



سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

گروه تخصصی برق

تابستان ۹۵

به نام خدا



سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

گروه تخصصی برق (دوره ششم)

جلد سوم:

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

تدوین کنندگان:

رئیس کارگروه:

دکتر سلیمان شیرزادی

اعضاء کارگروه:

مهندس عزت‌ا... پرتوی شال

دکتر شاهرخ شجاعیان

مهندس پوریا ساسانفر

مهندس ایرج امینی باغبادرانی

دکتر علی‌اصغر امینی

مهندس مسعود باقرزاده یزدی

مهندس رحیم سلیمان‌آذر

دکتر ایمان سریری آجیلی

مهندس سیدبدرالدین رضازاده

تابستان ۱۳۹۵

۱-۲ 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) تأمین ایمنی در برابر برق‌گرفتگی انسان یا سایر موجودات زنده در زمان بهره‌برداری از سیستم الکتریکی
- (۲) حفظ عایق بندی سیستم یا ایجاد مسیری برای جریان‌های اتصال کوتاه جهت عملکرد به‌موقع لوازم حفاظتی
- (۳) تأمین 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 به‌صورت قائم یا افقی نصب شده باشد، نسبت به الکتروود صفحه‌ای ارجحیت دارد، در نتیجه الکتروود صفحه‌ای غیراقتصادی‌ترین الکتروودها است. امروزه در اغلب کشورها استفاده از بتن مسلح در شالوده ساختمان (روش یوفر^۲) همراه با الکتروودهای میله‌ای متعدد موازی، پرتفیدارترین 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. به همین دلیل برای کم‌کردن 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 زبان‌ها را در پی دارد به همین دلیل اطمینان از کیفیت الکتروولیت در اجرای سیستم اتصال زمین و به دست آمدن نتیجه مورد نظر، بسیار مهم است.

¹ Electromagnetic Compatibility (EMC)

² UFER

به دلیل مشابه، نصب الکتروود زمین در چاه آب، چاه فاضلاب و خاک دستی ممنوع است و مکان نصب در صورت امکان نباید در حوزه نفوذ پساب فاضلاب قرار گیرد. در هر صورت محل نصب الکتروود باید طوری انتخاب شود که چاه فاضلاب یا آب در حوزه ولتاژی آن قرار نگیرد.

تبصره ۱: اگر چاه آبی از قبل در محل موجود بوده باشد، به شرط آنکه از این پس 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 تأسیسات مکانیکی و اجزاء فلزی مدفون شده در خاک و همبندی آنها اجتناب‌ناپذیر است، جهت جلوگیری از تشکیل پیل الکتروشیمیایی توصیه می‌گردد ضمن رعایت فاصله مناسبی بین الکتروود با این اجزاء، نکات مربوط به انتخاب نوع فلز الکتروود (بند 4P1 از [۲]) رعایت گردد.

با توجه به آنکه وجود رطوبت در خاک تا حدمعینی 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.

۲-۲ انواع الکتروودهای زمین

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

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

۲-۲-۱ 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:

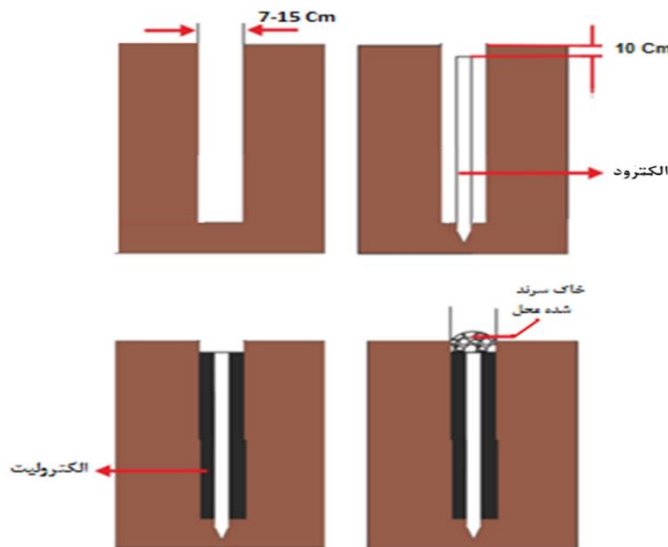
- ۱) الکتروودهای میله‌ای
- ۲) الکتروودهای لوله‌ای و پروفیلی
- ۳) سیم چند مفتولی

الکتروودهای لوله‌ای بیشتر در آمریکای 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 در سطح خاک (یا 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، فقط برای مواردی خاص قابل توجه است. مراحل اجرای الکترومدفون در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.

