به نام خدا

سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

گروه تخصصی برق

دستـــورالعمـــل
اجـــرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

تدوین کنندگان:

رئیس کارگروه:
دکتر سلیمان شیرزادی

اعضاء کارگروه:
مهندس رحیم سلیمان‌آذر | مهندس ایرج امینی باغبادرانی | مهندس عزتا... پرتوی‌شال | دکتر ایمان سریری‌آجیلی | دکتر علـی‌اصغر امینی | دکتر شاهرخ شجاعیان | مهندس سید بدرالـدین رضـازاده | مهندس مسعـود باقرزاده‌یزدی | مهندس پوریا ساسانفر

تابستان ۱۳۹۵

۲-۱ 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) 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[1] در موارد لازم

مقاومت الکتریکی الکترود زمین به عوامل فراوان مخصوصاً به مقاومت ویژه خاک، ابعاد و شکل الکترود بستگی دارد، برای حجم معینی از فلز الکترود هر چه یکی از ابعاد الکترود بزرگ‌تر از دو بُعد دیگر بوده و تماس الکترود در این بُعد با خاک بیشتر باشد، مقاومت الکترود نسبت به جرم کلی زمین کمتر خواهد شد. بنابراین یک الکترود میله‌ای یا تسمه‌ای که به‌صورت قائم یا افقی نصب شده باشد، نسبت به الکترود صفحه‌ای ارجحیت دارد، درنتیجه الکترود صفحه‌ای غیراقتصادی‌ترین الکترودها است. امروزه در اغلب کشورها استفاده از بتن مسلح در شالوده ساختمان (روش یوفر[2]) همراه با الکترودهای میله‌ای متعدد موازی، پرطرفدارترین 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 الکترود زمین در این موارد، می‌توان نسبت به تعویض خاک اطراف الکترود و جایگزین کردن با الکترولیت‌های دارای کیفیت الکتریکی خوب و پایدارتر اقدام نمود.

این الکترولیت‌ها 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 الکترولیت استفاده می‌شد. امروزه باتوجه به مضرات شناخته شده این الکترولیت، 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 می شود برخی افراد سودجو در تولید الکترولیتهایی مانند بنتونیت نیز برای کاهش مصنوعی و موقتی مقاومت مخصوص اقدام به افزودن نمک می کنند که همان زیانها را در پی دارد.

[1] Electromagnetic Compatibility (EMC)
[2] UFER

به دلیل مشابه، نصب الکترود 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 الکترود 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 الکترود زمین به کار برد.

تبصره ۲: قرار گرفتن الکترودهای 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 الکترود با این اجزاء، نکات مربوط به انتخاب نوع فلز الکترود (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 الکترودهای اتصال زمین مناسب نیستند. در صورت اجبار به احداث الکترود در این زمین‌ها، باید تمهیدات ویژه برای جلوگیری از شسته شدن خاک اطراف الکترود و هر نوع آسیب احتمالی به اجزای سیستم زمین، اندیشیده شود.

۲-۲ انواع الکترودهای زمین

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

۱) الکترودهای قائم
۲) الکترودهای افقی
۳) الکترودهای صفحه‌ای
۴) الکترود بتن مسلح در شالوده ساختمان

۲-۲-۱ الکترودهای قائم

الکترودهای قائم به خاطر نفوذ بیشتر در عمق خاک و دسترسی به لایه‌های مرطوب‌تر زمین، صرفه اقتصادی و سهولت در اجرا، متداول‌ترین نوع الکترودها در جهان می‌باشند. نفوذ این الکترود 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 الکترودهای قائم که با روش کوبیده شدن در زمین و یا به روش دفنی (حفر چاه) نصب می‌شوند عبارت‌اند از:

