



سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور

شورای مرکزی کشور
گروه تخصصی برق

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

تدوین کنندگان

رئیس کارگروه:

دکتر سلیمان شیرزادی

اعضاء کارگروه:

مهندس رحیم سلیمان آذر

دکتر ایمان سریری آجیلی

مهندس سیدبدرالدین رضازاده

مهندس پوریا ساسانفر

مهندس ایرج امینی باغبادرانی

دکتر علی اصغر امینی

مهندس مسعود باقرزاده یزدی

مهندس حامد محبوب

مهندس عزت‌ا... پرتوی شال

دکتر شاهرخ شجاعیان

مهندس سید کاظم مجابی

بهار ۱۳۹۵

ویرایش اول

سیستم اتصال زمین

۱- ملاحظات کلی

خصوصیات سیستم اتصال زمین باید از طرفی با الزامات حفاظتی سیستم و از طرف دیگر با مقررات ایمنی در برابر برق‌گرفتگی در اثر تماس غیرمستقیم، مطابقت داشته باشد. در ایجاد سیستم اتصال زمین از دیدگاه مقررات ملی ساختمان سه هدف زیر مورد توجه قرار می‌گیرد:

۱. تامین ایمنی در برابر برق‌گرفتگی انسان یا سایر موجودات زنده در خلال بهره‌برداری سیستم الکتریکی
۲. حفظ عایق بندی سیستم یا ایجاد مسیری برای جریانهای اتصال کوتاه جهت عملکرد به موقع لوازم حفاظتی
۳. تامین الزامات سازگاری الکترومغناطیسی^۱ در موارد لازم

مقاومت الکتریکی الکتروود زمین به عوامل فراوان مخصوصاً به مقاومت ویژه خاک، ابعاد و شکل الکتروود بستگی دارد، برای حجم معینی از فلز الکتروود هر چه یکی از ابعاد الکتروود بزرگ‌تر از دو بُعد دیگر بوده و تماس الکتروود در این بُعد با خاک بیشتر باشد، مقاومت الکتروود نسبت به جرم کلی زمین کمتر خواهد شد. بنابراین یک الکتروود میله‌ای یا تسمه‌ای که به صورت قائم یا افقی نصب شده باشد، نسبت به الکتروود صفحه‌ای ارجحیت دارد. لهذا الکتروود صفحه‌ای غیراقتصادی‌ترین الکتروودها است. امروزه در اغلب کشورها استفاده از بتن مسلح در شالوده ساختمان (روش یوفر^۲) و استفاده از الکتروودهای میله‌ای متعدد موازی، پرتفردارترین و اقتصادی‌ترین روشهای اجرای سیستم زمین محسوب می‌شوند. به همین دلیل استفاده از واژه "چاه ارت" امروزه دیگر جامعیت لازم را ندارد و بایستی از عبارت صحیح "سیستم اتصال زمین" استفاده گردد.

باتوجه به اقلیم خشک بسیاری از نقاط ایران، اغلب خاک محل به خودی خود دارای کیفیت الکتریکی کافی نیست. لذا برای کم کردن مقاومت الکتروود زمین در این موارد، می‌توان نسبت به تعویض خاک اطراف الکتروود و جایگزین کردن با الکتروولیت‌های دارای کیفیت الکتریکی خوب و پایدارتر اقدام نمود.

این الکتروولیت‌ها عبارتند از:

- ۱- بنتونیت
- ۲- بتن معمولی
- ۳- بتن هادی
- ۴- سایر مواد کاهنده حائز شرایط استاندارد

در گذشته از مخلوط ذغال و نمک به عنوان الکتروولیت استفاده میشد. امروزه باتوجه به مضرات شناخته شده این الکتروولیت، به ویژه به لحاظ ایجاد خوردگی، در کاربردهایی مانند برق ساختمان که دوام طولانی سیستم زمین مورد نظر می‌باشد، کاربرد آن منسوخ شده است. متأسفانه گاهی اوقات مشاهده می‌شود برخی افراد سودجو در تولید الکتروولیت‌هایی مانند بنتونیت نیز برای کاهش مصنوعی و موقتی مقاومت مخصوص اقدام به افزودن نمک می‌کنند که همان زیانها را در پی دارد. به دلیل مشابهی نصب الکتروود زمین در چاه آب، چاه فاضلاب و خاک دستی ممنوع است و مکان نصب حتی‌الامکان نباید در حوزه نفوذ پساب فاضلاب قرار گیرد. در صورت امکان محل نصب الکتروود طوری انتخاب شود که چاه فاضلاب یا آب در حوزه ولتاژی آن قرار نگیرد.