بر اساس بند پ ۱-۹-۳ از [۱] طول کوبیده شده الکترودهای قائم در زمین بکر نباید از ۲ متر کمتر باشد (این در حالی است که برخی استانداردهای معتبر بین‌المللی 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 الکترودها به صورت یک غلط مصطلح در سیستم زمین ساختمان‌ها به کار رفته‌اند.

واضح است که میله‌های بلند را برای اجرای آسان اجباراً بایستی به صورت چندتکه ساخت. برای انتخاب انواع الکترودهای قائم (جنس، قطر یا ضخامت مناسب آنها) به جدول (۱-۲) مراجعه شود.



شکل (۱-۲): نحوه استفاده از الکتروولیت اطراف الکترو میله‌ای برای موارد خاص (دریچه بازدید برای سادگی در شکل نشان داده نشده است).

تیسره ۳: چنانچه در جدول (۱-۲) مشاهده می‌گردد برای تولید میله‌های فولادی مس پوش استفاده از تکنولوژی‌های آبکاری^۳ و یا کششی^۴ (ایجاد غلاف مسی با پرس کردن لوله مسی تحت فشار و حرارت روی میله فولادی) قابل قبول است ولی در هر دو مورد باید شرایط استاندارد از جمله حداقل ضخامت لایه مس (مطابق جدول (۱-۲)) و سایر الزامات مندرج در استاندارد IEC 62561-2 تأمین شود.

³ Copper Weld

⁴ Copper Bond

یادآوری: برخی میله‌های موجود در بازار با کیفیت پایین تولید شده و فاقد ارزش می‌باشند از جمله میله‌هایی که ضخامت لایه آبکاری و یا غلاف مسی آنها کافی نیست و یا میله‌هایی که غلاف مسی‌شان هنگام کوبیدن در خاک، به علت استفاده از روش‌های نامناسب در غلاف‌کشی از مغز فولادی جدا می‌شود. قاعدتاً سازندگان باید گواهی آزمایشگاه معتبر، مبنی بر تأمین الزامات استاندارد و گواهی‌نامه کیفیت محصول خود را ارائه نمایند.

جدول (۲-۱): حداقل ابعاد انواع الکترود زمین با لحاظ کردن اثر خوردگی و استقامت مکانیکی [۳]

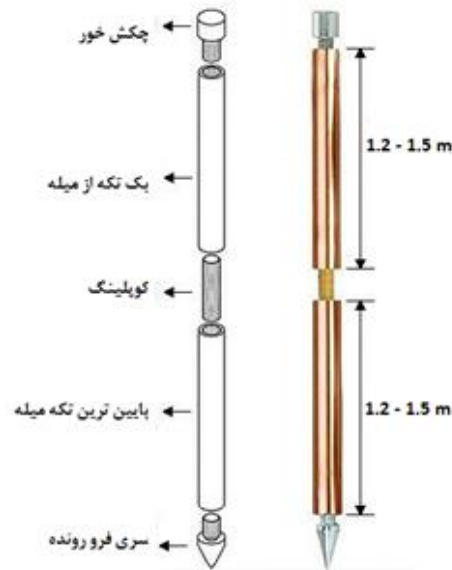
ویژگی الکترود جنس الکترود	شکل	قطر (mm)	سطح مقطع (mm ²)	ضخامت (mm)	ضخامت پوشش (میکرون)
فولاد داخل بتن	میلگرد	۱۰	-	-	-
	تسمه	-	۷۵	۳	-
فولاد گالوانیزه گرم	میله	۱۶	-	-	۴۵
	تسمه	-	۹۰	۳	۶۳
	صفحه ^۲	-	۵۰۰×۵۰۰	۳	۷۰
	لوله	۲۵	-	۲ (جداره لوله)	۴۵ ^۱
فولاد با غلاف مس (کششی) (Steel copper-sheathed)	میله	۱۵	-	-	۲۰۰۰
فولاد با پوشش مس (آبکاری) (Steel with electrodeposited copper coating)	میله	۱۴	-	-	۲۵۰
	تسمه	-	۹۰	۳	۷۰
فولاد ضدزنگ (stainless steel)	تسمه	-	۹۰	۳	-
	میله	۱۶	-	-	-
	سیم	۱۰	-	-	-
	لوله	۲۵	-	۲	-
مس	تسمه	-	۵۰	۲	-
	سیم چندمقتولی	۱/۷ برای هر مفتول	۲۵	-	-
	صفحه ^۲	-	۵۰۰×۵۰۰	۲	-
	لوله	۲۰	-	۲ (جداره لوله)	-

