



سازمان نظام مهندسی ساختمان
شورای مرکزی کشور
گروه تخصصی برق

دستورالعمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

تدوین کنندگان

رئیس کارگروه: دکتر سلیمان شیرزادی

اعضاء کارگروه:

مهندس رحیم سلیمان‌آذر/مهندس ایرج امینی‌باغبادرانی/مهندس عزت‌ا... پرتوی‌شال/ دکتر ایمان
سریری‌آجیلی/دکتر علی‌اصغر امینی/دکتر شاهرخ شجاعیان/مهندس سیدبدرالدین رضازاده/
مهندس مسعود باقرزاده‌یزدی/مهندس سید کاظم مجابی/مهندس پوریا ساسانفر

بهار ۱۳۹۵

ویرایش اول



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 خلال بهره‌برداری 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، پرطرفدارترین و اقتصادی‌ترین روشهای اجرای سیستم زمین محسوب می‌شوند. به همین دلیل استفاده از واژه "چاه ارت"^۳ 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 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 زبانها را در پی دارد.

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.

Electromagnetic Compatibility (EMC)
UFER



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 اجتناب ناپذیر 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 ۴۲۱ 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 تقسیم می‌شوند:

- 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

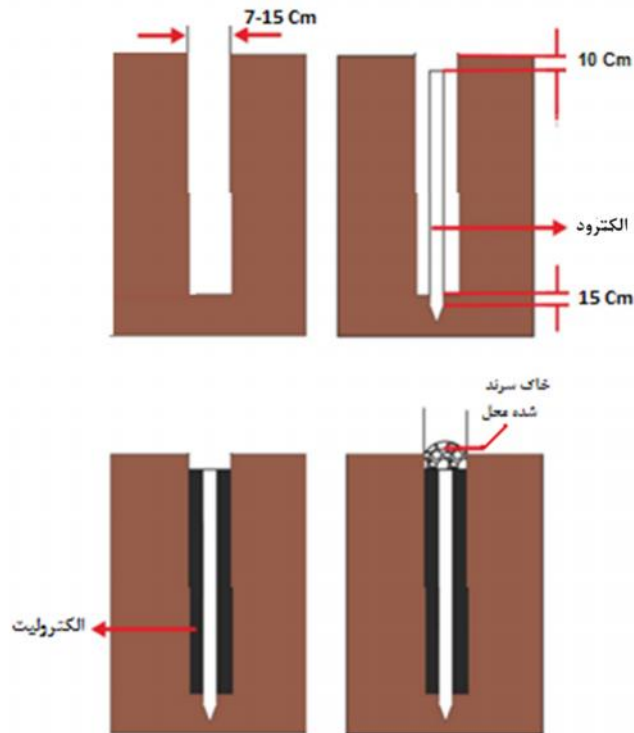
الکتروودهای لوله‌ای بیشتر در آمریکای شمالی متداولند و الکتروودهای میله‌ای را بیشتر در اروپا می‌توان دید. مزیت اقتصادی الکتروودهای قائم میله‌ای و لوله‌ای نسبت به سیم بسیار مشهود است، زیرا مستقیماً در سطح خاک (یا در کف یک دریچه بازدید کم‌عمق) کوبیده می‌شوند و نیازی به حفاری ندارند. استفاده از سیم یا تسمه مدفون، که متعاقب حفر سوراخی با قطر



کم (۷ تا ۱۵ سانتی‌متر) در زمین قرار داده می‌شوند، فقط برای مواردی خاص قابل توجیه است. مراحل اجرای الکتروود مدفون در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.

بر اساس بند پ۱-۹-۳ از [۱] طول کوبیده شده الکتروودهای قائم در زمین بکر نباید از ۲ متر کمتر باشد (این در حالی است که برخی استانداردهای معتبر بین‌المللی حتی مقادیر بیشتری مانند ۳ یا ۴ متر را توصیه کرده‌اند). ولی متأسفانه به دلیل آنکه عمده میله‌های موجود در بازار دارای طول ۱ 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 میله‌های بلند را برای اجرای آسان اجباراً بایستی به صورت چندتکه ساخت. برای انتخاب انواع الکتروودهای قائم به جدول (۱-۲) مراجعه شود.