¹ Electromagnetic Compatibility (EMC)

² UFER

تبصره ۱: اگر چاه آبی از قبل در محل موجود بوده باشد، به شرط آنکه منبع به منظوری غیر از اتصال زمین الکتریکی استفاده نشود می‌توان آن را جهت احداث الکتروود زمین به کار برد.

تبصره ۲: قرار گرفتن الکتروودهای اتصال زمین در مجاورت تاسیسات مکانیکی و اجزاء فلزی مدفون شده در خاک و همبندی آنها اجتناب ناپذیر است، جهت جلوگیری از تشکیل پیل الکتروشیمیایی توصیه می‌گردد ضمن رعایت فاصله مناسبی بین الکتروود با این اجزاء، توصیه‌های مربوط به انتخاب نوع فلز الکتروود (بند 4P1 از [۲]) رعایت گردد.

با توجه به آنکه وجود رطوبت در خاک تا حد معینی مفید است و به ازای مقادیر بیش از آن، ممکن است منجر به شسته شدن املاح مفید خاک و ضعیف شدن هدایت الکتریکی آن شود، زمین‌های اشباع و یا مملو از آب، بستر رودخانه‌ها، مسیل‌ها، مسیر عبور آب‌های جاری و زیرزمینی و مانند آن برای احداث الکتروودهای اتصال زمین مناسب نیستند. در صورت اجبار به احداث الکتروود در این زمین‌ها، باید تمهیدات ویژه برای جلوگیری از شسته شدن خاک اطراف الکتروود و هر نوع آسیب احتمالی به اجزای سیستم زمین، اندیشیده شود.

۲- انواع الکتروودهای زمین

متداولترین انواع الکتروودها از نظر شکل و طرز قرار گرفتن آن‌ها در زمین به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱. الکتروودهای قائم
۲. الکتروودهای افقی
۳. الکتروودهای صفحه‌ای
۴. الکتروود بتن مسلح در شالوده ساختمان

۱-۲ الکتروودهای قائم

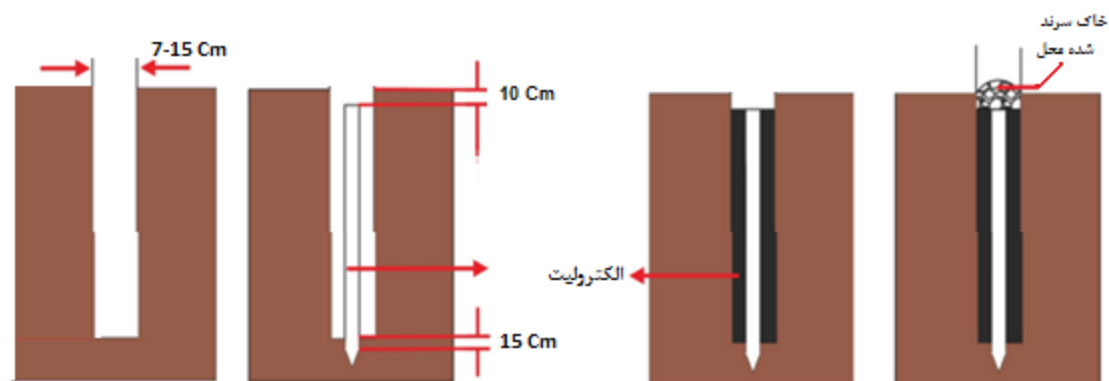
الکتروودهای قائم به خاطر نفوذ بیشتر در عمق خاک و دسترسی به لایه‌های مرطوب‌تر زمین، صرفه اقتصادی و سهولت در اجرا، متداولترین نوع الکتروودها در جهان می‌باشند. نفوذ این الکتروود به لایه‌های عمیق‌تر خاک در عین حال پایداری بیشتری را نیز به همراه دارد، زیرا در چنین عمق‌هایی وابستگی به دمای محیط و تغییرات فصلی خاک به حداقل می‌رسد. انواع الکتروودهای قائم که با روش کوبیده شدن در زمین و یا به روش دفنی (حفر چاه) نصب می‌شوند عبارت‌اند از:

۱. الکتروودهای میله‌ای
۲. الکتروودهای لوله‌ای و پروفیلی
۳. سیم چند مفتولی

الکتروودهای لوله‌ای بیشتر در امریکای شمالی متداولند و الکتروودهای میله‌ای را بیشتر در اروپا می‌توان دید. مزیت اقتصادی الکتروودهای قائم میله‌ای و لوله‌ای نسبت به سیم بسیار مشهود است، زیرا مستقیماً از سطح خاک (یا حداکثر در کف یک دریچه بازدید کم عمق) کوبیده می‌شوند و نیازی به حفاری ندارند. استفاده از سیم یا تسمه مدفون، که متعاقب حفر سوراخی با قطر کم (۷ تا ۱۵ سانتیمتر) در زمین قرار داده می‌شوند، صرفاً برای مواردی خاص قابل توجیه است.

