



مشخصات، مواد و نحوه حفر چاه ارت

در سایتهای کامپیوترا زمین مناسب از دو بابت حائز اهمیت می باشد:

الف - حفاظت در مقابل صاعقه و اضافه ولتاژها

ب - هم پتانسیل بودن تجهیزات نصب شده در سایت و کار کرد صحیح آنها بخصوص تجهیزات دیجیتال و انتقال دیتا با توجه به بکارگیری تجهیزات کامپیوترا جدید لازم است به موضوع ارت و روش اجرای اصولی آن اهمیت بیشتری داده شود تا در آینده از آسیب رسیدن به نیروی انسانی و تجهیزات کامپیوترا پیشگیری شده و از عملکرد صحیح تجهیزات اطمینان داشته باشیم .

لزوم استفاده از سیستم ارت :

به منظور حفاظت افراد و دستگاهها ، اضافه ولتاژهای تولید شده در بدنه که باعث صدمه دیدن دستگاهها و افراد می شود ، همچنین ولتاژهای بسیار زیاد و خطرناک ناشی از برخورد صاعقه با دکلهای کامپیوترا را باید در جایی خنثی نمائیم . به همین منظور استفاده از سیستم ارت و حفاظت از تجهیزات بسیار لازم و ضروری است بعلاوه با افزایش استفاده از سیستمهای دیجیتالی و حساس ، لزوم بازنگری در طراحی ، نصب و نگهداری سیستمهای حفاظتی گراندینگ وجود دارد. به طور خلاصه اهداف بکارگیری سیستم ارتینگ یا گراندینگ عبارتند از :

الف - حفاظت و ایمنی جان انسان

ب - حفاظت و ایمنی وسایل و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی

ج - فراهم آوردن شرایط ایدهال جهت کار

د - جلوگیری از ولتاژ تماسی

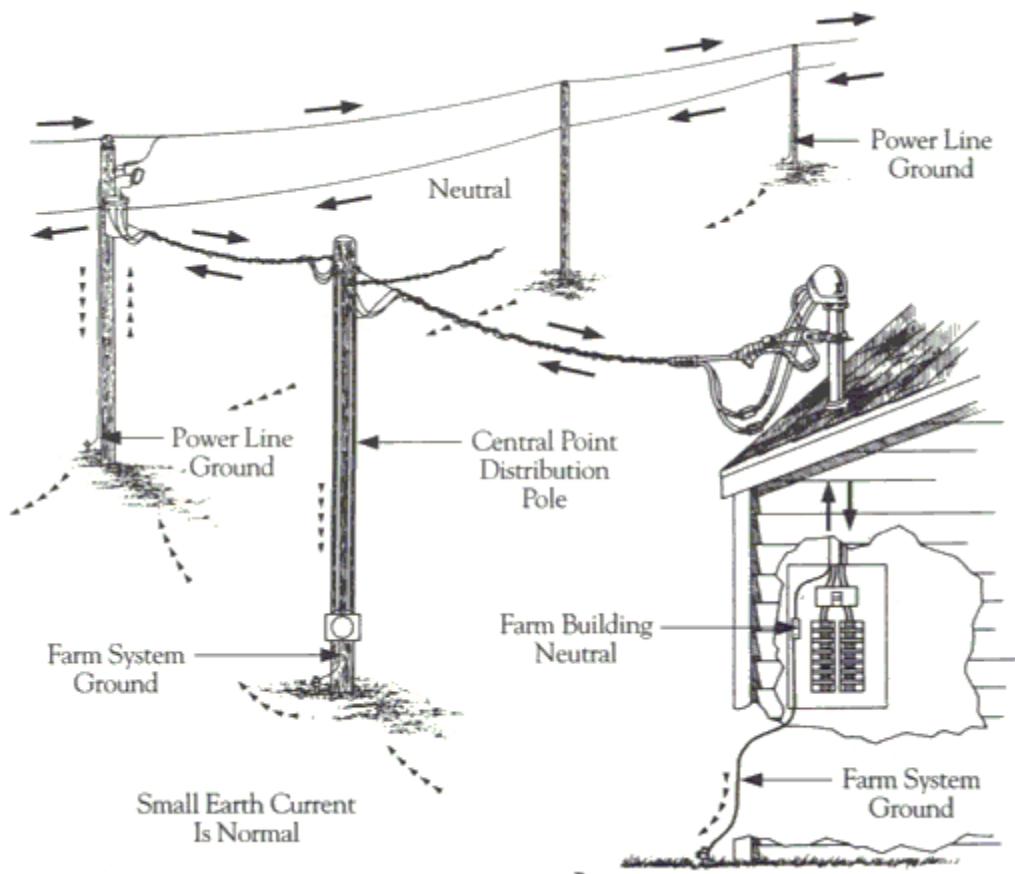
ه - حذف ولتاژ اضافی

و - جلوگیری از ولتاژهای ناخواسته و صاعقه

ز - اطمینان از قابلیت کار الکتریکی

الف - انتخاب محل چاه ارت

چاه ارت را باید در جاهایی که پایین ترین سطح را داشته و احتمال دسترسی به رطوبت حتی الامکان در عمق کمتری وجود داشته باشد و یا در نقاطی که بیشتر در معرض رطوبت و آب قرار دارند مانند زمینهای چمن ، باغچه‌ها و فضاهای سبز حفر نمود.



ب- عمق چاه

با توجه به مقاومت مخصوص زمین ، عمق چاه از حداقل ۴ متر تا ۸ متر و قطر آن حدودا ۸۰ سانتیمتر می تواند باشد. در زمین هایی که با توجه به نوع خاک دارای مقاومت مخصوص کمتری هستند مانند خاکهای کشاورزی و رسی عمق مورد نیاز برای حفاری کمتر بوده و در زمینهای شنی و سنگلاخی که دارای مقاومت مخصوص بالاتری هستند نیاز به حفر چاه با عمق بیشتر می باشد. برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک از دستگاههای خاص استفاده می گردد. در صورتی که تا عمق ۴ متر به رطوبت نرسیدیم و احتمال بدھیم در عمق بیشتر از ۶ متر به رطوبت نخواهیم رسید نیازی نیست چاه را بیشتر از ۶ متر حفر کنیم . بطور کلی عمق ۶ مترو قطر حدود ۸۰ سانتیمتر برای حفر چاه پیشنهاد می گردد. محدوده مقاومت مخصوص چند نوع خاک در جدول زیر آمده است.

نوع خاک	مقاومت مخصوص زمین (اهم)
باغچهای	۵۰ الی ۵۰
رسی	۵۰ الی ۸
مخلوط رسی ، ماسه ای و شنی ۲۵ الی ۴۰	۱۰۰ الی ۶۰
شن و ماسه	۱۰۰۰۰ الی ۲۰۰
سنگلاخی و سنگی	

ج - مصالح مورد نیاز:

مصالح مورد نیاز و مشخصات آن برای اجرای چاه در جدول زیر آمده است.

ردیف	نوع جنس	توضیحات
۱	سیم مسی نمره ۵۰ متر	۷ رشتہ
۲	کابلشو نمره ۵۰	جهت اتصال سیستم ارت به شینه داخل سایت
۳	لوله پلی اتیلن ۱۰ اتمسفر	برای ایجاد پوشش عایق روی سیم مسی در محوطه و محل تردد
۴	شینه مسی به ابعاد ۳۰*۳۰ میلیمتر	برای نصب در داخل سایت و اتصال دستگاهها به آن
۵	صفحه مسی ۵۰*۵۰*.۵	مورد استفاده در چاه
۶	بست سیم به صفحه مسی	به منظور محکم کردن اتصال سیم روی صفحه مسی
۷	بنتونیت اکتیو کیلو	برای پرکردن چاه

نکته : صفحه مسی به ابعاد ۵/۴۰*۴۰ سانتیمتر برای مناطق شمالی کشور و ۵/۵۰*۵۰ سانتیمتر برای مناطق نیمه خشک مانند تهران و ۵/۵۰*۷۰ سانتیمتر برای مناطق کویری استفاده شده باشد . از صفحه مسی با ضخامت ۳ یا ۴ میلیمتر نیز می توان استفاده نمود.

