد، می‌توان از یک زمین مشترک برای حفاظت تأسیسات استفاده کرد. به شرط آن‌که حداقل دو رشته کابل از سیم هوایی گرفته شده باشد و طول کل کابل‌ها از ۳ کیلومتر کمتر نباشد.



۳) اگر طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور به یک شبکه کابلی گسترده‌ای متصل باشد و تمام کابل‌ها نیز دارای غلاف فلزی (آلومینیومی و سربی) بدون روپوش عایق باشد یا در چنین پستی مجزا کردن زمین حفاظتی و الکتریکی در عمل ممکن نباشد.



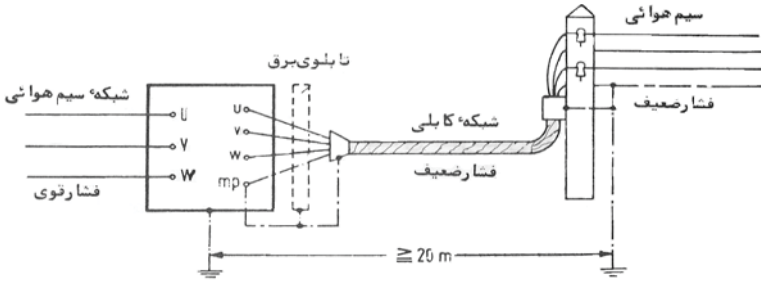
● در تمام حالات دیگر پست، باید زمین الکتریکی طرف فشارضعیف و زمین حفاظتی طرف فشارقوی به طور مجزا تاسیس شود و فاصله بین دو زمین ا ز۲۰ متر کمتر نباشد.



هنگام تأسیس دو زمین مجزا باید به هر ترتیب از اثر متقابل زمین‌ها بر یکدیگر جلوگیری کرد.

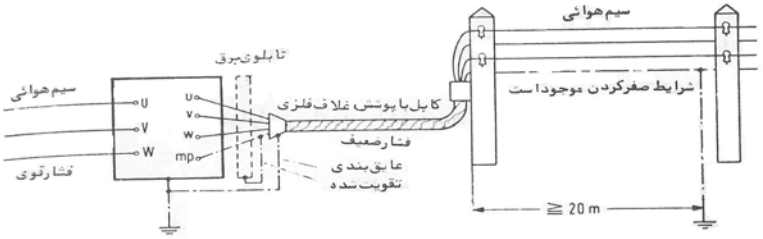
در این‌گونه مواقع از دو روش ساده زیر استفاده می‌شود:

● استفاده از کابل با روپوش عایقی به طول ۲۰ متر از محل ترانسفورماتور و یا در صورتی‌که کابل دارای غلاف فلزی خارجی است، کابل به طول حداقل ۲۰ متر از داخل لوله عایقی (لوله سفالی لعابدار) عبور داده می‌شود.



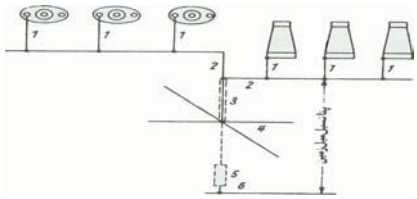
● در صورتی‌که روکش کابل طرف فشارضعیف، فلزی باشد، باید سرکابل و غلاف فلزی کابل را جزیی از زمین حفاظتی دانست و به زمین حفاظتی طرف

فشارقوی وصل کرد و زمین الکتریکی طرف فشارضعیف را حداقل ۲۰ متر دورتر از انتهای کابل تأسیس کرد.



در این‌حالت باید سیم زمین تابلوها و سیم زمین سرکابل‌ها نسبت به هم عایق شوند تا ارتباط آنها در موقع عبور جریان اتصال زمین قطع باشد.

اصطلاحاتی که در اتصال زمین به کار می رود:



۱) زمین
۲) میل زمین (زمین کننده)
۳) زمین همسطح
۴)میل فرمان
۵)سیم زمین
۶)شین زمین
۷)تا سیسات زمین
۸)اتصال زمین

۱- سیم زمین ۲- شین زمین ۳- شین زمین عایق شده ۴- میل ۵- مقاومت گسترده زمین ۶- سطح هموار

انواع مقاومت‌های زمین

- مقاومت مخصوص زمین

مقاومت مخصوص زمین عبارت است از مقاومت یک متر مکعب از زمین به ابعاد (۱ متر × ۱ متر × ۱ متر) که بین دو الکترود صفحه ای سنجیده شده باشد. واحد آن $\Omega m^2/m=\Omega m$ است.