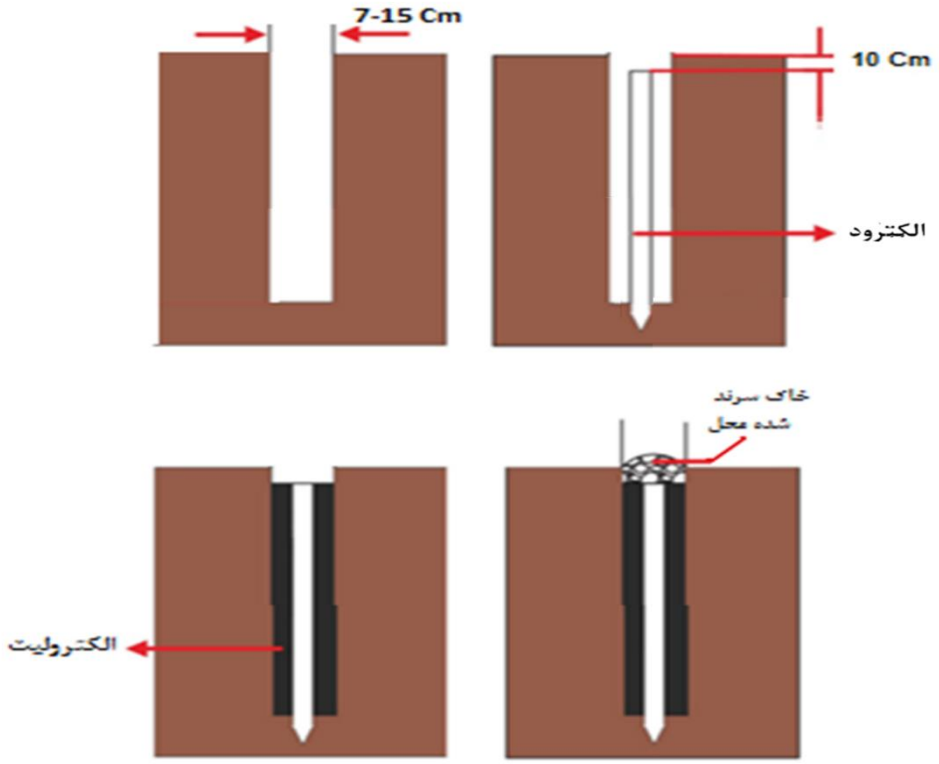
۱) الکترودهای میله‌ای
۲) الکترودهای لوله‌ای و پروفیلی
۳) سیم چند مفتولی

الکترودهای لوله‌ای بیشتر در آمریکای شمالی متداولند و الکترودهای میله‌ای را بیشتر در اروپا می‌توان دید. مزیت اقتصادی الکترودهای 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 الکترود مدفون در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.

براساس بند پ۱- 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 به‌صورت چندتکه ساخت. برای انتخاب انواع الکترودهای قائم به جدول (۲-۱) مراجعه شود.



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

تبصره ۳: چنانچه در جدول (۲-۱) مشاهده می‌گردد برای تولید میله‌های فولادی مس‌پوش استفاده از تکنولوژی آبکاری[3] قابل‌قبول بوده و تکنولوژی کششی[4] (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 (۲-۱): حداقل ابعاد انواع الکترود زمین با لحاظ کردن اثر خوردگی و استقامت مکانیکی [۳]