لوله و میله و تسمه قبل از گالوانیزه شدن باید برش داده شده باشند و یا هرگونه ایجاد برش یا سوراخکاری در آن‌ها نیاز دوباره به گالوانیزه شدن محل برش دارد. همچنین می‌توان 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 الکترود زمین فقط در محل‌هایی که حداکثر تا عمق ۳ متر دارای نم طبیعی می‌باشند، مناسب بوده و برای عمق بیشتر از ۳ متر توصیه نمی‌گردد.

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها



شکل (۲-۲): یک نمونه میله چند تکه استاندارد



شکل (۳-۲): نمونه‌های دیگری از الکترودهای قائم، سمت راست: الکترود لوله‌ای، سمت چپ: یک نمونه الکترود پروفیلی



شکل (۲-۴): دو نمونه چکش مخصوص کوبیدن میله (سمت راست چکش برقی، سمت چپ، چکش دستی لوله‌ای)

تبصره ۴: روش صحیح نصب الکترودهای میله‌ای استفاده از چکش‌های استاندارد (چکش دستی لوله‌ای، چکش نیوماتیکی 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 الکترود هم آسیب خواهد رساند لذا توصیه نمی‌شود. در شکل (۲-۴) نمونه‌ای از این چکش‌های استاندارد آمده است.

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

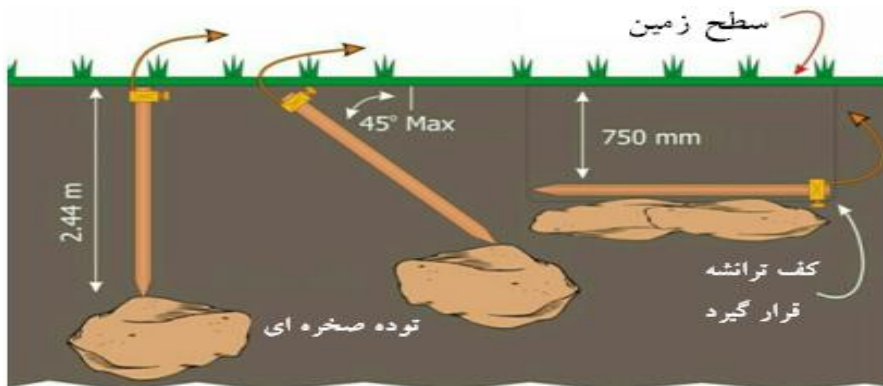
تبصره ۶: لوله یا میله در زمان نصب باید سالم، بدون خراشیدگی و زنگ‌زدگی و خمیدگی و فرورفتگی باشد.

تبصره ۷: الکترود میله‌ای در حالت کلی و عدم وجود مانع به صورت قائم نصب می‌شود ولی در شرایط خاص می‌توان آن را به صورت اریب یا افقی نیز اجرا نمود. در شکل (۲-۵) روش‌های مختلف اجرا دیده می‌شود.