۱	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	نوع زمین	مرداب و زمین باتلاقی	خاک رس زمین مزروعی	ماسه نرم مرطوب	شن مرطوب	ماسه یا شن خشک	زمین سنگلاخ
۲	مقاومت مخصوص	۳۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰

● مقاومت گسترده میل زمین

عبارت است از مقاومت زمین بین میل زمین ونقطه ای از زمین هموار بر حسب اهم بنابراین مقاومت گسترده زمین بستگی به نوع زمین و نوع میل و طرز قرار گرفتن آن در زمین دارد. جدول زیر حد متوسط مقاومت گسترده میل زمین را برای میل‌های نرمال ذکر شده در قبل و مقاوت مخصوص $\rho=$ ۱۰۰Ωm نشان می‌دهد.

تبصره ۱: تغییرات جزئی در ابعاد میل در مقاومت گسترده میل زمین بی تأثیر است.

	Ì	Ó	Ô	Ò	Ú	Û	Ù	ı	ˆ	ÌÏ	ÌÌ
Ì	E¡ÅÆ¥Ð	ŸĦƐŋĨŘ ΔЧЙV 10m	25m	50m	ŸĦƐĶŪ 100m	ŸĦƐƵƵ ΔЧЙV 1m	2m	3m	ŸĦƐĦΛ 5m	ŪF ŸŦЧM/ÆƠ'ßé 'I M/в ΔЧЙƵĩūĶΛĭ ė 0.5m * 1m	1m* 1m
Ó	Ĵ ΛŒ'X PĦŪĶΛΦ ΩΞ¡ÅŪE¡Å	ÓĬ	ÌĬ	Ú	Ô	ÙĬ	ÒĬ	ÔĬ	ÓĬ	ÔÚ	ÓÚ

تبصره ۲: در صورتی‌که مقاومت مخصوص زمین ρ باشد می‌توان مقاومت گسترده میل زمین را با ضرب کردن اعداد جدول فوق در نسبت مقاومت مخصوص‌ها به دست آورد.

● مقاومت زمین

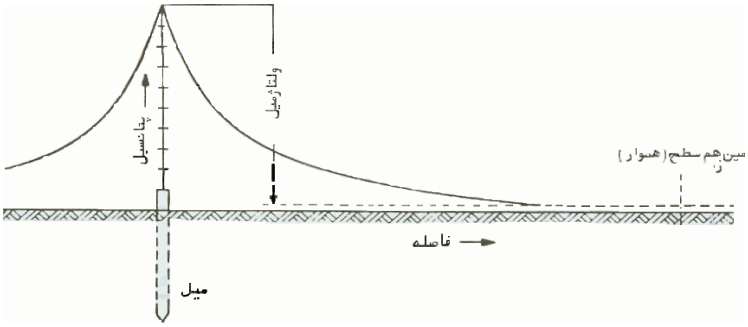
عبارت است از مقاومت گسترده زمین به اضافه مقاومت سیم زمین

ولتاژهای مختلف هنگام عبور جریان از میل زمین

● اختلاف سطح میل

عبارت است از ولتاژی است که ضمن عبور جریان از زمین کننده بین میل و زمین هموار (همسطح) به وجود می‌آید.

● اختلاف سطح زمین عبارت است از اختلاف پتانسیل هر نقطه از زمین بین زمین همسطح و میل زمین.

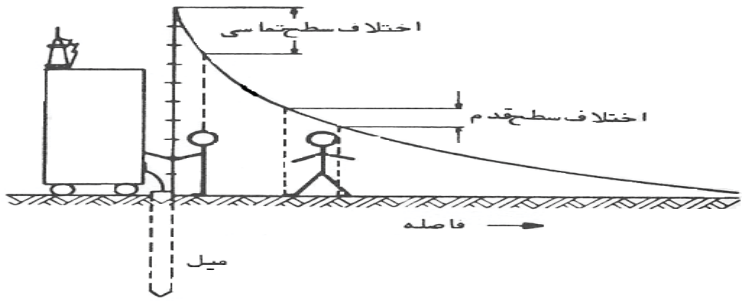


● اختلاف سطح تماسی

عبارت است از قسمتی از ولتاژ میل که توسط انسان برداشت می‌شود. به طوری‌که قسمتی از جریان زمین در اثر این ولتاژ از دست و پا (بطور افقی در حدود یک متر) و یا بین دو دست عبور می‌کند.