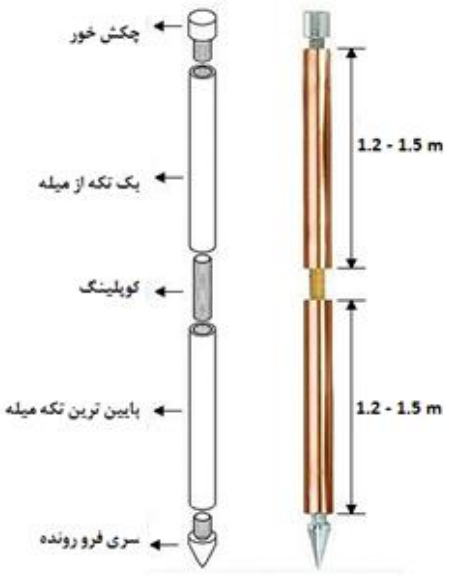
ویژگی الکترود / جنس الکترود	شکل	قطر (mm)	سطح مقطع (mm^2)	ضخامت (mm)	ضخامت پوشش (میکرون)
فولاد داخل بتن	میلگرد	۱۰	–	–	–
	تسمه	–	۷۵	۳	–
فولاد گالوانیزه گرم	میله	۱۶	–	–	۴۵
	تسمه	–	۹۰	۳	۶۳
	صفحه[2]	–	۵۰۰×۵۰۰	۳	۷۰
	لوله	۲۵	–	۲ (جداره لوله)	۴۵[1]
فولاد با پوشش مس به‌طریقه آبکاری(جوش مولکولی)	میله	۱۴	–	–	۲۵۰
	تسمه	–	۹۰	۳	۷۰
فولاد ضدزنگ (stainless steel)	تسمه	–	۹۰	۳	–
	میله	۱۶	–	–	–
	سیم	۱۰	–	–	–
	لوله	۲۵	–	۲	–
مس	تسمه	–	۵۰	۲	–
	سیم چندمفتولی	۱/۷ برای هر مفتول	۲۵	–	–
	صفحه[2]	–	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 به‌عمل آید. (مثال: استفاده از رزین مناسب، رنگ با پایه روی و ...)

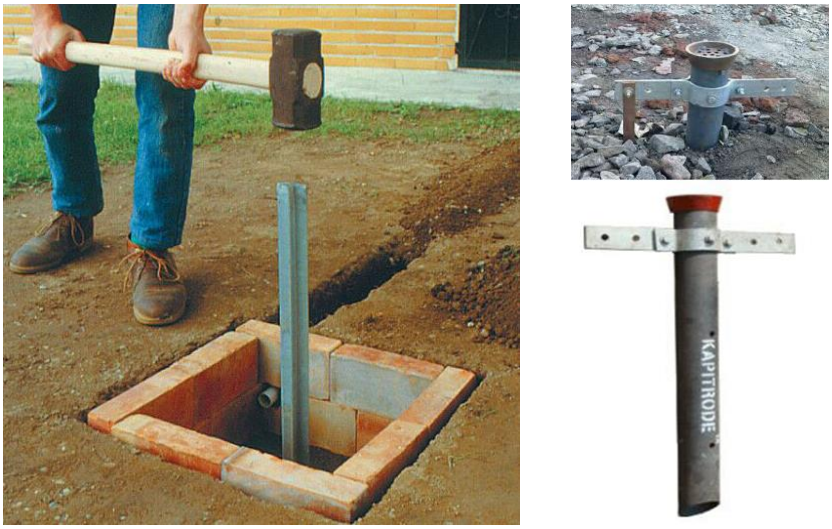
۱ – ضخامت پوشش گالوانیزه هر دو دیواره (داخلی و خارجی) لوله باید از مقادیر ارائه شده کمتر نباشد.

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.

[3] Copper Weld
[4] Copper Bond



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



شکل (۲-۳): 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)

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 به‌احتمال 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.

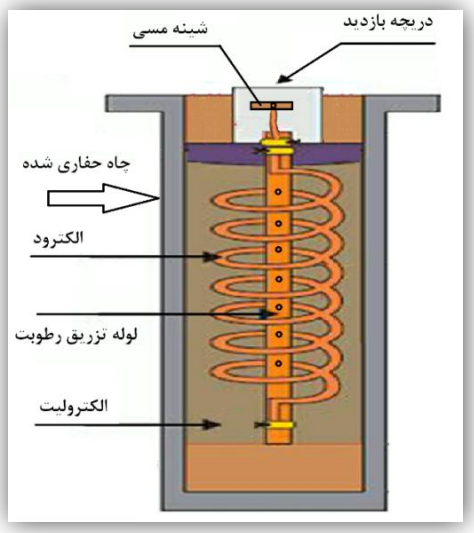
تبصره ۷: الکترود میله‌ای در حالت کلی و عدم وجود مانع به صورت قائم نصب می‌شود ولی در شرایط خاص می‌توان آن را به صورت اریب یا افقی نیز اجرا نمود. در شکل (۲-۵) روش‌های مختلف اجرا دیده می‌شود.