براساس بند پ ۱-۹-۳ از [۱] طول کوبیده شده الکتروودهای قائم در زمین بکر نباید از ۲ متر کمتر باشد (این در حالی است که برخی استانداردهای معتبر بین المللی حتی مقادیر بیشتری مانند ۲٫۵ یا ۳ متر را توصیه کرده‌اند). ولی متأسفانه به دلیل آنکه عمده میله‌های موجود در بازار دارای طول ۱٫۵ متر هستند، در سطح وسیعی به این نکته بی‌توجهی می‌شود و این الکتروودها به صورت یک غلط مصطلح در سیستم زمین ساختمانها به کار رفته‌اند.

واضح است که میله های بلند را برای اجرای آسان اجبارا بایستی بصورت چند تکه ساخت. برای انتخاب انواع الکترودهای قائم به جدول ۱ مراجعه شود.



شکل (۱): نحوه استفاده از الکترولیت حول الکتروده میله ای برای موارد خاص (دریچه بازدید برای سادگی در شکل نشان داده نشده است).

جدول (۱): حداقل ابعاد انواع الکتروده زمین با لحاظ کردن اثر خوردگی و استقامت مکانیکی [۳]

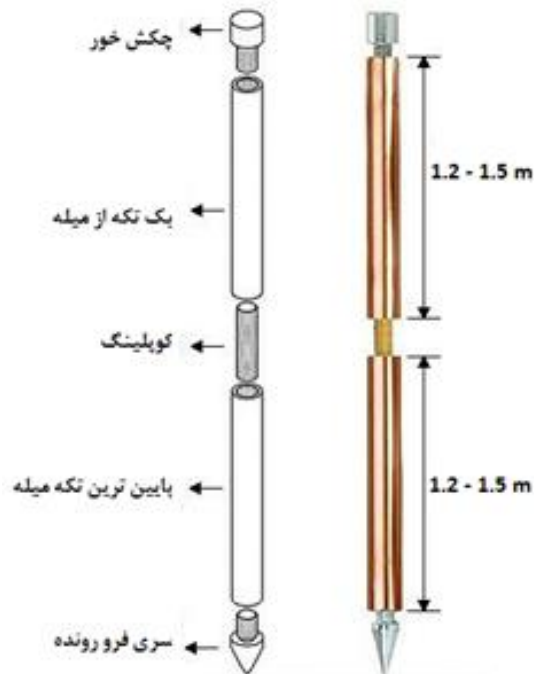
| جنس الکتروده | شکل | قطر (mm) | سطح مقطع (mm ²) | ضخامت (mm) | ضخامت پوشش (میکرون) |
|---|---------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| فولاد داخل بتن | میلگرد | ۱۳ | - | - | - |
| | تسمه | - | ۱۰۰ | ۳ | - |
| فولاد گالوانیزه گرم | میله | ۱۶ | - | - | ۷۰ |
| | تسمه | - | ۱۰۰ | ۳ | ۷۰ |
| | آصفحه | - | ۲۵۰۰ | ۳ | ۷۰ |
| | لوله | ۲۵ | - | ۲ (دیواره لوله) | ۵۵ ^۱ |
| فولاد با پوشش مس (به طریقه جوش مولکولی) | میله | ۱۵ | - | - | ۹۰ |
| | تسمه | - | ۹۰ | ۳ | ۷۰ |
| فولاد ضدزنگ (stainless steel) | تسمه | - | ۹۰ | ۳ | - |
| | میله | ۱۶ | - | - | - |
| | سیم | ۱۰ | - | ۲ | - |
| | لوله | ۲۵ | - | ۲ | - |
| مس | تسمه | - | ۵۰ | ۲ | - |
| | سیم چندمفتولی | ۱,۸ برای هر مفتول | ۳۵ | - | - |
| | آصفحه | - | ۲۵۰۰ | ۲ | - |
| | لوله | ۲۰ | - | ۲ | - |

لوله و میله و تسمه قبل از گالوانیزه شدن باید برش داده باشند و یا هرگونه ایجاد برش یا سوراخ کاری در آن‌ها نیاز دوباره به گالوانیزه شدن محل برش دارد. همچنین می توان به طریق مناسب محل برش را پوشش داد تا از خوردگی جلوگیری به عمل آید. (مثال: استفاده از رزین مناسب، رنگ با پایه روی و ...)

۱: ضخامت پوشش گالوانیزه هر دو دیواره (داخلی و خارجی) لوله باید از مقادیر ارائه شده کمتر نباشد.

۲: استفاده از صفحه به عنوان الکتروده زمین فقط در محلهایی که حداکثر تا عمق ۳ متر دارای نم طبیعی می باشند مجاز بوده و برای عمق بیشتر از ۳ متر توصیه نمی گردد.

تبصره ۳: چنانچه در جدول ۱ مشاهده می‌گردد برای تولید میله‌های فولادی مس پوش استفاده از تکنولوژی آبکاری^۱ قابل قبول بوده و تکنولوژی کششی^۲ (پرس کردن لوله مسی تحت فشار و حرارت روی میله فولادی) به دلیل جدا شدن لایه مسی به هنگام کوبیدن میله قابل قبول نیست.



شکل (۲): یک نمونه میله چند تکه استاندارد



شکل (۳): نمونه‌های دیگری از الکترودهای قائم، سمت راست: الکترود لوله ای، سمت چپ: یک نمونه الکترود پروفیلی

¹ Copper Weld

² Copper Bond

تبصره ۴ : روش صحیح نصب الکترودهای میله ای استفاده از چکش های استاندارد (چکش دستی لوله ای، چکش پنوماتیکی و یا چکش الکتریکی یا پیکور) است. استفاده از پتک صرفنظر از احتمال صدماتی که برای نصاب دارد، دشوار و زمانبر نیز هست و به احتمال زیاد به الکترودهای هم آسیب خواهد رساند. در شکل ۲ نمونه ای از این چکشها آمده است.

تبصره ۵ : در صورت استفاده از الکترودهای موازی برای رسیدن به مقاومت معادل پایین تر، فاصله الکترودها از یکدیگر نباید کمتر از ۱/۸ متر باشد ، هرچند توصیه می شود این طول ۲/۲ برابر طول الکترودهای بلندتر انتخاب شود. برای محاسبه مقاومت معادل الکترودهای موازی می توان به بند ۴۳۲-۱ از [۲] مراجعه نمود.

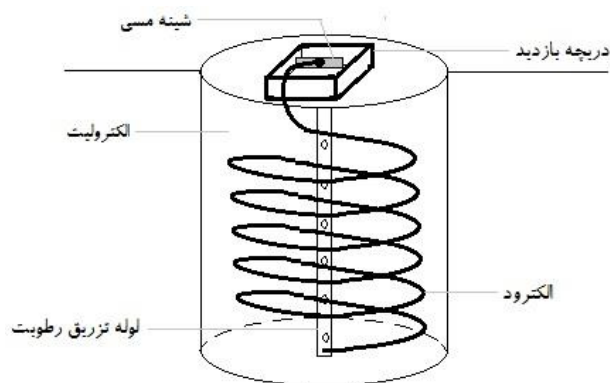
تبصره ۶ : لوله یا میله در زمان نصب باید سالم، بدون خراشیدگی و زنگ زدگی و خمیدگی و فرورفتگی باشد.



شکل (۴) : دو نمونه چکش مخصوص کوبیدن میله (سمت راست چکش برقی ، سمت چپ چکش دستی)

الکترودهای سیمی چندمفتولی و تسمه ای که در زمین به روش دفنی نصب می شوند، صرفاً در مواردی که خاک دارای مقاومت مخصوص بالایی است، به همراه الکترولیت مناسب، به عنوان آلترناتیوی در کنار الکترودهای سطحی مطرح اند. برای نصب این الکترودها با استفاده از ماشینهای حفار مخصوص، سوراخی به قطر حدود ۷-۱۵ سانتیمتر توسط مته های بلند ایجاد شده سیم یا تسمه در درون آن قرار گرفته و با الکترولیت مناسب یا بتن پر می شود (شکل ۱). با توجه به اینکه در حال حاضر دسترسی به این ماشینهای حفار آسان نیست، اغلب چاه به صورت دستی حفر می شود که در این صورت قطر آن به حدود ۸۰ سانتیمتر بالغ می گردد. چنانچه کار بدین صورت انجام شود تجربه نشان میدهد که بهتر است سیم در راستای قائم به جای آنکه به طور مستقیم پایین رود به صورت حلزونی در محیط یک استوانه مانند شکل ۵ اجرا گردد و اطراف آن با الکترولیت مناسب پر شود. این نوع الکترودها به لحاظ وزن کمتر مس ، ارزانتر است و به دلیل عدم وجود نقاط اتصال، به لحاظ پایداری و عدم خوردگی شرایط بهتری دارد. مقاومت آن نیز در وضعیت مشابه نسبت به الکترودهای سطحی کمتر خواهد بود.

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها



شکل (۵): اجرای الکتروود سیمی به صورت فنری با حداقل ۵ دور سیم مسی با مقطع حداقل ۳۵ میلی‌متر مربع در محیط یک استوانه فرضی به قطر حدود ۵۰ سانتیمتر



شکل (۶): صورتهای مجاز اجرای الکتروودهای میله ای (NEC : 2014, Art: 250.53)

۲-۲ الکتروودهای افقی

استفاده از این الکتروود وقتی مطرح است که فضای آزاد کافی وجود داشته باشد. از موارد انتخاب الکتروودهای افقی اتصال زمینهای سیستم صاعقه گیر (به دلیل پایین تر بودن امپدانس موجی این نوع الکتروود)، ایجاد سطوح هم‌پتانسیل در محوطه نیروگاه‌ها و پست‌های فشارقوی (به منظور کنترل ولتاژهای گامی و تماسی) و یا ایجاد سیستم زمین در زمین‌های سخت، سنگلاخی و صخره‌ای (به عنوان مسیر جایگزین به جای عمق با توجه به دشواری حفاری) است. الکتروودهای افقی در آرایش‌های مختلف در عمقی که پایین تر از عمق یخ زدگی منطقه باشد (عمق حداقل ۰/۷ متری از سطح زمین) نصب می‌شوند.

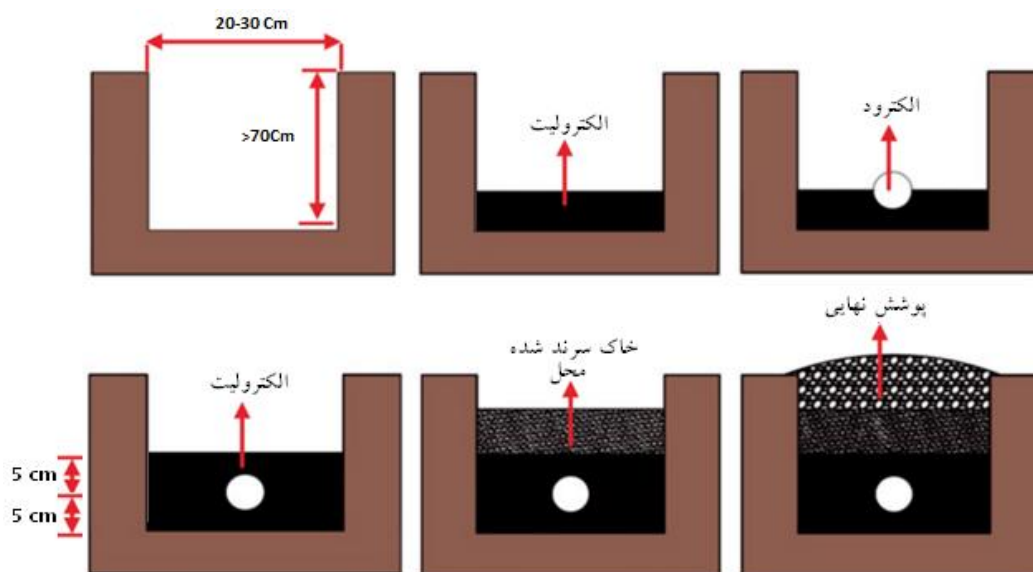
انواع الکتروودهای افقی عبارت‌اند از:

۱. تسمه

۲. سیم چندمفتولی

تبصره ۷: در موارد خاص ممکن است هر نوع جرم فلزی دفن شده در زمین مانند زره و غلاف فلزی بیرونی کابل‌ها، لوله کشی‌های فلزی مجاز و غیره که در تماس با زمین می‌باشند نیز به عنوان الکتروود افقی محسوب گردند ولی چون این موارد امروز دیگر چندان مورد توجه نیستند، از پرداختن به آنها خودداری می‌شود.

تبصره ۸ : استفاده از لوله های فلزی نفت ، گاز (و سایر فرآورده های نفتی)، هوای تحت فشار و فاضلاب به عنوان الکتروود زمین ممنوع می باشد. البته همبندی این لوله ها، الزامی است.