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

تبصره ۳: چنانچه در جدول (۱-۲) مشاهده می‌گردد برای تولید میله‌های فولادی مس پوش استفاده از تکنولوژی آبکاری^۲ قابل قبول بوده و تکنولوژی کششی^۴ (پرس کردن لوله مسی تحت فشار و حرارت روی میله فولادی) به دلیل جدا شدن لایه مسی به هنگام کوبیدن میله قابل قبول نیست.

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

ویژگی الکتروود جنس الکتروود	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 (دیواره لوله)	۴۵ ^۱
فولاد با پوشش مس (به‌طریقه جوش مولکولی)	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 چندمفتولی	برای هر مفتول	۲۵	-	-
	صفحه ^۲	-	۵۰۰×۵۰۰	۲	-
	لوله	۲۰	-	۲	-

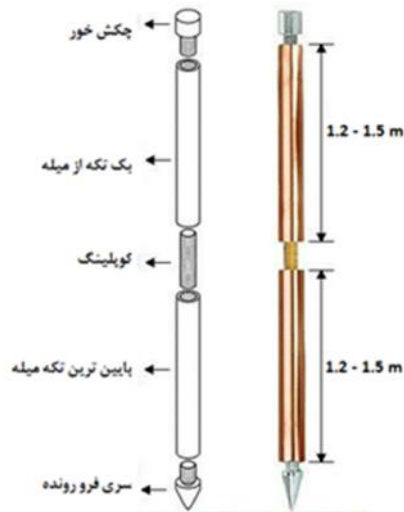
لوله و میله و تسمه قبل از گالوانیزه شدن باید برش داده شده باشند و یا هرگونه ایجاد برش یا سوراخ کاری در آن‌ها نیاز دوباره به گالوانیزه شدن محل برش دارد. همچنین می‌توان به طریق مناسب محل برش را پوشش داد تا از خوردگی جلوگیری به عمل آید. (مثال: استفاده از رزین مناسب، رنگ با پایه روی و ...)

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

۲- استفاده از صفحه به عنوان الکتروود زمین فقط در محل‌هایی که حداکثر تا عمق ۳ متر دارای نم طبیعی می‌باشند، مجاز بوده و برای عمق بیشتر از ۳ متر توصیه نمی‌گردد.

Copper Weld
Copper Bond





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

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



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

تبصره ۵: در صورت استفاده از الکترودهای موازی برای رسیدن به مقاومت معادل پایین‌تر، فاصله الکترودها از یکدیگر نباید کمتر از ۰.۵ متر باشد، هرچند توصیه می‌شود این طول برابر طول الکترود بلندتر انتخاب شود. برای محاسبه مقاومت معادل الکترودهای موازی می‌توان به بند ۴۳۲-۱۱ 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.

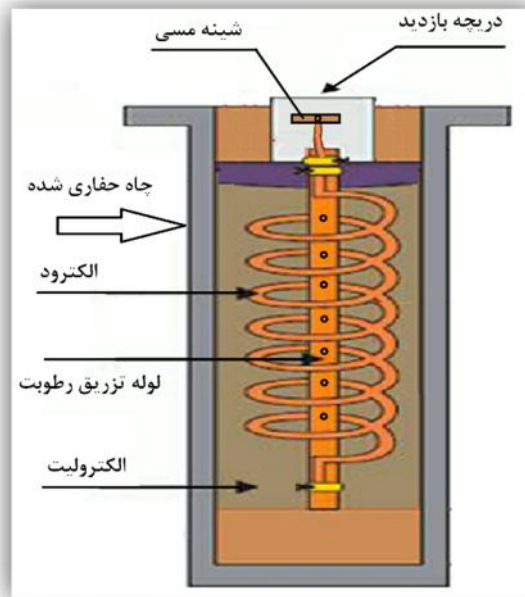
الکترودهای سیمی چندمفتولی و تسمه ای که در زمین به روش دفنی نصب می‌شوند، صرفاً در مواردی که خاک دارای مقاومت مخصوص بالایی است، به همراه الکترولیت مناسب، به عنوان آنترناتیوی در کنار الکترود صفحه‌ای مطرح‌اند. برای نصب این الکترودها با استفاده از ماشین‌های حفار مخصوص، ابتدا سوراخی به قطر حدود ۷ تا ۱۵ سانتی‌متر توسط منته‌های بلند ایجاد شده، سیم یا تسمه در درون آن قرار گرفته و با الکترولیت مناسب یا بتن پر می‌شود (مطابق 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 بهتر است به جای آنکه سیم در راستای قائم به طور مستقیم پایین رود به صورت فنری در محیط یک استوانه، مانند شکل (۲-۶) اجرا گردد و اطراف آن با الکترولیت مناسب پر شود. این نوع الکترود نسبت به الکترود صفحه‌ای به لحاظ وزن کمتر مس، 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 الکترود مورد استفاده قرار می‌گیرد، سطح مقطع آن نباید از 35mm^2 کمتر باشد.



شکل (۲-۵): صورت‌های مجاز اجرای الکترودهای میله‌ای (۲۵۰.۵۳ Art: ۲۰۱۴ NEC)



شکل (۲-۶): 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



۲-۲-۲ الکترودهای افقی

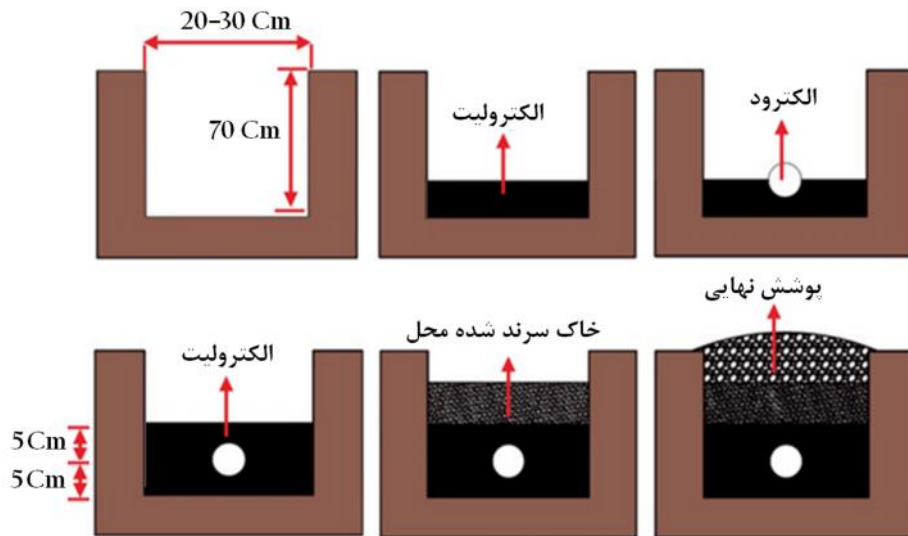
انواع الکترودهای افقی عبارتند از:

- ۱- تسمه
- ۲- سیم چندمفتولی

استفاده از این الکترود وقتی مطرح است که فضای آزاد کافی وجود داشته باشد. از موارد کاربرد الکترودهای افقی می توان اتصال زمین های سیستم صاعقه گیر (به دلیل پایین تر بودن امپدانس موجی این نوع الکترود)، ایجاد سطوح هم پتانسیل در محوطه نیروگاه ها و پست های فشارقوی (به منظور کنترل ولتاژهای گامی و تماسی) و یا ایجاد سیستم زمین در زمین های سخت، سنگلاخی و صخره ای (به عنوان مسیر جایگزین به جای عمق با توجه به دشواری حفاری) را نام برد. الکترودهای افقی در آرایش های مختلف در عمقی که پایین تر از عمق یخ زدگی منطقه باشد (عمق حداقل . متری از سطح زمین) نصب می شوند.

مراحل اجرای الکترودهای افقی در شکل (۲-۸) آمده است.

تبصره ۹: در موارد خاص ممکن است هر نوع جرم فلزی دفن شده در زمین مانند زره و غلاف فلزی بیرونی کابل ها، لوله کشی های فلزی مجاز و غیره که در تماس با زمین می باشند نیز به عنوان الکترود افقی محسوب گردند ولی چون این موارد امروز دیگر چندان مورد توجه نیستند، از پرداختن به آنها خودداری می شود.



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



تبصره ۱۰: استفاده از لوله های فلزی نفت ، گاز (و سایر فرآورده های نفتی)، هوای تحت فشار و فاضلاب به عنوان الکتروتود زمین ممنوع می باشد. البته همبندی این لوله ها، الزامی است.

۲-۳ الکترودهای صفحه ای

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

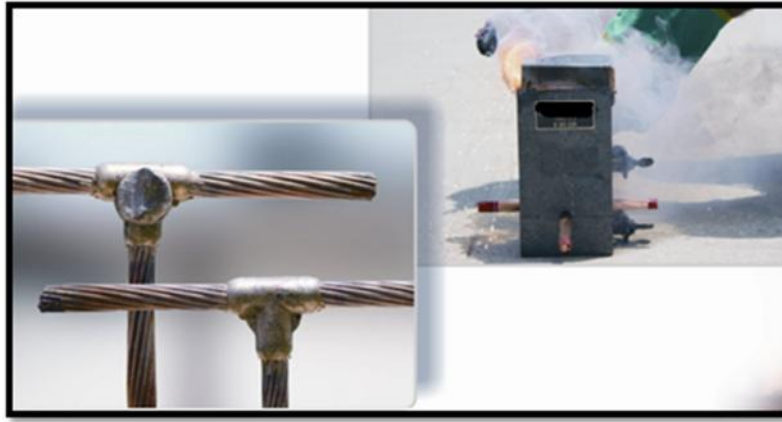
حالت اول آنکه فضای موجود برای اجرای الکتروتود زمین آنقدر کم باشد که نتوان از روش بهتری (مثلاً میله های متعدد موازی) استفاده نمود، و حالت دوم زمانی است که به دلیل سختی زمین، تنها به واسطه حفاری عمیق با دست یا ماشین آلات بتوان الکتروتودی را درون زمین جا داد.

البته در مناطقی از جهان که به طور کلی دارای زمینی نمناک هستند از الکتروتود صفحه ای کم عمق استفاده شده و الکتروتود را به گونه ای که حداقل . متر خاک از لبه بالای صفحه روی آن را بپوشاند اجرا می کنند. روش سنتی نصب الکتروتود 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، الکتروتودهای قائم را در اکثر پروژه ها بر آن ترجیح می دهند. امروزه هزینه های صفحه نسبت به انواع دیگر الکتروتودهای عمیق به هیچ عنوان قابل توجیه نیست و به نظر می رسد استفاده از الکتروتود 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.

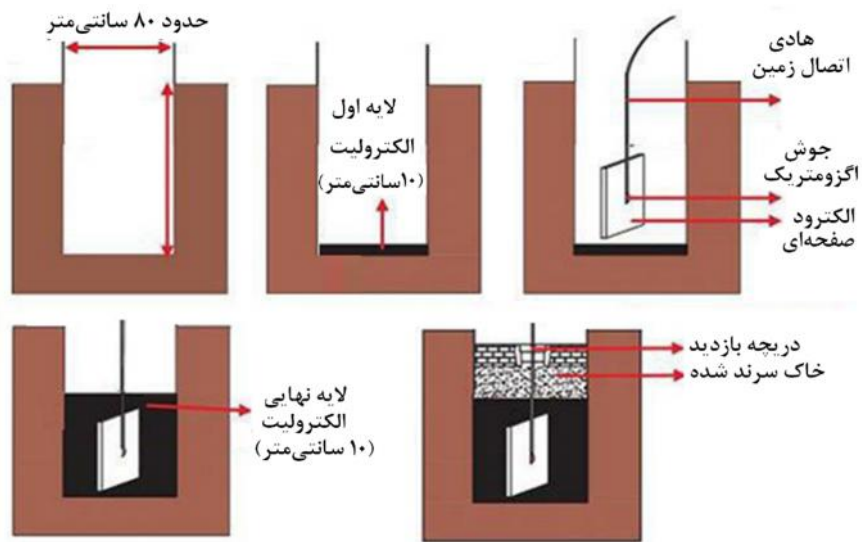
جنس و مشخصات الکتروتود صفحه ای در جدول (۲-۱) آمده است. بهتر است الکتروتود صفحه ای به صورت قائم دفن شود تا خطوط جریان شده از صفحه حتی الامکان یکنواخت در خاک پخش شوند و ضمناً فشار خاک بر دو سمت صفحه، یکسان باشد. اتصال هادی زمین به الکتروتود صفحه ای باید در دو نقطه مجزا، ترجیحاً توسط جوش آگزوترمیک (یا کدولد) 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 محفظه آن در شکل (۲-۸) دیده می شود. در شرایطی که هادی زمین و صفحه الکتروتود 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 الکتروتود زمین از دست خواهد رفت.

مراحل انجام نصب الکتروتود 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 الکتروتود 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.

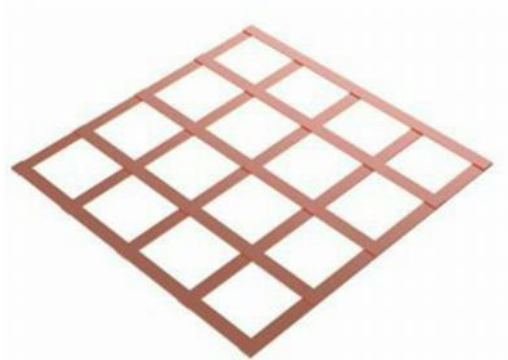


شکل (۸-۲): جوش اگزوترمیک (احتراقی)



شکل (۹-۲): اجرای الکتروود صفحه ای با الکتروولیت





شکل (۱-۲): الکتروود تسمه‌های شبکه‌ای (Lattice) نوعی از صفحه که دارای وزن کمتر و اثری مشابه است.

توجه به مسئله خوردگی در هنگام اتصال فلزاتی که در نقش الکتروود و هادی اتصال زمین به کار رفته‌اند، اهمیت زیادی دارد که این مسئله در اینجا به اختصار در قالب جدول (۲-۲) اشاره می‌شود. توضیحات بیشتر را در بخش ۴۴۲ از [۲] می‌توان یافت.

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	+	+	+	+	+	+	+

+ : مناسب برای همبندی - : نامناسب برای همبندی * : خوردگی در پوشش گالوانیزه (فلز روی) اتفاق می‌افتد.

وقتی دو فلز در محیط خاک با یکدیگر اتصال دارند سطح آنها در مسأله خوردگی مؤثر است. به‌عنوان مثالی برای جدول فوق می‌توان 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.

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 عایق‌کاری 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 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 $۳۰ \times ۳۰ \times ۳۰$ سانتی‌متری نمود، تا امکان جداسازی و تست آن به‌طور مستقل فراهم باشد.

۲-۴ 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 ته‌بسته غیرفلزی که در تمام



جهت دارای سوراخ بوده و داخل آن با سنگ ریزه شسته پر شده، از ۱۰ سانتی‌متری کف درجه بازدید تا لبه بالایی الکترولیت تعبیه می‌گردد.

۲-۵ الکترود ساده و اساسی

بر اساس ماده ۱۳-۴-۱ از [۱]، برای انشعابات برق مختلف دو نوع الکترود تعریف می‌شود: الکترود زمین ساده (فقط برای وصل به هادی خنثای فشار ضعیف) و الکترود اساسی (برای هر دو نوع زمین: حفاظت سیستم و ایمنی)

تا به این زمان روال متداول برای اجرای الکترود ساده، استفاده از میله‌های استاندارد با طول بیش از دو متر و برای الکترود اساسی استفاده از الکترود 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 الکترودهای اتصال زمین تا ترمینال اصلی زمین، نسبت به الکترود صفحه‌ای که ایجاد نقاط اتصال سیم به صفحه با جوش یا بست و پیچ و مهره در آن اجتناب‌ناپذیر است، برتری محسوسی دارد.

۲-۶ انواع دیگر الکترود اساسی

۲-۶-۱ الکترود اساسی به صورت الکترودهای قائم موازی

در مورد الکترود اساسی غیر از آنچه که ذکر شد، می‌توان با نصب الکترودهای میله‌ای متعدد با اشکال مختلف و ارتباط آنها به همدیگر به مقاومت مورد نظر برای الکترود اساسی دست پیدا کرد. الکترودهای 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 الکترودها از همدیگر به اندازه دو برابر عمق الکترود باید مورد توجه قرار گیرد.

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

در جاهایی که فضای افقی لازم وجود دارد و یا در جاهایی که زمین سنگلاخی و مقاومت ویژه خاک، بالا است، می‌توان از الکترود افقی که به صورت اشکال کمربندی، مستقیم، مستطیل و یا شبکه‌ای^۵ و در عمق حداقل . متری سطح زمین قرار داده می‌شود، استفاده نمود. در صورت نیاز، برای دستیابی به مقاومت کمتر می‌توان خاک اطراف الکترود را با مواد کاهنده مقاومت تعویض نمود.

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

الکترولیت‌ها بطور کلی به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- الکترولیت‌های با پایه خاک رس^۶ مانند بنتونیت و ...

Mesh
Clay-base



- 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
- 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 ۱۰)
- 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 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 موسسیان، راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها
- ۳- استاندارد ۰۱۵۱ DIN VDE
- ۴- استاندارد ۶۲۵۶۱-۷ IEC
- ۵- استاندارد ۵۰۱۶۴-۷ BS EN