الکترودهای سیمی چندمفتولی و 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 آلترناتیوی در برابر الکترود صفحه‌ای مطرح‌اند. برای نصب این الکترودها با استفاده از ماشین‌های مخصوص حفاری، ابتدا 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

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 به‌عنوان الکترود مورد استفاده قرار می‌گیرد، سطح مقطع آن نباید از $35mm^2$ کمتر باشد.



شکل (۲-۵): صورت‌های مجاز اجرای الکترودهای میله‌ای (NEC : 2014, Art: 250.53)



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

۲-۲-۲ الکترودهای افقی

انواع الکترودهای افقی عبارت‌اند از:

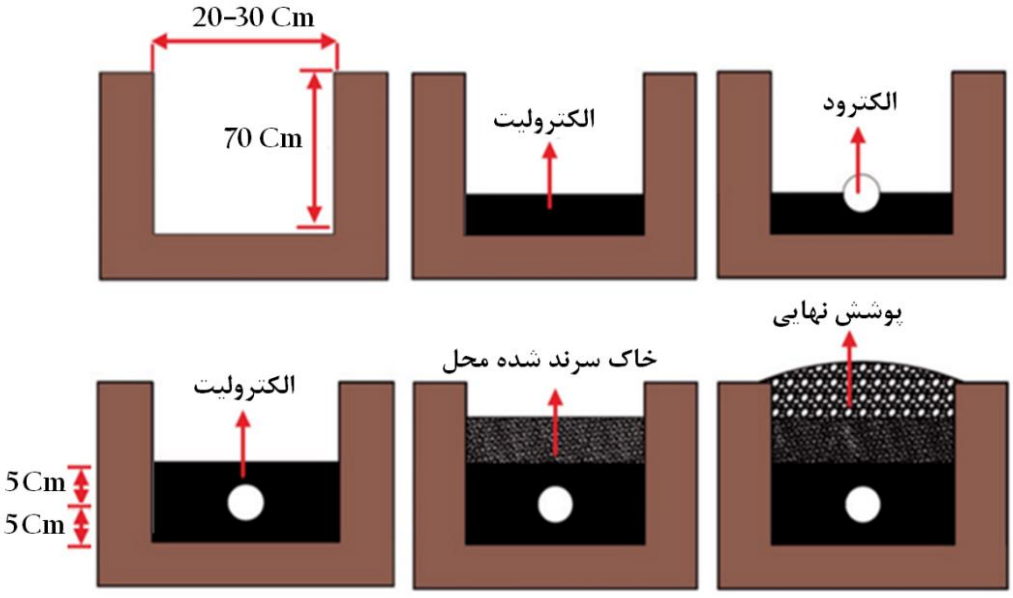
۱- تسمه

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 پایین‌تر 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 پایین‌تر از عمق یخزدگی منطقه باشد (عمق حداقل ۰/۷ متری از سطح زمین) نصب می‌شوند.

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

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

۲-۲-۳ الکترودهای صفحه‌ای

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

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

البته در مناطقی از جهان که به طورکلی دارای زمینی نمناک هستند از الکترود صفحه‌ای کم‌عمق استفاده شده و الکترود را به‌گونه‌ای که حداقل ۱٫۵ متر خاک از لبه بالای صفحه روی آن را بپوشاند اجرا می‌کنند. روش سنتی نصب الکترود صفحه‌ای در عمق زیاد (یعنی بیش از ۳ متر)، که در ایران معمول است، اغلب با هدف رسیدن به لایه‌های نمناک زمین انجام می‌شود، درحالی‌که در روش‌های طراحی مدرن، با توجه به هزینه‌های زیاد این روش، الکترودهای قائم را در اکثر پروژه‌ها بر آن ترجیح می‌دهند. امروزه هزینه‌های صفحه نسبت به انواع دیگر الکترودهای عمیق به هیچ عنوان قابل توجیه نیست و به نظر می‌رسد استفاده از الکترود صفحه‌ای روز به روز کمتر شود. با این وجود چون هنوز در برخی از نقاط کشور این رویهٔ سنتی معمول است در اینجا به برخی از الزامات آن اشاره شده است.