شکل (۷) : نحوه اجرای الکتروود افقی با الکتروودیت

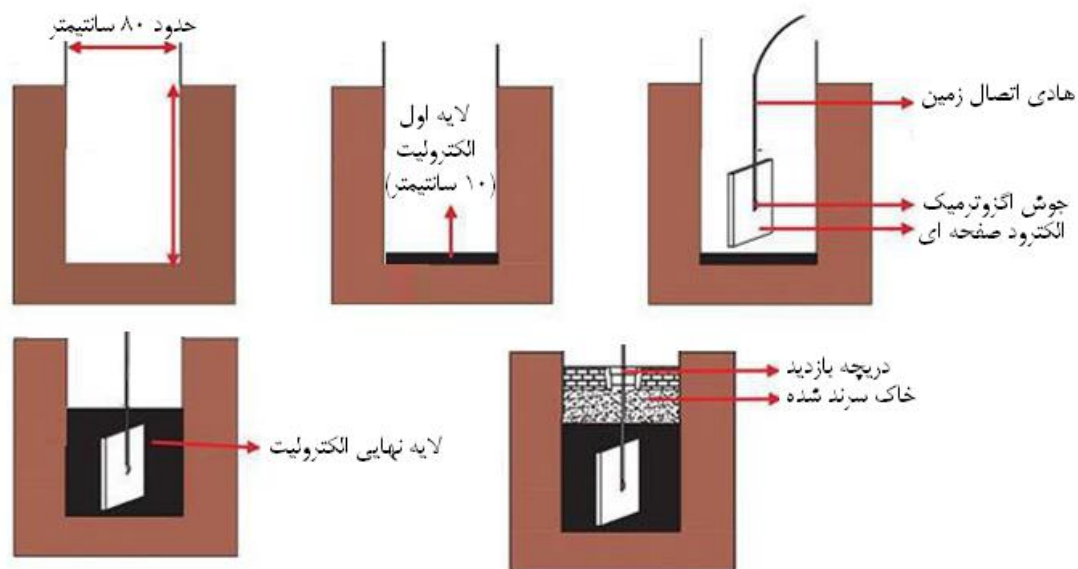
۳-۲ الکتروودهای صفحه‌ای

بر اساس اشاره صریح [۲] الکتروود صفحه ای آخرین اولویت به هنگام انتخاب الکتروود زمین است. استفاده از این نوع الکتروود امروزه فقط در دو حالت توجیه پذیر است، اول آنکه فضای موجود برای اجرای الکتروود زمین آنقدر کم باشد که نتوان از روش بهتری (مثلاً میله های متعدد موازی) استفاده نمود، دوم شرایطی که به دلیل سختی زمین، تنها به واسطه حفاری عمیق با دست یا ماشین آلات بتون الکتروودی را درون زمین جا داد. البته در مناطقی از جهان که به طور کلی دارای زمینی نمناک هستند از الکتروود صفحه‌ای کم عمق استفاده شده و الکتروود را به گونه‌ای که حداقل ۱/۵ متر خاک از لبه بالای صفحه روی آن را بپوشاند اجرا می کنند. روش سنتی نصب الکتروود صفحه‌ای در عمق زیاد (یعنی بیش از ۳ متر)، که در ایران معمول است، اغلب با هدف رسیدن به لایه‌های نمناک زمین انجام میشود. طراحی مدرن، با توجه به هزینه های زیاد این روش، الکتروودهای قائم را در اکثر پروژه ها بر آن ترجیح میدهد. امروزه هزینه های صفحه نسبت به انواع دیگر الکتروودهای عمیق به هیچ عنوان قابل توجیه نیست و به نظر می رسد استفاده از الکتروود صفحه‌ای به زودی منسوخ گردد. با این وجود چون هنوز در برخی از نقاط کشور این رویه سنتی معمول است در اینجا به برخی از الزامات آن اشاره شده است.

جنس و مشخصات الکتروود صفحه ای در جدول ۱ آمده است. بهتر است الکتروود صفحه ای به صورت قائم دفن شود تا خطوط جریان خارج شده از صفحه حتی الامکان یکنواخت در خاک پخش شوند و ضمناً فشار خاک بر دو سمت صفحه یکنواخت باشد. اتصال هادی زمین به الکتروود صفحه ای باید در دو نقطه مجزا، ترجیحاً توسط جوش اگزوترمیک (شکل ۹ دیده شود) و در صورت عدم دسترسی به آن، توسط اتصال مکانیکی به شرح مندرج در بند پ ۱-۹-۵- از [۱] انجام شود. در شرایطی که هادی زمین و صفحه الکتروود از دو جنس مختلف باشند، محل اتصال بایستی با ماده مناسبی از محیط اطراف آب بندی شود تا از خوردگی اتصالات جلوگیری گردد. در چنین شرایطی هادی زمین لزوماً بایستی روکش دار انتخاب شود. طبیعی است که با اینکار لاجرم سهم هادی در کم کردن مقاومت الکتروود از دست خواهد رفت.

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

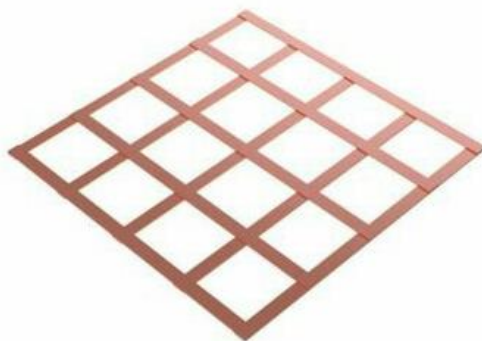
لازم به ذکر است گاهی به جای صفحه یکپارچه، از نوعی صفحه مشبک که با تسمه یا سیم ساخته شده و به Lattice موسوم است استفاده می‌شود. این فرم الکتروود از لحاظ مقاومت تفاوت چندانی با صفحه ندارد ولی وزن آن به میزان قابل توجهی کمتر است (شکل ۱۰).



شکل (۸): اجرای الکتروود صفحه ای با الکتروولیت



شکل (۹): جوش اگزوترمیک (احتراقی)



شکل (۱۰): الکتروود تسمه ای شبکه ای (Lattice) نوعی از صفحه که دارای وزن کمتر و اثری مشابه است.

توجه به مسئله خوردگی در هنگام اتصال فلزاتی که در نقش الکتروود یا هادی اتصال زمین به کار رفته اند، اهمیت زیادی دارد برای این منظور می توان توضیحات بیشتر را در بخش ۴۴۲ از [۲] یافت. در اینجا مختصراً به این مسئله در قالب جدول ۲ اشاره می شود.

جدول (۲): امکان همبندی فلزات مختلف در اجرای سیستمهای زمین

| | | جسم با سطح بزرگتر (معمولاً غیر الکتروود) | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|--|----|-------------|------------------------|--------------|-------|-----------------|
| | | مس قلع اندود | مس | فولاد ضدزنگ | فولاد گالوانیزه در بتن | فولاد در بتن | فولاد | فولاد گالوانیزه |
| جسم با سطح کوچکتر (معمولاً الکتروود) | فولاد گالوانیزه | - | - | - | + | + | + | + |
| | فولاد | - | - | - | + | + | + | + |
| | فولاد در بتن | + | + | + | + | + | + | + |
| | فولاد با پوشش مس | + | + | + | + | + | + | + |
| | فولاد ضدزنگ (stainless steel) | + | + | + | + | + | + | + |
| | مس | + | + | + | + | + | + | + |
| | مس قلع اندود | + | + | + | + | + | + | + |

+ مناسب برای همبندی - نامناسب برای همبندی *: خوردگی در پوشش گالوانیزه اتفاق می افتد.

وقتی دو فلز در محیط خاک با یکدیگر اتصال دارند سطح آن‌ها در مسأله خوردگی مؤثر است. به عنوان مثالی برای جدول فوق می توان به حالتی اشاره کرد که یک هادی زمین مسی به یک صفحه فولاد گالوانیزه متصل شده، در اینجا هادی زمین مسی، جسم با سطح کوچکتر و صفحه فولاد گالوانیزه، جسم با سطح بزرگتر محسوب شده و اتصال آن‌ها طبق جدول فوق در زیر خاک مجاز نیست. سطح بزرگتر باید حداقل صد برابر بیشتر از سطح کوچکتر باشد.

تبصره ۹: بر اساس بند ۱۳-۴-۳-۱ از [۱] برای انشعابات برق مختلف دو نوع الکتروود تعریف می شود: الکتروود زمین ساده (فقط برای وصل به هادی خنثای فشار ضعیف) و الکتروود اساسی (برای هر دو نوع زمین: حفاظت سیستم و ایمنی). تا به این زمان روال متداول برای اجرای الکتروود ساده، استفاده از میله های استاندارد با طول بیش از دو متر و برای الکتروود اساسی استفاده از صفحه های عمیق بوده است. چنانچه پیشتر نیز اشاره شد به جای صفحه، می توان از سیم چند مفتولی به شرح نشان داده شده در شکل ۵ استفاده نمود. این کار هم از نظر اقتصادی و هم از نظر یکپارچه بودن الکتروودهای اتصال زمین تا ترمینال اصلی زمین، نسبت به الکتروود صفحه‌ای که ایجاد نقاط اتصال سیم به صفحه با جوش یا بست و پیچ و مهره در آن اجتناب ناپذیر است، برتری محسوسی دارد.

۳- الکتروود بتن مسلح در شالوده ساختمان

در صورتی که قرار باشد از الکتروود بتن مسلح در شالوده ساختمان مطابق با آنچه در دستورالعمل "طرح و اجرای همبندی اصلی در ساختمانها" معرفی شد، به عنوان الکتروود زمین نیز استفاده گردد، باید دو شرط زیر محقق شود:

- بین شالوده و بستر زمین اطراف آن ایزولاسیون (به منظور عایق کاری رطوبتی) انجام نشده و بتن فونداسیون بطور مستقیم و کامل با خاک در تماس باشد.

- از این نوع الکتروود به تنهایی به عنوان سیستم زمین برای سیستم زمین صاعقه گیر استفاده نشود.
- اگر بعنوان هادی مدفون در بتن از میلگرد استفاده میشود، قطر آن حداقل ۱۰ میلیمتر و اگر از سیم لخت مسی استفاده میگردد، مقطع آن حداقل ۲۵ میلیمترمربع باشد.



شکل (۱۱): الکتروود مدفون در بتن

۴- دریچه بازدید

ضروری است برای الکتروود زمین اقدام به ایجاد دریچه بازدیدی با ابعاد $30 \times 30 \times 30$ سانتی متری نمود. تا امکان جداسازی و تست آن بطور مستقل فراهم باشد.

۵- تزریق رطوبت

در صورتی که از وجود نم طبیعی در سال‌های آینده، به علت تغییرات آب و هوایی و پایین رفتن عمق آب‌های سطحی منطقه، اطمینان وجود نداشته باشد، به منظور تزریق رطوبت به پیرامون الکتروود زمین، یک لوله ته بسته غیرفلزی که در تمام جهات دارای سوراخ بوده و داخل آن با سنگ ریزه شسته پر شده، از 10 سانتی‌متری کف دریچه بازدید تا لبه بالایی الکتروود تعبیه میگردد.

۶- انواع دیگر الکتروود اساسی:

۱-۵ الکتروود اساسی به صورت الکتروودهای قائم موازی

در مورد الکتروود اساسی غیر از آن چه ذکر شد، می‌توان با نصب الکتروودهای میله‌ای متعدد با اشکال مختلف و ارتباط آن‌ها به همدیگر به مقاومت مورد نظر برای الکتروود اساسی دست پیدا کرد. الکتروودهای میله‌ای می‌توانند در

پیرامون یک دایره، یا در طول اضلاع مستطیل و یا در طول یک خط مستقیم، توزیع شده و به همدیگر متصل شوند. رعایت فاصله الکترونها از همدیگر به اندازه دو برابر عمق الکتروند باید مورد توجه قرار گیرد.

۵-۲- الکتروند اساسی با استفاده از الکتروند افقی:

در جاهایی که فضای افقی لازم وجود دارد و یا در جاهایی که زمین سنگلاخی و مقاومت ویژه خاک بالا است، می‌توان از الکتروند افقی که به صورت اشکال کمربندی، مستقیم، مستطیل و یا شبکه‌ای^۱ که در عمق حد اقل ۰/۷ متری سطح زمین قرار داده می‌شود، استفاده نمود. در صورت نیاز، برای دستیابی به مقاومت کمتر می‌توان خاک اطراف الکتروند را با مواد کاهنده مقاومت تعویض نمود.

۷- الکترولیتها (مواد بهبود دهنده مقاومت ویژه خاک) :

الکترولیتها بطور کلی به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند :

- الکترولیتهای با پایه خاک رس^۲ مانند بنتونیت و ...
- بتن‌های حاوی ذرات هادی با پایه کربن^۳ مانند مارکونیت و ...
- الکترولیتهای با پایه پلیمرهای جاذب رطوبت

هر کدام یک از این الکترولیتها دارای خصوصیتی می‌باشند که طراح و مجری سیستم اتصال زمین طبق دستورالعمل سازنده، متناسب با شرایط زمین، روش اجرا و بهره‌برداری می‌تواند از آنها استفاده کند. این مواد مطابق با [۴] و [۵] باید دارای خصوصیات زیر باشند :

- مقاومت مخصوص (ρ) پایین
- خوردگی خیلی پایین
- طول عمر بالا
- سازگاری با محیط زیست و عدم آلاینده‌گی آن
- جذب رطوبت بالا
- PH در محدوده خنثی تا اندکی قلیایی (۸ الی ۸/۵)
- مقاومت در برابر شسته شدن توسط آبهای سطحی و زیر سطحی
- دارای خاصیت چسبندگی مناسب به الکتروند زمین

برای تشخیص کیفیت الکترولیتها باید تستهای زیر را انجام داد [۴] :

○ تست فرونشست^۴

¹ Mesh

² Clay-base

³ Carbon-base

⁴ Leaching Test

○ تست تعیین میزان سولفور

○ تست مقاومت مخصوص

○ تست خوردگی

در هنگام استفاده از الکترولیتها باید از سازنده محصول گواهی تستهای فوق از مراجع ذیصلاح و آزمایشگاههای مرجع مطالبه شود.

مراجع:

[۱] مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان

[۲] آلدیک موسسین، راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها

[۳] استاندارد DIN VDE 0151

[۴] استاندارد IEC 62561-7

[۵] استاندارد BS EN 50164-7