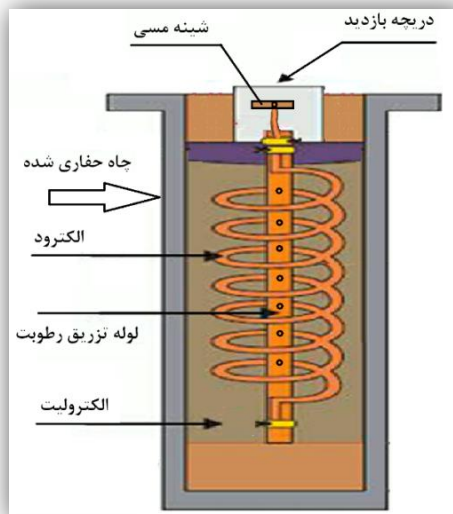
الکترودهای سیمی چندمفتولی و تسمه‌ای که در زمین به روش دفنی نصب می‌شوند، صرفاً در مواردی که خاک دارای مقاومت مخصوص بالایی است، به همراه الکترولیت مناسب، به عنوان آلترناتیوی در برابر الکترود صفحه‌ای مطرح‌اند. برای نصب این الکترودها ابتدا با استفاده از ماشین‌های مخصوص حفاری، سوراخی به قطر حدود ۷ تا ۱۵ سانتی‌متر توسط مته‌های بلند ایجاد شده، سیم یا تسمه در درون آن قرار گرفته و با الکترولیت مناسب یا بتن پر می‌شود (طبق شکل (۲-۱)). با توجه به اینکه در حال حاضر دسترسی به این ماشین‌های حفار آسان نیست، اغلب چاه به صورت دستی حفر می‌شود که در این صورت قطر آن به حدود ۸۰ سانتی‌متر بالغ می‌گردد. چنان‌چه کار بدین صورت انجام شود تجربه نشان می‌دهد که

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

بهتر است به جای آنکه سیم در راستای قائم به طور مستقیم پایین رود به صورت فنی در محیط یک استوانه، مانند شکل (۶-۲) اجرا گردد و اطراف آن با الکترولیت مناسب پر شود. این نوع الکتروود نسبت به الکتروود صفحه‌ای به لحاظ وزن کمتر مس به کار رفته، ارزان‌تر است و به دلیل عدم وجود نقاط اتصال، از نظر پایداری و عدم خوردگی نیز شرایط بهتری دارد. همچنین مقاومت آن نیز در وضعیت مشابه کمتر خواهد بود. زمانی که سیم مسی مستقیماً به عنوان الکتروود مورد استفاده قرار می‌گیرد، سطح مقطع آن نباید از 35mm^2 کمتر باشد.



شکل (۶-۲): صورت‌های مجاز اجرای الکتروودهای میله‌ای (NEC : 2014, Art: 250.53)



شکل (۶-۲): اجرای الکتروود سیمی به صورت فنی با حداقل ۵ دور سیم مسی با مقطع حداقل ۳۵ میلی‌متر مربع در محیط یک استوانه فرضی به قطر حدود ۵۰ سانتی‌متر

۲-۲-۲ الکترودهای افقی

انواع الکترودهای افقی عبارت‌اند از:

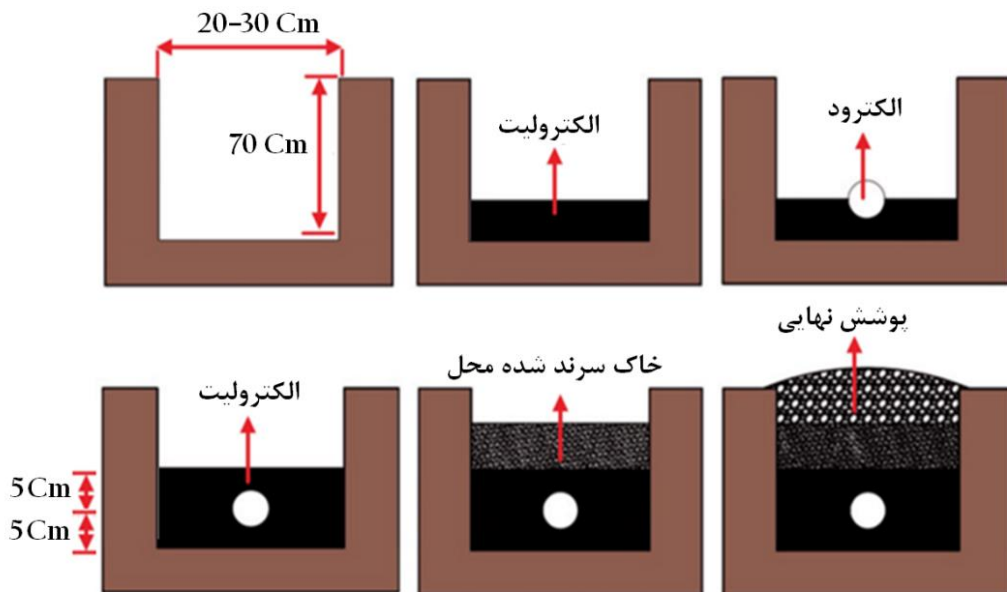
۱- تسمه

۲- سیم چندمفتولی

استفاده از این الکترود وقتی مناسب است که فضای آزاد کافی وجود داشته باشد. از موارد کاربرد الکترودهای افقی می‌توان اتصال زمین‌های سیستم صاعقه‌گیر (به دلیل پایین تر بودن امپدانس موجی این نوع الکترود)، 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) را نام برد. الکترودهای افقی در آرایش‌های مختلف در عمقی که پایین تر از عمق یخ‌زدگی منطقه باشد (عمق حداقل ۷۰٪ متری از سطح زمین) نصب می‌شوند.

مراحل اجرای الکترودهای افقی در شکل (۷-۲) آمده است.

تبصره ۸: در موارد خاص ممکن است هر نوع جرم فلزی دفن شده در زمین مانند زره و غلاف فلزی بیرونی کابل‌ها، لوله‌کشی‌های فلزی مجاز و غیره که در تماس با زمین می‌باشند نیز به عنوان الکترود افقی محسوب گردند ولی چون این موارد امروز دیگر چندان مورد توجه نیستند، از پرداختن به آنها خودداری می‌شود.



شکل (۷-۲) : نحوه اجرای الکترود افقی با الکترولیت

تبصره ۹: استفاده از لوله های فلزی نفت ، گاز (و سایر فرآورده های نفتی)، هوای تحت فشار و فاضلاب به عنوان الکترود زمین ممنوع می باشد. البته همبندی این لوله ها، الزامی است.

۳-۲-۲ الکترودهای صفحه ای

براساس اشاره صریح [۲] الکترود صفحه ای آخرین اولویت به هنگام انتخاب الکترود زمین است. استفاده از این نوع الکترود امروزه فقط در دو حالت توجیه پذیر است:

حالت اول آنکه فضای موجود برای اجرای الکترود زمین آنقدر کم باشد که نتوان از روش بهتری (مثلاً میله های متعدد موازی) استفاده نمود، و حالت دوم زمانی است که به دلیل سختی زمین، تنها به واسطه حفاری عمیق با دست یا ماشین آلات بتوان الکترودی را درون زمین جا داد.

البته در مناطقی از جهان که به طور کلی دارای زمینی نمناک هستند از الکترود صفحه ای کم عمق استفاده شده و الکترود را به گونه ای که حداقل ۱/۵ متر خاک از لبه بالای صفحه روی آن را بپوشاند اجرا می کنند. روش سنتی نصب الکترود صفحه ای در عمق زیاد (یعنی بیش از ۳ متر)، که در ایران معمول است، اغلب با هدف رسیدن به لایه های نمناک زمین انجام می شود، در حالی که در روش های طراحی مدرن، با توجه به هزینه های زیاد این روش، الکترودهای قائم را در اکثر پروژه ها بر آن ترجیح می دهند. امروزه هزینه های صفحه نسبت به انواع دیگر الکترودهای عمیق به هیچ عنوان قابل توجیه نیست و به نظر می رسد استفاده از الکترود صفحه ای روز به روز کمتر شود. 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.