● اختلاف سطح قدم

عبارت است از قسمتی از ولتاژ میل که توسط فاصله دوپا (تقریباً یک متر) برداشت می‌شود، به طوری‌که قسمتی از جریان زمین در اثر این ولتاژ از بدن انسان یا حیوان بین دو پا بسته می‌شود.

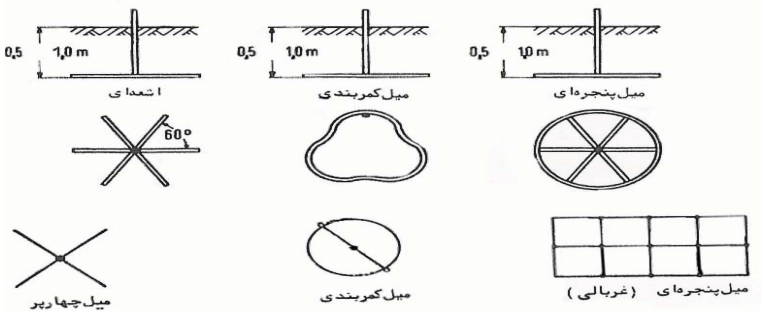


انواع میل

الف – میل سطحی

میل سطحی تشکیل شده از یک یا چند مفتول یا تسمه یا طناب فولادی روی اندود (آهن سفید) که در عمق کم (در حدود ۰/۵ تا ۱ متر) در زمین دفن می‌شود. طول یا ابعاد میل سطحی بستگی به مقدار مقاومت گسترده مورد نیاز دارد. مقاومت گسترده میل سطحی (خطی)را می‌توان در شرایطی که زمین تا سطح میل یخ زده باشد از رابطه زیر به دست آورد.

$$R = \rho/(\pi * L) * Ln(2L/d)$$

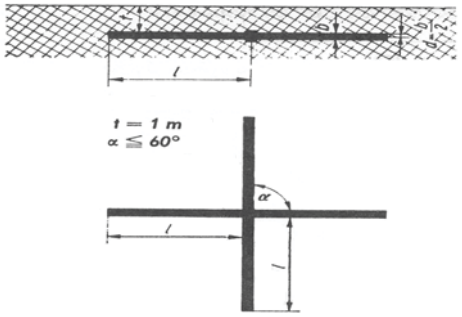


نکته ۱ : در صورتی‌که درجه حرارت زمین د رمحل میل بزرگتر از صفر باشد، مقاومت گسترده میل متناسب با طول میل در حدود ۴۰ تا ۲۰ درصد کم می‌شود.

نکته ۲ :میل سطحی بهتر است کاملاً صاف و افقی در زمین قرار گیرد و در

صورتی‌که میل دارای انشعاب‌هایی می‌باشد (مثل پنجه ای) باید به منظور جلوگیری از اثر متقابل اشعه‌ها بر یکدیگر زاویه بین اشعه‌ها از ۶۰ درجه کمتر نشود. به عبارت دیگر تعداد اشعه‌ها نباید از ۶ عدد تجاوز کند.

در پست‌های فشارقوی آزاد از ۴ اشعه با زاویه ۹۰ درجه استفاده می‌شود.



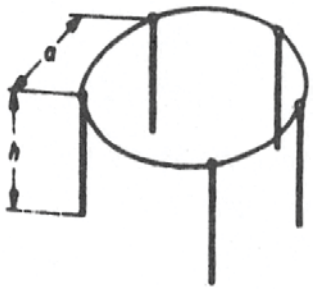
در این‌صورت مقاومت گسترده میل برابر است با :

$$R = \rho / (4*\pi*L) ((Ln (4L/d) +1.75$$

ب – میل عمقی

● میل میله ای

میل میله ای تشکیل شده از یک میله، لوله یا هر پروفیل دیگر از آهن سفید که به طور عمودی در زمین کوبیده می‌شود و طول و تعداد آن بستگی به مقاومت گسترده لازم دارد.