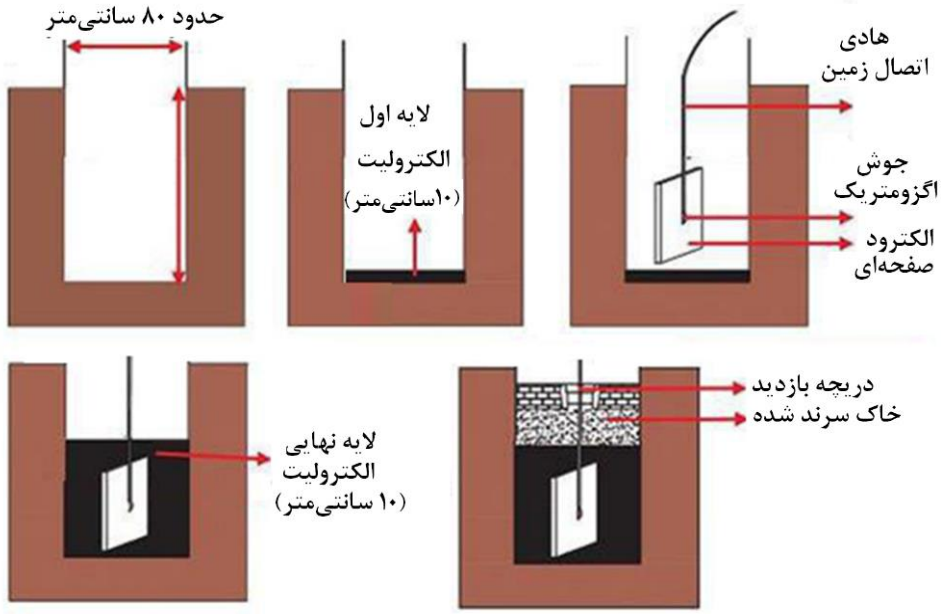
جنس و مشخصات الکترود صفحه‌ای در جدول (۲-۱) آمده است. بهتر است الکترود صفحه‌ای به صورت قائم دفن شود تا خطوط جریان خارج شده از صفحه حتی‌الامکان یکنواخت در خاک پخش شوند و ضمناً فشار خاک بر دو سمت صفحه، یکسان باشد. اتصال هادی زمین به الکترود صفحه ای باید در دو نقطه مجزا، ترجیحاً توسط جوش اگزوترمیک (یا کدولد) و در صورت عدم دسترسی به آن، توسط اتصال مکانیکی به شرح مندرج در بند پ۱-۹-۵- از [۱] انجام شود. نمونه این جوش و قالب آن در شکل (۲-۸) دیده می‌شود. در شرایطی که هادی زمین و صفحه الکترود از دو جنس مختلف باشند، محل اتصال بایستی با مادهٔ مناسبی از محیط اطراف آب‌بندی شود تا از خوردگی اتصالات جلوگیری گردد. در چنین شرایطی هادی زمین لزوماً بایستی روکش‌دار انتخاب شود. طبیعی است که با این کار، سهم هادی بدون روکش در کم کردن مقاومت الکترود زمین از دست خواهد رفت لذا توصیه نمی‌شود.

مراحل نصب الکترود صفحه‌ای در شکل (۲-۹) مشاهده می‌شود.

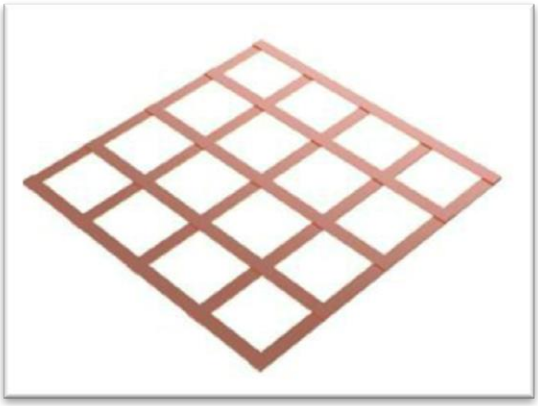
لازم به ذکر است گاهی به جای صفحهٔ یکپارچه، از نوعی صفحهٔ مشبک که با تسمه یا سیم ساخته شده و به Lattice موسوم است استفاده می شود. این فرم الکترود از لحاظ مقاومت تفاوت چندانی با صفحه ندارد ولی وزن آن به میزان قابل توجهی کمتر است. نمونه این صفحه مشبک در شکل (۲-۱۰) مشاهده می‌شود.



شکل (۲-۸): جوش اگزوترمیک (احتراقی)



شکل (۲-۹): اجرای الکترود صفحه ای با الکترولیت



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

توجه به مسئله خوردگی درهنگام اتصال فلزاتی که در نقش الکترود 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 غیرالکترود)						
		فولاد گالوانیزه	فولاد	فولاد دربتن	فولاد گالوانیزه در بتن	فولاد ضدزنگ	مس	مس قلع‌اندود
جسم با سطح کوچک تر (معمولاً الکترود)	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 (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 زیرخاک مجاز نیست. سطح بزرگ‌تر باید حداقل صد برابر بیشتر از سطح کوچک‌تر باشد.

۲-۲-۴ الکترود بتن مسلح در شالوده ساختمان

در صورتی که قرار باشد از الکترود بتن مسلح در شالوده ساختمان مطابق با آنچه در دستورالعمل "طرح و اجرای همبندی اصلی در ساختمان‌ها" معرفی شد، به‌عنوان الکترود 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 الکترود به‌تنهایی به‌عنوان سیستم زمین استفاده نشود (به همراه یک الکترود دیگر مثلاً الکترود میله‌ای با پوشش مسی 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 میلی‌مترمربع باشد.



شکل (۲-۱۱): الکترود مدفون در بتن

۲-۳ دریچه بازدید

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

۲-۴ تزریق رطوبت

در صورتی که از وجود نم طبیعی در 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 الکترود زمین، یک لوله تهبستهٔ

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 الکترولیت تعبیه می‌گردد.

۲-۵ الکترود ساده و اساسی

بر اساس ماده ۱۳-۴-۳-۱ از [1]، 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 حداقل 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 به‌علت سنگلاخی بودن زمین، دستیابی به عمق دشوار است و یا مقاومت ویژه خاک در لایه‌های پایینی خاک زیاد است، می‌توان از الکترود افقی که به صورت اشکال کمربندی، مستقیم، مستطیل و یا شبکه‌ای[5] و در عمق حداقل ۰/۷ متری سطح زمین قرارداده 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 بهبود دهنده مقاومت ویژه خاک)

الکترولیت‌ها به‌طور کلی به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند :

- الکترولیت‌های با پایه خاک رس[6] مانند بنتونیت و ...
- بتن‌های حاوی ذرات هادی با پایه کربن[7] مانند مارکونیت و ...
- الکترولیت‌های با پایه پلیمرهای جاذب رطوبت

[5] Mesh
[6] Clay-base
[7] Carbon-base

هر یک از این الکترولیت‌ها دارای خصوصیاتی 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 آلایندگی آن
- جذب رطوبت بالا
- PH در محدوده خنثی تا اندکی قلیایی (۸ الی۸,۵)
- مقاومت در برابر شسته شدن توسط آب‌های سطحی و زیرسطحی
- دارای خاصیت چسبندگی مناسب به الکترود زمین

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

- تست فرونشست[8]
- 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.

مراجع:

۱- مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان
۲- راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌ها، آلدیک موسسیان
۳- استاندارد DIN VDE 0151
۴- استاندارد IEC 62561-7
۵- استاندارد BS EN 50164-7

[8] Leaching Test