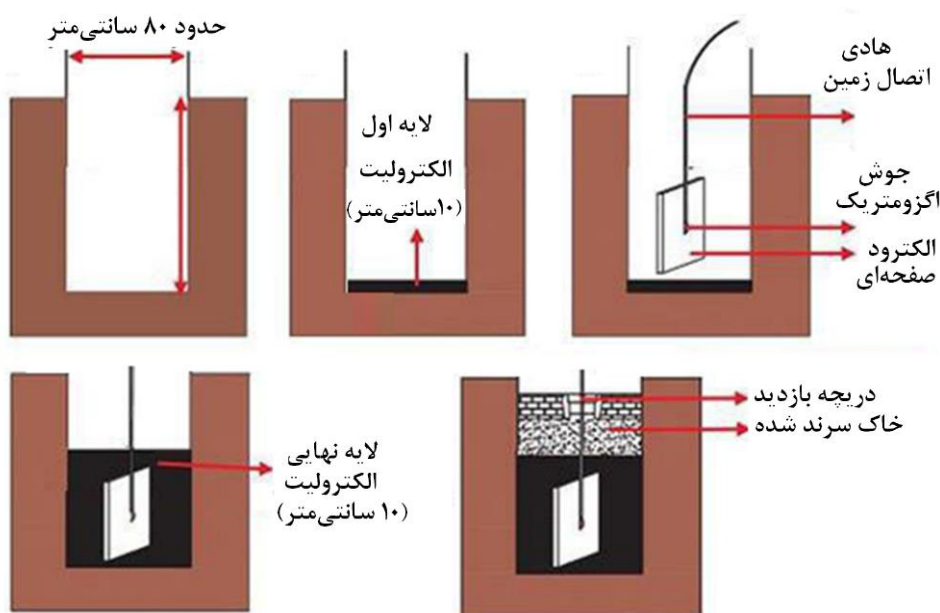
جنس و مشخصات الکترود صفحه ای در جدول (۱-۲) آمده است. بهتر است الکترود صفحه ای به صورت قائم دفن شود تا خطوط جریان خارج شده از صفحه حتی الامکان یکنواخت در خاک پخش شوند و ضمناً فشار خاک بر دو سمت صفحه، یکسان باشد. اتصال هادی زمین به الکترود صفحه ای باید در دو نقطه مجزا، ترجیحاً توسط جوش اگزوترمیک (یا کدولد) و در صورت عدم دسترسی به آن، توسط اتصال مکانیکی به شرح مندرج در بند پ ۱-۹-۵ از [۱] انجام شود. نمونه این جوش و قالب آن در شکل (۲-۸) دیده می شود. در شرایطی که هادی زمین و صفحه الکترود 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 این کار، سهم هادی بدون روکش در کم کردن مقاومت الکترود زمین از دست خواهد رفت لذا توصیه نمی شود.

مراحل نصب الکترود صفحه ای در شکل (۲-۹) مشاهده می شود.

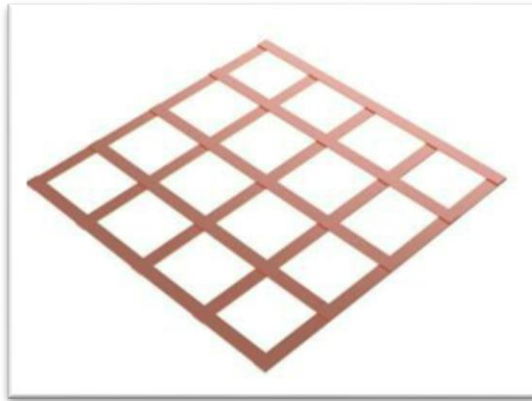
لازم به ذکر است گاهی به جای صفحه یکپارچه، از نوعی صفحه مشبک که با تسمه یا سیم ساخته شده و به Lattice موسوم است استفاده می شود. این فرم الکترود از لحاظ مقاومت تفاوت چندانی با صفحه ندارد ولی وزن آن به میزان قابل توجهی کمتر است. نمونه این صفحه مشبک در شکل (۲-۱۰) مشاهده می شود.