مقاومت گسترده یک میل میله ای برحسب اهم برابر است با :

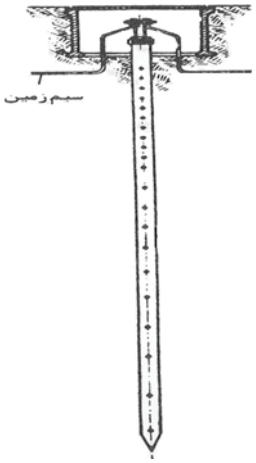
$$R = (\rho/2\pi\ h) * Ln(4\ h /d)$$

h طول میل بر حسب متر

d قطر لوله یا مفتول برحسب متر

برای کوچک کردن مقاومت گسترده میل می‌توان از ترکیب چند میل استفاده کرد. فاصله میل‌ها به منظور جلوگیری از اثر متقابل آنها بهتر است از دو برابر طول میل کوچکتر نشود

بخاطر اثر متقابل میل‌ها بر یکدیگر بهطور دقیق صدق نمی‌کند و همانطور که شکل فوق نشان می‌دهد هر چه فاصله میل‌ها بزرگتر باشد، اثر متقابل میل‌ها کمتر می‌شود. در صورتی‌که خاک زمین اطراف میل از نظر رطوبت و هدایت مساعد و مناسب نباشد بهتر است از لوله‌های سوراخ دار و سالی یک یا چند بار با محلول رقیق سودا (جوش شیرین) پر شود.



● میل صفحه‌ای

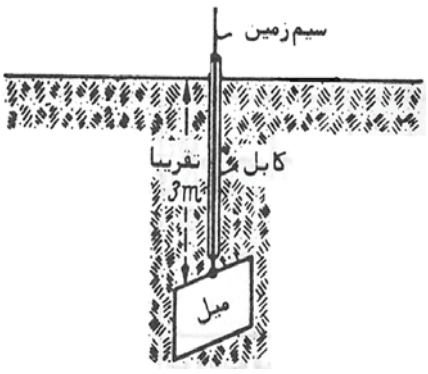
میل صفحه ای از ورق آهن روی اندود (آهن سفید) به ضخامت ۳میلی‌متر تشکیل شده و به طور عمودی در زمین دفن می‌شود. ابعاد آن متناسب با مقاومت گسترده لازم ۱×۱ متر و یا۰/۵×۱ متر است.

مقاومت گسترده میل صفحه ای برابر است با :

$$R = 0.25\ (\rho/a$$

a عرض صفحه است

در صورتی‌که به منظور کوچک کردن مقاومت گسترده زمین از چند صفحه استفاده می‌شود بهتر است که فواصل صفحه‌ها از ۳ متر کمتر نباشد.



جدول زیر حداقل ابعاد میل‌های مختلف را طبق پیشنهاد VDE نشان می‌دهد.

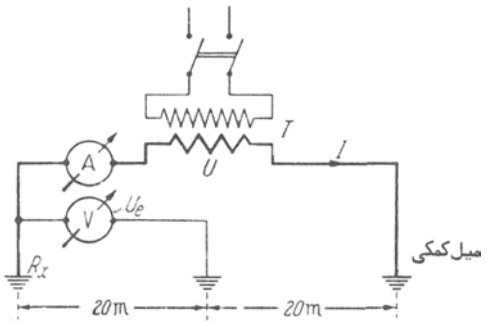
جنس میل / نوع میل	آهن مس اندود	آهن مس اندود	مس
سطحی	تسمه با مقطع ۱۰۰mm^2 و ضخامت حداقل ۳mm سیم طنابی ۹۵mm^2	۵۰Mm^2	تسمه با مقطع ۵۰mm^2 و با حداقل ضخامت ۲mm سیم طنابی ۳۵mm^2
عمقی	لوله فولادی ۱ پروفیل .L.65.65 پروفیل L6 پروفیل T6 و پروفیل‌های مشابه	فولاد به قطر ۱۵mm پوشش مس ۲/۵mm	تسمه با مقطع ۵۰mm^2 و با حداقل ضخامت ۲mm سیم طنابی ۳۶mm^2 لوله مسبی ۳×۳۰
صفحه‌ای	به ضخامت ۳mm	----------	به ضخامت ۲mm

