جزوات آموزشی

صنایع ایمن فراز ارک

عنوان محتوا:

چاه ارت

کد محتوا:

ARK-FO-159-086

تهیه و تدوین: گروه تولید محتوای صنایع ایمن فراز ارک

مقدمه

هنگامی که از انرژی الکتریکی، سیستم ها و وسایل برقی صحبت می‌شود ناخودآگاه موضوع ناخوشایند برق گرفتگی و آسیب دیدن انسان و تجهیزات برقی به ذهن انسان خطور می‌کند. در دهه های اخیر به سبب تحقیقات و فعالیت هایی که در زمینه کاهش حوادث ناگوار ناشی از برق و سیستم های الکتریکی شده، روش ها و راهکار های مختلفی در این زمینه ارائه شده است. این راهکار ها علاوه بر اینکه به جان انسان اهمیت ویژه‌ای قائل هستند در صدد تامین سلامت وسایل برقی و کالا های پر کاربرد و ضروری در زندگی روزمره نیز هستند. یکی از موثر ترین و کارآمد ترین آن‌ها سیستم ارتینگ[1] می‌باشد که در ادامه توضیحات بیشتری در مورد این سیستم ارائه می‌شود.

سیستم ارت الکتریکی

اتصال بخش های فلزی و رسانای ماشین آلات، دستگاه ها و تاسیسات الکتریکی به زمین را ارتینگ می‌گویند. این اتصال توسط هادی های مخصوص و الکترود هایی که در زمین دفن می‌شوند انجام می‌شود. این سیستم نوعی اتصال نقطه خنثی یک سیستم برقی یا منبع تغذیه به زمین است به منظور جلوگیری از خطراتی که در هنگام تخلیه انرژی الکتریکی ممکن است رخ دهد. در اثر نقص در نحوه نصب ساختار کلی سیستم الکتریکی یا اتفاقات دیگر، ممکن است قسمت فلزی یک وسیله برقی در تماس مستقیم با سیم حامل جریان برق قرار بگیرد و دارای بار الکتریکی شود. اگر فردی خواسته یا ناخواسته با این قسمت تماس داشته باشد دچار شوک الکتریکی شدیدی (برق گرفتگی) می‌شود. این پدیده بسته به ولتاژ جریان می‌تواند از آسیب ساده شروع شده و به مرگ ختم شود. سیستم ارت از این پدیده به طور موثری جلوگیری می‌کند. ارت بار الکتریکی انباشته شده بر روی قسمت فلزی دستگاه را به زمین منتقل می‌کند. توجه به این نکته ضروری است که هیچ جریانی از سیم‌های ارت عبور نمی‌کند، مگر در شرایطی که نقصی در این سیستم رخ دهد و در قسمت هایی که نباید برق باشد، حضور برق اتفاق بیفتد. ارتینگ طبق قوانین و مقررات IEEE[2] طراحی و عملی می‌شود. در ایران تمامی فعالیت هایی که در زمینه عمران و ساخت و ساز انجام می‌شوند تحت نظر سازمان نظام مهندسی ساختمان می‌باشند و طبق قوانین و آیین نامه های اجرایی این سازمان فعالیت می‌کنند. سیستم ارت که برای تامین ایمنی در سازه به کار برده می‌شود نیز آیین نامه اختصاصی خود را دارد که رعایت تمامی بند های آن وظیفه کلیه مهندسان فعال در این حوزه می‌باشد.

آیین نامه سیستم اتصال به زمین (چاه ارت)

این آیین نامه کلیتی است از مبحث ارتینگ که در آن به طور کامل توضیحات و اصطلاحات رایج در این حوزه و نکات کلیدی و مهم در زمینه طراحی و ساخت این سیستم بیان شده است. کلیه اقداماتی که باید برای ایجاد یک سیستم ارت مناسب در یک سازه با در نظر گرفتن تمامی ویژگی های ساختاری و محیطی انجام شود در این آیین نامه به طور کامل قید شده است. از طریق لینکی که در قسمت منابع قرار داده شده امکان دسترسی به این آیین نامه موجود می‌باشد.

اهداف ارتینگ

۱. به حداقل رساندن خطر برق گرفتگی افراد و حفاظت از جان انسان ها

---

[1] . Electrical Earthing

[2] . مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک The Institute of Electrical and Electronics Engineers

۲. جلوگیری از خطر آتش سوزی های ناشی از نشت جریان و اتصالی های ناخواسته

۳. تامین ایمنی دستگاه ها و وسایل الکتریکی در برابر جریان های نشتی

۴. ثابت نگه داشتن ولتاژ در کل سیستم علی‌رغم هرگونه خطا یا ایراد در هر کدام از بخش ها

۵. ایفای نقش به عنوان یک هادی برگشت یا برگرداننده در سیستم های کشش الکتریکی

۶. محافظت از سیستم های الکتریکی و ساختمان ها در برابر صاعقه

نقاطی که باید به وسیله سیستم ارت به زمین متصل شوند:

- ۳ پین مربوط به صاعقه و ۴ پین مربوط به سیستم توزیع برق باید به طور موثر و دائمی به زمین متصل شوند.
- تمام محفظه های فلزی، هر پوشش فلزی که حاوی قسمتی از سیستم (هر گونه دستگاه الکتریکی یا منبع تغذیه) یا محافظت بخشی از آن است مانند لوله ها و مجراهای گالوانیزه، سوئیچ هایی که دارای روکش آهنی هستند، فیوز توزیع با روکش آهنی باید به زمین متصل شوند.
- قاب ژنراتور ها، موتورهای ثابت و قطعات فلزی کلیه ترانسفورماتورها که برای تنظیم ولتاژ به کار می‌روند از طریق دو اتصال مجزا و متمایز باید به زمین متصل شوند.
- در سیستم های ۳ سیم جریان مستقیم، هادی های میانی موجود در ایستگاه تولید باید به زمین متصل شوند.

اجزا تشکیل دهنده سیستم ارت (اتصال به زمین)

۱. هادی پیوستگی[۳]

این هادی تمام قطعات و قسمت های فلزی تاسیسات الکتریکی را به هم متصل می‌کند. لوله ها، مجراها، تابلوهای توزیع، سوئیچ ها، فیوزها، دستگاه های تنظیم و کنترل، قطعات فلزی ماشین آلات الکتریکی مانند موتورها، ژنراتورها و چهارچوب های فلزی که در آن‌ها دستگاه ها نصب شده‌اند به وسیله این هادی به صورت یکپارچه به یکدیگر متصل می‌شوند و آماده اتصال به قسمت دیگر سیستم ارت می‌شوند. مقاومت هادی پیوستگی بایستی بسیار کم باشد. طبق قوانین IEEE، مقاومت سیم ارت باید کمتر از ۱Ω (اهم) باشد. اندازه این هادی نباید کمتر از ۱۴ SWG[۴] باشد.

۲. هادی اتصال به زمین[۵]

بعد از اینکه تمامی قسمت های سیستم الکتریکی ما به وسیله هادی پیوستگی به صورت یکپارچه درآمد، حال نوبت هادی اتصال به زمین است که این قسمت یکپارچه را به الکترود مخصوصی که قرار است در زمین دفن شود متصل کند. این هادی باید دارای حداقل اتصالات، راست و مستقیم (کشیده شده) بدون هیچ انحرافی باشد. به طور کلی برای هر دو هادی ذکر شده سیم مسی بهترین و کارآمد ترین گزینه برای استفاده می‌باشد. برای افزایش ضریب ایمنی از دو سیم مسی به عنوان هادی اتصال به زمین برای اتصال بدنه فلزی دستگاه ها به الکترود ارت استفاده می‌شود. یعنی اگر در سیستم ارتینگ از دو الکترود ارت استفاده کنیم

---

۳. Earth Continuity Conductor

۴. استاندار مربوط به ضخامت و اندازه سیم ها Standard Wire Gauge

۵. Earthing Lead

باید چهار سیم به عنوان هادی اتصال به زمین به کار ببریم تا ضریب ایمنی مورد نظر تامین شود. هر دو مسیر باید به درستی کار کنند و توان تحمل جریان خطا را داشته باشند. اندازه و ضخامت این هادی نباید کمتر از ۸ SWG باشد.

۳. الکترود زمین یا الکترود ارت[۶]

الکترود یا صفحه فلزی که در زمین مدفون شده و آخرین قسمت سیستم ارتینگ الکتریکی است. هادی اتصال به زمین کل سیستم الکتریکی ما را به این قسمت وصل می‌کند. این قطعه فلزی که به عنوان الکترود انتخاب می‌شود باید دارای مقاومت بسیار کمی باشد تا جریان را به راحتی به زمین منتقل کند. در اکثر موارد مس و آهن به عنوان الکترود ارت انتخاب می‌شوند.

- اندازه الکترود مس

اندازه طول و عرض۲ فوت و ضخامت ۱.۸ اینچ باید باشد. (اندازه طول و عرض ۶۰۰ میلی متر و ضخامت ۳۰۰ میلی متر)