د - اتصال سیم به صفحه مسی : اتصال سیم به صفحه مسی بسیار مهم می باشد و هرگز و در هیچ شرایطی نباید این اتصال تنها با استفاده از بست ، دوختن سیم به صفحه و یا ... برقرار گردد بلکه حتما باید سیم به صفحه جوش داده شود و برای استحکام بیشتر با استفاده از ۲ عدد بست سیم به صفحه بسته شده و محکم گردد .

برای جوش دادن قطعات مسی به یکدیگر از جوش برج یا نقره استفاده شود و در صورت عدم دسترسی به این نوع جوش از جوش (Cad weld) استفاده گردد .

۵ - حفر چاه ارت:

با توجه به شرایط جغرافیایی منطقه چاهی با عمق مناسب و در مکان مناسب (با توجه با راهنمای انتخاب محل چاه ارت) حفر گردد. شیاری به عمق ۰۶ سانتیمتر از چاه تا پای دکل برای مسیر سیم چاه ارت تا برقگیر روی دکل همچنین برای سیم ارت داخل ساختمان حفر نمائید. در صورتی که مسیر ۲ سیم مشترک باشد بهتر است مسیر دو سیم ایزوله گردند. همینطور مسیر سیمهای باید کوتاهترین مسیر بوده و سیم میله برقگیر و ارت حتی الامکان مستقیم و بدون پیچ و خم باشد و نبایستی خمها تند داشته باشد و در صورت نیاز به خم زدن سیم در طول بیش از ۵۰ سانتیمتر انجام گردد.

و - پر نمودن چاه ارت:

- ۱- حدود ۲۰ لیتر محلول آب و نمک تهیه و کف چاه میریزیم بطوریکه تمام کف چاه را در برگیرد بعد از ۲۴ ساعت مراحل زیر را انجام می دهیم .
- ۲- به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از ته چاه را با خاک رس و یا خاک نرم پر مینمائیم .
- ۳- به مقدار لازم (حدود ۴۵۰ کیلو گرم معادل ۱۵ کیسه ۳۰ کیلو گرمی) بنتونیت را با آب مخلوط کرده و بصورت دوغاب در میاوریم و مخلوط حاصل را به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از کف چاه میریزیم هر چه مخلوط حاصل غلیظ تر باشد کیفیت کار بهتر خواهد بود .
- ۴- صفحه مسی را به ۲ سیم مسی نمره ۵۰ جوش میدهیم این سیمهای یکی به میله برقگیر روی دکل و دیگری به شینه داخل ساختمان خواهد رفت بنابراین طول سیم ها را متناسب با طول مسیر انتخاب می نمائیم .
- ۵- صفحه مسی را بطور عمودی در مرکز چاه قرار می دهیم

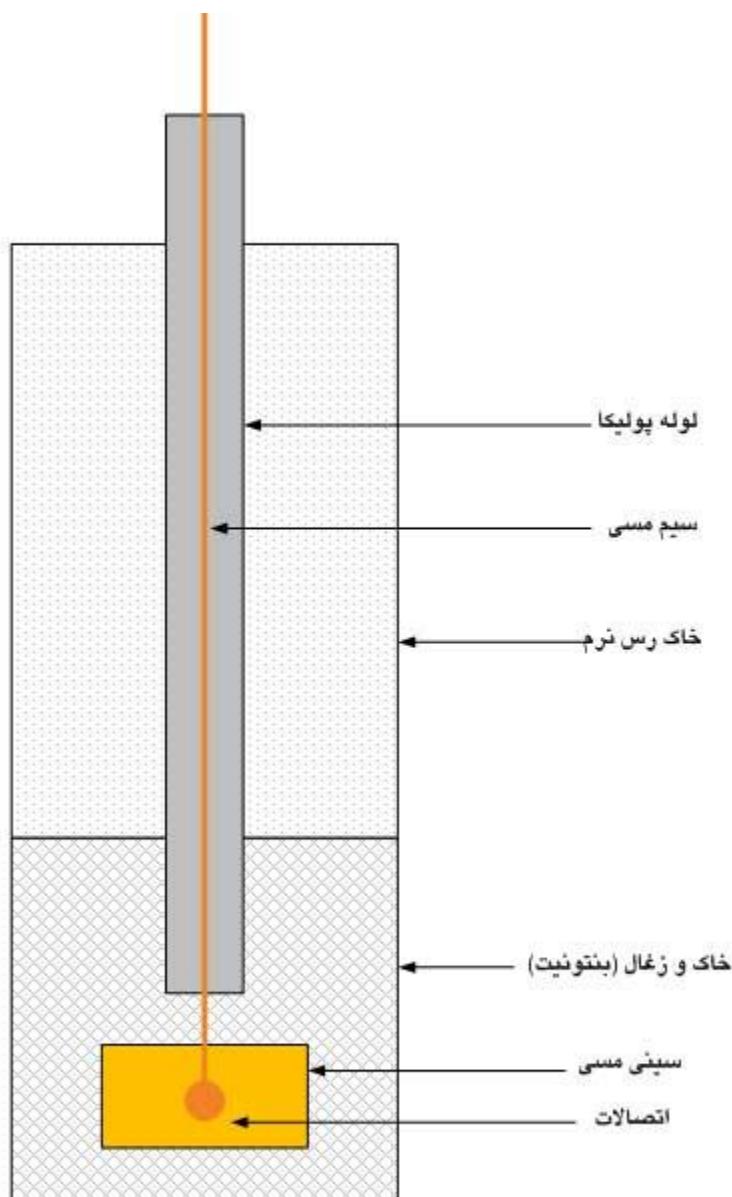
۶- اطراف صفحه مسی را با دوغاب تهیه شده تا بالای صفحه پر می نمائیم

۷- لوله پلیکای سوراخ شده را بطور مورب در مرکز چاه و در بالای صفحه مسی قرار می دهیم و داخل لوله پلیکا را شن میریزیم تا ۵۰ سانتیمتر از انتهای لوله پر شود این لوله برای تامین رطوبت ته چاه می باشد و در فصول گرم سال تزریق آب از این لوله بیشتر انجام گردد. لازم بذکر است در مواردی که چاه ارت در باعچه حفر شده باشد و یا ته چاه به رطوبت رسیده باشد و یا کلا در جاهایی که رطوبت ته چاه از بالای چاه یا از پایین چاه تامین گردد نیازی به قراردادن لوله نمی باشد.

۸- بعد از قراردادن لوله پلیکا به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از بالای صفحه مسی را با دوغاب آماد شده پر مینمائیم.

۹- الباقی چاه را هم تا ۱۰ سانتیمتر بر سر چاه مانده ، با خاک معمولی همراه با ماسه یا خاک سرند شده کشاورزی پر می نمائیم و ۱۰ سانتیمتر از چاه را برای نفوذ آب باران و آبهای سطحی به داخل چاه با شن و سنگریزه پر می نمائیم . روئ چاه مخصوصا در مواقعی که از لوله پولیکا استفاده نمی گردد نباید آسفالت شده و یا با سیمان پر گردد

۱۰- داخل شیار های حفاری شده را با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم معمولی و یا خاک معمولی مخلوط با بنتونیت پر نماید.



نمای شماتیک چاه ارت

مقاومت ویژه خاک و عوامل وابسته به زمین

در صورت روبرو شدن با خاک دستی، لازم است تا رسیدن به عمق خاک بکر و بیشتر پیش رفت. زیرا خاک دستی قابل اطمینان نبوده و در احداث الکترود زمین نباید به حساب آورده شود.

تأثیر آماده سازی محل احداث الکترود زمین

در بعضی موارد، برای کم کردن مقاومت اتصال به زمین ممکن است لازم باشد اقدام به آماده سازی و یا حتی تعویض خاک شود. آماده سازی خاک با استفاده از مواد شیمیایی انجام می شود. در این صورت لازم است ترتیبی اتخاذ شود که در نتیجه کم شدن و شسته شدن املاح در طول زمان، آماده سازی پیوسته در حال تجدید و یا تکمیل باشد. تا از کارآیی اتصال زمین کاسته نشود. از طرف دیگر در انتخاب روش آماده سازی برای هر موقعیت، لازم است محیط زیست و اثری را که مواد شیمیایی در آن باقی خواهد گذارد، به حساب آورد.

برای ایجاد یک اتصال زمین با عمری طولانی، شاید لازم باشد زمینی را که بلافاصله در اطراف الکترود قرار دارد با خاک یا ماده ای که مقاومت ویژه آن کم است، تعویض نمود. بهترین نمونه های این نوع آماده سازی عبارتند از:

- بتونیت

- بتون

- بتون خاص با سیمان هادی که در آن از گرانولهای کربن یا خاکه ذغال به جای ماسه استفاده می شود. این نوع آماده سازی مخصوصاً در زمینهای سنگی و زمینهایی که لایه سنگی در نزدیکی سطح آن قرار دارد بسیار موثر می باشد.

- روش سنتی، با استفاده از مخلوطی از نمک و ذغال.

استفاده از خاکستر کک به علت خاصیت خوردنگی شدید آن برای آماده سازی توصیه نمی شود.

اثر شکل الکترود بر مقاومت اتصال زمین

نظر به اینکه بیشترین افت ولتاژ در یک سیستم الکترود زمین، در حجم خاکی اتفاق می‌افتد که در فاصله حدود یک متری از سطح الکترود قرار دارد (تراکم جریان در این ناحیه بیشترین مقدار را دارد)، لذا برای بدست آوردن حداقل مقاومت نسبت به زمین، لازم خواهد بود تراکم جریان در حجم ناحیه‌ای که در مجاورت الکترود قرار دارد، تا حدی که ممکن است کم باشد و سیستم به نحوی طرح شود که تراکم جریان با دور شدن از الکترود، به سرعت کم شود. برای رسیدن به این هدف لازم خواهد بود یکی از ابعاد حجم الکترود نسبت به دو بعد دیگر آن بزرگترین مقدار را داشته باشد. مثلاً استفاده از یک میله یا سیم یا تسمه نسبت به یک صفحه با همان سطوح جانبی، ارجحیت دارد.

توجه شود که مقاومت یک الکترود با عکس مساحت جانبی آن نسبت مستقیم ندارد.

بررسی خصوصیات الکترودهای متداول و مقاومت آنها

الکترودهای اتصال به زمین را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد:

-الکترودهای مصنوعی، و

-الکترودهای موجود یا طبیعی

الکترودهای مصنوعی

الکترودهای مصنوعی آنها بی‌هستند که فقط با هدف ایجاد اتصال به زمین برای تاسیسات الکتریکی نصب می‌شوند.

الکترودهای مصنوعی را، از نظر نحوه استقرار آنها در زمین، می‌توان به سه گروه تقسیم نمود:

-الکترودهای صفحه‌ای

-الکترودهای قائم

-الکترودهای افقی

الکترودهای موجود

الکترودهای موجود آنهایی هستند که با هدفی دیگر در زمین نصب شده اند و ممکن است در صورت وجود شرایط لازم برای ایجاد اتصال به زمین از آنها به عنوان الکترود استفاده کرد.

الکترودهای موجود شناخته شده به قرار زیر می باشند:

-غلافهای هادی کابلها

-اجزای فلزی سازه ها

-سپرهای فلزی و میلگردهای شمعهای بتني

-لوله کشی آب

-لوله کشی های فلزی دیگر

-هر گونه تاسیسات زیرزمینی فلزی که در تماس با زمین بوده و مانعی برای استفاده از آن به عنوان الکترود زمین وجود نداشته باشد.

الکترودهای صفحه ای کم عمق

در مناطقی از دنیا که بطور کلی جوی نمناک دارند، استفاده از الکترودهای صفحه ای عمیق مرسوم نیست زیرا علت اصلی دفن صفحه الکترود در عمق بیشتر دستیابی به نم بیشتر و مقاومت ویژه کمتر زمین است.

در این گونه مناطق، الکترودها معمولاً از مس با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر یا آهن گالوانیزه گری با ضخامت حداقل ۳ میلیمتر است. در انگلستان جنس صفحه مورد استفاده برای این الکترودها معمولاً چدن موجودار یا دنده دار است به ضخامت حداقل ۱۲ میلیمتر و به ابعاد $1 \times 2,2$ متر.

اتصال هادی زمین به صفحه زمین باید دست کم در دو نقطه مجزا انجام و برای هادی زمین و صفحه الکترود از دو جنس مختلف، محل اتصالها با ماده ای قیر مانند اندود شود تا این نقاط از عوارض الکتروولیتی در امان بمانند. در مواردی که امکان خوردگی سریع هادی زمین وجود داشته یا هادی زمین با مقطع کم

انتخاب شده باشد، توصیه می شود هادی زمین از نوع عایقدرا باشد تا از خوردگی سریع آن دراثر عوارض الکترولیتی پیشگیری شود. البته در این صورت سهم هادی لخت در کم کردن مقاومت زمین از دست خواهد رفت.

اگر یک الکترود صفحه ای مقاومت لازم را ارائه نداد، میتوان از چند صفحه به صورت موازی استفاده کرد. برای رسیدن به حداقل مقاومت با صفحات موازی ، قاعدهاً لازم است حداقل فاصله الکترودها نسبت به هم ۱۰ متر ، ولی با توجه به عمق کم دفن، حداقل فاصله موثر آنها را می توان حتی تا ۲ متر تقلیل داد .در این صورت مقاومت مجموعه دو صفحه نسبت به مقدار بدست آمده از محاسبه(با استفاده از رابطه بالا)، بیش از حدود ۲۰٪ تفاوت نخواهد داشت.

توصیه بعضی مقامات دیگر برای حفظ مقاومت الکترودها در حد معقول این است که هنگام نصب چند الکترود صفحه ای به صورت موازی ، فاصله ای به مقدار سه برابر بزرگترین بعد صفحه ، بین آنها برقرار شود. در مورد بعضی از لایه های خاک با مقاومت ویژه زیاد ، آمده سازی محل دفن الکترود بجا خواهد بود.

الکترودهای صفحه ای عمیق

در بالا گفته شد که علت دفن الکترود در عمق زیاد(بیش از حدود ۳ متر)، رسیدن به لایه های نمناک زمین با مقاومت ویژه کمتر است.

بدیهی است که دفن صفحه در عمق زیاد علاوه بر تحمیل مخارج اضافی اولیه، این اشکال را در بر دارد که برای کم کردن مقاومت از راه دفن بیش از یک صفحه، لازم خواهد بود فاصله این صفحات نسبت به هم خیلی بیشتر از ۲ متر و یا سه برابر بزرگترین بعد صفحه – که در بالا برای صفحات کم عمق گفته شده است- باشد.

از طرف دیگر قسمت قائم الکترود باید به حساب آورده شود که در کم کردن مقاومت آن نقش عمده دارد و در واقع عکس مقاومت کل تقریباً برابر مجموع عکس دو مقاومت صفحه ای و قائم (سیم اتصال) خواهد بود.

با بالا رفتن دستمزدها در سالهای اخیر، مخارج نصب الکترودهای عمیق صفحه ای زیاد شده است و شاید موقع آن فرا رسیده باشد که تجدید نظر عمدۀ ای در انتخاب نوع الکترود متداول به عمل آید. بدیهی است که در این امر پیش قدمی عوامل وزارت نیرو مطلوب خواهد بود.

الکترودهای قائم

الکترودهای قائم از متداول ترین نوع الکترود می باشند مخصوصاً در مواردی که فضای افقی کافی در دسترسی نباشد یا برای کم کردن مقاومت زمین، الکترودهای قائم و افقی با هم بکار روند.

ساختمان و جنس الکترودهای قائم

جنس الکترودهای قائم با توجه به نحوه نصب آنها و امکانات دیگر به قرار زیر است:

ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش کوبیدن نصب می شوند:

-الکترودهای میله ای از مس سخت

-الکترودهای میله ای با هسته فولاد و روکش مس عجین شده با هسته فولادی (مشابه Copperweld)

-الکترودهای میله ای از فولاد ضد زنگ

-الکترودهای میله ای از فولاد گالوانیزه گر (لوله آب)

-الکترودهای لوله ای از چدن

قطر الکترودهای کوبیده شده حدود ۹،۱۲،۵،۱۵، یا ۱۶ میلیمتر اس. کاپرولد مانوس که متداول‌ترین الکترود از

این نوع است، دارای منشاء اینچی می باشد و لذا اندازه های آن به میلیمتر، قدری مأнос به نظر می آید.

طول الکترودهای استاندارد ممکن است ۱،۲ تا ۱،۵ متر باشد. اغلب الکترودها از نوع قابل امتداد میباشند. به

این معنا که با استفاده از وسیله ای شبیه بوشن ، قطعات استاندارد را می توان طولانی تر کرده و در زمین

کوبید. با توجه به قابلیت امتداد آنها، الکترودها را می توان تا عمق دلخواه کوبید. البته به شرطی که نوع

زمین مناسب بوده و وسیله کوبیدن لازم برای اجرای کار در دست باشد. در بعضی موارد الکترودها تا عمق ۶۰ متر هم کوبیده شده است.

کوبیدن الکترودها در زمین را می‌توان به دو نوع انجام داد:

۱. وارد آوردن ضربه‌های شدید به تعداد کم که در عمل به صورت زیر انجام می‌شود:

-کوبیدن با پتک معمولی

-کوبیدن با پتک لوله‌ای

۲. وارد آوردن ضربه‌های خفیف به تعداد زیاد که در عمل به صورت زیر انجام می‌شود :

-کوبیدن با پتک برقی یا بنزینی

پتک معمولی احتیاج به معرفی ندارد. کوبیدن با پتک معمولی خسته کننده تر و ناراحت کننده تر از همه انواع دیگر است. پتک لوله‌ای در واقع لوله‌ای است که طول آن متناسب با طول قسمتی از الکترود که خارج از زمین است تنظیم می‌گردد. در انتهای بالایی یا در وسط لوله وزنه‌ای نصب می‌شود که همراه با وزن لوله، وزنه پتک را تشکیل می‌دهد. کارگری لوله را که به طور کاملاً آزاد روی الکترود می‌لغزد، بلند کرده و سپس آن را رها می‌کند جرم لوله و وزنه در هنگام سقوط آنها، روی میله الکترود ضربه وارد کرده و آن را در زمین فرو می‌برد.

پتک برقی یا بنزینی وسیله‌ای است که در آن یک وزنه کوچک خارج از مرکز، با سرعت دوران می‌یابد. توان چرخش بوسیله موتور برقی یا بنزینی تامین می‌شود نیروی جنبشی جرم دورانی خارج از مرکز، ضربه‌های کوچکی را به تعداد زیاد به میله وارد می‌کند که آن را در زمین فرو می‌برد.

ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش دفن نصب می‌شوند:

-الکترودهای لوله‌ای از فولاد گالوانیزه گرم (لوله آب)

-الکترودهای لوله‌ای از مس سخت (لوله مسی)

الکترودهای لوله ای از چدن

در مواردی که وسایل مناسب برای کوبیدن الکترود در دست نباشد یا جنس الکترود با توجه به سختی زمین انجام این کار را غیرممکن یا مشکل سازد و یا لازم باشد برای کم کردن مقاومت الکترود در اطراف آن اقدام به آماده سازی زمین شود، از الکترودهای دفن شده به صورت قائم استفاده می شود. جز در موارد الکترودهای صفحه ای سنتی، در سایر موارد عمق دفن این الکترودها معمولاً از ۳ متر بیشتر نیست. حفر چاه برای دفن الکترود یا با روش سنتی _مقنی) و یا با روش استفاده از متنه حفر زمین در عمقهای کم که بر روی وانت یا کامیون نصب است انجام می شود. در این روش نصب، با توجه به حجمی که خواه ناخواه در اطراف الکترود خالی می ماند بهتر است که نوعی آماده سازی به عمل آید مگر آنکه نوع خاک به قدری خوب باشد که احتیاج به این کار نباشد .

نحوه آماده سازی خاک اطراف الکترودها

آماده سازی الکترودها با روش سنتی

روشی که در ایران برای عمل آوردن خاک بکار می رود، استفاده از مخلوط نمک، ذغال چوب یا کک و خاک رس است. نمک سنگ شکسته با دانه بندی حدود ۱۲ میلیمتر با نسبت وزنی زیر بکار می رود:

نمک – ذغال – خاک رس

۱۰ - ۰.۵ - ۱

مخلوطی که به این ترتیب تهیه می شود دور الکترود ریخته شده و متراکم می گردد . در مورد الکترودهای صفحه ای ، سطح بالایی مخلوط تا حدود ۲، متر بالاتر از لبه صفحه و به همین مقدار پایینتر از لبه زیرین صفحه ادامه می یابد.

روش دیگری که از آن استفاده می شود ریختن و متراکم کردن لایه های نمک و ذغال به تناوب و به ضخامت هر لایه حدود ۰، متر است. در بعضی موارد برای الکترودهای صفحه ای پس از ریختن مخلوط نمک، ذغال ، خاک رس، تا ارتفاعی که بوسیله مهندس مجری در محل انتخاب می شود، لایه های نمک و ذغال به

ترتیبی که گفته شد پر و متراکم می شود. نباید فراموش کرد که در اثر مرور زمان و حل شدن نمک، از حجم موا پراکنده کم شده و در صورتی که این حجم از دست رفته با خاک جایگزین نشود و به صورت خلل و فرج خالی باقی بمانند، مقاومت الکترود بیش از حد زیاد خواهد شد. لذا استفاده از نمک به مقداری بیش از حد معقول ، حتی اگر به محدودیتهای زیست محیطی توجه هم نشود، صحیح نخواهد بود.

لازم است توجه شود که یک الکترود زمین، مخصوصاً اگر نصب آن با آماده سازی همراه باشد، دائمی نبوده و بایستی در دوره های معین که بستگی به شرایط محلی دارد، ترمیم شود.

در نواحی با هوای خشک، آماده سازی با طریقی که گفته شد احتیاج به آبیاری خواهد داشت که از عمر مفید الکترود خواهد کاست.

آماده سازی الکترودها با بتونیت

به گواهی بسیاری، بتونیت بهترین ماده برای آماده سازی خاک است. با توجه به وجود منابع غنی بتونیت داخلی، آماده سازی خاک اطراف الکترود با این ماده در آینده ممکن است باز هم بیشتر شود. نظر به اینکه ماده میکروسکوپیک(جادب رطوبت) می باشد، رطوبت اطراف را به خود جذب خواهد کرد. ولی درنواحی بسیار خشک احتیاج به آبیاری متناوب خواهد داشت.

آماده سازی الکترودها با استفاده از بتون

در صورت وجود شرایط، بهترین و ساده ترین روش برای آماده سازی خاک اطراف الکترود پس از حفر چاه و قرار دادن الکترود در وسط آن، ریختن و پر کردن بتون در اطراف آن است. بدیهی است که حجم و قیمت بتون بکار رفته در این روش مهمترین عامل می باشد .

ساختمان و جنس الکترودهای افقی و عمق دفن آنها (الکترودهای دفن شده در کانال)

ساختمان و جنس الکترود

-الکترودهای تسمه ای از مس

-الکترودهای تسمه ای از آهن گالوانیزه گرم

-الکترودهای سیم مسی

حداصل سطح مقطع تسمه مسی نباید از ۵۰ میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

بنابراین حداصل تسمه ای که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد 25×2 میلیمتر است.

حداصل سطح مقطع تسمه فولادی گالوانیزه گرم نباید از ۱۰۰ میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از ۳ میلیمتر

کمتر باشد. بنابراین حداصل ابعاد تسمه استانداردی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد 30×3.5 میلیمتر

است که سطح مقطعي برابر ۱۰۵ میلیمتر مربع را تامين می‌کند.

عمق دفن الکترود و آماده سازی آن

عمق دفن الکترود بر مقاومت آن بی تاثیر نیست ولی این تاثیر، بسیار بارز نمی‌باشد. بنابراین در تعیین عمق

دفن الکترود، مسایل مربوط به خاکبرداری در درجه اول قرار دارند. در عمل کمتر اتفاق می‌افتد که عمق

دفن الکترود افقی از ۲ متر بیشتر باشد و اغلب این مقدار بین ۵، ۸، ۰ تا ۰ متر انتخاب می‌شود.

هنگامی که لازم باشد سطحی هم پتانسیل در اطراف الکترود برقرار شود، عمق دفن الکترود باید کم باشد

ولی نه به حدی که در اثر فعالیتهای عادی بر روی زمین، به آن سبب وارد شود. در این موارد عمق دفن

معمولًاً ۵، ۰ متر انتخاب می‌شود.

از دیدگاه نظری، آماده سازی الکترودهای افقی فرقی با نوع قائم آنها ندارد، اما حفظ آماده سازی این

الکترودها مخصوصاً هنگامی که در مسیر رفت و آمد عموم باشند مشکل است و در صورت لزوم در این مورد

باید تنها به استفاده از خاک رس به جای خاک حفاری شده اکتفا نمود.

واکنش فلز الکترود و هادی اتصال به زمین با انواع خاک(خوردگی شیمیایی)

جنس الکترود و هادی اتصال به زمین آن باید از نوعی انتخاب شود که تا حد امکان نوع خاک کمتر سبب خوردگی الکترودها شود. بررسی این موضوع از نظر طول عمر الکترودها اهمیت دارد. می دانیم که جنس الکترود بر مقدار مقاومت آن نسبت به زمین بی تاثیر است. از طرفی مقررات ایمنی حکم می کند که برای از بین بردن اختلاف پتانسیل بین اجزای فلزی مختلف، کلیه تاسیسات فلزی با یکدیگر و با الکترود زمین همبندی شوند. حال اگر خاک، املاح و نم موجود در آن را در نظر بگیریم، درواقع با نوعی الکتروولیت سر و کار داریم که فلزات مختلفی در آن فرو رفته اند که با همدیگر همبندی شده اند و این چیزی نیست جز یک بیل عظیم که الکترودهای آن به همدیگر اتصال کوتاه (همبندی) شده اند.

پس، بطور خلاصه، الکترود یا الکترودهای در تماس با زمین را باید از دو جنبه مورد مطالعه قرار داد که هر دوی این جنبه ها، جز در مورد طرحهای مخصوص، نادیده گرفته می شوند:

1- از نظر اثر مواد شیمیایی و دیگر عوامل موجود در خاک بر روی فلز الکترود و هادی اتصال زمین از نظر خوردگی در اثر جریانهای گالوانیک که در نتیجه همبندی الکترود زمین با فلزات دیگر که با سیستم الکتریکی مربوط نبوده ولی در نزدیکی محل استقرار الکترود مستقر می باشند بوجود می آیند این در واقع همان مسئله ای است که مربوط به حفاظت کاتدی می شود.

تأثیر نوع خاک در خوردگی الکترود

عوامل زیر در خوردگی الکترود بوسیله خاک دخالت دارند:

- 1- خواص شیمیایی خاک، مخصوصاً از نظر اسیدی بودن و محتوای نمکهای آن

- 2- وجود باکتریهای غیر هوایی در خاک

هوای خورش نسبی خاک (differential aeration)

درجه بندی کلی انواع خاکها، از نظر شدت اثر آنها بر روی فلزات، بترتیب زیر می باشد:

- خاکهای شنی

- خاکهای ماسه ای

- خاکهای رسوی

- خاکهای رسی

- خاکهای برگ و خاکهای دارای مواد آلی

- خاکهای دستی مخلوط ، محتوی خاکه ذغال و خاکستر

معمولأً شدت اثر شیمیایی خاکهایی که دارای مقاومت مخصوص الکتریکی بالاترند بر روی فلزات الکترود

کمتر است و بر عکس

محل استقرار الکترودها باید به نحوی انتخاب شود که بدور از مسیر احتمالی آبرفت های آلوده به کودهای

زمینهای کشاورزی باشد و خاکهای لایه رویی زمین را نباید در پس ریزی (bckfill) اطراف الکترودها

موردن استفاده قرار داد.

با اندازه گیری مقاومت مخصوص الکتریک خاک در شرایط هوا خورده و اندازه گیری پتانسیل اکسایشی -

کاهشی (redox potential) آن، می توان اطلاعات دقیقتری را بدست آورد. اولی نشانگر خوردگی در

اثر هواخوش و دومی نشانگر خوردگی در اثر وجود باکتریهای غیرهوازی است. برای شرح آزمون ها و نحوه

انجام آنها لازم است به استانداردهای اختصاصی، مانند BS1377 ، مراجعه شود .

در عمل، مس بهترین ماده ای است که در ساخت الکترود و هادی زمین در تماس با خاک از آن استفاده می شود. در مواردی که جریان اتصال کوتاه مورد انتظار، خیلی بالا نباشد، بجای مس خالص می توان از فولاد پوشیده شده با غلاف مس، مانند میله های کاپرولد، که مقاومت مکانیکی آنها نیز بیشتر است، در مقاطع کوچکتر استفاده کرد. در هر حال، اثر منفی نمکهای حل شده در زمین، وجود اسیدهای آلی در خاک و خاکهایی با ساختار اسیدی، باید در تخمین عمر الکترود منظور شوند.

از فولاد یا میلگردهای بتن مسلح که در برابر خوردگی خاک بوسیله بتن حفاظت می شوند، به شرطی که مداومت الکتریکی آنها برقرار باشد، می توان بعنوان نوعی الکترود زمین استفاده کرد. تا حال این روش ایجاد اتصال به زمین کمتر مورد توجه بوده است.

مزیت استفاده از فولاد داخل بتن بعنوان الکترود زمین، علاوه بر مسایل بارزی مانند مخارج اضافی ناچیز برای آماده نمودن اتصالات میلگردها به سیستم الکتریکی ، این است که پتانسیل الکتریکی سیستم فولاد/ بتن و مس برابر بوده و لذا امکان وصل مستقیم سیستم الکترودهای فولاد/ بتن و مس یا جنس دیگری که دارای پوشش مس باشد(مانند فولاد پوشیده شده با مس) وجود دارد. در صورتی که انجام این کار، همبندی فولاد گالوانیزه با فولاد/ بتن یا مس به علت الکترود نگاتیو بودن شدید فولاد گالوانیزه، امکان ندارد.

(خوردگی الکترودها در اثر همبندی با فلزات دیگر(خوردگی الکتروشیمیایی با کاتدی)

همبندی اجزای فلزی مختلف مدفون در خاک یا برای دستیابی به مقاومتی کوچکتر برای یک سیستم الکترود زمین انجام می شود یا اینکه هدف از آن حصول ایمنی از راه همولتاژ کردن اجزای ساختمانی مختلف است.اگر این اجزای فلزی از موادی متفاوت ساخته شده باشند، مانند آن است که دو سر یک پیل بهم وصل شوند. دو یا چند فلز مختلف دفن شده در زمین (دو به دو) الکترودهای پیل و خاک هم همراه با مواد داخل آن، الکتروولیت پیل خواهد بود.

شماره فلزات دفن شده در زمین که با همدیگر همبندی می شوند ممکن است بسیار زیاد باشد، در زیر

بعضی از آنها نام برده می شوند:

-زره کابلها

-فولا / بتن پی ها

-لوله های سرویس مانند آب ، گاز ، فاضلاب و نظایر آن

-تسمه ، ورق و سیمهای مسی

-تمسه ها و میله های فولادی

-تسمه ها و میله های فولادی ضد رنگ

-تسمه ها و میله های فولادی با پوشش مسی

-تسمه ها و میله های فولاد گالوانیزه

-تسمه ها و سیمهای مسی قلع اندود

-هرگونه اجسام فلزی دیگر

سرعت تحلیل الکترودها در درجه اول به جنس الکترودها و تا حدودی به سطح نسبی آنها بستگی دارد. نظر

به اینکه فلزات یگانه (نامربوط به سیستم الکتریکی) که در محدوده الکترود زمین و فلزات همبندی شده با

آن موجودند، در خوردگی خود آنها و فلزات الکترودها بی تاثیر نمی باشند. انتخاب جنس الکترودها باید با

مطالعه انجام شود تا سازگاری آنها نسبت به هم مراعات شود یا روش‌های دیگری برای رفع خوردگی بکار

گرفته شوند

پیش بینی مقاومت کل یک سیستم اتصال زمین بتن / فولاد

معیار اصلی کارآیی یک سیستم اتصال زمین، پس از آماده شدن آن برای بهره برداری، به کمک اندازه

گیری، بدست می آید ولی قبل از آن و در مراحل مختلف پیشرفت کار، برای پیش بینی مقاومت یک

سیستم کامل، لازم است اندازه گیریهای متعدد انجام شود. در شروع کار و در طول عمر تاسیسات نیز به

تناوب با اندازه گیری های دوره ای، بهره برداران باید نسبت به کارآیی سیستم مطمئن شوند. یادآوری می نماید که قسمت عمدۀ مقاومت زمین، بعلت وجود بتّنی است که بلا فاصله در اطراف فلزات (میلگرد) پی قرار دارد و بستگی شدیدی به رطوبتی دارد که در بتّن موجود می باشد (بتّن جاذب رطوبت است). در طول زمان، رطوبت بتّن به حالت تعادل در می آید و با توجه به فصل به مقدار آن افزوده می شود که تمام این عوامل باید در محاسبات و پیش بینی های مربوط به حساب آورده شوند. در مورد پی هایی که مشابه هم هستند اندازه گیری یک یا چند پی انفرادی قبل از اینکه به هم دیگر وصل شوند. نشانگر ارزنده ای برای پیش بینی تغییرات مقاومت در هر یک از آنها و در نتیجه برآورد کل مقاومت خواهد بود.

انتخاب و نصب هادی زمین

هادی زمین آن قسمت از سیستم زمین است که الکترود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می کند. محل اتصال هادی زمین به الکترود ، معمولاً درزیز زمین و محل ترمینال اصلی، بیشتر در داخل ساختمان و در دسترس قرار دارد .

از آلومینیوم لخت یا آلومینیوم دارای پوشش مس نباید در تماس با زمین چه بعنوان الکترود و چه بعنوان هادی زمین استفاده کرد. در محیط های مرطوب نیز نباید از این مواد بعنوان هادی زمین استفاده نمود.

در انتخاب نوع و سطح مقطع هادی زمین، توجه به توانایی عبور حداکثر شدتهای جریان اتصال کوتاه به زمین در طول زمانهایی که پیش بینی می شوند. در درجه اول اهمیت قرار دارد و همراه با آن باید تکیه گاههایی با استقامت مناسب برای مقاومت در برابر بزرگترین جریانها احتمالی اتصالی به زمین و نشتی ، انتخاب شوند. بطور خلاصه سیستم هادی زمین باید از هر دو نظر مکانیکی و خوردگی ، دارای استقامت لازم باشد.

دماه بالا در اثر جریانهای نشتی

برای مواردی که جریان نشتی به طور دائمی وجود دارد، لازم است اطمینان حاصل شود که از نظر دمای مجاز عایق‌بندی و یا تکیه گاهها ، شرایط قابل قبول وجود دارند و برای هادیهای لخت که در دسترس می باشند، دما از ۷۰ درجه سلسیوس تجاوز نخواهد کرد.

لازم است توجه شود که هنگام انتخاب هادی برای عبور جریان اتصال کوتاه، دمای اولیه هادی که ممکن است در اثر جریانهای نشتی بیش از مقادیر معمولی باشد، بحساب آورده شود.

استحکام هادی اتصال زمین

علاوه بر نیروهای مکانیکی که ممکن است پارگی هادی اتصال زمین شوند، خوردگی شیمیایی (اثر مواد شیمیایی خاک بر روی فلز هادی اتصال زمین) و خوردگی الکتروشیمیایی (تشکیل پیل بوسیله فلزات ناهمگون در زمین)، خطراتی است که هادی اتصال زمین با آنها روبرو می باشد. در مورد خوردگی الکتروشیمیایی ، دو فلزی که بیش از همه بهم اتصال داده می شوند، مس و فولاد است. مس ساده (بدون هر گونه روپوش دیگر مانند قلع و غیره) نسبت به فولاد ساده(بدون هر گونه پوشش مانند گالوانیزاسیون) تشکیل قطب مثبت می دهد که سبب خوردگی سریع خواهد شد.

اتصالات و بستهای

بستهای بکار رفته برای اتصال الکترود به هادی زمین باید با هر دوی آنها سازگار باشد تا از خوردگی گالوانیک، تا جایی که ممکن است، جلوگیری شود. بستهای باید از نظر مکانیکی محکم باشند و جنس آنها از نوع مقاوم در برابر خوردگی باشد .در مورد بستهای پیچی ، پیچها باید در برابر گشتاوری حداقل به مقدار ۲۰ نیوتون متر ، استقامت کنند.

اتصال هادی زمین به الکترود یا هر سازه زمین شده دیگر که از آن برای زمین کردن استفاده می شود بهتر است به کمک لحیم کاری یا با استفاده از بستهای بزرگ غیرآهنی انجام شود.

در مواردی که از غلاف فلزی و زره فلزی کابل استفاده شود، غلاف و زره باید با لحیم کاری به یکدیگر همبندی شده و اتصال اصلی هادی حفاظتی به کابل با لحیم کاری به زره انجام شود .

پیش بینی نقطه ای برای جداسازی با هدف اندازه گیری مقاومت الکترود زمین

قبل از ورود هادی اتصال زمین به ساختمان یا هر سازه دیگر، باید نقطه ای پیش بینی شود تا در آن بتوان بصورت موقت هادی زمین را از سایر تاسیسات جدا کرده و اقدام به اندازه گیری مقاومت الکترود زمین نمود. انجام این کار بصورت دوره ای برای اطمینان از کارآیی الکترود لازم است. راه عمل این کار، پیش بینی چاهکی قابل دسترس است.

با برداشتن دریچه چاهک، جداسازی با باز کردن یک بست ساده و محکم با ابزاری مخصوص، عملی می شود. دریچه باید به نحوی مطمئن قفل شود تا از دسترس افراد غیر مسئول در امان باشد. در صورت عملی نبودن، محل جداسازی باید در داخل و نزدیکی محیط ساختمان باشد تا با ایجاد مزاحمت و بخصوص طول زیاد سیمها، اخلالی در اندازه گیری پیش نیاورد.

اندازه گیری مقاومت الکترود زمین و مقاومت مخصوص خاک

روشهایی که برای اندازه گیری مقاومت الکترود زمین و مقاومت ویژه خاک ارائه شده اند، در سراسر دنیا اساس این گونه اندازه گیریها است. انواع دستگاههای مخصوص این کار نیز ساخته شده اند که اساس کار آنها کمابیش همان است که در اینجا گفته خواهد شد، گرچه انواع لوازم اندازه گیری تفاوت‌هایی با هم دارند اما هدف ما بحث در باره اصول است.

لازم است توجه شود که نقش جرم کلی زمین در این مورد نیز منحصر به فرد است. از دو نوع اندازه گیری گفته شده در اینجا، اندازه گیری مقاومت ویژه خاک قبل از شروع احداث الکترود با هدف تصمیم گیری در باره مشخصات آن انجام می شود و اندازه گیری مقاومت الکترود که پس از پایان

احداث الکترود انجام می شود بسیا مهم بوده و اگر بدون ایراد و اشتباه انجام شود، همان چیزی است که اینمی افراد، سلامت دستگاهها و صحت کار آنها بستگی به مقدار آن خواهد داشت.

در واقع اندازه گیری مقاومت زمین، امتحانی است که بعد از مدت‌ها فکر و اندازه گیری های اولیه و تصمیم گیریهای مبتنی بر داده های محلی و تجربه شخصی و تجربه دیگران، پس داده می شود .

آماده سازی

T الکترودی است که اندازه گیری مقاومت آن مورد نظر است. برای انجام کار به این لوازم احتیاج خواهد بود:

- 1- دو عدد الکترود کمکی ، مناسب برای کوبیدن در انواع زمین، از لوله فولادی یا میله فولادی:

- هر یک به طول ۳۰۰ تا ۱ متر

- یک عدد الکترود بنام الکترود کمکی جریان – الکترود T1

- یک عدد الکترود کمکی بنام الکترود کمکی ولتاژ – الکترود T1

- 2- یک عدد آمپر متر با مقیاس اندازه گیری مناسب

- 3- یک عدد مقاومت متغیر (رئوستا) با اوتو ترانسفورماتور با توان مناسب برای تنظیم شدت جریان در حد مطلوب

- 4- یک عدد ولتمتر دقیق برای ۲۲۰ ولت متناوب ، با مقاومت داخلی ۱۰۰ اهم بر ولت یا حداقل ۲۰ کیلو

اهم برای ۲۲۰ ولت (برای دقت ۵ درصد اگر مقاومت الکترود ولتاژ ۱۰۰۰ اهم باشد)

- 5- یک عدد منبع ولتاژ متناوب با توان مناسب که می تواند یکی زا موارد زیر باشد:

- ژنراتور دستی ولتاژ متناوب (مشابه Megger)

- ترانسفورماتور جداگانه (در صورت استفاده از شبکه بعنوان منبع تغذیه معمولاً با نسبت ۱/۱)

- ژنراتور استاتیک ولتاژ متناوب (معمولاً موج مربع) با استفاده از باتری به عنوان منبع اولیه انرژی

- 6- مقداری سیم مسی با مقطع کافی (۲,۵ یا ۴ میلیمتر مربع) از نوع قابل انعطاف با عایق‌بندی خوب و

مجهز به ترمینالهای پیچی با کتابت‌های قابل اطمینان .

یادآوری - دیده می شود که از دو نوع منبع ولتاژ که آشناترند یعنی ولتاژ شبکه فشار ضعیف (بدون استفاده از ترانسفور ماتور جداگانه) و ولتاژ جریان مستقیم (باتری معمولی) جزو منابع مطلوب اسمی برده نشده است. زیرا هر یک دارای اشکالاتی هستند که بهتر است از آنها استفاده نشود:

- ولتاژ شبکه : نظر به اینکه یک نقطه از شبکه (خنثا) در منبع (پست-زنراتو) به زمین وصل است تامین ایمنی در اطراف الکترودی که هنگام اندازه گیری به فاز وصل خواهد شد (برای مثال الکترود T1 مخصوصاً اگر از نظرها دور باشد . بعلت وجود گرادیان ولتاژ ، مشکل خواهد بود). بنابراین بدون ترانسفورماتور جداگانه استفاده از ولتاژ شبکه توصیه نمی شود. اگر در بعضی موارد به ناچار از این روش یعنی مستقیماً از ولتاژ شبکه به عنوان منبع استفاده شود . اندازه گیریها باید با گماردن ناظران متعدد در محلهای محفوظ در اطراف الکترود فاز (برای جلوگیری از ورود افراد ناوارد به محوطه گرادیان ولتاژ) و در کوتاه ترین زمان ممکن انجام شوند. آمپر متر هم باید در هادی متصل به الکترود خنثا وصل شود.

- ولتاژ جریان مستقیم: یادآوری می نماید که یکی از خواص زمین این است که با جذب رطوبت و با وجود انواع املاح در خاک تبدیل به الکترولیت می شود و در حالتی که از آن جریان مستقیم عبور کند مواد شیمیایی موجود در این الکترولیت یونیزه شده و یونهای مثبت بسمت قطب منفی و یونهای منفی بسمت قطب مثبت به حرکت در می آیند. یکی از محصولات مواد اسیدی و بازی تجزیه شونده، هیدروژن است که حبابهای بسیار ریز آن در اطراف الکترود جمع می شوند و لایه ای عایق ایجاد می کنند که مانع انجام صحیح اندازه گیری می شود. اگر در بعضی موارد به ناچار از این روش استفاده شود. اندازه گیریها باید در کوتاه ترین زمان ممکن و دربار بترتیب زیر انجام شوند :

پس از آماده کردن مقدمات، جریان برای لحظه ای کوتاه برقرار و قرائت انجام شود. سپس قطبهای منبع تغذیه با یکدیگر تعویض و جریان دوباره برای مدتی کوتاه برقرار و یک قرائت دیگر در این حالت انجام شود. میانگین دو قرائت، بشرطی که خیلی نزدیک به هم باشند قابل قبول خواهد بود و در غیر این صورت یعنی وجود تفاوت زیاد، نتیجه آزمون قابل قبول نخواهد بود. اگر سطح الکترودی که به آن دو وصل می شود

خیلی بزرگتر از کاتد باشد، مسئله پلاریزاسیون تا حد بسیار زیادی حل شده و آزمون با دقت بیشتر انجام خواهد شد.

نکاتی در مورد چاه ارت

1- کیفیت چاه باید بگونه ای باشد که دارای نم دائم بوده و ارت استاندارد تعریف شده بوسیله موسسه (کمتر از ۲ اهم) در پشت دستگاه رک و UPS ها برای یک مدت زمان قابل قبول را داشته باشد.

2- چاه ارت باید دارای قابلیت احیاء باشد.

مشخصات فنی اتصال زمین (چاه ارت)

- 1- مقاومت الکتریکی اتصال زمین (چاه ارت)

کل مقاومت الکتریکی اتصال زمین نسبت به جرم کلی زمین باید در سر چاه زیر ۱ اهم و در پشت دستگاه UPSها و رک زیر ۲ اهم باشد.

نکته ۱ : کلیه هادیهای مورد استفاده در سیستم اتصال زمین باید از جنس مس خالص باشد.

نکته ۲ : هادیهای لخت مورد استفاده از نوع افشار نباشد.

- 2- سطح مقطع هادی اتصال زمین:

سطح مقطع هادی مسی مورد استفاده ۵۰ میلیمتر مربع

- 3- الکترود زمین : (صفحه مسی):

الکترود زمین مورد استفاده بایستی از نوع مسی با ابعاد ۷۰ سانتیمتر و ضخامت ۵ میلی متر باشد.

- 4- حداقل عمق الکترود زمین:

عمر دفن الکترود باید به قدری باشد که خشک شدن یا یخ زدگی در فصول مختلف سال اثر قابل ملاحظه ای بر مقاومت آن نداشته باشد یعنی حداقل عمق صفحه می بایستی بطوری باشد تا لبه بالای آن تا سطح زمین حداقل $5/2$ متر باشد بشرطی که بتوان به حداقل مقاومت ۱ اهم (دائمی) دست یافت.

- ۵- اتصال هادی زمین به صفحه مسی:

اتصال هادی زمین به صفحه مسی باید یکی از دو روش زیر باشد:

۵-۱ در انتهای سیم اتصال زمین یک کابلشوی مسی مجهز به دو عدد پیچ با مهره های قفل کننده نصب شود . این کابلشو می تواند از نوع پرسی باشد.

کابلشو به کمک دو عدد پیچ مسی به صفحه مسی محکم می شود.

۵-۲ به جای استفاده از پیچ بهتر است اتصالات را با استفاده از جوش اکسیژن (برنجی) انجام داد.

- ۶- کابل اتصال ترمینال زمین (شین) به هادی زمین:

کابل اتصال ترمینال (شین) به هادی زمین در لبه چاه بایستی کابل $۱*۵۰$ مسی باشد که بوسیله یک کلمپ مسی به هادی زمین متصل شود.

- ۷- ترمینال زمین (شین)

ترمینال اصلی و یا شینه اصلی اتصال زمین باید در محل ورود برق به ساختمان (کنتور) و یا تابلوی برق نصب شود تا علاوه بر هادی زمین ، اتصال زمین ساخته به آن اتصال یابد.

نکته : مسیر عبور کابل روپوش دار اتصال زمین از لبه چاه تا ورودی ساختمان بایستی یک کanal به عمق ۷۰ CM که حداقل 10 سانتیمتر زیر ورودی کابل با ماسه نرم و (ماسه بادی) قرار گرفته و کوبیده شود و ورودی آن یک ردیف آجر قرار داده شود ورودی آجرها با نوار هشدار دهنده پوشانده شود تا به هنگام هرگونه حفر کanal از جانب موسسات دولتی ، مشخص شود.

نکته : مسیر عبور کابل از مدخل ورودی ساختمان تا محل ترمینال ترمینال یا اولین محل کanal پلاستیکی بایستی کابل در داخل لوله فولادی قرار گرفته و به دیوار با بست محکم گردد و در قسمت پایین ورودی کابل ، لوله بایستی فارسی برگردد تا فشار احتمالی واردہ باعث ضخم شدن کابل نگردد.

- 8- مشخصات چاه و حداکثر عمق چاه :

در حالی که عمق لبه بالایی صفحه مسی نباید از ۵/۲ متر کمتر باشد ، برای حداکثر آن حدی تعیین نمی شود ، بلکه مناسب ترین عمق چاه عمقی است که در آن نم دائمی زمین مشهود است. بشرط آن که مقاومت کل اتصال زمین از حداکثر ۱ اهم تجاوز نکند.

- 9- تامین رطوبت مصنوعی:

چنانچه به هر دلیلی نیاز به رطوبت مصنوعی احساس شد ، بایستی با قرار دادن لوله پلاستیکی به قطر ۳ از لبه بالایی صفحه مسی تا سطح زمین و قرار دادن کف پوش در سطح زمین رطوبت چاه را تامین نمود.

- 10- مواد مورد استفاده در کنار صفحه مسی (بنتونیت یا لوم)

پس از حفر چاه و قرار دادن صفحه مسی بصورت قائم بایستی بصورت زیر عمل گردد:

- 1- پر کردن چاه با آب حداقل تا لبه بالایی صفحه (حداقل ۵۰۰ لیتر) آب لازم است.
- 2- تخلیه بنتونیت اکتیو بصورت ملایم و پیوسته به دورن چاه (حدود ۱۰ کیسه ۳۰ کیلوگرمی برای ضخامت ۷۰*۷۰)
- 3- مخلوط کردن آب و بنتونیت درون چاه تا به شکل دوغاب یکنواخت درآید.
- 4- پس از گذشت حدود ۵ دقیقه و فرصت لازم برای متورم شدن بنتونیت یک و حداکثر ۲ کیسه بنتونیت (بسته به ابعاد چاه) و به منظور خشک شدن لایه روی بنتونیت و عدم تماس با خاک و سنگ ، درون چاه ریخته شود.

- 5- یک تا دو متر مربع خاک رس درون چاه ریخته شود.
- 6- پر کردن مابقی چاه با خاک های حفاری شده (بهتر است ابتدا سرند شوند) به همراه مقداری آب .
- 7- در محلهای که زمین رطوبت فراوان دارد و یا چاه به آب می رسد جهت استفاده از بنتونیت بهتر است محل چاه عوض شود و یا اینکه ابتدا ملات یا دوغاب بنتونیت تهیه و در چاه ریخته شود سپس مراحل انتقال صفحه مسی به درون چاه و همچنین مراحل ۲ و ۴ انجام شود.
- 8- بنتونیت اکتیو شامل : ترکیبات مختلف از جمله اکسید آلومینیم ، کربنات سدیم و فلدوپات بوده و بدلیل جذب رطوبت بالا باعث ایجاد کاهش مقاومت می شود و به هیچ وجه همراه آن نباید از خاک زغال و نمک استفاده شود .
- 9- صرفا استفاده از بنتونیت اکتیو با دانه های سفید مایل به زرد با ارم و کیسه های ۳۰ کلیوگرمی مشخص که دستور العمل استفاده در داخل کیسه ها موجود می باشد مجاز بوده و نباید از بنتونیت معمولی استفاده گردد.