شکل (۸-۲): جوش اگزوترمیک (احتراقی)



شکل (۹-۲): اجرای الکتروود صفحه‌ای با الکترولیت



شکل (۱۰-۲): الکترو تسمه‌ای شبکه‌ای (Lattice) نوعی از صفحه که دارای وزن کمتر و اثری مشابه است.

توجه به مسأله خوردگی در هنگام اتصال فلزاتی که در نقش الکتروود و هادی اتصال زمین به کار رفته‌اند، اهمیت زیادی دارد همچنین وقتی دو فلز در محیط خاک قرار گرفته و یک اتصال الکتریکی هم بین آنها ایجاد شود، سطح آنها در چگونگی خوردگی مؤثر است که در اینجا به طور مختصر در قالب جدول (۲-۲) به این مسأله اشاره می‌شود.

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

		جسم با سطح بزرگ‌تر (معمولاً غیرالکتروود)						
		فولاد گالوانیزه	فولاد	فولاد در بتن	فولاد گالوانیزه در بتن	فولاد ضدزنگ	مس	مس قلع‌اندود
جسم با سطح کوچک‌تر (معمولاً الکتروود)	فولاد گالوانیزه	+	+	-	+	-	-	-
	فولاد	+	+	-	+	-	-	-
	فولاد در بتن	+	+	+	+	+	+	+
	فولاد با پوشش مس	+	+	+	+	+	+	+
	فولاد ضدزنگ (stainless steel)	+	+	+	+	+	+	+
	مس	+	+	+	+	+	+	+
	مس قلع‌اندود	+	+	+	+	+	+	+

*: خوردگی در پوشش گالوانیزه (فلز روی) اتفاق می‌افتد.

-: نامناسب برای همبندی

+: مناسب برای همبندی

(سطح بزرگ‌تر باید حداقل صد برابر بیشتر از سطح کوچک‌تر باشد.)

به‌عنوان مثالی برای جدول فوق می‌توان به حالتی اشاره کرد که یک صفحه مسی از طریق هادی زمین به شینه ارت متصل شده، و اسکلت فلزی ساختمان نیز به همین شینه همبند شده است. در اینجا الکتروود مسی، جسم با سطح کوچک‌تر و اسکلت فلزی ساختمان (فولاد در بتن)، جسم با سطح بزرگ‌تر محسوب شده و اتصال آنها طبق جدول فوق مجاز است. در همین مثال اگر صفحه الکتروود، فولاد گالوانیزه باشد اتصال آن به اسکلت فلزی ساختمان، مطابق جدول مجاز نبوده و باعث ایجاد خوردگی و از بین رفتن الکتروود می‌شود. در این زمینه توضیحات بیشتر را در بخش ۴۴۲ از [۲] می‌توان یافت.

۲-۲-۴ 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، به‌عنوان الکتروود زمین نیز استفاده گردد، باید شرایط زیر محقق شود:

- ۱) بین شالوده و بستر زمین اطراف آن ایزولاسیون (به منظور عایق کاری رطوبتی) انجام نشده و بتن فونداسیون به‌طور مستقیم و کامل با خاک در تماس باشد.
- ۲) از این نوع الکتروود به‌تنهایی به‌عنوان سیستم زمین استفاده نشود (به همراه یک الکتروود دیگر مثلاً الکتروود قائم میله‌ای به‌کار رود).
- ۳) سیستم زمین صاعقه‌گیر از آن به‌جای هادی نزولی استفاده نکند.
- ۴) اگر به‌عنوان 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 میلی‌متر مربع باشد.