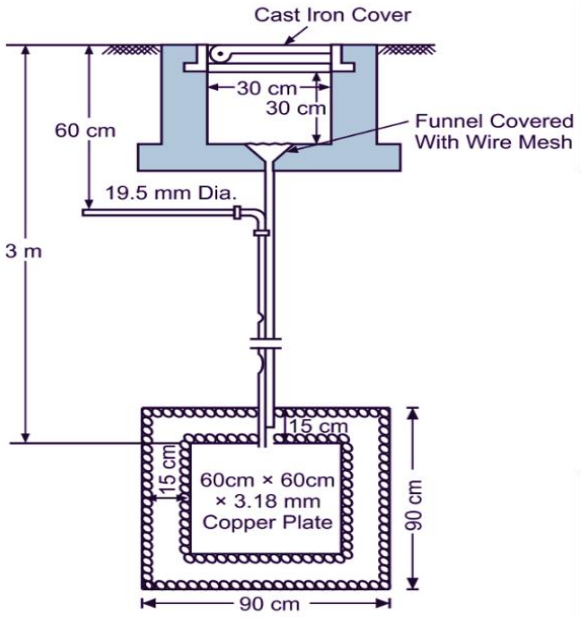
- اندازه الکترود آهن

اندازه طول و عرض۲ فوت و ضخامت ۰.۲۵ اینچ باید باشد. (اندازه طول و عرض ۶۰۰ میلی متر و ضخامت ۶ میلی متر)

انواع الکترود زمین

الف) الکترود صفحه‌ای[۷]

الکترود صفحه‌ای عبارت است از قطعه فلزی که شکل ظاهری آن به صورت صفحه است. اگر از جنس مس باشد ابعاد آن باید 60cm x 60cm x 3.18mm باشد ولی اگر از جنس آهن گالوانیزه باشد ابعاد آن باید 60cm x 60cm x 6.35 mm باشد. این الکترود باید به صورت عمودی در گودالی که عمق آن کمتر از ۳ متر (۱۰ فوت) نیست، مدفون شود.



شکل۱. الکترود صفحه‌ای

۶. Earth Electrode

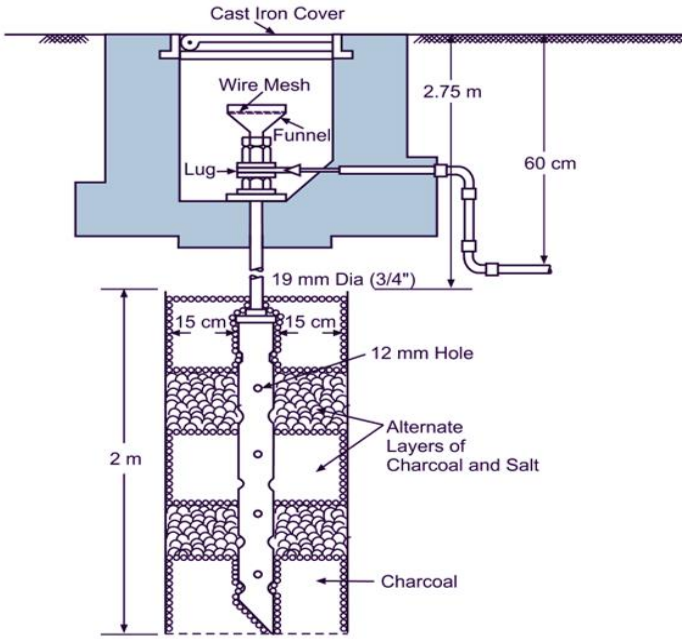
۷. Plate Earthing

ب) الکترود قائم

این نوع الکترود ها به صورت قائم و عمودی در خاک فرو می‌روند و دارای انواع مختلفی هستند که به شرح زیر است:

- الکترود لوله‌ای[۸]

رایج ترین نوع الکترود می‌باشد که در آن یک فولاد گالوانیزه و یک لوله سوراخ دار با طول و قطر معین به صورت عمودی در خاک مرطوب قرار می‌گیرند. اندازه لوله مورد استفاده بسته به شدت جریان و نوع خاک تغییر می‌کند. به طور معمول لوله مورد استفاده دارای ۴۰ میلی متر (۱.۵ اینچ) قطر و ۲.۷۵ متر (۹ فوت) طول برای خاک معمولی می‌باشد ولی این ابعاد با بیشتر شدن خشکی خاک و وجود سنگ بیشتر می‌شود. عامل تعیین کننده طول لوله رطوبت خاک می‌باشد.



شکل۲. الکترود لوله‌ای

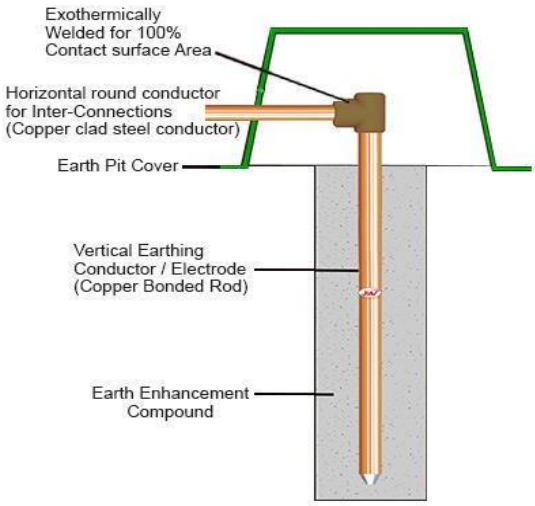
- الکترود میله‌ای[۹]

این همان الکترود لوله‌ای است ولی کمی متفاوت تر، اگر جنس میله مسی باشد باید قطر ۱۲.۵ میلی متر (۲/۱ اینچ) باشد، اگر جنس میله فولاد گالوانیزه باشد باید قطر ۱۶ میلی متر (۰.۶ اینچ) باشد و اگر لوله گالوانیزه استفاده شود باید قطر داخلی آن ۲۵ میلی متر (۱ اینچ) و طول آن بالای ۲.۵ متر (۸.۲ فوت) باشد. دفن شدن این میله ها در خاک به دو روش دستی یا به کمک چکش پنوماتیک انجام می‌شود.

---

۸. Pipe Earthing

۹. Rod Earthing



شکل ۳. الکترود میله‌ای

- الکترود واترمن

در این روش از لوله های واترمن با جنس گالوانیزه به عنوان الکترود استفاده می‌شود. مقاومت لوله ها باید بسیار کم باشد ولی علی‌رغم آن باید از گیره های ارت برای به حداقل رساندن مقاومت استفاده شود.

ج) الکترود افقی، نواری یا سیمی[۱۰]:

الکترود های نواری با سطح مقطع کمتر از ۲۵ در ۱.۶ میلی متر در ترانشه های افقی با حداقل عمق ۰.۵ متر دفن می‌شوند. اگر الکترود مسی باشد از سطح مقطع ۲۵ میلی متر در ۴ میلی متر (۱ اینچ در ۰.۱۵ اینچ) استفاده می‌شود و اگر الکترود از جنس آهن یا فولاد گالوانیزه باشد مساحت کل باید ۳ میلی متر مربع باشد. اگر از هادی های گرد و دایره‌ای شکل استفاده می‌کنید باید به این نکته توجه کنید که سطح مقطع آنها نباید خیلی کوچک باشد. طول هادی مدفون در زمین نباید کمتر از ۱۵ متر باشد.

انواع سیستم ارت

معمولا برای تقسیم بندی نحوه اتصال به زمین سیستم های برقی از دو حرف لاتین استفاده می‌شود. حرف اول نشانگر چگونگی اتصال به زمین سیستم تامین کننده الکتریسیته (منبع تغذیه: ژنراتور) که شامل T مخفف Terra (اتصال مستقیم به زمین) و I مخفف Isolation (متصل نبودن هیچ نقطه‌ای به زمین) و حرف دوم نشان دهنده چگونگی اتصال به زمین بدنه فلزی وسایل برقی و الکتریکی که شامل T (معرف اتصال به زمین) و N (به مفهوم اتصال به محل نصب که خودش به زمین متصل است) می‌باشد.

---

۱۰. Strip or Wire Earthing

جدول۱. شرح مفاهیم سیستم ارت

حرف اول	نشانگر شرایط اتصال منبع به زمین	T	اتصال هادی ارت به زمین
		I	ارتباط یک نقطه با زمین یا عایق بندی بخش های فعال زمین
حرف دوم	نشانگر شرایط اتصال بدنه فلزی تاسیسات و وسایل الکتریکی به زمین	T	اتصال مستقیم بدنه فلزی تجهیزات برقی به زمین
		N	اتصال مستقیم بدنه وسایل برقی به نقطه‌ای از زمین که شبکه تامین برق به آن وصل شده است.
حرف سوم	مخصوص سیستم TN نشانگر وضعیت هادی نول و هادی ارت	C	هادی نول و هادی ارت به هم وصل اند و نول و ارت مشترک به نام PEN را تشکیل داده‌اند.
		S	هادی نول و هادی ارت جدا از هم هستند و به صورت مستقل نصب می‌شوند.

انواع سیستم ارت به شرح زیر می‌باشد:

۱. سیستم TN

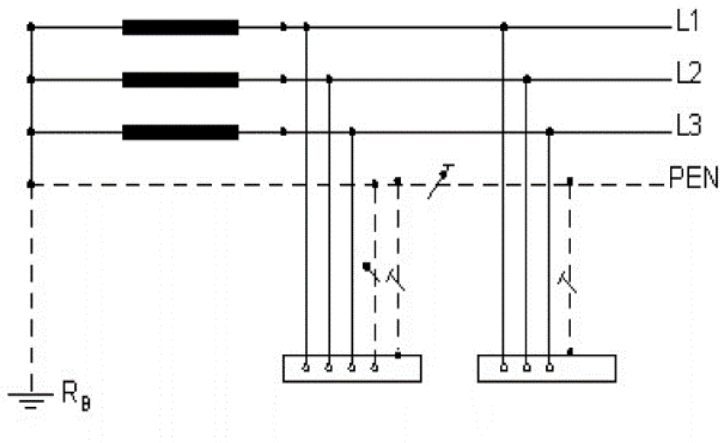
در سیستم TN یک نقطه از ژنراتور یا ترانسفورماتور به زمین متصل می‌شود که در سیستم های سه فاز معمولا مرکز ستاره ترانسفورماتور یا ژنراتور می‌باشد و بدنه وسایل الکتریکی توسط اتصال به زمین ژنراتور، به زمین متصل می‌شوند.

حفاظت زمین (PE): هادی که بدنه فلزی تجهیزات مصرف کننده برقی را به زمین متصل می‌کند.

نول: هادی نول یا Neutral که به اختصار با حرف N نشان داده می‌شود درسیستم های سه فاز مرکز ستاره سیستم را به زمین متصل می‌کند و در سیستم های تک فاز جریان برگشتی را انتقال می‌دهد.

الف) سیستم TN-C

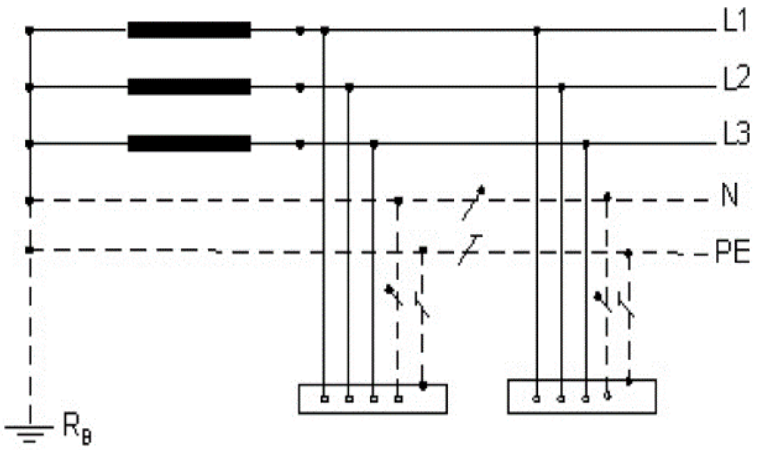
در این سیستم نول و ارت مشترک هستند به طوری که شینه نول به چاه ارت متصل می‌شود. سیم PEN هم به عنوان سیم خنثی یا همان نول مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم بدنه را برای حفاظت به زمین متصل می‌کند.



شکل ۴. TN-C

ب) سیستم TN-S

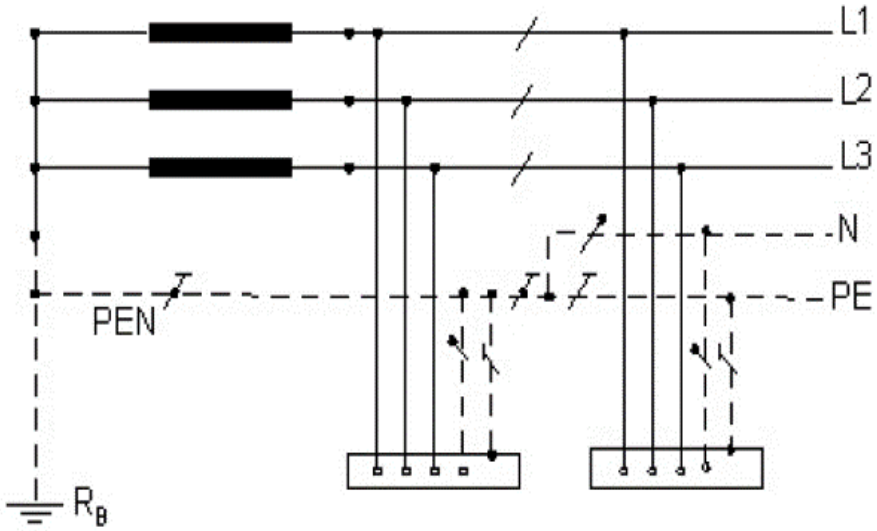
در این سیستم نول و ارت از هم جدا هستند اما باید سیم خنثی (نول) به شینه چاه ارت متصل باشد.



شکل۵. TN-S

پ) سیستم TN-C-S

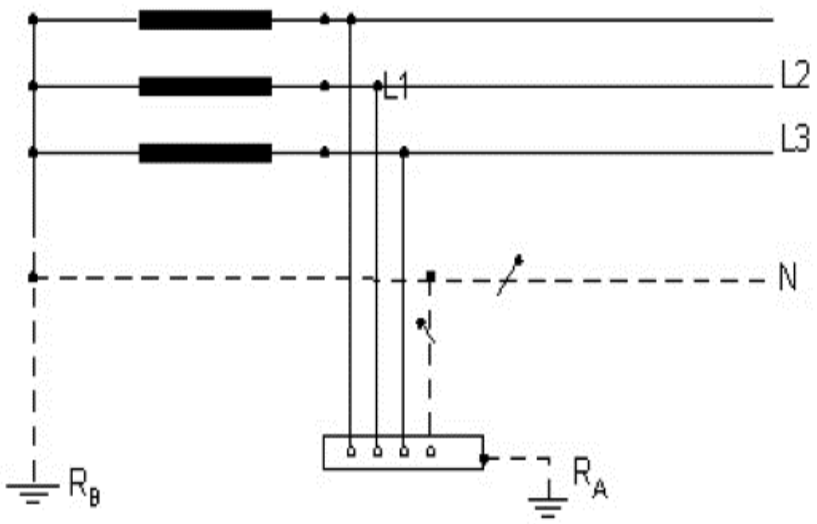
در این سیستم در ابتدا نول و ارت یک سیم PEN مشترک هستند ولی بعد از طی کردن مسافتی تبدیل به دو سیم جداگانه PE و N می‌شوند.



شکل۶. TN-C-S

۲. سیستم TT

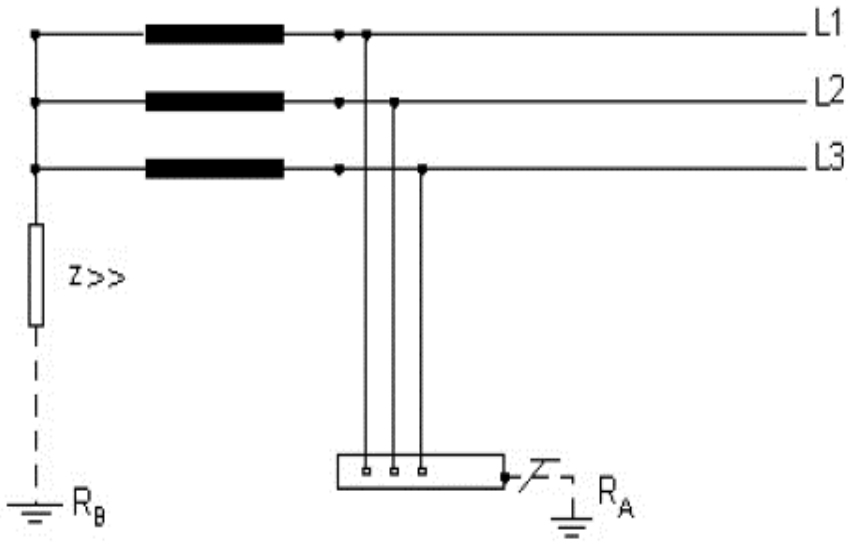
در سیستم TT منبع تامین برق (ژنراتور) به زمین متصل شده است و بخش های رسانای تاسیسات مانند بدنه فلزی دستگاه ها از طریق یک یا چند الکترود محلی به زمین متصل شده‌اند. این الکترود های محلی هیچ تماس مستقیمی با سیستم ارتینگ منبع ندارند. این سیستم برای تاسیسات سه فاز و تک فاز قابل استفاده می‌باشد.



شکل ۶. TT

۳. سیستم IT

این سیستم معمولا در شبکه های سه فاز مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک منبع سه فاز یا بدون تماس با زمین و یا از طریق تماس با زمین به کمک امپدانس بالا و مناسب، به طور کامل ایزوله می‌شود. بخش های رسانا به وسیله ی یک یا چند الکترود محلی به زمین متصل می‌شوند. این الکترود های محلی هیچ ارتباط مستقیمی با منبع ندارند.



شکل ۷. IT

چاه ارت

شکل۸. چاه ارت

بخش نهایی سیستم ارت که تمام تشکیلات و سیستم هایی که در صفحات قبل ذکر شده است در نهایت به آن برای انتقال نشتی جریان یا جریان خطا به زمین متصل می‌شوند، چاه ارت می‌باشد. کلیه طراحی ها و اقداماتی که در سیستم ارتینگ انجام می‌شود با چاه ارت معنی پیدا می‌کند زیرا محل تخلیه و خنثی سازی خطای ایجاد شده در سیستم توزیع برق این چاه است. برای ایجاد این چاه باید گودالی با قطر و عمق مناسب، مطابق با استاندارد تعیین شده برای الکترودی که قرار است استفاده کنیم و شرایط زمین (خاک) حفر شود. بعد از حفر گودال الکترود تعیین شده درون آن قرار می‌گیرد، اتصالات لازم بین الکترود و هادی اتصال به زمین انجام می‌گیرد، اطراف الکترود به وسیله الکترولیت مخصوص پر شده و با خاک پوشیده می‌شود. توجه به ۲ مورد در امر احداث چاه ارت از اهمیت بسزایی برخوردار است:

الف) نوع خاک

جنس و نوع خاکی که چاه قرار است در آن احداث شود بسیار مهم است و برای اینکه بتواند به راحتی جریان مورد نظر را از خود عبور دهد باید حداقل مقاومت را داشته باشد. هنگام طراحی داشتن اطلاعات قابل اعتماد در مورد مقاومت خاک مورد نظر ضروری است. این اطلاعات دقیق فقط از طریق بررسی، اندازه گیری و استفاده از نمودار های مرجع امکان پذیر است. مقاومت خاک به عوامل زیادی مانند جنس و ترکیبات (نمک ها، اسید ها و قلیا ها) خاک، چگالی، رطوبت، دما و ناخالصی های موجود در خاک بستگی دارد اما مقاومت ویژه خاک عمدتاً به جنس خاک وابسته است. همه این پارامتر ها در طول سال دچار تغییراتی می‌شوند که مقاومت خاک را دستخوش تغییر می‌کنند. درست است که می‌توان با به کار گیری تعداد زیادی الکترود مقاومت سیستم ارتینگ را به اندازه دلخواه کاهش داد ولی اگر مقاومت خاک بالا باشد تعداد الکترودی که باید استفاده شود بسیار زیاد خواهد بود و این امر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست. در این مقوله خاکی خوب است که دارای مقاومت کم باشد مانند خاک سیاه با مقاومت ۸۰ اهم متر، خاک رس با مقاومت ۱۰ اهم متر، ماسه که مقاومت آن به شدت به رطوبت بستگی دارد و در گستره ۱۰ تا ۴۰۰۰ اهم متر متغیر است. (رطوبت بیشتر، مقاومت کمتر)

خاک مناسب جهت احداث چاه ارت	خاک نامناسب جهت احداث چاه ارت
۱. زمین های باتلاقی	۱. زمین های خشک
۲. زمین های رسی	۲. زمین های ماسه‌ای خالص
۳. چمن‌زارها	۳. زمین های دارای لایه های سنگی گسترده
۴. زمین های شنی تر (مرطوبت)	

نکته

۱. در خاک های حاوی سنگ یا لایه های سنگی مقاومت می‌تواند به چندین هزار اهم متر برسد یعنی وجود سنگ باعث افزایش مقاومت خاک می‌شود.

۲. هنگامی که خاک با آب آغشته می‌شود، مقاومت آن کاهش پیدا می‌کند. هر چه‌قدر رطوبت خاک بیشتر باشد، مقاومت خاک کمتر خواهد بود.

۳. زمانی که آب یا رطوبت موجود در خاک منجمد شود مقاومت خاک چندین برابر افزایش پیدا می‌کند. این موضوع بیانگر این حقیقت است که کاهش دما باعث افزایش مقاومت خاک می‌شود.

ب) آماده سازی محل نصب الکترود

در اکثر مواقع نوع خاکی که با آن مواجه هستیم مطابق میل ما نیست و دارای ویژگی هایی است که شرایط را برای ما سخت می‌کند به همین خاطر ما باید اقدامات و فعالیت هایی جهت کاهش مقاومت خاک مذکور انجام دهیم تا چاه ارت ما به بهترین حالت ممکن (کمترین مقاومت) آماده فعالیت شود. بهترین و کارساز ترین اقدام، پر کردن چاه به وسیله موادی است که دارای مقاومت ویژه پایین هستند. این مواد عبارت‌اند از مواد شیمیایی خاص و عدم خورنده (برای مثال از خاکستر کک که یک ماده خورنده بسیار قوی می‌باشد نمی‌توان استفاده کرد زیرا باعث تخریب الکترود می‌شود.)، نمک و الکترولیت های مخصوص.

موادی که در این زمینه بهترین کارایی را دارند:

- مخلوط ذغال و نمک (یک روش سنتی با بازده عالی)
- بنتونیت[۱۱] : نوعی خاک معدنی آتشفشانی که حداقل ۸۵٪ ساختار آن را خاک رس تشکیل داده است. این ماده در صورت تماس با آب و مایعات متورم می‌شود. این ماده در برابر جریان الکتریسیته مقاومت کمی دارد به همین خاطر از دوغاب آن برای پر کردن اطراف میله های الکترود استفاده می‌شود و جایگزین بسیار مناسب و ارزان قیمت ذغال و نمک می‌باشد.
- بتن و همچنین بتنی که با سیمان هادی ایجاد می‌شود. سیمان هادی همان سیمان معمولی است با این تفاوت که به جای ماسه از گرانول های کربن یا خاکه ذغال در آن استفاده شده است.
- ماده شیمیایی کاهنده LOM مخفف عبارت Low Ohm Material که به شکل پودر می‌باشد، هدایت الکتریکی بالایی دارد و در اطراف الکترود ها ریخته می‌شود. این ماده اثرات زیست محیطی مخرب ندارد.

---

[۱۱] . Bentonite

- ماده شیمیایی کاهنده GRM : این ماده متشکل از مواد معدنی و شیمیایی با پایه کربن می‌باشد که هدایت الکتریکی بسیار بالایی دارد. مقاومت ویژه آن بسیار پایین است و دارای چسبندگی فوق العاده و خاصیت ضد خورندگی می‌باشد.

نکته: آماده سازی مناسب و درست محل نصب الکترود علاوه بر اینکه به عملکرد خوب چاه منجر می‌شود، عمر مفید چاه را نیز افزایش می‌دهد.

شکل۹. پودر ذغال به همراه نمک الکترولیت مناسبی برای چاه ارت می‌باشد.

الزامات مهم در احداث چاه ارت

- چاه باید با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم پر شود.
- ۵۰ سانتی متر از کف تمام شده ارتفاعی است که شینه مسی باید نصب شود.
- شینه‌ای که داخل اتاق قرار می‌گیرد تا حد امکان باید به دستگاه‌ها نزدیک باشد.
- از هر دستگاهی سیم ارت باید به صورت جداگانه به شینه متصل شود.
- اگر در محل احداث چاه جدید، چاه قدیمی هم حضور داشت، چاه قدیم باید در عمق خاک به چاه جدید متصل شود.
- سیم ارت بر روی زمین باید دارای روکش و در داخل چاه باید بدون روکش و مستقیم باشد.

فرآیند احداث یک سیستم ارت

۱. یک گودال به ابعاد (1.5×1.5m) 5x5ft و عمق (6-9 meters) 20-30ft در زمین حفر کنید. (توجه به این نکته ضروری است که عمق و عرض بستگی به ماهیت و ساختار زمین دارد.)

۲. یک صفحه مسی به ابعاد ((600x600x300 mm) (2in x 2in x 1/8”)) را در گودال به صورت عمودی دفن کنید.

۳. برای هر الکترود از دو سیم ارت استفاده کنید که به دو محل متفاوت روی الکترود وصل شود و آن‌ها را به وسیله پیچ و مهره محکم کنید.

۴. برای محافظت از خوردگی اتصالات از گریس استفاده کنید.

۵. اطمینان حاصل کنید که لوله به اندازه ۱ فوت (۳۰ سانتی متر) بالاتر از سطح زمین قرار بگیرد.

۶. برای حفظ رطوبت یک لایه به ارتفاع ۱ فوت (۳۰ سانتی متر) از ذغال چوب پودری و مخلوط آهک در اطراف الکترود ریخته می‌شود.

۷. هر دستگاه باید از دو مکان مختلف ارت شود. (حداقل فاصله بین دو الکترود باید ۱۰ فوت (۳ متر) باشد.)

۸. هادی پیوستگی که به بدنه و قسمت های فلزی تجهیزات متصل می‌شود باید محکم به هادی اتصال به زمین متصل شود.

۹. سیستم کلی ارت را به وسیله ارت تستر آزمایش کنید بعد از تایید شدن کارایی و صحت عمل سیستم شما، گودال را پر کنید. حداکثر مقاومت مجاز برای سیستم ارتینگ ۱Ω (اهم) می‌باشد اگر ارت تستر مقاومت را بیشتر از ۱ اهم نشان داد قطر هادی های مورد استفاده را افزایش دهید تا مشکل حل شود. (توجه کنید که قطر باید افزایش پیدا کند نه طول)

۱۰. انتهای خارجی لوله ها را باز نگه دارید تا هر چند وقت یکبار به وسیله آن به محیط اطراف الکترود آب ریخته شود و رطوبت اطراف الکترود حفظ شود.

منابع

1) https://www.electricaltechnology.org/2015/05/earthing-and-electrical-grounding-types-of-earthing.html

2) https://mrpower.ir/%D8%A7%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%B9-%D8%B3%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D9%85-%D8%A7%D8%B1%D8%AA%DB%8C%D9%86%DA%AF

3) /https://zandz.com/en/library/soil-resistance-and-grounding

لینک آیین نامه

https://hamyarhse.ir/blog/%D8%A2%DB%8C%DB%8C%D9%86-%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%AD%D9%81%D8%A7%D8%B8%D8%AA-%D9%81%D9%86%DB%8C-%D9%88-%D8%A8%D9%87%D8%AF%D8%A7%D8%B4%D8%AA-%DA%A9%D8%A7%D8%B1/P324-%D8%A2%DB%8C%DB%8C%D9%86-%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%B3%DB%8C%D8%B3%D8%AA%D9%85-%D8%A7%D8%AA%D8%B5%D8%A7%D9%84-%D8%A8%D9%87-%D8%B2%D9%85%DB%8C%D9%86-%D8%A7%D8%B1%D8%AA%DB%8C%D9%86%DA%AF.html