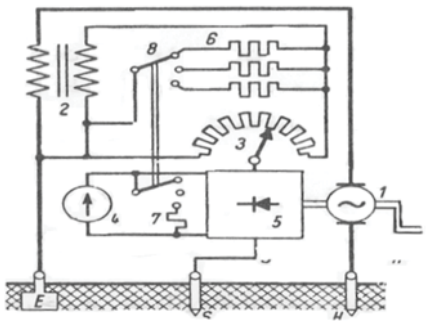
سنجش مقاومت گسترده زمین

مقاومت گسترده زمین با آن‌چه که از راه محاسبه به دست آمده است به علت مشخص نبودن دقیق مقاومت مخصوص زمین، کم و بیش متفاوت خواهد بود. مدار داخلی یکی از دستگاه‌های سنجش مقاومت زمین را که با روش کمپنزاسیون یا برابری کار می‌کند. می‌توان با کمک یک آمپرمتر و یک ولت متر بشرطی که مقاومت ولتمتر خیلی زیاد باشد (حداقل ۱۰ برابر مقاومت گسترده سوند زمین) مقاومت گسترده میل زمین را سنجید. برای این منظور بهترین وسیله، ولتمتر الکترونی است.

مقاومت گسترده میل زمین برابر است با :

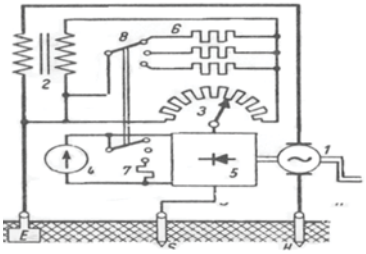
$$RA = U/I$$





سنجش مقاومت مخصوص زمین

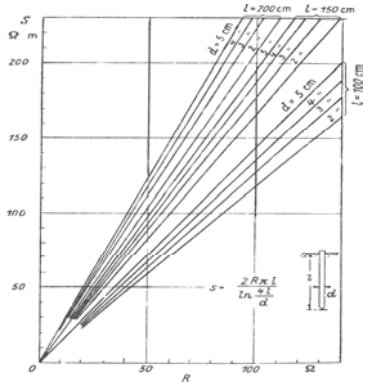
مقاومت مخصوص زمین به ترکیبات زمین و رطوبت نقاط مختلف زمین بستگی دارد. چندین سنجش در نقاط مختلف زمین انجام گیرد و از نتایج حاصل میانگین گرفته شود. باید سنجش در زمانی انجام گیرد که زمین به علت بارندگی یا دلایل دیگر خیس و یا مرطوب نشده باشد.



پس از کوبیدن میل مثلاً در عمق ۱ تا ۲ متر مقاومت گسترده آن را توسط پل مخصوص می سنجیم و به کمک رابطه محاسبه می‌شود.

$$\rho = (R\ 2\pi\ *L) / (Ln\ (4L/d\ )$$

پس از انجام مراحل فوق با دیاگرام شکل زیر
مقاومت مخصوص زمین تعیین می‌شود.

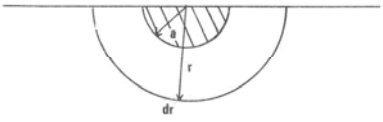


- محاسبه مقاومت الکترود نیم کره

برای محاسبه مقاومت بین الکترود و زمین می‌توان از این رابطه استفاده کرد:

$$R= \rho/(۲\pi a)$$

- محاسبه مقاومت الکترود میله ای

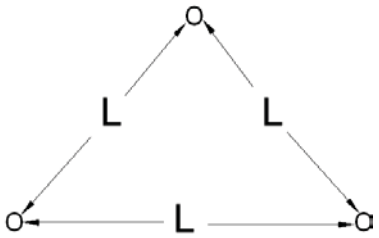


برای محاسبه از فرمول تقریبی که با تجربه نیز وفق می‌دهد استفاده می کنیم.

مقاومت میله ای به شعاع r متر که L متر در زمین با مقاومت ویژه ρ فرو رفته شده برابر است با:

$$R = 2.05 (Log(2L/r) * (\rho/ 2\pi L)$$

● محاسبه مقاومت مجموعه الکترودهای میله‌ای



L → 0 0 ← L → 0 ← L → 0 ← ۰

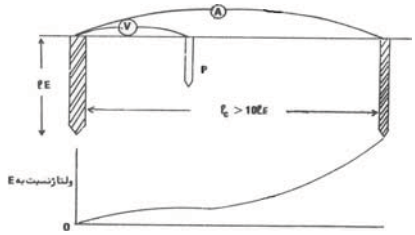
l +m)/2 (l -2m2+n)(3-4m+n) (l +2m)/3)

شکل فوق مجموعه الکترودهای دو و سه تایی را نشان می دهد.

m و n در ضرایب بالا به شرح زیر هستند

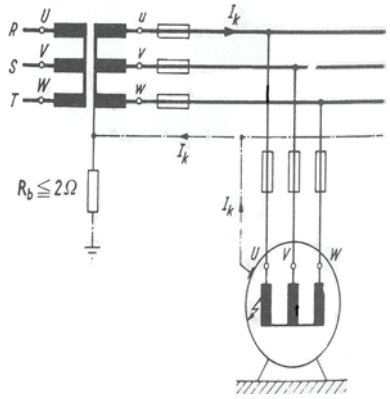
m = Lnx/ Ln(l /r) x =(l + L)/L

= Lny /Ln(l /r) y = (l +2L)/2L



اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

صفر کردن



برای قطع سریع و مطمئن فیوز، باید جریان اتصال کوتاه حداقل ۲/۵ برابر جریان نامی فیوز باشد. صفر کردن به‌طور کلی به خاطر جلوگیری از پتانسیل گرفتن بدنه فلزی ماشین‌آلات برقی در اثر اتصال بدنه است. قطع جریان تنها کافی نیست، بلکه باید ولتاژ قطع گردد، از این جهت باید سیم صفر فاقد فیوز باشد.

شرایط صفر کردن

الف- شرط اول

مقطع سیم‌ها باید به گونه‌ای محاسبه و تعیین شوند که هنگام اتصال کوتاه بین یک فاز و سیم صفر دست‌کم جریانی معادل ۲/۵ برابر جریان نامی نزدیکترین فیوز به محل اتصالی از مدار عبور کند.

در شبکه‌های سه فاز با اختلاف سطح نامی تا ۲۲۰/۱۲۷ ولت، در صورتی‌که مقطع سیم فاز از ۱/۶ برابر سیم صفرتجاوز نکند، قطع فیوز لازم نیست.

● جریان نامی فیوز: (Ik/) ≤ ۲,۵In
IK = ولتاژ جریان رسان /مقاومت مدار جریان اتصال کوتاه

● جریان اتصال کوتاه در یک شبکه شهری با اختلاف سطح ۳۸۰/۲۲۰ ولت

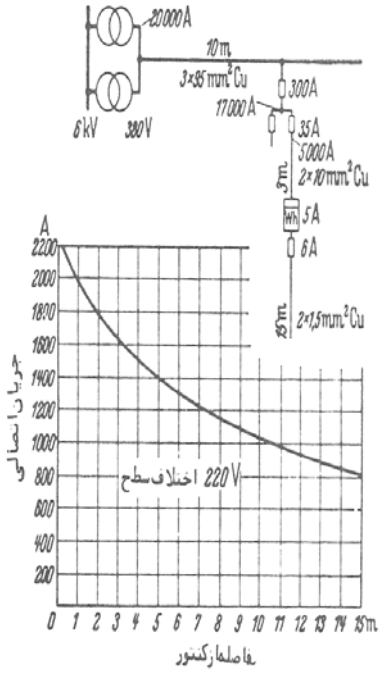
✓ مقاوت اهمی سیم بستگی به مقطع و جنس سیم دارد

✓ طول سیم و مقاومت سلفی سیم بستگی به فاصله سیم‌ها و قطر آنها دارد.

$$L = L\,(0.92*\mathrm{Log}(D/(D/2)) + 0.1) * 10^{-3}\ H$$

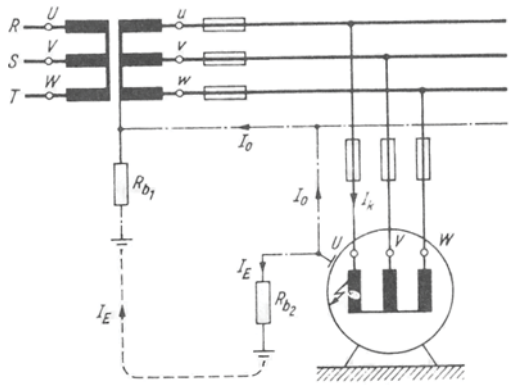
L طول سیم برحسب کیلومتر ازمحل تغذیه تا محل اتصالی D فاصله سیم‌ها از یکدیگر بر حسب سانتیمتر d قطر سیم بر حسب سانتیمتر مقاومت اندوکتیو برای فرکانس ۵۰هرتز

$$X = WL = 2\pi f * L = 314L$$



● برای جلوگیری از ازدیاد بیش از حد ولتاژ تماسی، سیم صفر در انتهای خط نیز مجدداً زمین می‌شود. در این صورت جریان Ik در محل اتصال بدنه برابر است با :

$$Ik = U /((\sqrt{3})\,(RL +[(R0\,(Rb1 +Rb2)\,)/(\,R0\ +Rb1 +Rb2])$$



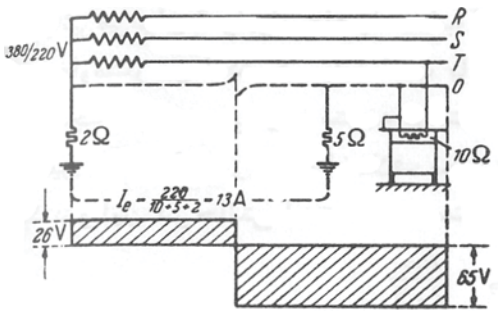
ب ـ شرط دوم

سیم صفر باید حتماً زمین شود و محل زمین شدن سیم صفر نیز باید در نزدیکی پست ترانسفورماتور باشد.

جریان اتصال زمین را با شرایط زیر محدود کنیم:

- برای جلوگیری از خطرات اتصال زمین باید از اتصال زمین حفاظتی که در ارتباط با سیم صفر نیست خودداری شود.
- برای این‌که اتصال زمینی روی مقاومت کوچک زمین به وجود نیاید، باید زمین‌های خوب مثل لوله کشی آب شهری با سیم صفر متصل شود.

ج ـ شرط سوم



هنگام کشیدن سیم صفر باید مانند سیم فاز دقت کافی به عمل آید. زیرا در صورت قطع شدن سیم صفر همیشه ولتاژ تماسی در سیم صـفر ایـجاد می‌شود که

بسته به محل قطع شدن ممکن است خطرناک باشد.

محل‌های مختلف قطع شدگی عبارتند از :

۱) قطع سیم صفر بین دو زمین

۲) قطع سیم صفر بعد از آخرین زمین

۳) قطع سیم صفر و تماس با سیم فاز

● قطع سیم صفر بین دوزمین

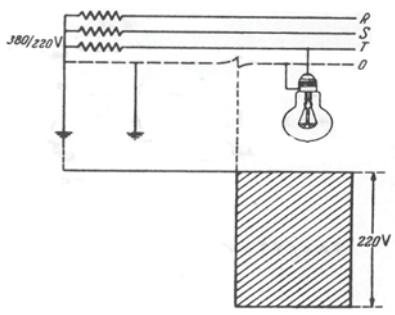
در این حالت اختلاف سطح تماسی بستگی دارد:

اولاً : به مقاومت دستگاهی که هنگام وصل کلید بین سیم صفر و سیم فاز قرار دارد.

ثانیاً : به مقاومت زمین الکتریکی در پست ترانسفورماتور.

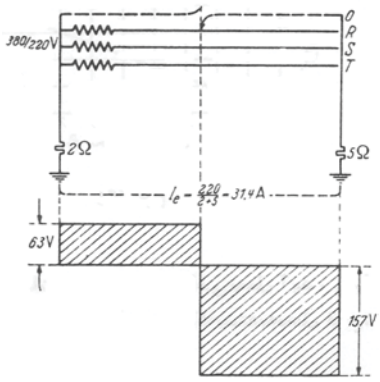
ثالثاً : به مقاومت زمین الکتریکی در نقطه دیگر از سیم صفر که زمین شده است.

● قطع سیم صفر بعد از آخرین زمین



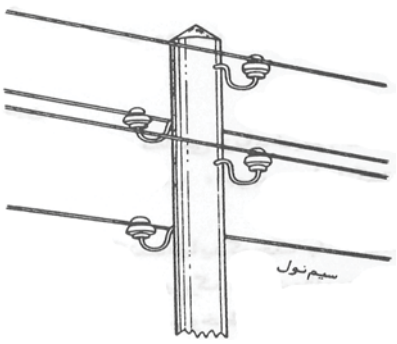
در این حالت، ایجاد اختلاف سطح تماسی زیاد خیلی نامساعد است. زیرا اختلاف سطح سیم فاز از طریق مصرف کننده یک فاز مثل لامپ، بوبین ولتاژ کنتور و غیره به سیم صفر منتقل می‌شود.

● **قطع سیم صفر و تماس با سیم فاز**



این حالت بدترین و خطرناک‌ترین حالت‌های ممکن است.

زیرا اگر انتهای سیم صفر قطع شده به سیم فاز برخورد کند اختلاف سطح تماسی بسیار خطرناکی در سیم صفر به وجود می‌آید.



برای جلوگیری از این پیش آمد خطرناک باید در سیم‌کشی هوایی همیشه سیم صفر زیر سیم‌های فاز قرار گیرد. با توجه به این‌که در شبکه سه فاز چهارسیمه سیم صفر نازکتر از سیم‌های فاز انتخاب می‌شود، امکان پاره شدن سیم صفر نیز به مراتب بیشتر از سیمهای فاز است برای جلوگیری از خطرات قطع‌شدگی سیم صفر باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

● سیم صفر تحت نیروی کشش زیاد قرار نگیرد و ارتباط سیم توسط بست‌های مطمئن و محکم صورت گیرد.

در موقع قطع سیم صفر باید بلافاصله سیم‌های فاز نیز توسط کلید یا فیوز و غیره قطع شوند.

● سیم صفر علاوه بر پست ترانسفورماتور در چند نقطه دیگر نیز زمین شود.

مقاومت زمین الکتریکی در این انشعاب‌ها می‌تواند در حدود ۵ اهم باشد که توسط زمین سطحی در حدود ۵۰ متر میسر است.

- سیم صفر در سیم کشی هوایی همیشه در زیر سیم‌های فاز قرار گیرد.
- تا حد امکان، تقسیم بار به طور متعادل انجام شود.

منابع:

1. Electrical Safety Manual - 2002 edition,Association for the Advancement of Medical Instrumentation,

2. ElecticalSafety-LowVoltage,
http://www.penticton.ca/electrical/ElecticalSafety-LowVoltage.pdf

3. ElecticalSafety-HighVoltage
http://www.penticton.ca/electrical/ElecticalSafety-HighVoltage.pdf

4.Electrical Safety-Injuries
http://www.penticton.ca/electrical/ElecticalSafety-Injuries.pdf

5. **http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/02-123.pdf**

6. **http://www.hse.gov.uk/pubns/indg231.pdf**

7. **http://www.eh.doe.gov/techstds/standard/hdbk1092/hdbk1092.pdf**

8. Fire_Electrical_Safety_Guide
http://www.osha.gov/OshDoc/data_Hurricane_Facts/electrical_safety.pdf

9. **http://www.egr.msu.edu/eceshop/pdf/safety.pdf**

10. **http://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-123/pdfs/02-123.pdf**

11. **http://www.osha.gov/Publications/osha3075.pdf**

۲۰- آئین نامه‌های حفاظت و بهداشت کار، موسسه کار و تأمین اجتماعی، چاپ پنجم، تهران ۱۳۸۵

سیستم حفاظت زمین یک روش مناسب برای جلوگیری از برق گرفتگی افراد هنگام تماس با بدنه برقدار یک دستگاه است . در چنین شرایطی میزان جریانی که از بدن عبور خواهد کرد، خیلی کمتر از حد خطرناک خواهد بود و به فردآسیبی نخواهد رسید .

شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران
مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

طراحی: م. محسن زاده