شکل (۲-۱۱): الکتروود مدفون در بتن

۲-۳ دریچه بازدید

ضروری است برای الکتروود زمین اقدام به ایجاد دریچه بازدیدی با ابعاد ۳۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متری نمود، تا امکان جداسازی و تست آن به‌طور مستقل فراهم باشد.

۴-۲ تزریق رطوبت

در صورتی که از وجود نم طبیعی در حال حاضر و یا 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 ته‌بسته غیرفلزی که در تمام جهات دارای سوراخ بوده و داخل آن با سنگ ریزه شسته پر شده، از ۱۰ سانتی‌متری کف دریچه بازدید تا نزدیک لبه بالایی الکتروولیت تعبیه می‌گردد.

۵-۲ الکتروود ساده و اساسی

بر اساس ماده ۱۳-۴-۱ از [۱]، برای انشعابات برق مختلف دو نوع الکتروود تعریف می‌شود: 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 میله‌های استاندارد با طول بیش از دو متر و برای الکتروود اساسی استفاده از الکتروود صفحه‌ای در چاه عمیق بوده است. چنانچه قبلاً نیز اشاره شد به جای صفحه، می‌توان از سیم چندمفتولی به شرح نشان داده شده در شکل (۲-۵) 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 اجتناب‌ناپذیر است، برتری محسوسی دارد.

۶-۲ انواع دیگر الکتروود اساسی

۱-۶-۲ الکتروود اساسی به صورت الکتروودهای قائم موازی

در مورد الکتروود اساسی غیر از آنچه که 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 الکتروودها از همدیگر به اندازه حداقل دو برابر عمق الکتروود باید مورد توجه قرار گیرد.

۲-۶-۲ الکتروود اساسی با استفاده از الکتروود افقی

در جاهایی که فضای افقی لازم وجود دارد و به علت سنگلاخی بودن زمین، دستیابی به عمق دشوار است و یا مقاومت ویژه خاک در لایه‌های پایینی خاک زیاد است، می‌توان از الکتروود افقی که به صورت اشکال کمربندی، مستقیم، مستطیل و یا شبکه‌ای^۵ و در عمق حداقل ۷۰ متری سطح زمین قرارداده می‌شود، استفاده نمود. در صورت نیاز، برای دستیابی به مقاومت کمتر می‌توان خاک اطراف الکتروود را با مواد کاهنده مقاومت تعویض نمود.

⁵ Mesh

۲-۷ الکترولیت‌ها (مواد بهبود دهنده مقاومت ویژه خاک)

الکترولیت‌ها به‌طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- الکترولیت‌های با پایه خاک رس^۶ مانند بنتونیت و ...
- بتن‌های حاوی ذرات هادی با پایه کربن^۷ مانند مارکونیت و ...
- الکترولیت‌های با پایه پلیمرهای جاذب رطوبت

هر 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
- خورندگی 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 زیرسطحی
- دارای خاصیت چسبندگی مناسب به الکتروود زمین

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

- تست فرونشست^۸
- تست تعیین میزان سولفور
- تست مقاومت مخصوص
- تست خورندگی

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

^۶ Clay-base

^۷ Carbon-base

^۸ Leaching Test

مراجع:

- ۱- میحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان
- ۲- راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها، آلدیک موسسیان
- ۳- استاندارد IEC 60364-5-54
- ۴- استاندارد IEC 62561-7
- ۵- استاندارد BS EN 50164-7

مجموعه دستورالعمل‌های گروه تخصصی برق شورای مرکزی (دوره ششم):

- جلد اول: دستورالعمل طرح و اجرای همبندی اصلی در ساختمان‌ها
- جلد دوم: دستورالعمل طرح و اجرای همبندی اضافی در ساختمان‌ها
- جلد سوم: دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها
- جلد چهارم: دستورالعمل اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین و مقاومت ویژه خاک
- جلد پنجم: دستورالعمل سیستم‌های اتوماسیون و کنترل ساختمان
- جلد ششم: دستورالعمل ضوابط طراحی و اجرای سیستم‌های اعلام حریق
- جلد هفتم: دستورالعمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه