

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد سیستم اتصال زمین

شبکه‌های توزیع

دی ماه ۷۴

تدوین کننده: گروه مطالعات توزیع - بخش برق - مرکز تحقیقات نیرو (متن)

---

آدرس: تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷-۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰

# فهرست عناوین

عنوان ..... صفحه

---

۱- ... توضیح درباره نحوه شماره گذاری ..... ۱

## فصل اول

۱- هدف - دامنه کاربرد - کلیات - مبانی استاندارد ..... ۳

۱۱۰- هدف ..... ۳

۱۲۰- دامنه کاربرد ..... ۳

۱۳۰- کلیات ..... ۴

۱۳۱- موارد کاربرد ..... ۵

۱۳۲- نیت بعضی کلمات کلیدی از نظر این استاندارد ..... ۶

۱۳۳- مقام ناظر بر اجرای استاندارد ..... ۶

۱۳۴- تاریخ شروع یا ختم اعتبار استاندارد ..... ۶

۱۳۵- واحدهای اندازه گیری ..... ۷

۱۴۰- مبانی استاندارد ..... ۷

## فصل دوم

۱- تعریفها ..... ۸

## فصل سوم

۳- روشهای اجرای اتصال به زمین ..... ۱۴

۳۰۰- پیشگفتار ..... ۱۴

۳۰۱- تقسیم‌بندی سیستمهای فشارضعیف از نظر روش زمین کردن	۱۵
۳۰۲- سیستم منتخب	۱۸
۳۱۰- نقطه‌ای از سیستم که باید زمین شود	۱۸
۳۱۱- سیستمهای جریان مستقیم و اجزای آن که باید زمین شوند	۱۸
۳۱۲- سیستمهای جریان متناوب و اجزای آن که باید زمین شوند	۱۸
۳۱۳- زمین کردن مهارهای آویز و مهارهای پایه‌ها	۲۱
۳۱۴- شدت جریان در هادیهای اتصال زمین	۲۴
۳۱۵- حصارکشی محوطه‌ها	۲۴
۳۲۰- هادی اتصال زمین و نحوه انجام اتصالات	۲۷
۳۲۱- ساختار هادی زمین	۲۷
۳۲۲- اتصالات هادی زمین	۲۸
۳۲۳- شدت جریان مجاز و استقامت مکانیکی هادی اتصال زمین	۱۹
۳۲۴- نگهداری و حفاظت از هادی زمین	۳۳
۳۲۵- هادیهای دفن شده	۳۴
۳۲۶- هادی مشترک اتصال زمین مدارها، معبرهای فلزی و تجهیزات	۳۵
۳۳۰- الکترودهای اتصال زمین	۳۶
۳۳۱- الکترودهای موجود	۳۶

۳۷.....	۳۳۲-الکترودهای مصنوعی
۴۵.....	۳۴۰-روشهای انجام اتصال به الکترودها
۴۵.....	۳۴۱-اتصال به زمین
۴۶.....	۳۴۲-نقطه اتصال به سیستم لوله کشی
۴۷.....	۳۴۳-سطح تماس اتصالات
۴۷.....	۳۵۰-مقدار مقاومت زمین
۴۸.....	۳۵۱-ایستگاهها و پستهای اصلی
۴۸.....	۳۵۲-سیستمهای با یک نقطه زمین شده
۴۸.....	۳۵۳-سیستمهای با یک نقطه زمین مکرر
۵۰.....	۳۵۴-مقررات اختصاص مربوط به سیستمها TN
۵۲.....	۳۶۰-جدائی الکترودهای اتصال زمین و هادیهای آن
۵۲.....	۳۶۱-الکترودهای مجزا
۵۳.....	۳۶۲-الکترودهای عمومی
۵۳.....	۳۶۳-الکترودهای مشترک
۵۴.....	۳۶۴-زمین کردن تابلوهای فشار ضعیف
۵۵.....	۳۶۵-حوزه ولتاژ الکترودها
۵۵.....	۳۶۶-بررسی حالتهاى مختلف برای احداث یک یا دو اتصال زمین
۶۰.....	۳۶۷-جلوگیری از خطرات ولتاژ قدم در اطراف الکترودها و ولتاژ تماس با آنها

۶۳.....	۳۷۰- روشهای انجام اتصال زمین برای تجهیزات مخابرات
۶۳.....	۳۷۱- الکتروود
۶۴.....	۳۷۲- هادی اتصال به زمین
۶۴.....	۳۷۳- همبندی الکتروودها

### پیوست ۱

۶۶.....	اصول اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین و مقاومت ویژه خاک
---------	---

### پیوست ۲

۷۵.....	راهنمای تعیین مقاومت انواع الکتروودها در زمینهای مختلف و عمل آوردن خاک برای کم کردن مقاومت الکتروودها
---------	--

### پیوست ۳

۸۶.....	شناسنامه الکتروود زمین مشخصات اصلی، مقدار اولیه مقاومت و اندازه گیری دوره ای
---------	--

### پیوست ۴

۹۳.....	تطبیق شرایط موجود شبکه های توزیع کشور با مقررات بخش ۳۶۶
---------	---

... - توضیح درباره نحوه شماره گذاری

تقسیم بندی و شماره گذاری استاندارد از اصلی به فرعی قرار زیر خواهد بود:

- < فصل >

- < قسمت >

- < بخش >

- < بند >

- < بند فرعی >

- < بند فرعی تر >

نظر به اینکه در این استاندارد تعداد فصلها و قسمتهای هر فصل و بخشهای هر قسمت از ۱۰ تجاوز نمی کند برای سادگی و صرفه جویی در جا و سهولت در اشاره و حتی برای به خاطر سپردن، سه شماره مربوط به فصل - قسمت - بخش به ترتیب از چپ به راست و دنبال هم نوشته می شوند مانند: ۴۵۱ یعنی

- < فصل ۴ >

- < قسمت ۵ >

- < بخش ۱ >

هر بند با خطی فاصله در سمت چپ سه رقم بالا نوشته می شود و بند فرعی با خطی فاصله از بند، در سمت چپ آن ذکر می شود و بند فرعی تر با شماره در داخل پرانتز مشخص می شود.  
در متن، از بندهای فرعی و فرعی تر، با نام کلی "بند" یاد شده است.

## فصل اول

### ۱- هدف - دامنه کاربرد - کلیات - مبانی استاندارد

#### ۱۱۰- هدف

هدف از تدوین این استاندارد، ایجاد ایمنی و حفاظت در برابر آثار اختلاف سطح الکتریکی تا جائیکه مربوط به اتصال زمین است برای افراد در هنگام نصب و بهره‌برداری از تاسیسات، توزیع نیروی برق است که شامل عملیات سرویس و تعمیرات نیز می‌باشد.

این مقررات شامل پیش‌بینی‌های اساسی‌ای است که در شرایطی معین، رعایت آنها برای ایمنی کارکنان صنعت برق و مردم عادی، لازم دانسته می‌شود.

#### ۱۲۰- دامنه کاربرد

این استاندارد شامل مقررات مربوط به روشهای متداول برای ایجاد اتصال زمین در تاسیسات نیرو و مخازرات است که برای تامین ایمنی در بهره‌برداری، نگهداری و انجام عملیات بر روی خطوط، تجهیزات و تاسیسات نیرو و مخازرات لازم است.

برای بسیاری از موارد نقطه یا محل یا محدوده‌ای که باید زمین شود ذکر شده است اما برای بعضی موارد دیگر، محل و نحوه وصل شدن به زمین، باید طبق استانداردها و یا مقررات اختصاصی مربوط به آن موارد انجام می‌شود.

مقررات مربوط به استفاده از زمین به عنوان هادی برگشتی که در راه آهن برقی متداول است و همینطور اتصال به زمین سیستمهای حفاظت در برابر اصابت صاعقه در ساختمانها که جدا از هادیهای مربوط به مدارهای نیرو و مخازرات است مشمول این استاندارد نمی‌باشد.



علاوه بر متن مقررات، این استاندارد حاوی نقشه‌های اجرایی برای بعضی از انواع اتصال به زمین است.

این استاندارد باید از طرف کلیه شرکتها، موسسات و یا هر نوع تشکیلات دیگری که تابعه وزارت نیرو بوده و از این به بعد برای سادگی به همه آنها شرکت گفته خواهد شد، رعایت شود.

یادآوری ۱- گرچه در این استاندارد مخابرات با توجه به سیستمهای نیرو مطرح شده است برای سایر شرکتها و موسسات نیز قابل استفاده می‌باشد.

این استاندارد شامل موارد زیر نمی‌باشد:

- تاسیسات معادن
- تاسیسات ناوها و تجهیزات هواپیماها و خودروها
- تجهیزات جریه راه آهن
- تاسیسات داخلی ساختمانها و سازه‌های مشابه

یادآوری ۲- برای مقررات مربوط به تاسیسات الکتریکی ساختمانها که در اصل ادامه طبیعی سیستمهای مورد نظر این استاندارد بوده و لازم است هماهنگی کامل بین آنها وجود داشته باشد، به مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران مراجعه کنید.

#### ۱۳۰- کلیات

۱-۱۳۰ کلیه اتصال زمینهای مربوط به خطوط و تجهیزات نیرو و مخابرات باید به نحوی طرح و ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته و سرویس و نگهداری شوند که با این استاندارد مطابقت نمایند.

۲-۱۳۰ شرکت‌های تولید، انتقال و توزیع برق، پیمانکاران مجاز یا هر شرکت دیگری که بسته به مورد، در تهیه

طرح و ساخت و نصب و بهره‌برداری یا سرویس خطوط یا تجهیزات در صنعت برق یا مخابرات دخالت دارند، مسئول تطبیق مقررات با هر موردی که به آنها مربوط می‌شود، خواهند بود.

۳-۱۳۰ در مورد جزئیاتی که در این استاندارد مشخص نشده‌اند، ساخت و نصب و سرویس و بهره‌برداری، باید طبق بهترین روال معمول انجام شود.

#### ۱۳۱- موارد کاربرد

##### ۱-۱۳۱ تاسیسات نوساز و توسعه‌ها

۱-۱-۱۳۱ این استاندارد باید در کلیه تاسیسات نوساز و توسعه‌ها اجرا شود مگر آنکه مجری مقررات تغییراتی موقتی یا دائمی در آن وارد کند که در هر حال نباید کوچکترین خدشه به ایمنی تاسیسات وارد شود.

۲-۱-۱۳۱ انواع دیگر روشهای ساخت و نصب، غیر از آنهایی که در این استاندارد گفته شده‌اند می‌توانند به صورت تجربی و به منظور کسب داده‌ها مورد استفاده قرار گیرند به شرطی که اینگونه عملیات تحت نظارت افراد واجد شرایط انجام شوند.

##### ۲-۱۳۱- تاسیسات موجود

۱-۲-۱۳۱ در مورد تاسیساتی که قبل از تدوین این استاندارد ساخته شده ولی به طور کلی با آن مطابق باشند و یا به منظور تطبیق با این مقررات تغییراتی در آن داده باشند، مطابق با مقررات تلقی می‌شوند.

۲-۲-۱۳۱ در مورد تاسیساتی که با استاندارد معتبر دیگری مطابقت دارند، انجام تغییرات برای تطبیق با این استاندارد لازم نخواهد بود مگر آنکه مجری مقررات به دلایل ارتقاء ایمنی دستور تطبیق با استاندارد جدید را صادر کند.

۱۳۲- نیت بعضی کلمات کلیدی از نظر این استاندارد

۱-۱۳۲ "باید" اجباری بودن رعایت امری را به همان نحو که بیان شده است می‌رساند عبارت "لازم است" نیز به همین معنا خواهد بود.

۲-۱۳۲ عبارات "بایستی" و "بہتر است" بدین معنا خواهند بود که رعایت امری در شرایط گفته شده عملی است اما در برخی موارد شرایط اضافی دیگری وجود دارند که ممکن است اثر آنها در استاندارد پیش‌بینی نشده باشد که در این حالت باید به تفاوت بین شرایط موجود و متن استاندارد توجه شده و طبق مفاد بخش ۱۳۰ عمل شود.

۳-۱۳۲ "توصیه" مطلوب بودن انجام امری را تلقی می‌کند ولی اجباری برای رعایت آن وجود ندارد.

۴-۱۳۲ "یادآوری" یا "مثال" مشخص کننده این است که مطلب گفته شده تنها با نیت روشن‌سازی امری بیان شده است.

۱۳۳- مقام ناظر بر اجرای استاندارد

عالیترین مقام ناظر بر صحت اجرای این استاندارد وزیر نیرو است.  
وزیر نیرو می‌تواند با صوابدید خود، مقام یا مقامات یا فرد یا افرادی را برای نظارت بر اجرای صحیح استاندارد انتخاب و این وظیفه را به آنها ابلاغ کند.  
مقامات و یا افراد یاد شده مسئول مستقیم اجرای صحیح استاندارد خواهند بود.

۱۳۴- تاریخ شروع یا ختم اعتبار استاندارد

تاریخ شروع اعتبار این استاندارد روزی است که مقام وزارت اعلام کند و تاریخ ختم قسمت یا قسمت‌هایی از آن یا کل آن از روزی است که مقام وزارت مقرر دارد.

هر قسمت یا بخش یا بند یا جمله یا کلمه که به تشخیص مقام وزارت لازم است حذف یا تصحیح یا تکمیل شود، به صورت مکمل منتشر و از تاریخ ابلاغ معتبر خواهد بود.

#### ۱۳۵- واحدهای اندازه گیری

واحدهای اندازه گیری به کار رفته در این استاندارد، واحدهای سیستم متریک یا سیستم اندازه گیری بین‌المللی SI است.

اندازه‌های فیزیکی مانند ابعاد سیمها یا شمشها مقادیر "اسمی" می‌باشند. همه مقادیر تابع روادارهای مجاز ذکر شده در استانداردهای مربوط به آنها است.

#### ۱۴۰- میانی استاندارد

این استاندارد براساس استانداردهای گفته شده در زیر و با در نظر گرفتن شرایط ملی و محلی تهیه شده است. تا جایی که ممکن بوده مطالب کلی ذکر شده تا مانع نوآوریها نشود با این توضیح که هرگونه نوآوری، قبل از عمومیت یافتن آن، باید به تصویب مقام مجری استاندارد برسد. استانداردهای مبنا به قرار زیر می‌باشند:

- استانداردهای مختلف کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک - IEC - به خصوص استانداردهای

ردیف ۳۶۴

- مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران - طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها:

- مقررات ایمنی الکتریکی NES - از نظر نحوه ارائه مطلب و محتوا

- استانداردهای VDE .

## فصل دوم

### ۲- تعریفها

از نظر این استاندارد تعریفهای زیر معتبر خواهد بود :

EARTH ELECTRODE

۲۰۱- الکتروود زمین

ردیف ۲۲۳ دیده می شود

ELECTRICITY SUPPLY STATION

۲۰۲- ایستگاه برق - پست اصلی برق

هرگونه ساختمان، اتاق یا فضای محدودی که تجهیزات برق در داخل آنها قرار دارند و دخول به آنها تنها برای افراد واجد شرایط مجاز است. این اصطلاح نیروگاهها و ایستگاهها را دربر می گیرد و فضاهای مربوط به مولدها، باتریهای انباشت، ترانسفورماتورها و تابلو خانه ها و پوششهای آنها را شامل می شود ولی تجهیزات زمینی یا داخل اتاقکها و چاهکهای زیر زمینی را شامل نمی شود.

EXPOSED CONDUCTIVE PART

۲۰۳- بدنه هادی

بدنه یا اسکلت هادی مربوط به تجهیزات الکتریکی است که در دسترس بوده و می توان آنرا لمس کرد و در وضعیت عادی برقدار نیست ولی ممکن است در اثر بروز نقصی در دستگاه یا ایجاد اتصالی داخلی، برقدار شود.

LIVE : ENERGIZED

۲۰۴- برقدار

از نظر الکتریکی اتصال به منبعی است با اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ) یا اینکه دارای بار الکتریسته ساکن، که پتانسیل آن به مقدار محسوسی نسبت به زمین تفاوت دارد.

یادآوری - هادیهای خنثی و قطعات وصل به آن، برقدار تلقی می شوند.

SUPPORTING STRUCTURE

۲۰۵- پایه

واحد اصلی تکیه گاه هادیها است (معمولا "یک تیر یا یک برج)

INSULATION SHIELDING

۲۰۶- پرده عایق بندی

پوشش یا لفافی است که هادی و عایق بندی کابل را دربر گرفته و در تماس با عایق بندی است و سطح همپتانسیلی را بر روی عایق بندی به وجود می آورد.

ENCLOSED

۲۰۷- پوشیده شده - محصور

دارای نوعی پوشش، در درون قفس یا در داخل حصار، که با هدف حفاظت در برابر تجهیزات نصب شده در داخل آن و برای کم کردن احتمال نزدیک شدن به آنها در شرایط عادی، هدف این است که در اثر تماس اتفاقی به وسیله افراد و اجسام، ایجاد خطر نشود.

SWITCHBOARD

۲۰۸- تابلو

نوعی مجموعه برای وسایل قطع و وصل و کنترل است که از یک یا چند صفحه برای نصب لوازم و وسایل الکتریکی و اسکلت بندی آن تشکیل می شود.

## EQUIPMENT

## ۲۰۹- تجهیزات

اصطلاحی است کلی شامل وسایل و اسبابها و دستگاهها و لوازم مصرف‌کننده انرژی و ملحقات، آلات، اجزا، قطعات و ماشینها (و کلیه اصطلاحات مشابه دیگر) که جزئی از سیستمهای برق یا مخابرات بوده و یا در ارتباط با آنها باشند.

## SEPARATION

## ۲۱۰- جدائی

فاصله بین دو شینی که از سطحی به سطح دیگر اندازه‌گیری می‌شود. این فاصله ممکن است با هوا یا نوعی گاز، مایع یا جامد پر شده باشد.

## GENERAL MASS OF EARTH

## ۲۱۱- جرم کلی زمین

- مفهومی است که خواص آن به قرار زیر است :
- جرم کلی زمین را می‌توان مشابه شینه‌ای با سطح مقطع بزرگ گرفت که مقاومت بین هر دو نقطه آن عملاً نزدیک به صفر است.
  - وصل شدن جرم کلی زمین تنها از راه الکتروود زمین امکان‌پذیر است.
  - اتصال الکتروود زمین به جرم کلی زمین همیشه همراه با مقاومت است که همان مقاومت اتصال الکتروود زمین است.

## MANHOLE

## ۲۱۲- چاهک آدمرو

اتاقکی است زیر زمینی و نفوذناپذیر برای آب که کارکنان می‌توانند به منظور نصب، بهره‌برداری و انجام تعمیرات بر روی تجهیزات زیر زمینی و کابلها وارد آن شوند.

## ARM'S REACH

## ۲۱۳- دسترس

منطقه‌ای است که حدود آن از محل فعالیت عادی افراد قابل لمس است.

GROUNDING - EARTHED

۲۱۴- زمین شده

وصل شده به زمین (الکتروود) یا در تماس با آن یا وصل به یک هادی گسترده که به جای زمین عمل می‌کند.

SERVICE DROP

۲۱۵- خط سرویس هوایی مشترک - سرویس هوایی

هادیهای هوایی بین خط نیرو یا مخابرات و بنا یا سازه‌ای است که آنرا تغذیه می‌کند.

UTILITY

۲۱۶- شرکت / مؤسسه / تشکیلات خدماتی

تشکیلاتی که مسئولیت نصب و بهره‌برداری و انجام تعمیرات بر روی سیستمهای تامین نیروی برق یا سیستمهای مخابراتی را به عهده دارد.

QUALIFIED PERSON

۲۱۷- فرد واجد شرایط

فردی دارای اطلاعات کافی درباره نصب، ساخت یا بهره‌برداری از دستگاهها و لوازم است و آگاه نسبت به خطراتی که می‌توانند به وجود آیند.

ADMINISTRATIVE AUTHORITY

۲۱۸- مجری استاندارد

هر فردی که بنابه وظیفه اداری خود نظارت بر اجرای صحیح استاندارد را برعهده دارد. بالاترین مقام نظارت بر اجرای استاندارد، وزیر نیرو است.

RACEWAY

۲۱۹- معبر مدار

هر کانالی که به‌طور اختصاصی برای عبور هادیها پیش‌بینی شده و انحصاراً برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد.



## GROUND RESISTANCE-EARTH RESISTANCE

## ۲۲۰- مقاومت زمین

مقاومت الکتریکی موجود بین ترمینال الکتروود زمین و جرم کلی زمین است. بند ۲۱۱ دیده شود.

## VOLTAGE

## ۲۲۱- ولتاژ

مقدار موثر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو هادی یا بین یک هادی و زمین. مقدار عملیاتی ولتاژ یک سیستم ممکن است کمتر یا بیشتر از مقدار اسمی آن باشد. از نظر این استاندارد ولتاژ تا ۱۰۰۰ ولت فشار ضعیف و بیش از این مقدار تا ۳۳ کیلو ولت فشار متوسط نامیده خواهد شد.

## EXTRANEOUS CONDUCTIVE PART

## ۲۲۲- هادی بیگانه

قسمتی است هادی که جزئی از تاسیسات الکتریکی نباشد (مانند اسکلت فلزی ساختمان، تجهیزات و بدنه‌های هادی سیستمهای غیربرقی و غیره) و می‌تواند ولتاژی را که معمولاً "ولتاژ زمین است، داشته باشد.

## GROUNDING CONDUCTOR - EARTH ELECTRODE

## ۲۲۳- هادی زمین شده - الکتروود زمین

هادی‌ای است که به‌طور عمد به زمین وصل شده است و ممکن است به‌صورت مستقیم یا از طریق وسیله‌ای که محدودکننده جریان بوده ولی قابل قطع نیست، اجرا شده باشد.

## GROUNDING CONDUCTOR

## ۲۲۴- هادی زمین - هادی اتصال زمین

هادی‌ای است که برای وصل تجهیزات یا سیم‌کشیها به هادی زمین شده یا الکتروود زمین از آن استفاده می‌شود.

وصل الکتریکی هر ترکیبی از اجزای هادی، بدنه‌ها، قسمت‌های فلزی در دسترس، اجزای فلزی ساختمانها، انواع لوله کشیها، پرده‌های هادی و زره کابلها، پوششهای هادی و غیره به همدیگر به منظور از بین بردن اختلاف پتانسیل احتمالی بین آنها در حالت عادی یا در صورت بروز اتصالی.

## فصل سوم

### ۲- روشهای اجرای اتصال به زمین

۳۰۰- پیشگفتار

در انواع مختلف سیستمهای الکتریکی، وصل قسمتهائی از سیستم و بدنه‌های هادی لوازم الکتریکی به جرم کلی زمین از دو دیدگاه مورد توجه می‌باشد:

- حفظ عایق‌بندی و تامین صحت کار لوازم و دستگاههای الکتریکی و محدود کردن اضافه ولتاژها و کمک به کار صحیح لوازم و مدارها با قطع مدارهای معیوب. به این اتصال زمین، اتصال زمین عملیاتی یا اتصال زمین سیستم<sup>۱</sup> گویند.

[به‌طور خلاصه وصل نقطه خنثی سیستم به زمین = اتصال زمین سیستم ]

- ایجاد ایمنی برای افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستمهای الکتریکی می‌باشند از یک طرف و افراد جامعه که مصرف‌کننده نهائی انرژی برق می‌باشند و محدود کردن خطر آتش‌سوزی از راه قطع سریع مدار معیوب از طرف دیگر به کمک وصل بدنه‌های هادی به هادی خنثی یا زمین. به این اتصال زمین، اتصال زمین ایمنی یا حفاظتی<sup>۲</sup> گویند.

[به‌طور خلاصه وصل بدنه‌های هادی به خنثی و زمین = اتصال زمین حفاظتی ]

در اغلب موارد تفکیک دو نوع اتصال به زمین برای دو هدف بالا ممکن نیست و برای همین ایجاد یک اتصال زمین برای هر دو منظور کافی است اما در بعضی شرایط دیگر تفکیک دو اتصال زمین لازم و ضروری است و گاهی مسائل مربوط به نوع دیگری اتصال زمین یعنی زمینی که برای تخلیه بار

---

1- SYSTEM GROUNDING or FUNCTIONAL EARTHING

2- EQUIPMENT GROUNDING or PROTECTIVE EARTHING

الکتریکی صاعقه لازم است، موضوع را پیچیده تر می کند.

در این مقررات به انواع اتصال زمین از نظر ایمنی توجه شده و مسائل مربوط به مشخصات زمین سیستم که باید با توجه به ملاحظات فنی انتخاب شود، به محاسبات و تصمیمات مهندسی موبول می شود با این توضیح که در همه احوال و شرایط، اتصال زمین ایمنی در اولویت و ارجحیت خواهد بود. همچنین نظر به اینکه سیستمهای توزیع فشار ضعیف گسترده تر از سیستمهای دیگر بوده و بیش از همه مردم عادی را در معرض خطر قرار می دهند، توجه مخصوص به آنها لازم بوده است.

یادآوری - اتصال به زمین در سیستمهای فشار ضعیف و متوسط هم از نظر کارکنان صنعت برق و هم از دید عموم مردم که استفاده کنندگان نهائی انرژی الکتریکی می باشند مهم است در حالی که در ولتاژهای فشار قوی، مسایل طرح شده بیشتر متوجه کارکنان صنعت برق است.

### ۳.۱- تقسیم بندی سیستمهای فشار ضعیف از نظر روش زمین کردن

یادآوری ۱- برای کسب داده های بیشتر درباره تقسیم بندی سیستمهای فشار ضعیف، مراجع زیر را ببینید:

- استاندارد شماره ۱۹۳۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران سال ۱۳۵۵.

- مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران سال ۱۳۷۳.

"طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها"

- استانداردهای بین المللی IEC گروه 364

یادآوری ۲- سیستمهای غیر متداول در ایران مورد توجه قرار داده نشده اند.

یادآوری ۳- آشنائی با سیستمهای نیروی مختلف، برای جلوگیری از بکارگیری سیستمهای غیر مجاز در

شبکه‌های عمومی، لازم می‌باشد.

در فشار ضعیف سه نوع سیستم نیرو معمول می‌باشد:

- سیستم TN که ممکن است در سه گونه مختلف باشد:

TN - C - S

TN - S

TN - C

- سیستم TT

- سیستم IT

حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه سیستم با زمین است:

T - یک نقطه از سیستم مستقیماً به زمین وصل است (معمولاً نقطه خنثی)

I - قسمت‌های برقدار سیستم نسبت به زمین عایق‌اند یا یک نقطه از سیستم از طریق یک امپدانس به زمین وصل است.

حرف دوم از سمت چپ مشخص کننده رابطه بدنه‌های هادی تاسیسات با زمین است:

N - بدنه‌های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً به نقطه زمین شده نیرو وصل می‌شوند.

T - بدنه‌های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً و مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین وصل می‌شوند.

علاوه بر این در مورد سیستم TN، از حروف اضافی دیگر برای مشخص کردن نحوه به کارگیری

هادیهای حفاظتی (PE) و خنثی (N)، استفاده می‌شود:

S - TN - در سراسر سیستم بدنه‌های هادی از طریق یک هادی مجزا (PE) به نقطه خنثی (N) در مبدا

سیستم وصل می شود.

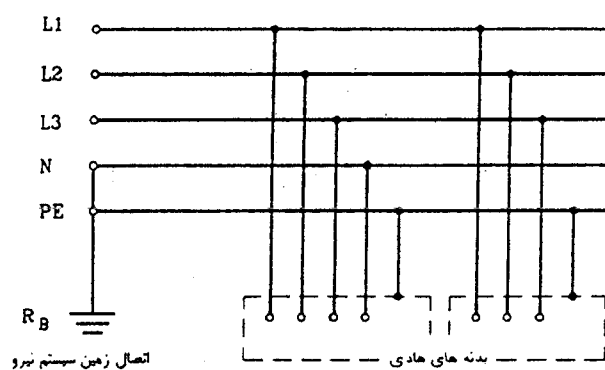
TN - C - در سراسر سیستم بدنه هادی به هادی مشترک حفاظتی و خنثی (PEN) وصل اند.

TN-C-S - بخشی از سیستم از مبدا تا نقطه تفکیک، دارای هادی توام حفاظتی و خنثی (PEN) بوده و از

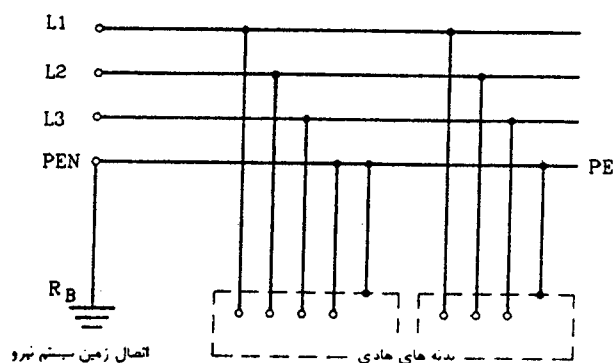
آن نقطه به بعد، دو هادی حفاظتی (PE) و خنثی (N) از هم جدا می شوند.

برای آشنائی بیشتر، طرحواره های سیستمهای گفته شده ارائه می شوند:

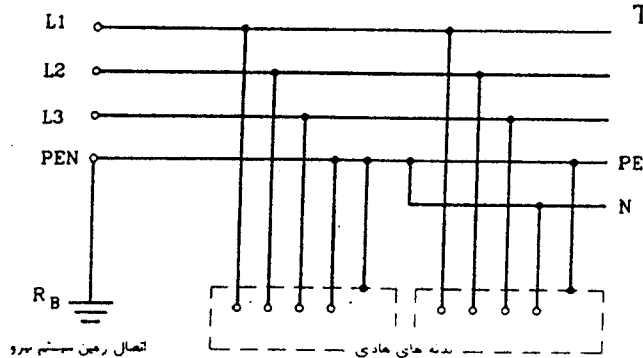
سیستم ۱-۳۰۱ TN-S



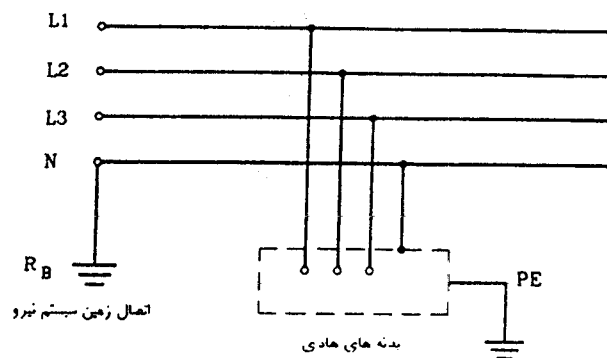
سیستم ۲-۳۰۱ TN-C



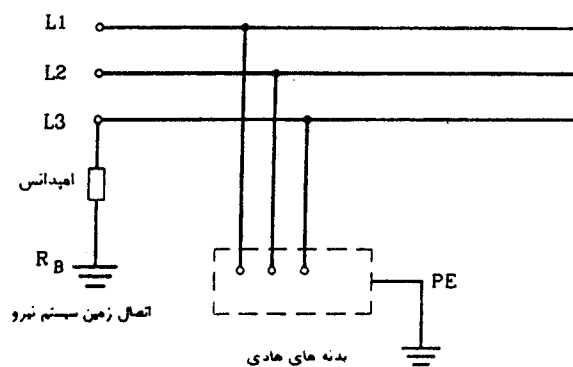
سیستم ۳-۳۰۱ TN-C-S



۴-۳۰۱ سیستم TT



۵-۳۰۱ سیستم IT



۳۰۲- سیستم منتخب

همه سیستمهای فشار ضعیف و شبکه های عمومی فشار ضعیف در ایران باید با اتصال مستقیم به زمین و اتصال بدنه های هادی تجهیزات الکتریکی به (TN) نقطه خنثی اجرا شوند. تا نقطه تحویل نیرو به مشترک (سرویس مشترک) در این سیستم، از (PEN) نقطه خنثی و زمین، استفاده می شود و هادی مشترک حفاظتی / خنثی از نقطه تحویل نیرو یا سرویس مشترک به بعد، سیستم نیرو تابع مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران خواهد بود.

۳۱۰- نقطه ای از سیستم و اجزای آن که باید زمین شود

۳۱۱- سیستمهای جریان مستقیم و اجزای آن که باید زمین شوند

### ۱-۳۱۱ فشار ضعیف

اتصال به زمین باید تنها در ایستگاه تغذیه کننده انجام شود. در مورد سیستمهای جریان مستقیم سه سیمه، الکتروود زمین باید به نقطه خنثی سیستم وصل شود.

### ۲-۳۱۱ فشار متوسط

اتصال زمین باید هم در ایستگاه تغذیه کننده و هم در ایستگاه مصرف کننده انجام شود. الکتروود زمین باید به نقطه خنثی سیستم اتصال داده شود.

الکتروود زمین ممکن است در خارج از ایستگاهها و یا در نقطه ای دور نسبت به هر یک از آنها نصب شود.

در یکی از دو ایستگاه، اتصال به زمین می تواند از طریق برقیها انجام شود به شرطی که اتصال به زمین خنثی در ایستگاه دیگر به نحوی که در بالا گفته شده است اجرا شده باشد.

استثنا - در مواردی که دو ایستگاه از نظر جغرافیائی جدا از یکدیگر نباشند مانند ایستگاههای یکسوکننده پشت به پشت، خنثی سیستم می تواند در یک نقطه زمین شود.

### ۳۱۲- سیستمهای جریان متناوب و اجزای آن که باید زمین شوند

#### ۱-۳۱۲ فشار ضعیف

در سیستمهای سه فاز نقطه ای از منبع تغذیه که یاید زمین شود، نقطه خنثی یا مرکز ستاره یا مرکز زیگزاگ می باشد.

در سیستمهای یک فاز سه سیمه، نقطه ای که باید زمین شود نقطه میانی یا نقطه خنثی می باشد. محلهای انجام اتصال زمین باید به قرار زیر باشند:



۳۱۲-۱-۱ اتصال به زمین اصلی منبع تغذیه در مبدا هر سیستم (ترانسفورماتور یا ژنراتور).

۳۱۲-۱-۲ اتصال زمینهای اضافی در طول خطوط توزیع مقررات مربوط (بخش ۳۵۳ دیده شود).

۳۱۲-۱-۳ اتصال زمینهای فرعی در محل تحویل نیرو به مشترکین.

ایجاد این اتصال زمین به عهده مشترک است.

یادآوری - برای نحوه انجام اتصال زمین مشترکین، مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایرانی دیده شود.

۳۱۲-۲ فشار متوسط

۳۱۲-۲-۱ کابلهای بدون پرده هادی یا زره (هادیهای لخت، کابلهای عایقبندی شده ولی بدون پرده هادی یا

زره و کابلهای با پوشش عایق)

کلیه بدنه‌های هادی تجهیزات و ترانسفورماتورها و غیره باید طبق مقررات مربوط زمین شوند.

در سیستمهای با نقطه خنثی، اتصال به زمین باید در نقطه خنثی طرف منبع تغذیه انجام شود. اگر هادی

خنثی یکی از هادیهای سیستم باشد، یعنی هادی خنثی همراه هادیهای فاز توزیع شود، می‌توان در

طول این هادی اتصالات اضافی نیز برقرار کرد.

۳۱۲-۲-۲ کابلهای با پرده هادی یا زره

(۱) همبندی زره‌ها یا پرده‌های کابلها و برقگیرها

در مواردی که در نقطه وصل خطوط کابلی به هوایی برقگیر پیش‌بینی شده باشد، لازم است بین اتصال

زمین زره یا پرده کابل و اتصال زمین برقگیرها همبندی به عمل آید.

## (۲) کابل‌های بدون غلاف عایق

اتصال باید به هادی خنثی ترانسفورماتور منبع تغذیه و همین‌طور در نقاط انتهائی (ترمینالها) انجام شود.

## (۳) کابل‌های با غلاف عایق

توصیه می‌شود اتصالات اضافی بین پرده‌های عایق‌بندی یا غلاف هادی و زمین سیستم ایجاد شود. در سیستم‌های با اتصال زمین مکرر و کابل‌های دارای پرده هادی، پرده (شامل غلاف هادی در صورت وجود) باید در محل همه مفاصلها از هر قبیل، که در دسترس بوده یا در معرض تماس کارکنان می‌باشند، زمین شود.

در مواردی که به علت وجود الکترولیز یا عبور جریان از زره نتوان از اتصال زمین مکرر برای پرده هادی استفاده نمود، غلاف پرده هادی و محفظه‌های مفاصلها از هر قبیل باید نسبت به ولتاژی که ممکن است در هنگام بهره‌برداری بر روی سطح آنها ظاهر شود، عایق‌بندی شوند.

## ۳-۳۱۲- هادی مجزا برای اتصال زمین (مانند حالت اتصال زمین تیرهای فلزی روشنائی)

اگر برای اتصال زمین از یک هادی مجزا به موازات و در کنار مسیر زیرزمینی کابل استفاده شود، این هادی باید یا به صورت مستقیم و یا از راه هادی خنثی سیستم به خنثی ترانسفورماتور منبع و ملحقات ترانسفورماتور منبع و ملحقات کابلها (در مواردی که باید زمین شوند)، وصل شود. هادی اتصال زمین باید در همان مسیری که کابل اصلی دفن شده است یا در همان کانال یا لوله یا مجرای که کابل اصلی از آن عبور می‌کند (اگر از جنس مغناطیسی ساخته شده باشد)، قرار گیرد.

## ۳-۳۱۳- زمین کردن مهارهای آویز و مهارهای پایه‌ها

### ۱-۳۱۳ زمین کردن مهارهای آویز (مهار دهانه)

آن گروه از مهارهای آویز که طبق مقررات مربوط به آنها زمین کردنشان الزامی است، باید در محل پایه‌ها (تیرها، برجها یا محل تکیه‌گاههای دیگر) به نحوی زمین شوند که حداکثر فاصله اتصال زمین‌های متوالی از هم به‌قرار زیر باشد:

۱-۱-۳۱۳ در مواردی که مهار آویز برای استفاده به‌عنوان هادی زمین کافی باشد (بندهای ۱-۳۲۳ و ۲-۳۲۳ و ۵-۳۲۳):

یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر یا کسری از آن.

۲-۱-۳۱۳ در مواردی که مهار آویز برای استفاده به‌عنوان هادی زمین کافی نباشد:

یک اتصال زمین در هر ۲۰۰ متر یا کسری از آن.

### ۲-۳۱۳ زمین کردن مهار پایه

آن گروه از مهارهای پایه که طبق مقررات زمین کردنشان الزامی است، باید به یک یا چند نقطه که در زیر گفته شده است وصل شوند:

۱-۲-۳۱۳ پایه فلزی زمین شده (تیر، برج و نظایر آن)

۲-۲-۳۱۳ یک الکتروود زمین موثر در مورد پایه‌های غیرفلزی (تیرچوبی و مانند آن)

۳-۲-۳۱۳ هادی خنثی مربوط به خط که دارای حداقل یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر (یا کسری از آن) از طول خط علاوه بر اتصال زمینهای مربوط به مشترکین باشد.

### ۳-۳۱۳ اتصال زمین مشترک مهار آویز و مهار پایه مربوط به یک پایه

۱-۳-۳۱۳ در مواردی که طبق مقررات زمین کردن مهار آویز و مهار پایه‌ی مربوط به یک پایه لازم باشد، مهار آویز و مهار پایه باید همبندی شده و با وصل به یکی از نقاط گفته شده در زیر، زمین شوند:

(۱) یک هادی زمین که بر روی همان پایه زمین شده باشد.

(۲) هادیهای اتصال زمین مجزا یا مهارهای آویز زمین شده که با یکدیگر همبندی شده و در همان پایه زمین شده باشند.

(۳) یک یا چند هادی زمین شده مربوط به خط یا مهارهای آویز زمین شده که با هر دو شرط زیر مطابقت کنند:

- بر روی همان پایه یا در محلی دیگر همبندی شده باشند.

- در محل‌های دیگر به صورت مکرر و طبق مفاد بندهای ۱-۳۱۳ و ۲-۳۱۳ زمین شده باشند.

۲-۳-۳۱۳ بر روی پایه‌های مربوط به عبور خط از روی جاده یا راه آهن، آن گروه از مهارهای آویز و پایه که زمین کردن آنها الزامی است، باید در همان پایه با همدیگر همبندی شده و طبق مقررات بند ۱-۳-۳۱۳ زمین شوند.

استثنا - این دستور در مورد مهار پایه‌ای که به یک هادی استاتیک (هادی گارد) مربوط به خط هوایی وصل بوده و آن هادی خود به نحوی موثر زمین شده باشد، نافذ نیست.

### ۳۱۴- شدت جریان در هادیهای اتصال زمین

نقاط اتصال به زمین باید به نحوی ترتیب داده شده و انتخاب شوند که در شرایط عادی شدت جریانهای نامعقول از هادی اتصال زمین عبور نکنند.

اگر شدت جریان عبوری از هادی زمین، به سبب استفاده از اتصال زمینهای مکرر، مقداری زیاد و غیرقابل قبول باشد، باید یک یا چند عمل گفته شده در زیر را انجام داد:

۱-۳۱۴ یک یا چند اتصال به زمین در نقاط مختلف را حذف کرد

۲-۳۱۴ محل اتصال به زمینها را تغییر داد

۳-۳۱۴ هادی وصلکننده الکتروهادی زمین مختلف برای ایجاد مداومت الکتریکی را قطع کرد.

۴-۳۱۴ با تجویز بهره‌بردار و موافقت مقام مجری استاندارد، از روشهای دیگری برای محدود کردن جریان استفاده کرد.

در هر حال اتصال به زمین سیستم ترانسفورماتور منبع یا اتصال زمین اصلی، نباید حذف شود.

شدت جریانهایی که در شرایط غیرعادی و به طور موقت به وجود می‌آیند (در هنگامی که هادیهای اتصال به زمین برای تامین ایمنی به وظیفه خود عمل می‌کنند)، شدت جریانهای نامعقول به حساب نمی‌آیند. هادی اتصال زمین باید دارای ظرفیت کافی برای عبور جریانهای اتصالی که انتظار می‌رود از آن عبور کنند باشد بدون آنکه دمای آن از حد مجاز بیشتر شده یا ولتاژ آن بیش از حد، بالا رود. بخش ۳۲۳ دیده شود.

### ۳۱۵- حصارکشی محوطه‌ها (فنس‌ها)

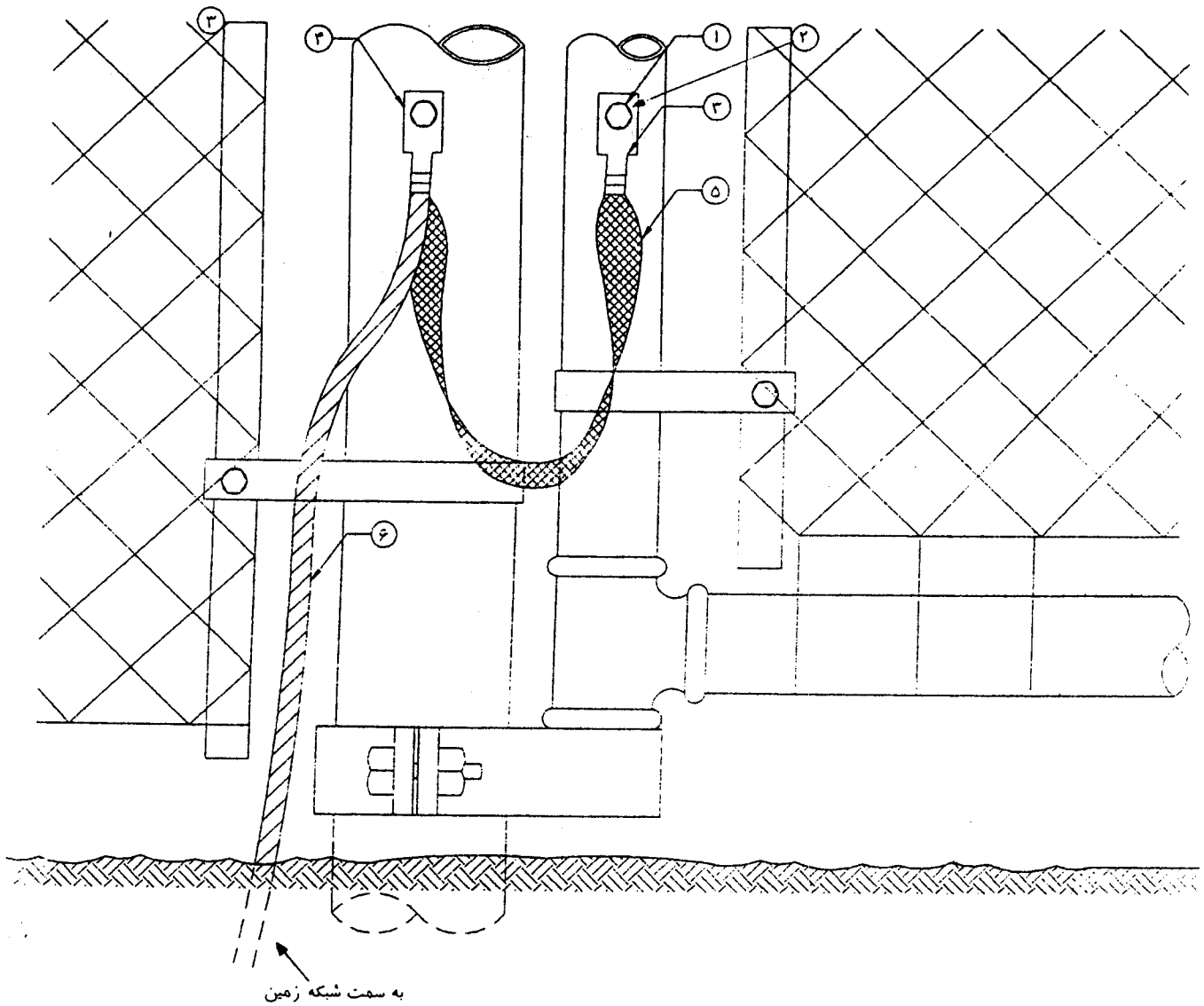
در مواردی که طبق استانداردهای مربوط به حصارکشی‌ها لازم است برای حصارها اتصال زمین.

احداث شود، باید در محل خط یا خطوط نیرو که حصار را قطع و از بالای آن عبور می‌کند، و همینطور در فاصله‌ای که از ۴۵ متر بیشتر نباشد، در هر دو قسمت امتداد حصار، اتصال زمین برقرار شود. علاوه بر این، حصارها باید در هر دو سمت درها یا دهانه‌های باز دیگری که در آن وجود دارند، زمین شوند. در صورت وجود دروازه، دو طرف آن باید با یک هادی دفن شده، همبندی شوند. یک دروازه باید از طریق اتصالات فلزی به هادی زمین، هادی همبندی یا خود حصار، اتصال داده شود.

پایه‌های مجزای نگهدار سیم خاردار در بالای حصار که روی تیرهای غیرهادی نصب‌اند باید به حصار فلزی یا هادی زمین در نقاط اتصال به زمین، همبندی شوند.

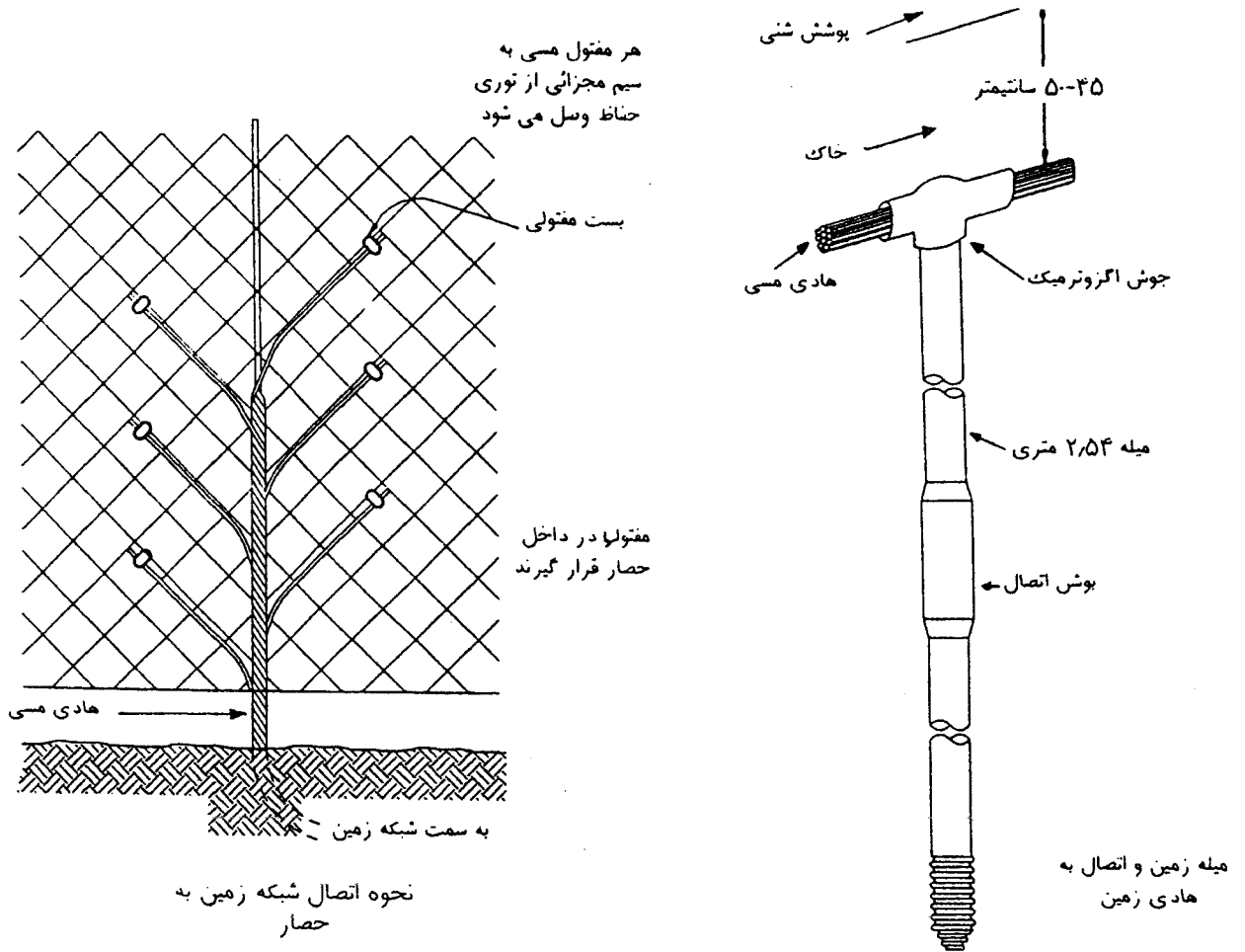
در مواردی که زمین کردن حصار الزامی باشد، حصارها باید با سیستم زمین تجهیزات که در داخل نوعی پوشش قرار دارند همبندی شده و یا به یک هادی مجزای دفن شده در زیر خط حصار یا در نزدیکی آن همبندی شوند.

شکل‌های ۶-۳۰۱ و ۷-۳۰۱ نمونه‌هایی از این اتصال زمینها را نشان می‌دهند.



- ۱- پیچ ماشینی ۱۰×۲/۵ میلیتر  
 ۲- واشر ۱۰ میلیتر  
 ۳- کفشک کابل برای هادی افشان  
 ۴- کفشک کابل برای هادی چند مفتولی  
 ۵- هادی افشان قلع اندود بافته شده نواری  
 با سطح مقطع معادل ۵۰ میلیترمربع  
 ۶- هادی چند مفتولی
- توجه : ستون در و چهارچوب آن با قطر لازم سوراخکاری شده و برای پیچ نمره ۱۰ حدیده شود.

شکل (۶-۳۰۱)



شکل (۷-۳۰۱)

### ۳۲۰- هادی اتصال زمین و نحوه انجام اتصالات

#### ۳۲۱- ساختار هادی زمین

در همه موارد هادیهای زمین باید از جنس مس یا فلزات دیگر یا ترکیبی از فلزات به نوعی ساخته شده باشند که در شرایط موجود و در طول عمر مفید پیش‌بینی شده آنها زیاده از حد خورده نشوند و در صورت عملی بودن، در طول این هادیا نباید هیچ نوع اتصال و دو راهی یا چند راهی وجود داشته باشد (بهترین انتخاب برای هادی زمین فولاد با گالوانیزه گرم است که حداقل ضخامت فلز روی در آن ۷۰ میکرومتر می‌باشد همچنین مس با روکش سربی به ضخامت حداقل یک میلیمتر نیز انتخاب مناسبی است). در مواردی که وجود اتصال اجتناب ناپذیر باشد، این اتصالات باید به نحوی اجرا و



نگهداری شوند که به میزان محسوسی به مقاومت الکتریکی هادی زمین افزوده نشود و مشخصه‌های مربوط به استقامت مکانیکی و الکتریکی و ایستادگی در برابر خوردگی آنها نیز مناسب باشد. در مورد آشکارسازهای هادی زمین و زمین برقی‌گیرها، هادی زمین باید تا جایی که امکان دارد مستقیم، کوتاه و بدون خمهای تیز باشد. اسکلت‌های فلزی یک سازه یا بناتامحل اتصال به الکتروود زمین مناسبی می‌تواند به عنوان هادی زمین مورد استفاده قرار داده شود.

هیچگاه نباید از وسیله‌ای که مدار را باز کند (کلید، فیوز و غیره) در مسیر هادی زمین استفاده شود به استثنای مواردی که در صورت باز شدن هادی زمین، همه منابع انرژی که تجهیزات مدار مربوط به هادی زمین را تغذیه می‌کند، به طور خودکار قطع شوند.

استثنای ۱- در مورد سیستمهای جریان مستقیم فشارمتوسط، نصب وسایل بازکننده مدار اتصال زمین که با هدف انتخاب الکتروود زمین دور دست یا الکتروود زمین محلی مربوط به برقی‌گیرها انجام می‌شود، مجاز است.

استثنای ۲- قطع موقتی هادی زمین با نظارت افراد واجد شرایط، مجاز است.

### ۳۲۲- اتصالات هادی زمین

اتصالات هادی زمین باید به نحوی انجام شوند که با مشخصه‌های هادی زمین شده (الکتروود زمین) و هادی زمین مطابقت داشته و برای استقرار در محیط زیست مناسب باشند. از این گونه‌اند اتصالات انجام شده به وسیله لحیم سخت، جوشکاری (جوش اگزوترمیک)<sup>۱</sup>، اتصالات مکانیکی، اتصالات پرسی، بستهای الکتروود و بستهای تسمه‌ای، استفاده از لحیم‌کاری فقط در مورد غلافهای سربی مجاز است.

### ۳۲۳- شدت جریان مجاز و استقامت مکانیکی در هادی اتصال زمین

شدت جریان مجاز کوتاه مدت یک هادی لخت، شدت جریانی است که هادی می‌تواند بدون آنکه ذوب شده یا در اثر نیروهای وارده گسسته (پاره) شود از خود عبور دهد. اگر هادی زمین دارای عایق‌بندی باشد، شدت جریان مجاز کوتاه مدت آن، جریانی است که به عایق‌بندی آسیب وارد نیاورد. در قسمتی از مسیر که هادی از چند شاخه موازی تشکیل شده باشد، شدت جریان کل جمع شدت جریانهای شاخه‌ها خواهد بود.

### ۱-۳۲۳ هادی اتصال زمین سیستم در سیستمهای با یک اتصال به زمین

(در جریان متناوب و به عنوان مثال: سیستم TT در فشار ضعیف و همبندی ستاره در فشار متوسط) هادی یا هادیهای اتصال زمین سیستم در سیستمهای با یک اتصال زمین یا چند اتصال زمین موازی (الکترودهای موازی) در یک نقطه، باید با توجه به زمان عمل وسیله حفاظتی سیستم دارای جریان مجاز کوتاه مدتی باشد که برای شدت جریان اتصال‌ی‌ای که ممکن است از آن عبور کند کافی باشد. اگر این شدت جریان را نتوان به سادگی تعیین نمود، شدت جریان مجاز دائمی هادی یا هادیهای زمین، نباید از جریان بار کامل ترانسفورماتور یا هر منبع دیگری که سیستم را تغذیه می‌کند، کمتر باشد.

### ۲-۳۲۳ هادی اتصال زمین در سیستمهای جریان متناوب با اتصال زمین مکرر

(برای مثال سیستم TN در جریان متناوب فشار ضعیف)

در سیستمهای جریان متناوب فشار ضعیف با اتصال زمین در بیش از یک نقطه، بدون احتساب اتصال زمینهای اختصاصی مشترکین، جریان مجاز کل دائمی هادی در هر نقطه نباید از یک پنجم جریان هادیهای آن وصلند، کمتر باشد. بند ۳۲۳-۸ دیده شود.

### ۳-۳۲۳ هادیهای اتصال زمین ترانسفورماتورهای اندازه گیری

هادی اتصال زمین بدنه هادی و مدار ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه گیری نباید از ۴ میلیمتر مربع (مس) یا جریان کوتاه مدت آن نباید از مقدار مربوط به این سیم، کمتر باشد.

### ۴-۳۲۳ هادیهای اتصال زمین برقگیرهای اصلی

جریان مجاز کوتاه مدت هادی یا هادیهای اتصال زمین باید برای عبور جریانهای زیاد ضربه صاعقه یا جریان دنبال آن، کافی باشد. سطح مقطع هادیهای اتصال زمین مخصوص برقگیرها نباید از ۱۶ میلیمتر مربع (مس) کمتر باشد.

استثنا - هادیهای اتصال زمین برقگیرها ممکن است سیم فولادی با روکش مس و با جریان مجازی معادل هادی فوق باشد به شرطی که هدایت الکتریکی آن از سی درصد (۳۰٪) هادی تمام مس با همان قطر، کمتر نباشد.

در مواردی که قابلیت انعطاف هادی اتصال زمین برای کار درست آن واجب باشد، مانند محل اتصال به تیر برقگیر، لازم است از هادی قابل انعطاف مناسب این کار استفاده شود.

### ۵-۳۲۳ هادی اتصال زمین برای تجهیزات، مهارهای آویز و مهارهای پایه

شدت جریان مجاز کوتاه مدت هادیهای اتصال زمین تجهیزات، معبر مدارها، کابلها، مهارهای آویز، مهارهای پایه، غلافها و دیگر پوششهای فلزی هادیها، باید برای جریانهای اتصالی با توجه به زمانهای قطع وسایل حفاظتی موجود در سیستم، کافی باشد. اگر حفاظت در برابر اضافه جریان یا اتصالی پیش‌بینی نشده باشد، شدت جریان مجاز باید براساس طرح و شرایط بهره‌برداری مدار تعیین شود ولی هیچگاه از مقداری که برای یک هادی مسی با سطح مقطعی معادل ۱۰ میلیمتر مربع تعیین شده است، کمتر نباشد.

در مواردی که نسبت به کفایت پوششهای هادیها و مداومت آنها همراه با اتصالات مربوط به پوششها و

بدنه‌های لوازم و تجهیزات اطمینان حاصل شود، این مسیر می‌تواند هادی اتصال زمین لوازم و تجهیزات را تشکیل دهد.

یادآوری - استفاده از مسیر گفته شده در بالا به عنوان هادی اتصال زمین فقط برای تاسیسات تولید، انتقال و توزیع نیروی برق مجاز است. تاسیسات مشترکین تابع مقررات مختص خود می‌باشند. مبحث ۳۱ از مقررات ملی ساختمانی ایران و استاندارد شماره ۱۹۳۷ ایران را ببینید.

#### ۲-۵-۳۲۳ اتصالات

اتصالات هادی زمین باید با استفاده از کابلشو، ترمینال یا وسیله‌ای که در هنگام بازرسی عادی یا بهره‌برداری یا تعمیرات جابه‌جا یا شل نشده و یا بهم نخورد، انجام شود. همچنین جنس این اتصالات باید مانند جنس هادی زمین باشد.

#### ۶-۳۲۳ حصارها

هادی اتصال زمین حصارهایی که طبق مقررات مربوط به آنها لازم است زمین شوند، باید با یکی از انواع گفته شده در بند ۵-۳۲۳ مطابقت نماید و یا متشکل از یک هادی فولادی با مقطع ۶ میلی‌متر مربع باشد. در مواردی که ستونها از جنس هادی باشند، این سیم باید بکمک وسایل مناسبی از نظر جنس آنها، به ستونها وصل شوند. اگر جنس ستونها هادی نباشد، در هر یک از نقاط اتصال به زمین لازم است همبندی مناسبی بین سیمهای توری حصار و سیمهای خاردار انجام شود.

#### ۷-۳۲۳ همبندی اسکلت‌ها و پوششهای تجهیزات

در مواردی که طبق مقررات مربوط به هر مورد لازم باشد و در صورتی که منبع تغذیه محلی باشد، باید یک مسیر فلزی با امپدانس کم برای عبور جریانهای اتصالی که ممکن است بین هادیها یا تجهیزات یا هر دو آنها پیش آید، به سمت ترمینال اتصال زمین منبع تغذیه ایجاد شود.

در مواردی که منبع تغذیه در دسترس نباشد، مسیر فلزی باید همه اسکلتها و بدنه‌های هادی تجهیزات و بدنه‌های هادی بیگانه در دسترس را همبندی کرده و علاوه بر آن طبق مقررات بند ۵-۳۲۳ به زمین اتصال دهد. جریان مجاز کوتاه مدت هادی همبندی باید برای شرایط موجود کافی باشد.

#### ۸-۳۲۳ حد مجاز جریان

اجتیاجی نخواهد بود که شدت جریان مجاز هادی اتصال زمین از مقدار تعیین شده در یکی از دو بند زیر بیشتر باشد:

#### ۱-۸-۳۲۳ هادی فازی که جریان اتصالی را عبور می‌دهد یا

۲-۸-۳۲۳ حداکثر جریانی که ممکن است از هادی اتصال زمین به الکتروود یا الکترودهای زمین وصل شده به آن، عبور کند. در مورد یک اتصال زمین تکی و الکتروود یا الکترودهای زمین وصل شده به آن، این شدت جریان به طور تقریب برابر است با: ولتاژ منبع بخش بر مقاومت الکتروود زمین.

#### ۹-۳۲۳ استقامت مکانیکی

۱-۹-۳۲۳ استقامت مکانیکی کلیه هادیهای اتصال زمین باید برای شرایطی که در آن مورد استفاده خواهند بود کافی باشد.

علاوه بر این جز در مواردی که در بندهای ۲-۳۲۳ و ۳-۳۲۳ و ۲-۹-۳۲۳ ذکر شده است، استقامت مکانیکی هادیهای حفاظت مکانیکی نیستند نباید از نظیر هادی مسی نرم با سطح مقطع ۱۰ میلیمتر مربع کمتر باشد.

۲-۹-۳۲۳ در صورت استفاده از کابل‌های هم مرکز (کنسانتریک)، و تا جایی که مربوط به استقامت مکانیکی

باشد، استفاده از مقاطع کوچکتر از ۱۰ میلیمتر مربع مجاز است (برای مثال کابل تغذیه مشترک از خط هوایی).

#### ۳۲۴- نگهداری و حفاظت از هادیهای زمین

۱-۳۲۴ در سیستمهای با اتصال زمین منفرد و در وضعیتی که هادیهای زمین در معرض صدمات مکانیکی باشند، این هادیها باید به کمک نوعی سپر محافظت شوند جز در مواردی که در دسترس عموم نیستند که در این حالت احتیاجی به حفاظ نخواهد بود.

مدارها و تجهیزات با اتصال زمین مکرر احتیاجی به حفاظ بر روی هادی اتصال زمین ندارند.

۲-۳۲۴ در مواردی که داشتن حفاظ برای هادیهای اتصال زمین الزامی باشد، این کار باید با استفاده از روشهایی که با شرایط محیط مناسب‌اند انجام شود. حفاظها باید حداقل تا ارتفاع ۲/۵ متر از زمین یا سکونی که می‌توان از آن به هادیها دسترسی پیدا کرد، ادامه یابد.

۳-۳۲۴ در مواردی که نصب حفاظ الزامی نباشد، در محل‌های با احتمال وارد آمدن آسیب مکانیکی، ایمن‌سازی هادیهای اتصال زمین باید با نصب هرچه نزدیکتر آنها به سطح تیر یا پایه، تامین شود و در مواردی که عملی باشد، این کار باید در بخشی از پایه که کمتر از همه در معرض آسیب قرار می‌گیرد، انجام شود.

۴-۳۲۴ حفاظهایی که برای هادیهای اتصال زمین تجهیزات برقی‌ها بکار می‌روند، باید از مواد غیر فلزی باشد و در غیراین صورت، حفاظ باید در هر دو انتهای آن با هادی اتصال زمین همبندی شود.

۱-۳۲۵ برای جلوگیری از پاره شدن هادی اتصال زمین در اثر حرکت یا نشست طبیعی زمین، آن بخش از هادی اتصال زمین که مستقیماً در زمین دفن می‌شود باید بدون اعمال کشش (شل) خوابانده شود یا اینکه استقامت آن نسبت به نیروی کشش به قدر کافی زیاد باشد.

۲-۳۲۵ ترجیح دارد اتصالات هادی زمین که عایق‌بندی نداشته و مستقیماً در زمین دفن می‌شوند، از نوع لحیم سخت یا پرسی باشند تا شل شدن و یا خورده شدن آنها به حداقل ممکن برسد. تعداد اتصالات باید تاجائی که ممکن است، کم باشد.

۳-۳۲۵ در داخل اتاقکهای آد مرو و چاهکهای دستی، سیستم اتصال زمین مربوط به پرده عایق‌بندی کابلها باید با بدنه هادی زمین شده کلیه تجهیزات در دسترس، همبندی شوند.

استثنا - در مواردی که حفاظت کاتودیک و همبندی متقابل پرده‌ها مطرح باشد، ممکن است از اجرای همبندی صرف‌نظر شود.

۴-۳۲۵ هادیهای اتصال زمین نباید مجزا از هادیهای فاز مدار مربوط به خود از درون حلقه‌های بسته‌ای که از مواد مغناطیسی تشکیل می‌شوند، عبور کنند مانند حلقه‌های بسته تشکیل شده از اجزای ساختمان، لوله‌ها، حلقه‌های متشکل از آرماتورهای بتن مسلح و نظایر آن.

۵-۳۲۵ فلزاتی که برای انجام اتصال زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند یا در تماس مستقیم با زمین یا آجرکاری یا بتن هستند باید از قبل آزمایش شده باشند تا قابلیت آنها برای استفاده به اثبات رسیده باشد.

یادآوری ۱- آلومینیوم برای این کار مناسب نمی باشد.

یادآوری ۲- فلزات با پتانسیل گالوانیک مختلف که همبندی می شوند، ممکن است احتیاج به حفاظت در برابر خوردگی گالوانیک پیدا کنند.

#### ۳۲۵-۶ همبندی صلیبی زره (همبندی ضربدری، اتصال ترانسپوز)

۳۲۵-۶-۱ در مواردی که به منظور کم کردن جریانهای دورانی، پرده عایق بندی و یا زره کابلها را که در حالت عادی به زمین وصلند، نسبت به زمین عایق کرده باشند، این گونه زره ها باید در نقاط در دسترس، در برابر تماس کارکنان، عایق بندی شوند. اتصالات صلیبی و جامپرهای همبندی باید نسبت به حد ولتاژ عادی زره از این مقدار تجاوز کند که در این مورد عایق بندی باید برای ولتاژ عادی کار مدار نسبت به زمین کافی باشد.

۳۲۵-۶-۲ اندازه جامپر ها و وسایل برقرار اتصالات مربوط به همبندی و نوع آنها باید به نحوی انتخاب شوند که توانائی هدایت جریان اتصالی را بدون صدمه زدن به عایق بندی جامپر ها یا اتصالات زره، داشته باشند.

#### ۳۲۶- هادی مشترک اتصال زمین مدارها و معبرهای فلزی و تجهیزات

در مواردی که جریان مجاز هادی اتصال زمین منبع تغذیه خواسته های مربوط به اتصال زمین تجهیزات را نیز برآورده می کند، از این هادی می توان برای دو منظور استفاده کرد. تجهیزات مورد نظر عبارتند از: اسکلتها و پوششهای اجزای مربوط به لوازم حفاظت و کنترل و کمکی سیستم تغذیه، معبرهای هادیها، زره کابلها و دیگر در پوششها و بدنه های هادی. (گونه های TN-C-S و TN-C از سیستم TN بخش ۳۰۱ دیده شود. برای توضیح بیشتر مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران و یا استاندارد شماره



### ۳۳۰- الکترودهای اتصال زمین

الکترودهای زمین باید ماندگار بوده و برای سیستم الکتریکی مورد نظر کافی باشد، از یک الکتروده یا سیستم به هم پیوسته الکترودهای زمین باید برای اتصال به زمین سیستم الکتریکی (پست) و پوششهای هادیها و تجهیزاتی که به وسیله سیستم تغذیه می شوند، استفاده شود. این هدف ممکن است با بهم پیوستن اجزای ذکر شده در نقطه وصل هادی اتصال زمین انجام شود. (قسمتهای ۳۱۰ و ۳۶۰ دیده شوند).  
الکترودهای زمین باید یکی از انواع زیر باشند :

### ۳۳۱- الکترودهای موجود

منظور از الکترودهای موجود، اجسام هادی ای هستند که با هدفی دیگر، غیر از ایجاد اتصال زمین برای سیستمهای الکتریکی نصب شده اند. مانند :

### ۱-۳۳۱ سیستمهای آبرسانی با لوله های فلزی

از لوله کشیهای زیرزمینی موجود که مربوط به سیستمهای آب سرد می باشند، می توان به عنوان الکتروده زمین استفاده کرد.

یادآوری - معمولا" این گونه سیستمها دارای مقاومتی بسیار کم نسبت به زمین می باشند و اگر در دسترس باشند برای استفاده به عنوان الکتروده زمین، ارجحیت دارند. کسب اجازه از شرکت یا موسسه بهره بردار از سیستم آبرسانی برای استفاده از لوله کشیهای آن به عنوان الکتروده زمین، الزامی است.

استثنا - سیستمهای لوله کشی غیر فلزی آب که هادی برق نیستند یا در مواردی که اتصالات لوله های فلزی از

نوع غیر فلزی باشند، برای استفاده به عنوان الکتروود زمین مناسب نیستند.

### ۲-۳۳۱- سیستمهای محدود

از لوله کشیهای فلزی آب سرد دفن شده که به چاههای آب وصل می‌باشند و کم بودن مقاومت آنها نسبت به جرم کلی زمین پس از اندازه‌گیریها ثابت شده باشد، می‌توان به عنوان الکتروود زمین استفاده کرد. اندازه‌گیری مقاومت باید بدون لوله قایم چاه که ممکن است در فواصل زمانی غیر مشخص پیاده شود، انجام گیرد. قطعاتی که ممکن است از همدیگر جدا شوند باید دارای همبندی اضافی باشند.

### ۳-۳۳۱- میلگردهای فولادی بتن مسلح در پی‌ها و شالوده‌ها

میلگردهای فولادی بتن در پی‌ها و شالوده‌هایی که نسبت به زمین عایق‌بندی نشده و حداقل عمق آنها از سطح زمین یک متر باشد، یک الکتروود زمین موثر به حساب می‌آید. در مواردی که از سازه‌های فولادی سوار بر این پی‌ها (برجها، اسکلت‌های فولادی و نظایر آنها) به عنوان هادی اتصال زمین استفاده شود، باید بکمک وصل میلگردهای فولادی پی به بولتهای نگهدار سازه، یا وصل میلگردها به کمک کابل به سازه بالای آن، همبندی به عمل آید.

سیمهای فولادی که به طور معمول به عنوان بست میلگردها بکار می‌روند، به منظور همبندی الکتریکی میلگردهای قفسه‌ها نیز کافی به حساب می‌آیند.

یادآوری - در مواردی که میلگردهای بتن به نحوی مطلوب به سازه مستقر بر آن وصل نشده باشد، اگر سازه مورد اصابت صاعقه قرار گیرد (با وجود الکتروود مستقلی که برای آن پیش‌بینی شده است) به دلیل میل جریان به عبور از بتن نیم‌هادی احتمال وارد شدن آسیب به بتن وجود خواهد داشت.

### ۳۳۲- الکتروودهای مصنوعی

در هنگام استفاده از الکترودهای مصنوعی، این الکترودها باید تا جایی که مقدور است از سفره‌ی نم‌دایمی خاک عبور کنند و از عمق یخزدگی نیز پائینتر روند. الکترودهای مصنوعی باید از فلز یا ترکیبی از چنان فلزاتی ساخته شده باشند که در شرایط موجود و در طول عمر مفید پیش‌بینی شده برای آنها، دچار خوردگی بیش از حد نشوند.

کلیه سطوح خارجی الکترودها باید هادی جریان برق باشند و به عبارت دیگر، این سطوح نباید پوشیده از رنگ، وارنیش، لعاب یا هرگونه پوشش عایق دیگر باشد.

## ۲-۳۳۲ میله‌های کوبیده شده

۱-۲-۳۳۲ میله‌های کوبیده شده ممکن است متشکل از تعدادی قطعه باشند ولی طول کل آنها نباید از ۲/۴۵ متر کمتر باشد. قطر میله‌های آهنی یا فولادی نباید از ۱۶ میلیمتر کمتر باشد و قطر میله‌های با روکش منس یا روکش فولاد زنگ‌نزن یا میله‌های ساخته شده از فولاد زنگ‌نزن نباید از ۱۲ میلیمتر کمتر باشد.

۲-۲-۳۳۲ از میله‌های طولانی‌تر یا تعدادی میله موازی، می‌توان برای کم کردن مقاومت اتصال زمین استفاده کرد. فاصله بین میله‌های موازی نباید کمتر از طول کل هر میله باشد.

۳-۲-۳۳۲ عمق کوبیدن میله نباید از ۲/۴۵ متر کمتر باشد. انتهای بالائی میله باید همسطح زمین یا پائینتر از آن باشد مگر آنکه دارای حفاظی مناسب باشد.

استثنای ۱- اگر در هنگام کوبیدن میله با لایه سنگی برخورد شود، عمق میله می‌تواند کمتر از ۲/۴۵ متر باشد و یا ممکن است از نوع الکتروود دیگری استفاده شود.

استثنای ۲- اگر الکتروود در محدوده تجهیزات نصب شده بر روی سکو یا محدوده اتاقک یا چاهک آدمرو یا محوطه‌ای نظیر اینها قرار گرفته باشد، عمق آن می‌تواند به  $2/3$  متر تقلیل داده شود.

### ۳-۳۳۲ سیم یا تسمه یا ورق دفن شده

در مناطقی که مقاومت ویژه خاک بالا است یا لایه‌های کم عمق سنگ در آنها وجود دارند و یا به دست آوردن مقاومتی پائینتر نسبت به الکتروودهای میله‌ای لازم باشد، استفاده از یک یا چند نوع الکتروود که در زیر گفته شده است، مناسب خواهد بود.

### ۱-۳-۳۳۲ الکتروود زمین سیمی

یک سیم لخت که قطر آن ۴ میلیمتر یا بیشتر بوده و با مفاد بند ۵-۳۲۵ مطابقت داشته و در عمق حداقل  $0/45$  متر از سطح زمین در راستائی اساساً "مستقیم به طول ۳۰ متر دفن شده باشد، اتصال زمین قابل قبولی را تشکیل خواهد داد. این سیم ممکن است از یک قطعه یا از چند قطعه تشکیل شده باشد که سر به سر یا در فواصلی از سرها به هم اتصال داده می‌شوند. این سیم ممکن است به شکل شاخه درآمده یا اینکه به شکل یک شبکه دویعدی متشکل از چند سیم موازی درآید که به آن شبکه زمین<sup>۱</sup> گفته می‌شود.

یادآوری - استفاده از هادی مسی چند مفتولی استاندارد ۱۶ میلیمتر مربع مجاز است ( $1/7 \times 7$  میلیمتر) ولی ترجیح دارد به جای، آن هادی مسی با سطح مقطع ۲۵ میلیمتر مربع ( $2/1 \times 7$  میلیمتر) به خاطر عمر طولانی‌تر آن مورد مصرف قرار گیرد.

استثنای ۱- در مواردی که به لایه سنگی برخوردار شود، عمق دفن ممکن است کمتر از  $0/45$  متر انتخاب

شود.

استثنای ۲- از شکل‌های دیگری برای شاخه‌ها می‌توان استفاده کرد به شرط اینکه مطالعات معتبر مهندسی، مناسب بودن آنها را تایید کرده باشند.

#### ۲-۳-۳۳۲ الکتروود زمین تسمه‌ای

نوارهای فلزی با طول کل حداقل ۳ متر و با سطح کل (دوطرف) حداقل ۰/۵ مترمربع که دست کم در عمق ۰/۴۵ متری سطح زمین دفن شده باشند، تشکیل یک اتصال زمین قابل قبول می‌دهند. ضخامت نوارهای آهنی یا فولادی نباید از ۶ میلیمتر و اگر از نوع گالوانیزه داغ باشند از ۳ میلیمتر کمتر باشند. ضخامت نوار یا تسمه مسی نباید از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

یادآوری ۱- معمولترین جنس برای این نوع الکتروود، تسمه فولادی گالوانیزه داغ است با مقطع  $۳۰ \times ۳/۵$  میلیمتر که به طول ۱۰ متر در تماس با زمین باشد.

یادآوری ۲- از الکتروودهای تسمه‌ای به خصوص در مناطق صخره‌ای که امکان حفر کانال فقط به شکل غیرمنظم وجود دارد، استفاده می‌شود.

#### ۲-۳-۳۳۲ الکتروود زمین از ورق یا صفحه فلزی

یک ورق یا صفحه فلزی که مساحت آن از ۰/۵ مترمربع کمتر نبوده و هر دو ظرف آن با زمین در تماس باشد، تشکیل یک اتصال زمین قابل قبول خواهد داد. صفحه باید در جهت قائم قرار گرفته و عمق لبه بالائی آن از سطح زمین نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد. ضخامت صفحه اگر آهنی یا فولادی باشد، نباید از ۶ میلیمتر و اگر گالوانیزه داغ باشد از ۳ میلیمتر و اگر از مس باشد از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

یادآوری - این گونه اتصال زمین در ایران بسیار متداول بوده و مخصوصاً " اگر در عمق کافی و پایینتر از نم دایمی زمین دفن شود، معمولاً" نتیجه‌ای خوب خواهد داد.

با قرار دادن صفحه در داخل لایه‌هایی از خاک ذغال و نمک، به کارآئی الکتروود اضافه خواهد شد.

۴-۳۳۲ الکتروود زمین ته تیر- صفحه‌ای یا چمبره‌ای

۱-۴-۳۳۲ کلیات

در مناطقی که مقاومت ویژه زمین خیلی کم است، با استفاده از یکی از روشهای گفته شده در بندهای ۴-۳۳۲ و ۳ در زیر، می‌توان به اتصال زمین موثری دست یافت گرچه در بیشتر مناطق دیگر استفاده از این روشها کافی نخواهد بود. در مواردی که ثابت شود مقاومت الکتريکی این گونه اتصال زمینها، با توجه به مقررات قسمت ۳۵، به قدر کافی پایین می‌باشند می‌توان از آنها برای موارد گفته شده در بندهای ۱-۱-۳۱۳ و ۲-۲-۳۱۳ و بخشهای ۳۵۳ و ۳۶۳ استفاده کرد ولی از این نوع الکتروود هیچگاه نباید به عنوان تنها الکتروود در محل پست ترانسفورماتور استفاده کرد و به عبارتی دیگر در محل پست باید از الکتروودهای نوع دیگر استفاده شود.

۲-۴-۳۳۲ صفحه ته تیر

با توجه به محدودیتهای وضع شده در بند ۴-۳۳۲ در بالا، برای تیرهای چوبی، صفحه ته تیر (که بهتر است در اطراف تیر به سمت بالا تا داده شود) در مواردی که محدودیتهای ذکر شده در قسمت ۳۵ وجود داشته باشند، می‌توان به عنوان الکتروود زمین قابل قبولی به حساب آید.

ضخامت صفحه ته تیر اگر از جنس آهن باشد نباید از ۶ میلیمتر و اگر گالوانیزه داغ باشد از ۳ میلیمتر و اگر از فلز غیر آهنی باشد از ۲ میلیمتر کمتر باشد. مساحت صفحه‌ای که در تماس با زمین است (فقط سطح خارجی آن) نباید از ۰/۰۵ مترمربع کمتر باشد.

### ۳-۴-۳۳۲ سیم چمبره ته تیر

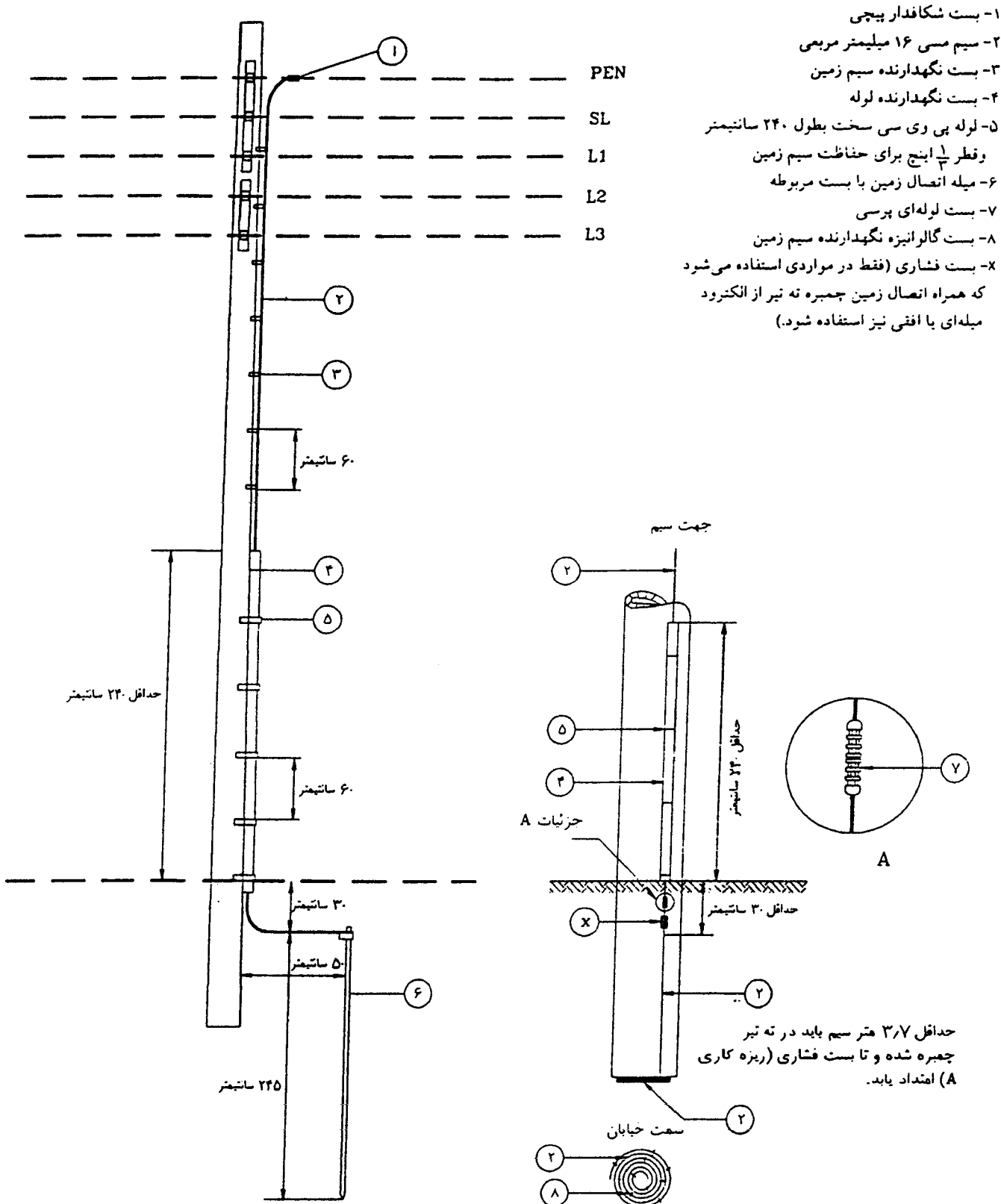
با توجه به محدودیتهای وضع شده در بند ۳۳۲-۴-۱ در بالا، نوعی الکتروود مصنوعی می تواند از سیمی که قبل از کاشتن تیر به ته آن وصل می شود، تشکیل شده باشد. سیم باید از جنس مس یا فلز دیگری باشد که دچار خوردگی بیش از حد نشود. طول کل سیم پایینتر از سطح زمین نباید از ۳/۷ متر کمتر باشد. سیم باید تا ته تیر امتداد یافته و در ته آن چمبره شود. سطح مقطع سیم نباید از ۱۶ میلیمتر مربع کمتر باشد (شکل ۱-۳۳).

### ۵-۳۳۲ کابلهای دفن شده، با خنثی هم مرکز

در سیستمهایی که دارای کابلهای دفن شده با خنثی لخت هم مرکز بوده و طول آنها حداقل ۳۰ متر است، می توان از هادی هم مرکز به عنوان الکتروود زمین استفاده کرد. هادی خنثی هم مرکز می تواند دارای غلافی از جنس نیم هادی باشد به شرطی که مقاومت ویژه شعاعی آن از ۱۰۰ اهم متر بیشتر نباشد و در طول بهره برداری، جنس آن اساساً پایدار باقی بماند. مقاومت ویژه شعاعی جنس غلاف، مقداری است که از اندازه گیری بر روی واحد طول کابل برای مقاومت موجود بین هادی هم مرکز و ملانی که غلاف را احاطه می کند به دست می آید یعنی مقاومت ویژه شعاعی عبارت خواهد بود از:

$$\text{مقاومت واحد طول} \times \text{مساحت جانبی واحد طول غلاف} = \frac{\text{مقاومت ویژه شعاعی}}{\text{ضخامت میانگین غلاف روئی هادی هم مرکز}}$$

کلیه ابعاد در این رابطه برحسب متر می باشند.



شکل (۱-۳۳) دو روش اتصال زمین پای تیر



## ۳۳۲-۶- الکترودهای داخل بتن

یک سیم فلزی، میله یا سازه فلزی دیگر که با مقررات بند ۳۲۵-۵ مطابقت داشته و در داخل بتن قرار گرفته و بتن نسبت به زمین عایق‌بندی نشده باشد، می‌تواند به عنوان یک الکتروود مصنوعی مورد استفاده قرار گیرد. عمق بتن نسبت به سطح زمین نباید از  $0/3$  متر کمتر باشد و بهتر است این عمق  $0/75$  متر و یا بیشتر باشد. سطح مقطع سیم مسی نباید از ۲۵ میلی‌متر مربع کمتر بوده و اگر از جنس فولاد باشد قطر آن نباید از ۱۰ میلی‌متر کوچکتر باشد. طول سیم در داخل حجم بتن، باید حداقل ۶ متر بوده و جز برای انجام اتصال، بقیه آن بطور کامل در داخل بتن قرار گرفته و تا جایی که ممکن است در خط مستقیم استقرار یافته باشد. در داخل بتن، اجزای فلزی ممکن است از قطعات کوتاه‌تری تشکیل شده و به شکل شبکه باشند (مانند میلگردهای بتن پی).

استثنا - شکلهای و طولهای دیگر نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند به شرط اینکه مطالعات فنی معتبر، مناسب بودن آنها را تایید کرده باشد.

یادآوری ۱- کمترین مقدار مقاومت هنگامی به دست می‌آید که سیم در خط مستقیم کشیده شود.

یادآوری ۲- شکل بتن الزاماً نباید منظم باشد بلکه می‌تواند شکل نامنظم خاکبرداری یا لایه سنگی را به خود بگیرد.

یادآوری ۳- در بیشتر موارد، الکترودهای مستقر در بتن از الکترودهای کوبیده شده یا تسمه‌ای یا صفحه‌ای دفن شده کار آمدترند.

یادآوری ۴- در مورد استفاده از میلگردهای داخل بتن به عنوان هادی اتصال زمین (یکی از الکترودهای طبیعی)، بند ۳۳۱-۳ دیده شود.

مخابرات باید به یک الکتروود زمین طبق مفاد بخش ۳۳۲ وصل شود.

#### ۳۴۰- روشهای انجام اتصال به الکتروودها

#### ۳۴۱- اتصال به زمین

نقطه اتصال به الکتروود زمین باید تا جایی که ممکن است در دسترس باشد و به نحوی اجرا شود که اتصالی با دوام، با مشخصه‌های خوب مکانیکی و ایستادگی در برابر خوردگی و با قابلیت عبور دادن جریان به مقدار لازم، به دست آید از این میان‌اند:

#### ۱-۳۴۱ بست فشاری<sup>۱</sup>، فیتینگ<sup>۲</sup>، لحیم سخت<sup>۳</sup>، جوشکاری<sup>۴</sup>

۲-۳۴۱ اتصال استفاده از پیچ برنزی ته فشار که محکم به الکتروود پیچ شده باشد

۳-۳۴۱ در مورد سازه‌های فولادی که از میلگردهای بتن پی آنها به عنوان الکتروود زمین استفاده می‌شود، باید از یک میله فولادی مشابه میلگردهای بتن، که به کمک جوشکاری، یکی از میلگردهای قائم را به آنکربولت اسکلت وصل می‌کند، استفاده شود. این بولت باید اساساً "صفحه پای ستونی را که روی بتن مستقر می‌شود، محکم کند و سپس سیستم الکتریکی، برای وصل به زمین می‌توان به کمک جوشکاری یا با استفاده از پیچ برنزی که مهره آن در یکی از عضوهای بدنه اسکلت قلاوین شده است، به اسکلت سازه وصل شود.

۴-۳۴۱ در مورد سازه‌های غیر فولادی که در آنها از یک الکتروود سیمی یا میله‌ای مستقر در داخل حجم بتن استفاده می‌شود، یک هادی مسی عایق‌دار که از نظر ابعاد با مقررات بخش ۳۲۳ مطابقت کرده ولی از

1- CLAMP

2- FITTING

3- BRAZING

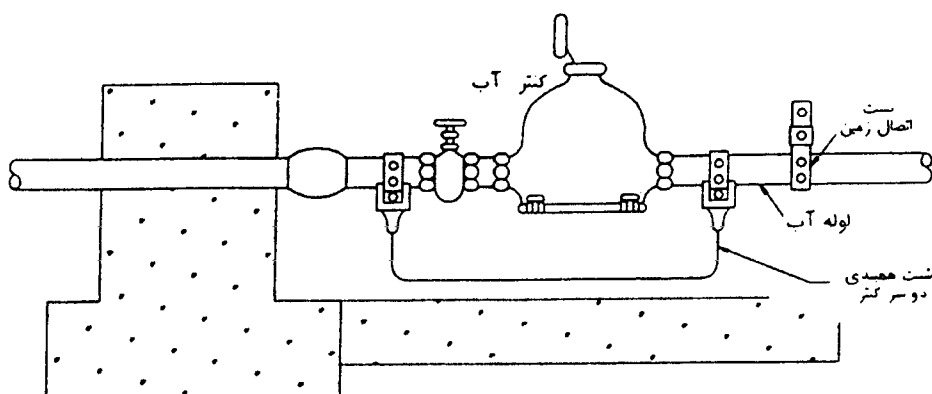
4- WELDING

۲۵ میلیمتر مربع کمتر نباشد، باید با استفاده از نوعی بست که مناسب فولاد و سیم مسی است به کابل یا میله فولادی اتصال داده شود. بست و آن قسمت از هادی مس که برای انجام اتصال لخت شده است، شامل سرهای مفتولهای هادی که در حجم بتن باقی خواهد ماند، باید با مالاستیک یا ماده مناسب دیگری، قبل از بتن ریزی، پوشانده شود تا از امکان بروز خوردگی در اثر جریانهای گالوانیک تا حد ممکن کاسته شود. سر دیگر هادی عایق‌دار مسی باید برای وصل به سیستم الکتریکی به سطح بتن یا تا نقطه اتصال، به خارج از حجم بتن هدایت شود. اگر هادی مسی به ورای بتن هدایت شود، سطح مقطع آن نباید از ۳۵ میلیمتر مربع کمتر باشد.

به جای انجام کارهای گفته شده در بالا، هادی مسی را می‌توان از ته حفره خاکبرداری بتن خارج کرده و جدا از بتن به بالا هدایت و وصل کرد.

#### ۳۴۲- نقطه اتصال به سیستم لوله‌کشی

۱-۳۴۲ نقطه اتصال هادی زمین به لوله‌کشی فلزی سیستم آبرسانی باید در نزدیکترین نقطه به محل ورود انشعاب به ساختمان یا در نزدیکترین نقطه به محل ورود انشعاب به ساختمان یا در نزدیکترین نقطه به تجهیزاتی که باید زمین شوند انجام و محل این اتصال باید قابل دسترسی باشد. اگر کمتر آب و ملحقات آن بین نقطه اتصال هادی زمین و لوله زیرزمینی آب قرار گرفته باشد، لازم است بین نقطه اتصال و لوله زیرزمینی به نحوی مطمئن همبندی ایجاد شود تا در صورت پیاده‌کردن کنترها و ملحقات آن خللی به مداومت الکتریکی اتصال زمین وارد نشود. باید از عدم وجود لوله‌های پی‌وی سی در لوله‌کشی اطمینان حاصل کرد.



شکل (۱-۳۴) - نمونه‌ای برای نحوه همبندی دو سر کتر آب

۲-۳۴۲ سازه‌های زمین شده یا الکترودهای زمین مصنوعی باید حداقل ۳ متر از لوله‌کشیهای سیالات و گازهای قابل اشتعال با فشار زیاد (۱۰۰۰ کیلو پاسکال یا بیشتر) فاصله داشته باشند مگر آنکه از نظر الکتریکی با آنها همبندی شده و حفاظت کاتودیک برای کل این سیستم به هم پیوسته، وجود داشته باشد. اگر الکترودهای زمین در فاصله‌ای کمتر از ۳ متر از لوله‌های گفته شده در بالا قرار گیرند باید به نحوی مناسب هم‌آهنگی به عمل آید تا شرایط خطرناکی که در اثر عبور جریان متناوب به وجود می‌آید، بروز نکند و سیستم حفاظت کاتودیک خط لوله خنثی نشود.

### ۳-۳۴۳- سطح تماس اتصالات

اگر موادی غیر هادی از هر نوع مانند لعاب یا لایه زنگ‌زدگی یا هر گونه جرم دیگری بر روی سطح تماس الکتروود در نقطه اتصال وجود داشته باشد، این مواد باید به کلی پاک و زدوده شوند. از لوازم اتصالی مخصوص که زدودن و پاک کردن این مواد را غیر ضروری می‌کند نیز می‌توان استفاده کرد.

### ۳-۳۵- مقدار مقاومت زمین

و شرایط اضافی دیگر برای ایجاد ایمنی در سیستم TN

۳۵۰- سیستمهای اتصال زمین باید به نحوی طرح و اجرا شوند که خطر برق برای کارکنان و عموم مردم به حداقل برسد و مقاومت اتصال زمین نسبت به جرم کلی زمین به قدر کافی کم باشد تا ولتاژ تماس در حد مجاز باقی مانده و کلیدهای خودکار به فوریت عمل کنند. سیستمهای زمین ممکن است از هادیهای طبیعی دفن شده و الکترودهای زمین مصنوعی تشکیل شده باشند.

#### ۳۵۱- ایستگاهها و پستهای اصلی

ایستگاهها و پستهای اصلی ممکن است احتیاج به سیستمهای اتصال زمین گسترده داشته باشند که از هادیهای دفن شده متعدد، الکترودهای زمین متعدد یا مجموعه‌های همبندی شده از هر دوی آنها، تشکیل شده باشد.

سیستمهای اتصال زمین باید طبق روشها و تجربیات صنعت برق به نحوی طرح و اجرا شوند که پتانسیل قدم، تماس و شبکه زمین را محدود کنند.

#### ۳۵۲- سیستمهای با یک نقطه زمین شده

(سیستمهای ستاره زمین شده در مبداء، سیستمهای مثلث با زمین مصنوعی مانند توزیع در ولتاژ ۱۱، ۲۰، ۳۳ کیلوولت و TT در فشار ضعیف)

مقاومت هر یک از الکترودهای مصنوعی نسبت به جرم کلی زمین نباید از ۲۵ اهم بیشتر باشد. اگر مقاومت یک الکترودهای انفرادی از ۲۵ اهم بیشتر باشد باید از دو یا چند الکترودهای موازی استفاده شود.

#### ۳۵۳- سیستمهای با اتصال زمین مکرر (PME (PROTECTIVE MULTIPLE EARTHING) (مانند

سیستم TN در فشار ضعیف)

۳۵۳-۱ علاوه بر اتصال زمین اصلی در هر پست، هادی خشی باید در نقاط متعددی در طول هر یک از خطوط خروجی به الکترودهای زمین وصل شود به نحوی که یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر از طول خط یا

کسری از آن، بدون احتساب اتصال زمین اصلی پست و الکترودهای اختصاصی مشترکین، وجود داشته باشد. در هر صورت، تعداد الکترودهای هر خط بدون توجه به طول آن، نباید از ۲ کمتر باشد (سرورته خط در مورد خطوط کوتاهتر از ۴۰۰ متر).

۲-۳۵۳ در سیستمهای TN، حداکثر مقاومت اتصال زمین معادل کلیه الکترودهای موازی (با احتساب الکترودهای زمین اختصاصی مشترکین)، نباید از ۲ اهم تجاوز کند. با وجود این، در مناطق خشک، صخره‌ای و سنگلاخی که در آن اتصال به زمین اتفاقی (تماس اتفاقی هادی فاز با زمین یا هرگونه سازه‌ای که وصل به زمین است مانند افتادن فاز روی یک حصار فلزی) برحسب تجربه و طبق داده‌های آماری از ۷ اهم بیشتر باشد، حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین را می‌توان به جای ۲ اهم، از رابطه زیر به دست آورد:

$$\frac{R_S}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_0 - U_L}$$

که در آن:

$R_S$  = حداکثر مجاز اتصال زمین (به جای ۲ اهم)

$R_E$  = حداقل مقاومت اتصال به زمین اتفاقی (به جای اهم)

$U_L$  = حداکثر ولتاژ مجاز تماس برای افراد (۵۰ ولت مقدار موثر)

$U_0$  = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثی (۲۲۰ / ۲۳۰ ولت)

تعیین مقدار حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین برای هر منطقه با مقام مجری مقررات است اگر مقام مجری مقررات مقداری را برای حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین یک منطقه تعیین نکرده باشد، این مقدار باید برابر ۲ اهم انتخاب شود.

۳-۳۵۳ در سیستمهای TN جمع کل مقاومتهای زمین اصلی و مقاومتهای زمین اضافی در شعاع یکصدمتری هر پست یا نیروگاه، بدون احتساب الکترودهای مشترکین، نباید از ۵ اهم بیشتر باشد. این مقدار با توجه به مقاومت کل اتصال به زمین ۲ اهم تعیین می شود ولی اگر طبق بند ۲-۳۵۳ مقدار بیشتری برای کل مقاومت زمین مجاز شود، ۵ اهم را می توان به همان نسبت از دیاد داد.

۴-۳۵۳ نظر به اینکه حصول مقاومت کم برای اتصال زمین در سیستمهای TN از راه تعدد الکترودهای زمین و از جمله اتصال زمین مشترکین به دست می آید، حداقلی برای مقاومت زمین هر یک از الکترودها تعیین نمی شود.

۳-۳۵۴ مقررات اختصاصی مربوط به سیستمهای TN

۱-۳۵۴ سطح مقطع خنثی (هادی مشترک حفاظتی / خنثی PEN) باید به قدر کافی بزرگ بوده و به یک الکتروود زمین طبیعی یا مصنوعی در هر پست وصل شود. حداقل سطح مقطع هادی خنثی خطوط توزیع نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

۱-۳۵۴-۱ خطوط هوایی فشارضعیف با هادی مسی و:

- (۱) سطح مقطع فاز ۵۰ میلیمترمربع و کمتر: برابر با سطح مقطع فاز
- (۲) سطح مقطع فاز ۷۰ میلیمترمربع و بیشتر: یک مقطع کوچکتر از فاز

۲-۳۵۴-۱ خطوط کابلی فشارضعیف با هادی مسی و:

- (۱) سطح مقطع فاز ۱۶ میلیمترمربع و کمتر: برابر سطح مقطع فاز.
- (۲) سطح مقطع فاز ۲۵ میلیمترمربع و بیشتر: برابر با نصف مقطع فاز. (طبق استانداردهای مربوط).

۲-۳۵۴ در سیستمهای TN، در صورت بروز اتصال کوتاه کامل (بدون امپدانس) بین هادی یک فاز و هادی

خنثی در هر یک از شاخه‌های توزیع، مولفه متقارن شدت جریان اتصال کوتاه در بدترین شرایط، باید در رابطه زیر صدق نماید:

$$I_a \leq kI_n$$

که در این رابطه:

$I_a$  = شدت جریان اتصال کوتاه بین فاز و خنثی در بدترین شرایط در خط مورد نظر برحسب آمپر.

$I_n$  = شدت جریان اسمی در مورد فیوزهای محافظ خط یا شدت جریان اسمی رله اتصال کوتاه (مغناطیسی

در مورد کلیدهای خودکار برحسب آمپر)

$k$  = ضریب انتخابی که با توجه به کلیه شرایط برای شبکه‌های عمومی توزیع به ترتیب زیر انتخاب می‌شود.

برای همه انواع فیوزها  $k=2/5$

برای کلیدهای خودکار  $k=1/25$

یادآوری - بدترین شرایط گفته شده در بالا عبارتند از:

- اتصال کوتاه باید برای دورترین نقطه از منبع تغذیه محاسبه شود و اگر خط مورد نظر دارای شاخه‌های متعدد با هادیهای مختلف باشد، محاسبه جریان اتصال کوتاه باید برای هر یک از شاخه‌ها تکرار شده و صحت رابطه بالا کنترل شود.

- اتصال کوتاه باید دربار کامل ترانسفورماتور یا ژنراتور و همچنین خطوط توزیع انجام شود. هادیها دربار کامل دارای مقاومت بیشتری بوده و در نتیجه جریان اتصال کوتاه محاسبه شده کوچکتر از حالت سرد خواهد بود.  
- در این محاسبه اتصال کوتاه، فقط مولفه متقارن جریان به حساب آورده می‌شود یعنی فرض بر این است که در لحظه وقوع اتصال کوتاه شرایط چنان است که مولفه جریان مستقیم تشکیل نمی‌شود.

توضیح - طبق رابطه بالا شدت جریان اتصال کوتاه ( $I_a$ ) در بدترین شرایط باید از  $2/5$  برابر جریان اسمی فیوز ( $I_n$ ) یا  $1/25$  برابر جریان اسمی رله مغناطیسی کلید خودکار ( $I_n$ ) بیشتر بوده یا حداقل با آن برابر باشد تا اینکه فیوز به فوریت ذوب و یا کلید خودکار در دم قطع کرده و خطر بروز برق‌گرفتگی در



شبکه رفع شود. لازم است توجه شود که در این مورد پایین بودن جریان اتصال کوتاه خطرناک است نه بالا بودن آن.

۳-۳۵۴ در سیستمهای TN وصل مستقیم بدنه‌های هادی به الکتروود زمین (بدون وصل الکتروود به هادی خنثی یا هادی مشترک حفاظتی / خنثی) ممنوع است.

۴-۳۵۴ اگر از رنگ برای تشخیص نوع هادی استفاده شود، رنگ هادی خنثی (N) باید آبی کمرنگ و هادی حفاظتی (PE) باید دو رنگ، سبز و زرد (راه راه) باشد. ترجیح دارد هادی مشترک حفاظتی / خنثی (PEN) سبز و زرد (راه راه) باشد ولی می‌توان از رنگ آبی کمرنگ نیز برای این منظور استفاده کرد. در هر حال در محل همه ترمینالها وظیفه دوگانه این هادی باید به نحوی ماندگار مشخص شود. در مورد کابنها، برای تشخیص فازها از دو رنگ سیاه و قهوه‌ای استفاده می‌شود: برای سه فاز، دو سیاه و یک قهوه‌ای یا یک سیاه و دو قهوه‌ای. برای توضیحات بیشتر در این زمینه، استانداردهای ملی مربوطه دیده شوند.

۳۶۰- جدائی الکتروودهای اتصال زمین و هادیهای آنها

۳۶۱- الکتروودهای مجزا

جز در مواردی که طبق مفاد بخش ۳۶۳ به نحوی دیگر مجاز شناخته شده باشد، هر یک از سیستمهای زیر باید دارای اتصال زمین (الکتروود زمین) و هادی زمین مختص خود باشند. هادیهای هر سیستم باید مجزا از یکدیگر کشیده شده و به الکتروود زمین مربوط به خود وصل شوند و نیز الکتروودهای زمین هر سیستم باید در خارج از حوزه الکتروودهای زمین سیستمهای دیگر قرار گیرند:

۱-۳۶۱ اتصال زمین برقی‌های سیستم‌های فشار متوسط و بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط

۲-۳۶۱ اتصال زمین هادی مشترک حفاظتی / خنثی (PEN) در فشار ضعیف

۳-۳۶۱ اتصال زمین سیستم صاعقه‌گیر ساختمانها و سازه‌ها جز در مواردی که از خود ساختمان یا سازه فلزی یا بتنی زمین شده به عنوان هادی اتصال زمین یا هادی زمین استفاده شده باشد.

#### ۳۶۲-الکتروود عمومی

در صورت وجود یک اتصال زمین خوب که در بیش از یک نقطه زمین شده باشد و کل مقاومت اتصال زمین آن کم باشد، می‌توان به جای رعایت مقررات گفته شده در بخش ۳۶۱ اتصال زمین هر سیستم را به طور جداگانه به شینه این اتصال زمین (الکتروود زمین)، وصل کرد.

یادآوری - بند فوق ناظر بر موقعیتهایی است که در آنها از یک شبکه گسترده<sup>۱</sup> برای ایجاد اتصال زمین مقاومت کم استفاده می‌شود مانند پستهای اصلی انتقال و فوق توزیع و ساختمانهای بزرگ و یا اگر در محل، اتصال زمین گسترده‌ای وجود دارد. بند ۳۶۶-۶ دیده شود.

#### ۳۶۳-الکتروود مشترک

از یک هادی اتصال زمین مشترک به جای سیستم‌های زمین مجزای گفته شده در بندهای ۱-۳۶۱ (برقی‌های فشار متوسط و بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط) و ۲-۳۶۱ (هادی خنثی سیستم فشار ضعیف) در حالی می‌توان استفاده کرد که شرایط زیر برقرار باشند:

۱-۳۶۳ کلیه خطوط سیستم فشار متوسط در منطقه از کابل‌های زیرزمینی که دارای نوعی زره فلزی می‌باشند، تشکیل شده باشد که در تماس با زمین بوده و یا دارای غلاف نیم هادی (بند ۵-۳۳۲) در تماس با زمین باشند.

۲-۳۶۳ خطوط هوایی فشار متوسط منتهی به پست، حداقل در فاصله یک کیلومتری از پست تبدیل به خط کابلی زیرزمینی با مشخصات ذکر شده در بند ۱-۳۶۳ شده و در محل این تبدیل از برقگیر استفاده شده باشد.

۳-۳۶۳ اتصال زمین مشترک اولیه (یعنی بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط) و ثانویه (یعنی هادی خنثی N و یا هادی مشترک حفاظتی خنثی PEN) طبق بخش ۳۵۳ (اتصال زمین مکرر)، انجام شده باشد.

#### ۳-۳۶۴- زمین کردن تابلوهای فشار ضعیف

اگر لازم باشد اتصال زمین بدنه‌های فشار متوسط و برقگیرها (بند ۱-۳۶۱) و اتصال زمین هادی حفاظتی / خنثی فشار ضعیف (PEN بند ۲-۳۶۱) هر یک به طور جداگانه اجرا شوند، بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف (تابلوهای فشار ضعیف) باید به یکی از دو طریق زیر انجام شود:

۱-۳۶۴ اگر شرایط محلی امکان به وجود آوردن جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط بدنه‌های هادی تجهیزات فشار ضعیف را مهیا سازند و نزدیکترین فاصله بین تابلوهای فشار متوسط و ضعیف از ۲/۵ متر کمتر نباشد، بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف باید به هادی حفاظتی / خنثی سیستم (PEN)، وصل شوند.

۲-۳۶۴ اگر شرایط محلی امکان به وجود آوردن جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط و بدنه‌های هادی تجهیزات فشار ضعیف را مهیا نکنند، بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف باید از راه

هادی حفاظتی بدنه‌های تجهیزات فشار متوسط زمین شوند.

### ۳۶۵- حوزه ولتاژ الکترودها

۱-۳۶۵ اگر با توجه به شرایط محلی أحداث دو الکتروود زمین به نحوی که خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر باشند ممکن نباشد (مانند حالتی که در آن به علت وجود شبکه‌های گسترده زیرزمینی فلزی مانند لوله‌کشیها و نظیر آن این کار عملی نباشد)، با وجود لزوم استقرار دو الکتروود زمین مجزا طبق قسمت ۳۶۰، می‌توان از یک الکتروود زمین مشترک، که همان سازه یا لوله‌کشی گسترده زیرزمینی باشد، استفاده کرد.

یادآوری - در این حالت، به علت گسترده بودن شبکه لوله‌کشی یا هر سازه فلزی دیگر در تماس با زمین مقاومت الکتریکی آن نسبت به جرم کلی زمین بسیار کم بوده و در واقع شرایط بخش ۳۶۲ برقرار است.

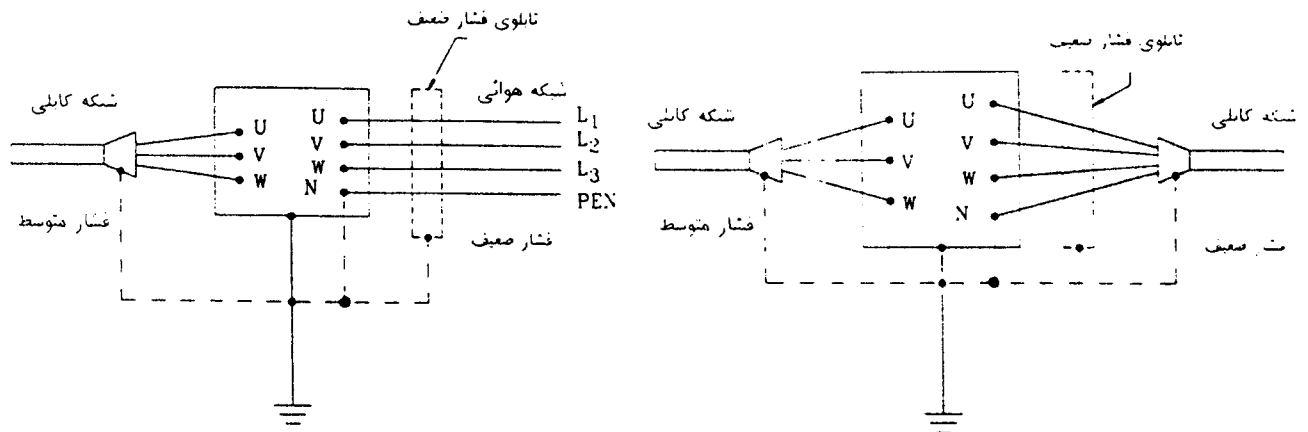
۲-۳۶۵ لازم است دقت شود که در هنگام برقراری دو اتصال زمین مجزا، عواملی نظیر غلاف کابلها سازه‌های زیرزمینی دیگر که ناشناس مانده باشند، به طور ناخواسته و اتفاقی، حوزه‌های دو الکتروود را به هم وصل نکنند.

یادآوری - برای برخی از موارد مختلفی که ممکن است در عمل پیش آید، بندهای مربوط در بخش ۳۶۶ دیده شوند.

### ۳۶۶- بررسی حالت‌های مختلف برای أحداث یک یا دو اتصال به زمین

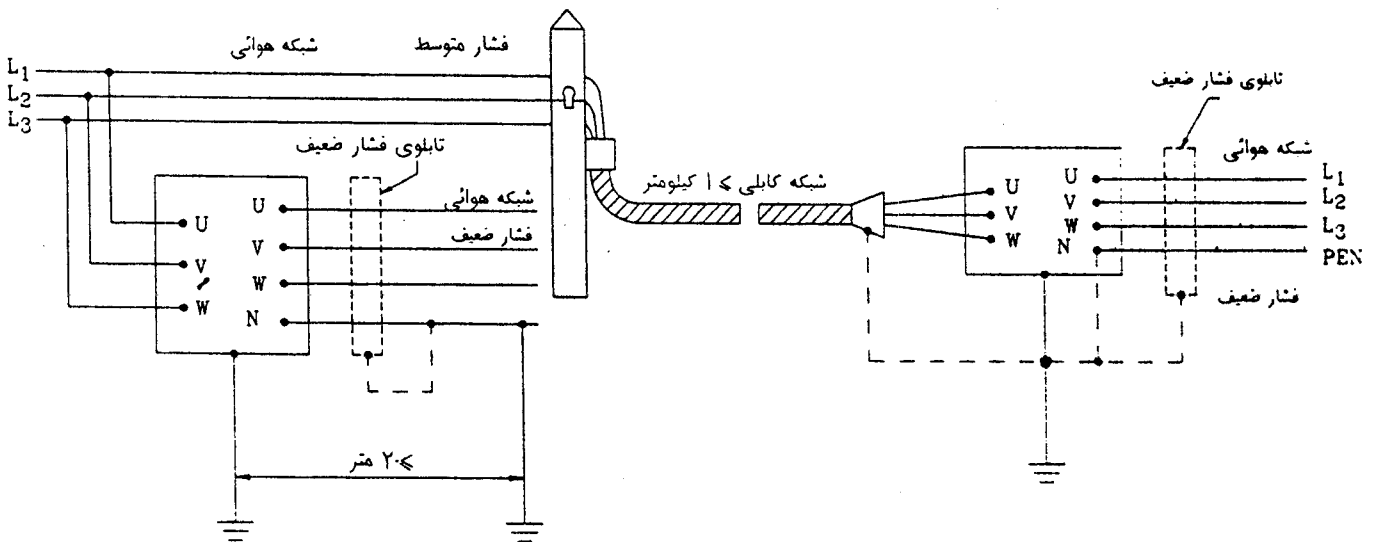
در عمل با توجه با مفاد بخشهای ۳۶۱ و ۳۶۲ و ۳۶۳ و ۳۶۴ و ۳۶۵، حالت‌های مختلفی پیش می‌آیند که در زیر به صورت طرح واره ارائه می‌شوند:

۱-۳۶۶ اتصال زمین مشترک در حالتی که شبکه فشار متوسط به طور کلی زیرزمینی (کابل) است.



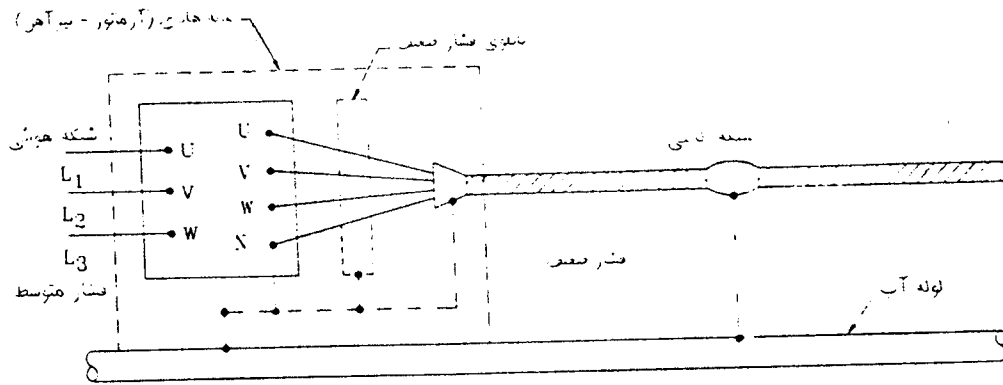
شکل (۱-۳۶) - اتصال زمین مشترک

۲-۳۶۶ اتصال زمینهای مجزا و مشترک با توجه به شرایط مختلف هر یک (بخش ۲۶۱ و بند ۲-۳۶۳).



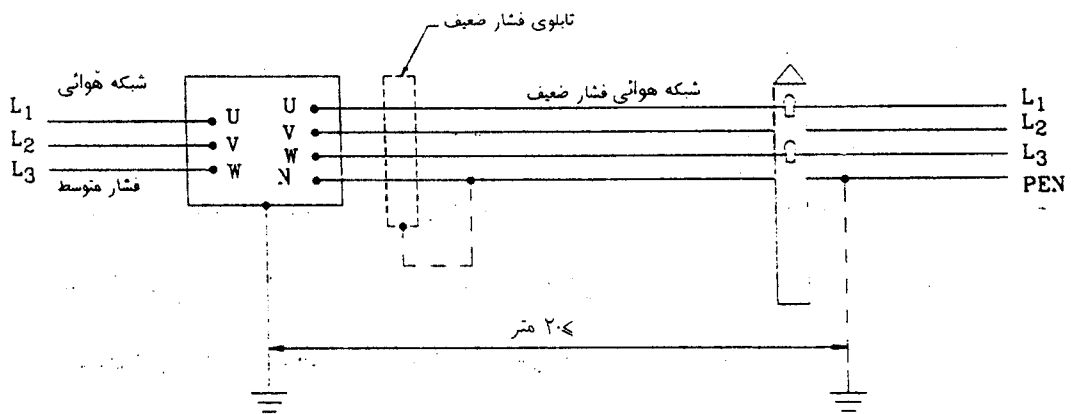
شکل (۲-۳۶) - اتصال زمین مشترک و اتصالهای زمین مجزا

۳-۳۶۶ حالتی که احداث اتصال زمینهای مجزابه علت گستردگی سازه زیرزمینی ممکن نیست (بخش ۳۶۵).



شکل (۳-۳۶) - اتصال زمین مشترک به علت عدم امکان احداث اتصال زمینهای مجزا

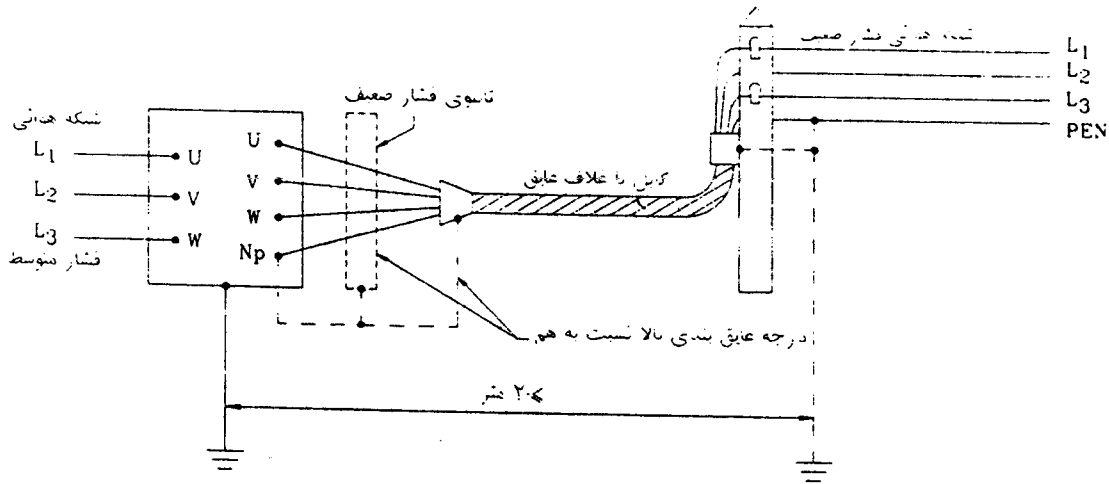
۴-۳۶۶ حالتی که احداث دو اتصال زمین را لازم می‌کند و به سبب وجود جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط و ضعیف، امکان زمین کردن بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف از راه هادی مشترک حفاظتی / خنثی، وجود دارد (بند ۳۶۴-۱).



شکل (۴-۳۶۶) اتصالهای زمین مجزا

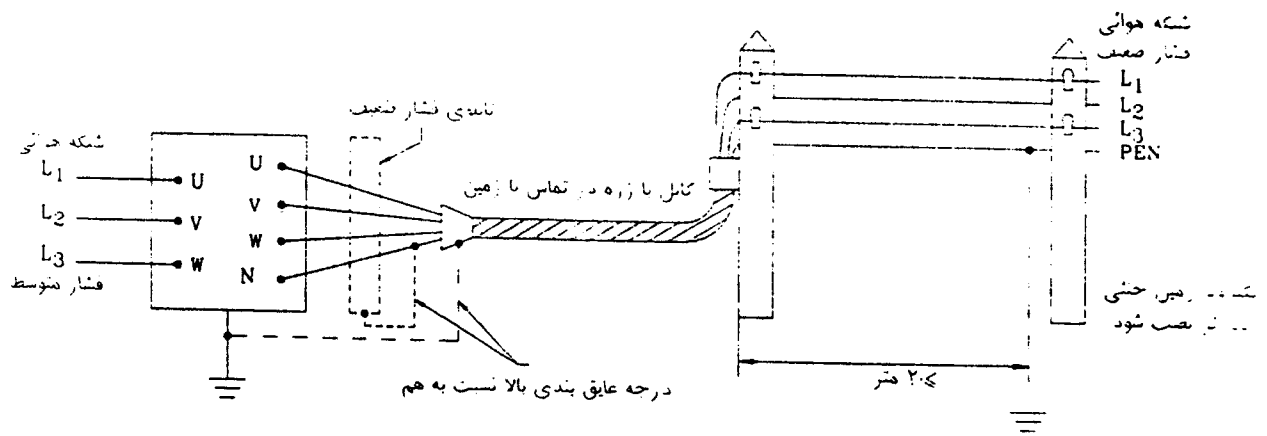
۵-۳۶۶ حالتی مشابه حالت گفته شده در بند ۴-۳۶۶ بالا با این تفاوت که به علت استفاده از غلاف عایق بر زوی زره کابل‌های فشار ضعیف، زره و بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف را می‌توان از راه هادی

مشترک حفاظتی/خنثی زمین کرد. در این حالت عایق کابل مانع بروز اتصال کوتاه از طریق زره کابل بین حوزه‌های الکترودهای بدنه‌های فشار متوسط و بدنه‌های فشار ضعیف می‌شود.



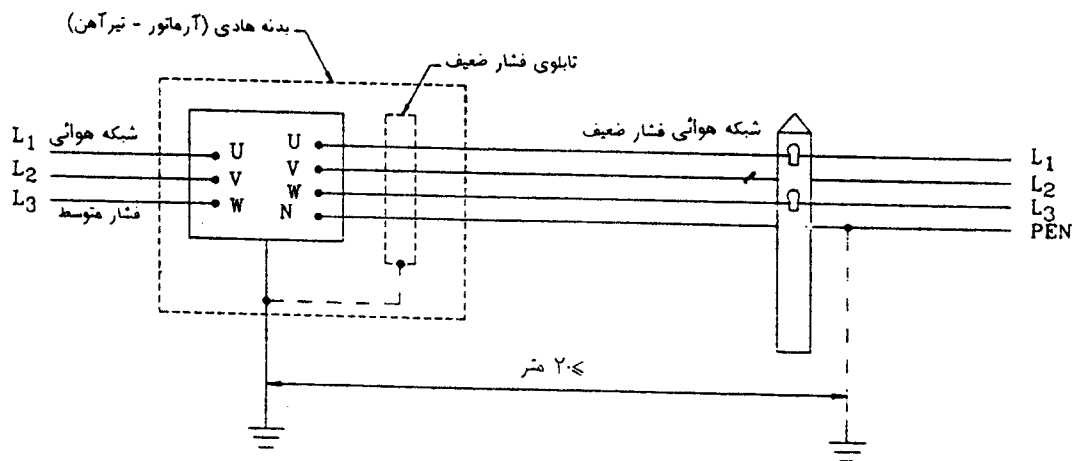
شکل (۵-۳۶) - اتصالات زمین مجزا

۶-۳۶۶ حالتی مشابه حالت گفته شده در بند ۵-۳۶۶ بالا با این تفاوت که به علت استفاده از کابل‌های فشار ضعیف زره دار ولی بدون غلاف عایق، اثر حوزه اتصال زمین بدنه‌های فشار متوسط، حتی اگر زره کابل به بدنه فشار متوسط وصل نمی‌بود، از طریق خاک اطراف الکتروود، همراه کابل فشار ضعیف منتشر می‌شود لذا ایجاد جدائی امکان پذیر نبوده و در نتیجه چاره‌ای جز زمین کردن غلاف کابلها از راه اتصال زمین بدنه‌های فشار متوسط وجود ندارد ولی بدنه فشار ضعیف که برای آن تامین جدائی امکان پذیر است، از راه هادی مشترک حفاظتی/خنثی، زمین می‌شود. همچنین به علت انتقال حوزه اتصال زمین فشار متوسط از راه زره کابل به شروع خط فشار ضعیف، اتصال زمین هادی مشترک حفاظتی/خنثی باید در خارج از حوزه اثرات اتصال زمین احداث شود. همینطور لازم است رابط اتصال تابلوی فشار ضعیف به هادی خنثی از یک طرف و رابط سرکابل و زره، با زمین فشار متوسط، دارای عایق بندی تقویت شده باشد تا از سرایت ولتاژ در اثراتصال در فشار متوسط به فشار ضعیف، جلوگیری شود.



شکل (۶-۳۶) - اتصالاتی زمین مجزا با لزوم حفظ فاصله جدائی برای دو حوزه اتصال زمین

۷-۳۶۶ حالتی با لزوم احداث دو الکتروود زمین و عدم امکان ایجاد جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط و تجهیزات فشار ضعیف. در این حالت، بدنه‌های هادی تجهیزات فشار ضعیف باید از طریق الکتروود زمین فشار متوسط زمین شوند (بند ۲-۳۶۴).

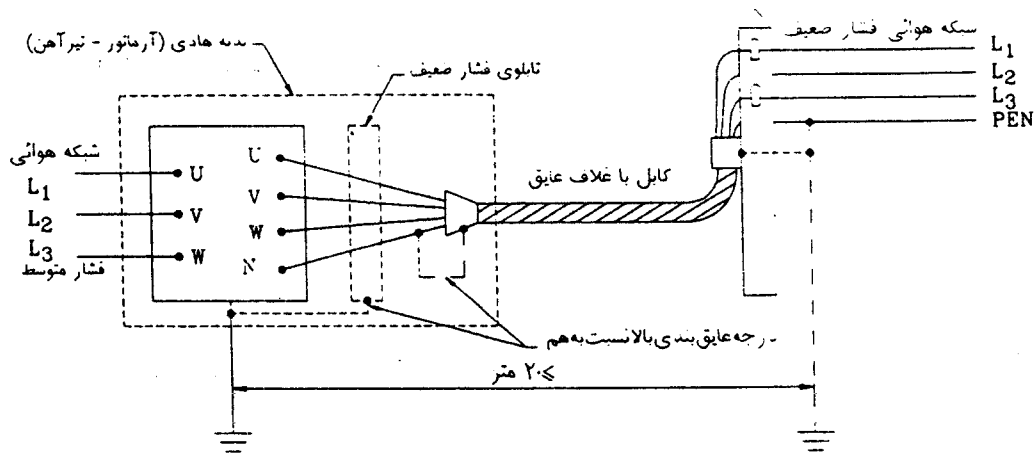


شکل (۷-۳۶) - اتصالاتی زمین مجزا

۸-۳۶۶ حالتی مشابه حالت گفته شده در بند ۷-۳۶۶ با این تفاوت که در اینجا به علت وجود غلاف عایق روی زره کابل فشار ضعیف و منتقل نشدن اثر حوزه الکتروود بدنه‌های فشار متوسط از طریق زره کابل،



امکان احداث الکتروود زمین حفاظتی / خشتی در محل تبدیل خط فشار ضعیف کابلی به هوایی یعنی اولین تیر، وجود دارد برخلاف حالت گفته شده در بند ۶-۳۶۶ که در آن احداث اتصال زمین فشار ضعیف باید در محل تیر بعدی از جای تبدیل خط از کابلی به هوایی انجام شود. در اینجا هم مشابه حالت بند ۶-۳۶۶، برای جلوگیری از سرایت ولتاژ به طرف فشار ضعیف، رابطهای بین سر کابل و هادی خشتی از یک طرف و تابلوی فشار ضعیف و زمین فشار متوسط از طرف دیگر، باید دارای عایقبندهای تقویت شده باشند.



شکل (۸-۳۶) - اتصالهای زمین مجزا

برای تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور با مقررات فوق به پیوست ۴ مراجعه کنید.

### ۳۶۷- جلوگیری از خطرات ولتاژ قدم در اطراف الکتروودها و ولتاژ تماس با آنها

الکتروودهای زمین باید به نحوی ترتیب داده شده و اجرا شوند که خطرات ناشی از عبور جریانهای زیاد

آنها در هنگام اتصال کوتاه یا اصابت صاعقه، به حداقل ممکن تقلیل یابد. این خطرات عبارتند از:

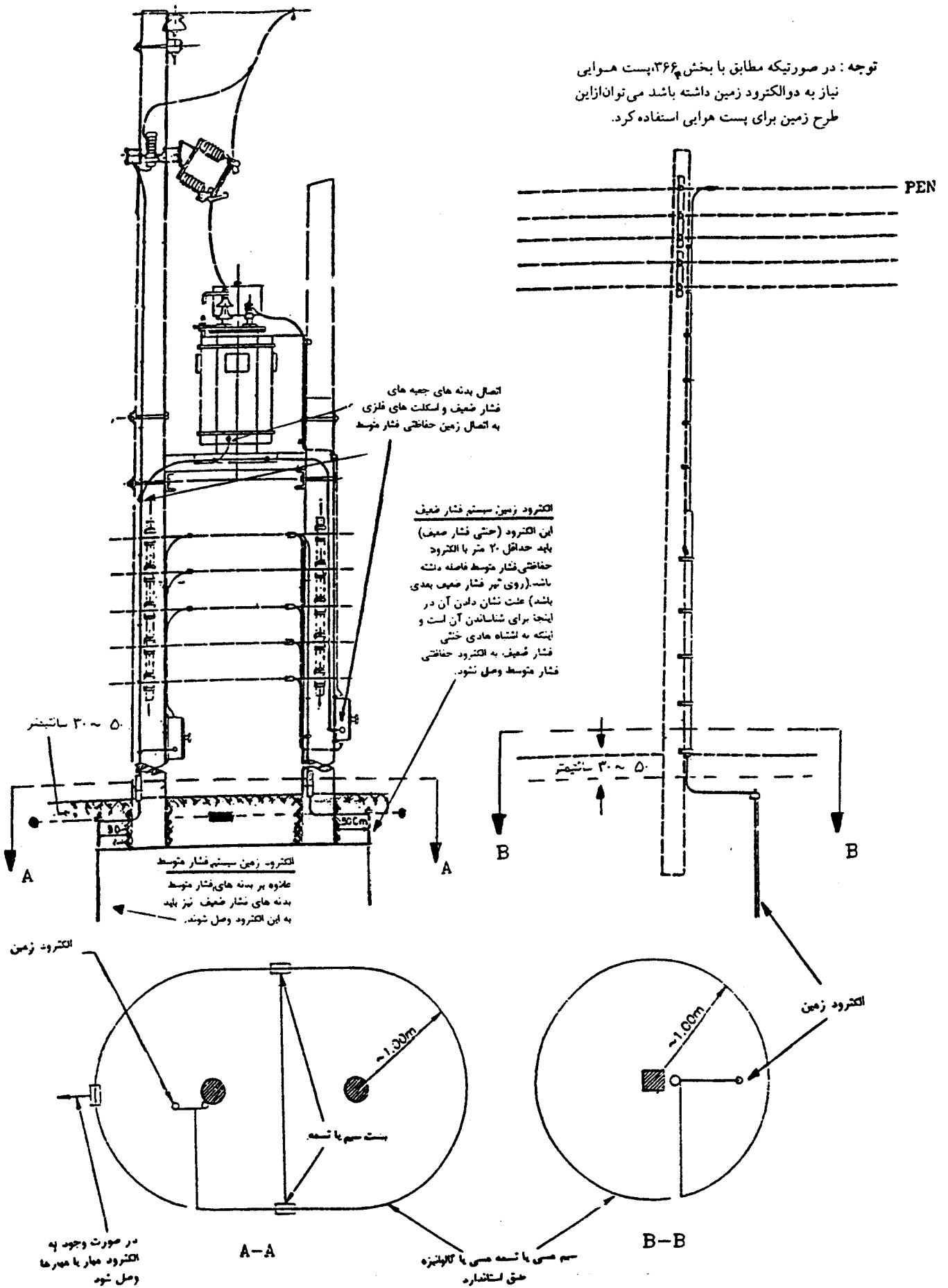
- آتش سوزی در اثر حرارت ناشی از عبور جریان یا بروز جرقه در حضور مواد سوختنی

- برق گرفتگی در اثر تماس با الکتروود یا بروز ولتاژ قدم در اطراف و نزدیکی الکتروود

انتخاب روشهای جلوگیری از خطرات فوق در مورد ایستگاهها و پستهای اصلی به عهده مهندس طرح

است و جزئیاتی برای آن مشخص نمی‌شود ولی در مورد پستهای هوایی و تیرهای فلزی و بتنی و همچنین الکترودهای تکی شامل جعبه‌های توزیع که در ملاء عام می‌باشند و به تشخیص مهندس طراح احتمال تماس با هادی زمین یا تیر یا جعبه وجود داشته و عبور و مرور افراد در اطراف آنها زیاد باشد، لازم خواهد بود یک شبکه زمین ساده برای تنظیم ولتاژ قدم و ولتاژ تماس برای آنها پیش‌بینی شود. شکل ۹-۳۶ دیده شود. طریقه اتصال زمین مشخص شده در پست هوایی نشان داده شده در این شکل برای حالتی است که با توجه به مقررات بخش ۳۶۶، پست هوایی نیاز به دو الکتروود زمین داشته باشد.

توجه: در صورتیکه مطابق با بخش ۳۶۶، پست هوایی نیاز به دو الکترود زمین داشته باشد می توان از این طرح زمین برای پست هوایی استفاده کرد.



شکل (۹-۳۶) - تنظیم ولتاژ قدم و تماس

۳۷۰- روشهای انجام اتصال زمین برای تجهیزات مخابرات

اتصال زمین، وسایل حفاظتی و در مواردی که مقرر شده است، بدنه‌های هادی در مراکز مخابرات و تلفن یا تاسیسات مستقر در هوای آزاد باید طبق مقررات زیر انجام شود:

۳۷۱-الکتروود

هادی اتصال زمین باید به شرح زیر به یک الکتروود زمین مناسب وصل شود:

۱-۳۷۱ در مواردی که سیستم نیروی برق از طریق یک الکتروود زمین مناسب طبق مقررات قسمت ۳۳ زمین شده باشد، هادی اتصال زمین تجهیزات مخابرات باید به هادی زمین یا پوشش فلزی تجهیزات مشترک وصل شود.

۲-۳۷۱ در مواردی که اتصال زمین مناسب طبق شرایط بند ۱-۳۷۱ موجود نباشد، هادی اتصال زمین تجهیزات مخابرات باید به یک الکتروود زمین طبق مفاد بخش ۳۳۱ وصل شود.

۳-۳۷۱ در مواردی که شرایط بند ۱-۳۷۱ و ۲-۳۷۱ برقرار نباشد، اتصال زمین تجهیزات مخابرات باید به یک الکتروود زمین طبق مفاد بخش ۳۳۲ وصل شود.

استثنا - به جای ابعاد داده شده در بخش ۳۲، می‌توان از ابعاد زیر استفاده کرد:

حداقل قطر می‌تواند ۱۲ میلی‌متر باشد.

طول میله می‌تواند ۱/۵ متر باشد.

عمق نصب میله می‌تواند ۱/۵ متر باشد.

استثنای ۱ در ذیل بند ۳-۲-۳۵۲، در این مورد نیز برقرار است.

### ۳۷۲- هادی اتصال به زمین

هادی اتصال زمین باید از مس یا جنس دیگری باشد که در شرایط بهره‌برداری موجود، دچار خوردگی بیش از حد نشود. سطح مقطع هادی اتصال به زمین نباید از  $2/5$  میلیمتر مربع مس کمتر باشد و با روش مناسبی مانند استفاده از بست پیچی به الکتروود وصل شود.

### ۳۷۳- همبندی الکتروودها

در مواردی که در یک ساختمان یا سازه از الکتروودهای زمین مجزا برای اتصال زمین سیستم نیرو و اتصال زمین سیستم مخابرات استفاده شده باشد، این دو باید با یک هادی مسی با سطح مقطع حداقل  $16$  میلیمتر مربع همبندی شوند.

# پیوست ۱

اصول اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین و مقاومت ویژه خاک

(مرجع این پیوستها جزوات آموزشی اتصال زمین تالیف آقای مهندس آلدیک موسیسیان می باشد.)

اصول اندازه گیری  
مقاومت الکتروود زمین

و

مقاومت ویژه خاک

۱- اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین

- مقدمه

روش اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین که در این پیوست ارائه شده است، اساس روش اندازه گیری بکار رفته در همه دستگاههای مدرنی است که امروزه مورد استفاده می باشند گویانکه سازندگان مختلف برای بالا بردن دقت اندازه گیری و از بین بردن اثر جریانهای سرگردان در نتایج به دست آمده، اقدام به نوآوریهای می کنند که ممکن است بسیار موثر باشند.

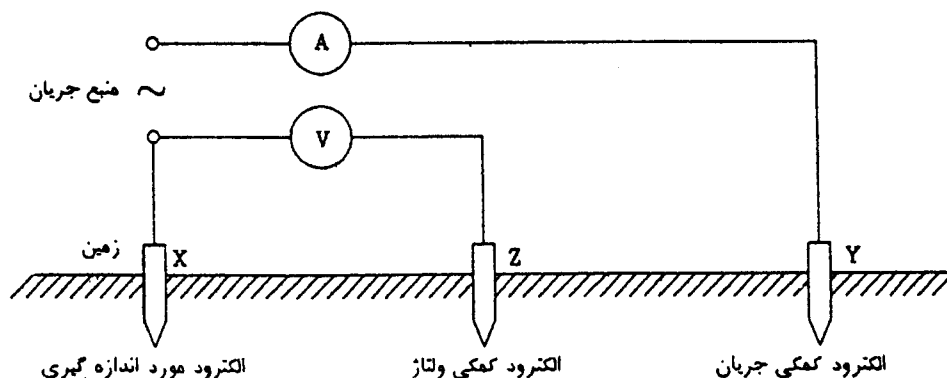
به نحوی که ملاحظه خواهد شد و با در نظر گرفتن جنبه های نظری، اندازه گیری مقاومت زمین ممکن است به ظاهر کاری ساده به نظر آید ولی در بسیاری از موقعیتهای عملی، انجام درست کار، احتیاج به دقت و صرف وقت و انرژی فراوان از طرف افرادی کار آزموده در این رشته خواهد داشت.

۱- شرح اصول اندازه گیری

در شکل ۱، الکتروود X الکتروودی است که اندازه گیری مقاومت آن مورد نظر می باشد. Y الکتروود کمکی

جریان و Z الکتروود کمکی ولتاژ نامیده می‌شوند. در صورت مساعد بودن کلیه شرایط با مشخصات آزمون، مقاومت الکتروود X نسبت به جرم کلی زمین، از بخش ولتاژ بر شدت جریان اندازه‌گیری شده به وسیله ولت‌متر و آمپر‌متر که در شکل نشان داده شده‌اند، به دست خواهد آمد. منبع ولتاژ آزمون، ممکن است جریان متناوب با فرکانس ۵۰ هرتز باشد که از شبکه فشار ضعیف گرفته می‌شود. برای به دست آوردن دقتی معقول در این اندازه‌گیری، لازم است مقاومت ولت‌متر نسبت به مقاومت الکتروود ولتاژ، Z زیاد باشد. در بسیاری از موارد مقاومت این الکتروود ممکن است ۱۰۰۰ اهم (و حتی بیشتر) باشد که در این صورت برای کسب دقت اندازه‌گیری با تقریب ۵ درصد، لازم خواهد بود مقاومت ولت‌متر دست کم ۲۰۰۰۰ اهم باشد.

در صورت استفاده از ولتاژ شبکه به عنوان منبع تغذیه، لازم است از یک ترانسفورماتور مجزاکننده (با سیم‌پیچی‌های مجزای اولیه و ثانویه) استفاده شود. الکتروود نیز بنوبه خود باید از سیستم نیرو مجزا شده باشد تا انجام اندازه‌گیری ممکن شود.



شکل (پ-۱-۱). روش اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین

## ۲- وجود جریانهای سرگردان

هنگام اندازه‌گیری مقاومت اتصال زمین با منبع ولتاژی که دارای فرکانس شبکه است به علت وجود جریانهای سرگردان در زمین که در همه سیستمهای الکتریکی وجود دارد، وارد شدن خطا در نتایج و



ارقام به دست آمده از آزمون حتمی خواهد بود. بدین سبب در یک دستگاه اندازه‌گیری تجارتي، یا از منبع ولتاژ گردان دستی استفاده می‌شود و یا اینکه ولتاژ متناوب به کمک تبدیل‌کننده‌های الکترونیک از باتری به دست می‌آید. ولتاژ متناوب نباید حتماً "سینوسوئیدال" باشد.

### ۳- در صورت استفاده از منبع جریان مستقیم

جز در مواردی که ناچار باشند، نباید از جریان مستقیم برای اندازه‌گیری مقاومت زمین استفاده شود. جریان مستقیم سبب اجتماع حباب‌گاز در اطراف الکتروود و زیاد شدن مقاومت آن می‌شود. هر آینه در صورت استفاده از جریان مستقیم، پس از فراهم شدن کلیه مقدمات آزمون، جریان به مدتی هر چه ممکن است کوتاه برقرار شده و اندازه‌گیری انجام می‌شود. سپس با عوض کردن قطبهای باتری (والبته لوازم اندازه‌گیری) با سرعت یک اندازه‌گیری دیگر به عمل می‌آید. اگر با توجه به سایر شرایط گفته شده تفاوتی اساسی بین دو اندازه‌گیری وجود نداشت، میانگین دو مقدار به عنوان مقدار مقاومت انتخاب می‌شود.

### ۴- الکتروودهای کمکی

الکتروودهای کمکی Y و Z ممکن است از قطعات لوله نیم‌اینچی یا میله‌های فولادی تشکیل شده باشند که تا عمق یک متری در زمین کوبیده می‌شوند. فواصل الکتروودهای کمکی از یکدیگر و از الکتروود اصلی X بسیار مهم است. در واقع چیزی که به نام مقاومت الکتروود خوانده می‌شود، مقاومت حجم "خاک" ای است که الکتروود را احاطه می‌کند و به آن به اصطلاح، حوزه مقاومت الکتروود زمین می‌گویند. با توجه به اینکه حوزه مورد بحث از نظر تئوریک تا بی‌نهایت ادامه دارد، همه الکتروودها در حوزه مقاومت یکدیگر قرار دارند و لذا داشتن الکتروودهای مستقل ممکن نیست. در عمل بسته به نوع زمین (خاک) و لایه‌های آن در اطراف الکتروود و عوامل دیگری مانند رطوبت و مقدار املاح و غیره، این

حوزه ممکن است از ۱۰ تا ۲۰ متر ادامه یابد که در هر حال اگر دو الکتروود در فاصله ۲۰ متری قرار داشته باشند، عملاً می توان آنها را در خارج از حوزه مقاومت یکدیگر دانست به شرطی که هیچ نوع وضعیت منحرف کننده ای مانند زمینی با مقاومت ویژه بسیار بالا، وجود نداشته باشد. در این حالت حوزه ولتاژ الکتروود ممکن است خیلی بیشتر از ۲۰ متر باشد.

#### ۵- راهنمای عملی برای انجام اندازه گیری

اگر الکتروود مورد اندازه گیری  $X$ ، از انواع ساده یعنی یک میله کوبیده شده یا صفحه ای دفن شده در زمین باشد، الکتروود جریان  $Y$  را می توان بر فرض در فاصله ۳۰ متری از الکتروود اصلی  $X$  قرار داده و الکتروود ولتاژ را در وسط این دو نصب کرد. در این حالت مقاومت را اندازه گیری و یادداشت کرده و الکتروود ولتاژ را جابه جا می کنند: یک بار به طول حدود ۶ متر نزدیکتر به الکتروود اصلی  $X$  و بار دیگر به همین مقدار نزدیکتر به الکتروود کمکی جریان  $Y$ . چنانچه نتایج هر سه آزمون در حد دقت مورد نظر باشند، میانگین سه مقدار اندازه گیری شده، مقاومت مورد نظر خواهد بود.

اگر نتیجه اندازه گیریها قابل قبول نبود، الکتروود جریان  $Y$  را به فاصله ای دلخواه مانند ۴۵ تا ۵۰ متری از الکتروود اصلی  $X$  منتقل کرده و کل اندازه گیریها را مشابه بالا تکرار می کنند و در صورت لزوم آنقدر (برای فواصل دورتری از الکتروود  $Y$  نسبت به  $X$ ) به این عمل ادامه می دهند تا نتیجه مطلوب حاصل شود.

نتایج به دست آمده از این روش ساده برای اندازه گیری در موارد زیر رضایتبخش نخواهد بود:

- اگر مقاومت الکتروود مورد اندازه گیری  $X$ ، حدود یک اهم یا کمتر باشد.

- اگر مقاومت الکتروود کمکی جریان  $Y$ ، بسیار زیاد باشد.

(در این موارد حوزه اثر مقاومت الکتروود جریان  $Y$ ، بسیار وسیعتر بوده و در نتیجه لازم خواهد بود

فاصله الکتروود جریان  $Y$  از الکتروود اصلی  $X$  خیلی بیشتر باشد.)

شرایط مورد بحث هنگامی پیش می آیند که الکتروود مورد اندازه گیری مانند الکتروود یک نیروگاه یا

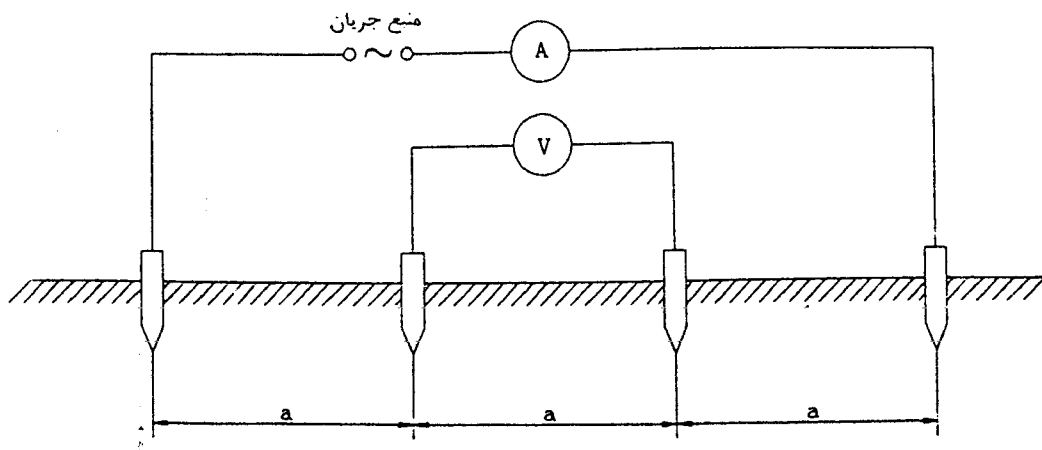
پست اصلی، بسیار گسترده باشد. برای این حالت تجویز روش معینی ممکن نخواهد بود جز اینکه تهیه یک یا چند منحنی تغییرات مقاومت نسبت به فاصله لازم خواهد بود. ترتیب کار چنین است که الکتروود جریان  $Y$  را در فاصله‌ای دلخواه در دور دست قرار داده و الکتروود ولتاژ  $Z$  را در فواصل معین، از نزدیکیهای الکتروود اصلی  $X$ ، به سمت الکتروود جریان حرکت داده و هر بار اندازه‌گیریها را یادداشت می‌کنند سپس نتایج را بر روی محور مختصات منتقل کرده و منحنی تغییرات مقاومت نسبت به فاصله را می‌کشند. اگر منحنی دارای قسمتی باشد که اساساً "افقی است این مقدار افقی، مقاومت الکتروود مورد نظر یعنی  $X$  خواهد بود.

اگر منحنی به دست آمده دارای قسمتی افقی نباشد، لازم خواهد بود الکتروود کمکی جریان یعنی  $Y$  را باز هم دورتر بوده و عملیات را تکرار کرد تا قسمت افقی هویدا شود. بایستی توجه شود که نباید انتظار داشت که قسمت افقی در حوالی وسط فاصله دو الکتروود  $X$  و  $Y$  هویدا شود لذا باید اندازه‌گیریها برای موقعیتهای الکتروود  $Z$  از نزدیکی الکتروود  $X$  شروع شده و به سمت الکتروود  $Y$  حرکت شود.

یادآوری - اگر وسیله اندازه‌گیری مخصوص برای مقاومت زمین در دسترس نباشد، می‌توان با استفاده از یک ترانسفورماتور مجزاکننده و یک آمپر متر معمولی و یک ولت متر با مقاومت زیاد، مقاومت زمین یک الکتروود را با دقت کافی اندازه‌گیری کرد به شرط اینکه جریانهای سرگردان نادیده گرفته نشوند و احتمالاً با انتخاب ساعت مناسبی برای این کار اثر این جریانها خنثی شود.

#### ۶- اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک

اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک با همان دستگاهی انجام می‌شود که اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین به عمل می‌آید با این تفاوت که در مورد اخیر از چهار الکتروود به جای سه الکتروود که در اندازه‌گیری مقاومت خودنمایی می‌کنند استفاده می‌شود. بدیهی است که در مورد اخیر هر چهار الکتروود موقتی می‌باشند.



شکل (ب-۱-۲)- روش اندازه گیری مقاومت ویژه خاک

برای انجام آزمون، چهار الکتروود کمکی عمقی حدود ۱ متر در زمین کوبیده می شوند. عمق فرورفتگی الکتروودها در زمین نباید از یک بیستم فاصله الکتروودها یعنی  $a$  بیشتر باشد. اگر فرض شود که زمین مورد آزمون کاملاً یکدست و همگن است مقاومت اندازه گیری شده،  $R$  در رابطه زیر صدق خواهد کرد:

$$R = \frac{\rho}{2\pi a}$$

که در آن:

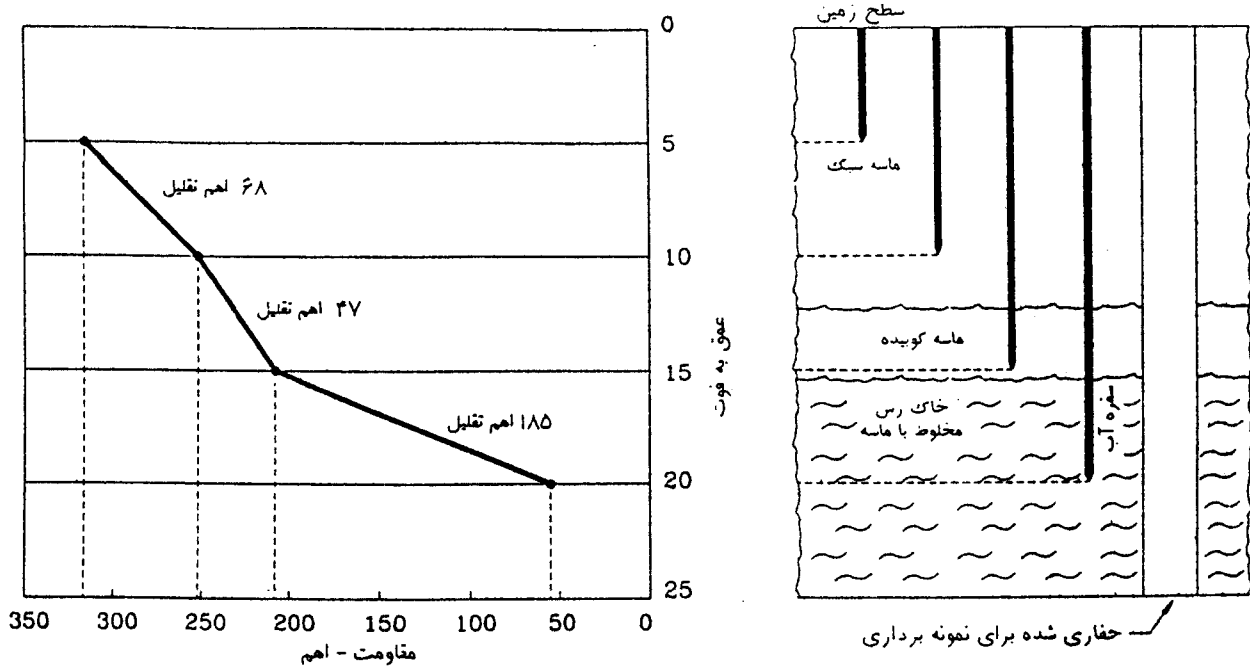
$\rho$  = مقاومت ویژه میانگین برای خاک برحسب اهم متر در عمق  $a$  متر است.

$a$  = فاصله الکتروودها از یکدیگر برحسب متر و عمقی است که در آن مقاومت ویژه برابر  $\rho$  است.

$2\pi$  = عددی

با تکرار اندازه گیری ها برای مقادیر مختلف فاصله  $a$  مقاومت ویژه میانگین برای عمقهای مختلف  $a$  به دست می آید و با مطالعه همه نتایج می توان نسبت به انتخاب عمق کوبیدن یا دفن کردن الکتروود،

تصمیم‌گیری نمود و به عبارت دیگر قضاوت کرد که از دیاد عمق تا چه حد به کم کردن مقاومت کمک خواهد کرد. شکل ۳ نمونه‌ای است برای نشان دادن تاثیر عمق الکتروود و نوع خاک لایه‌ها در مقدار مقاومت الکتروود.



شکل (پ-۱-۳) - تاثیر عمق الکتروود و نوع خاک لایه‌ها در مقدار مقاومت الکتروود

یادآوری - بعضی از مراجع معتبر توصیه می‌کنند که در مورد اندازه‌گیری مقاومت خاک، عمق الکتروودها از  $0/3$  متر تجاوز نکند و نیز مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده در عمق  $a$  متر نبوده بلکه در عمق کمتری از سطح زمین، یعنی  $3/4$ ،  $a$  است. نظر به اینکه از نتایج این اندازه‌گیریها تنها در تصمیم‌گیریهای کلی استفاده خواهد شد، نباید به این موضوع بیش از حد توجه نمود.

در جدول (پ-۱) مقاومت‌های ویژه زمینهای مختلف عنوان شده است.

جدول (پ-۱)

نوع زمین	مقاومت ویژه ( $\Omega.m$ )
مرداب و باتلاق	۵۴۰
خاک رس و زمین مزرعی	۲۰-۲۰۰
ماسه	۲۰۰ <sup>۱</sup> -۲۵۰ <sup>۲</sup>
شن	۵۰۰ <sup>۱</sup> -۱۰۰۰ <sup>۲</sup>
سنگلاخ و گرانیت	۲۰۰۰-۳۰۰۰

۱- مرطوب

۲- خشک

## پیوست ۲

راهنمای برآورد مقاومت انواع الکترودهادر زمینهای مختلف

و عمل آوردن خاک برای کم کردن مقاومت الکترودها

راهنمای  
برآورد مقاومت انواع الکترودها  
در زمینهای مختلف  
و  
عمل آوردن خاک برای کم کردن مقاومت الکترودها

- مقدمه

پیش بینی دقیق مقدار مقاومت زمین کاری است ناممکن و شاید فقط افراد کارآزموده بتوانند با تقریبی قابل قبول، مقاومت یک الکتروود را در منطقه‌ای که مدتها در آن کار کرده و تجربه آموخته‌اند، بعد از آزمون مقاومت مخصوص زمین و بررسی نتایج آن حدس بزنند. لذا مطالبی که در این پیوست ارائه شده‌اند باید فقط به عنوان راهنما برای بررسی امکانات، مورد توجه قرار گیرند.

۱- مقاومت الکترودهای مختلف

در شکل ۱، سه نوع اتصال زمین به قرار زیر بررسی شده‌اند:

- میله کوبیده شده یا دفن شده

- صفحه دفن شده

- نوار دفن شده

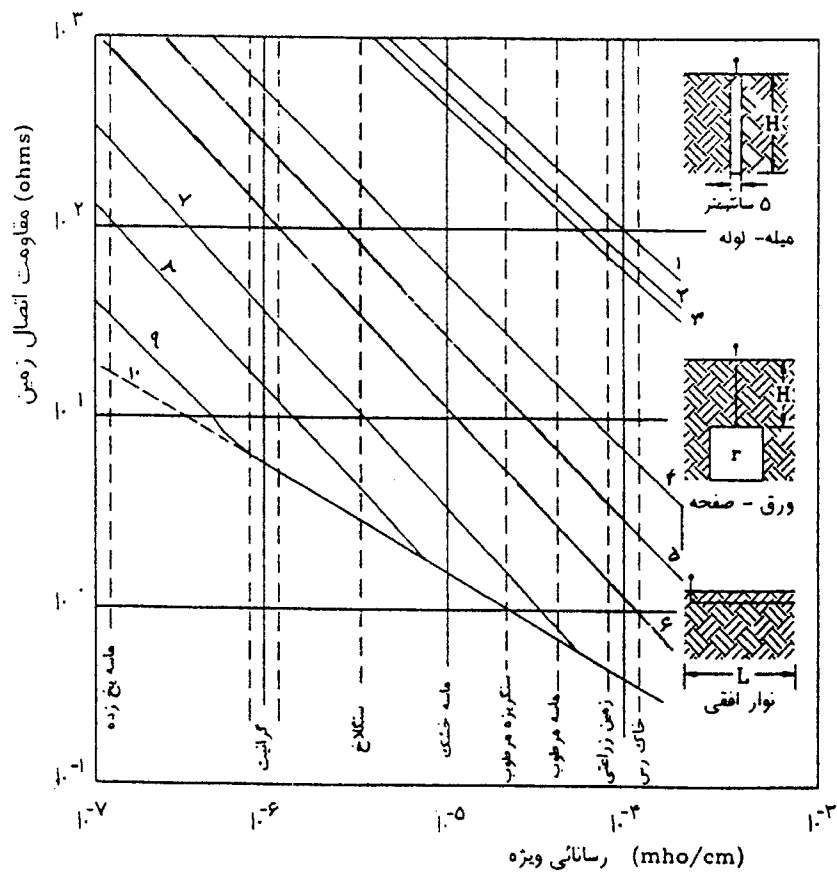
ملاحظه می‌شود که در مورد الکتروود صفحه‌ای، عمق دفن کم بوده و با عرف محلی، که دفن الکتروود



را در عمق نسبتاً زیاد تجویز می نماید، مغایرت دارد.

در مورد الکترودهای کوبیده شده از لوله به جای میله استفاده شده است که ممکن است مقاومت آنها مشابه نباشند.

و در مورد الکترودهای تسمه ای، فولاد گالوانیزه به علت مناسبتر بودن بهای آن متداولتر از نوع مسی است. تسمه گالوانیزه ای که مخصوص اتصال زمین ساخته می شود،  $3/5 \times 30$  میلیمتر است.



شکل (پ-۱-۲). مقاومت انواع الکترودهای زمین به صورت تابعی از رسانایی ویژه خاک و ابعاد الکترودها

منحنی شماره ۱ میله ای به قطر ۵ سانتیمتر و عمق ۳ متر

منحنی شماره ۲ صفحه فلزی  $1 \times 0/5$  متر دهن شده به صورت قائم در عمق ۱ تا ۲ متر

منحنی شماره ۳ صفحه فلزی ۱×۱ متر دفن شده به صورت قائم در عمق ۱ تا ۲ متر  
 منحنیهای شماره ۴ تا ۱۰ نوار مسی با مقطع ۳×۳۰ میلیمتر دفن شده در عمق کم و به طول:

طول الکتروود - متر	شماره منحنی
۵۰	۴
۱۰۰	۵
۳۰۰	۶
۱۰۰۰	۷
۳۰۰۰	۸
۱۰۰۰۰	۹
بینهایت	۱۰

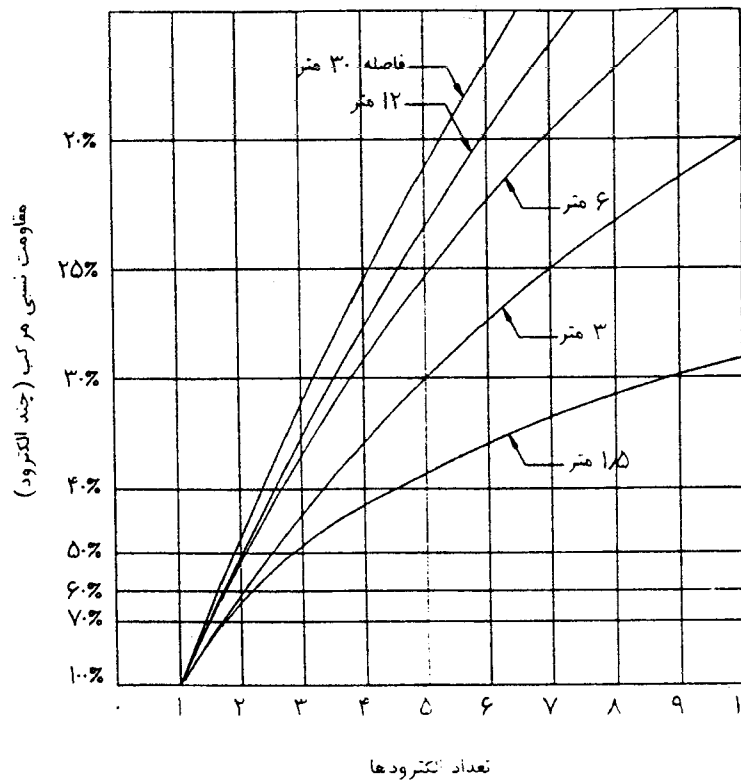
همچنین دقت شود که منحنیهای شکل، به جای مقاومت ویژه برحسب رسانائی ویژه تنظیم شده‌اند.

## ۲- تاثیر فاصله نسبی الکتروودهای موازی در مقاومت کل آنها

در مواردی که برای کم کردن مقاومت زمین از چند الکتروود به صورت موازی استفاده شود باید سعی نمود که الکتروودها در خارج از حوزه مقاومت یکدیگر قرار گیرند. فقط در این حالت است که هر الکتروود به صورت مستقل عمل کرده و مقاومت معادل آنها در حداقل ممکن خواهد بود. در غیراینصورت یعنی با نزدیکتر شدن الکتروودها به هم، مقاومت معادل آنها نیز بیشتر خواهد شد. در عمل، قرار دادن الکتروودها در خارج از حوزه اثر یکدیگر به طور کامل، به صرفه نخواهد بود زیرا اضافه شدن هزینه هادی اتصال از یک طرف و اضافه شدن مقاومت این هادی از طرف دیگر در

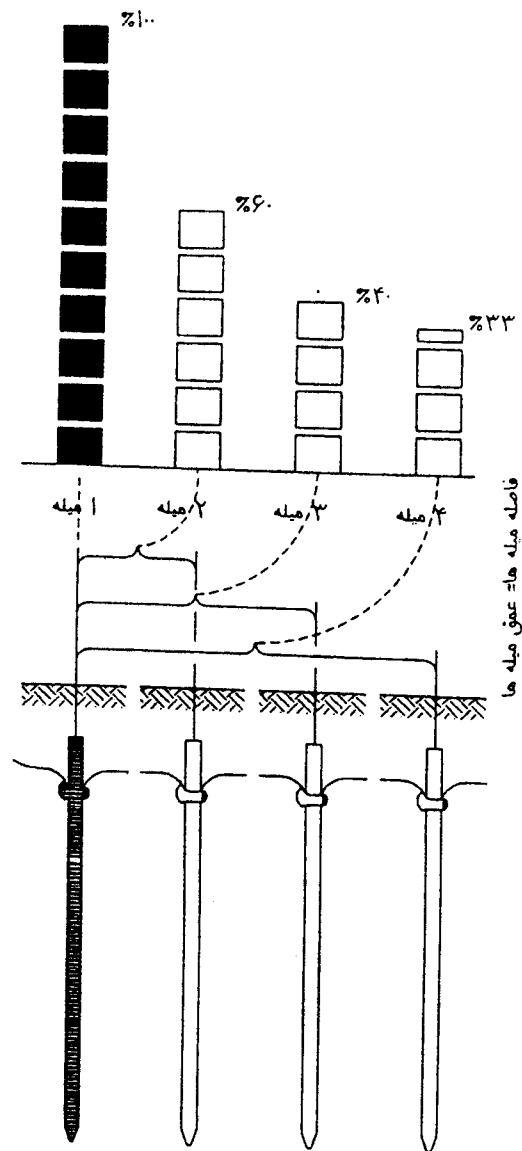
نتیجه مطلوب خلل وارد خواهند کرد لذا لازم است برای هر مورد، فاصله مناسبی با در نظر گرفتن همه جوانب، انتخاب شود.

در شکل ۲ مقاومت نسبی چند الکتروود میله‌ای موازی هر یک به طول ۲/۴۵ متر نسبت به یک الکتروود از همان نوع، در فواصل مختلف از یکدیگر، ارائه شده‌اند.



شکل پ (۲-۲) - مقاومت نسبی الکتروودهای میله‌ای (مقاومت یک الکتروود = ۱۰۰٪)

در شکل ۳ مقاومت معادل چند میله که در فاصله‌ای برابر طول هر میله از یکدیگر قرار دارند، نشان داده شده است.



شکل (پ-۲-۳). مقاومت کل میانگین برای چند میله

### ۳- استفاده از مواد شیمیائی برای کم کردن مقاومت الکتروود زمین

در مواردی که نوع خاک منطقه به نحوی است که الکتروود احداث شده در آن دارای مقاومتی بیش از حد معمول شود با استفاده از مواد شیمیائی مجاز می توان از مقدار مقاومت زمین کاست. عمل آوردن خاک به این ترتیب، در مورد الکتروودهای دفن شده به صورت افقی، قابل اجرا نمی باشد.

مواد شیمیائی مورد استفاده نباید دارای خاصیت خوردگی الکتروود یا آلاینده‌گی بیش از حد محیط زیست باشند. از انواع موادی که در عمل بیش از همه مورد مصرف می‌باشند، عبارتند از:

- نمک طعام (سنگ)

- سولفات منیزیم

- سولفات مس

- خاکه ذغال چوب یا کک در اختلاط با نمک

از مواد ذکر شده در بالا، خاصیت خوردگی سولفات منیزیم کمتر از همه، و نمک طعام، ارزاتر از همه است. مواد دیگری هم وجود دارند که به علت بالا بودن نسبی بهای آنها نسبت به موادی مانند نمک، مورد توجه قرار داده نشده‌اند.

به نظر می‌رسد مناسبترین روش کم کردن مقاومت، همان روش معمولی یعنی استفاده از مخلوط یا لایه‌بندی خاکه ذغال و نمک طعام سنگ باشد.

عمل آوردن خاک برای کم کردن مقاومت زمین در مورد الکتروودهای دفن شده در جهت قائم ممکن است به دو روش انجام شود:

### ۱-۳ مخلوط نمک / ذغال / خاک

نمک سنگ کوبیده شده و سرنده شده با خاکه ذغال چوب و خام سرنده شده که بهتر است خاک رس یا مشابه آن باشد با نسبت وزنی زیر با هم مخلوط و حداقل تا ارتفاع ۱/۵ متری از ته چاه پر شده و کوبیده می‌شود:

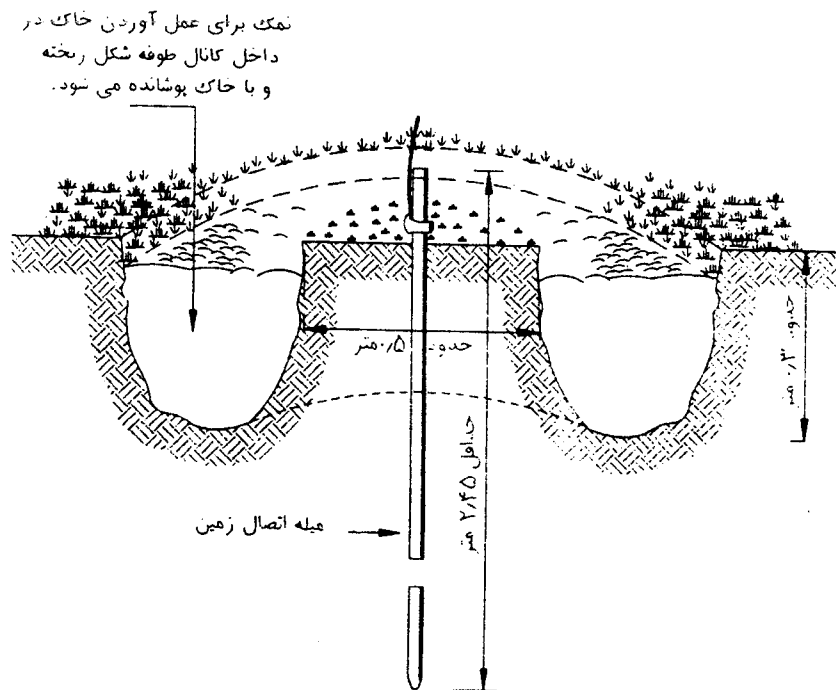
نمک / ذغال چوب / خاک با نسبت ۱ / ۰/۵ / ۱۰

بقیه چاه با خاک سرنده شده پر و لایه به لایه کوبیده می‌شود.

### ۲-۳ لایه بندی نمک / ذغال

خاکه ذغال چوب یا کک در اطراف صفحه الکتروود ریخته شده و کوبیده می شود به نحوی که حداقل ۰/۲ متر ذغال بالاتر از الکتروود قرار گیرد. سپس به تناوب یک لایه نمک و یک لایه ذغال چوب یا کک در لایه هائی به ضخامت ۰/۱۵ متر در اطراف الکتروود تا ارتفاع ۱/۵ متری از ته چاه پر شده و کمپاکت می شود. بقیه چاه با خام سرند شده پر شده و کوبیده می شود. عمل آوردن خام برای کم کردن مقاومت زمین در مورد الکتروودهای کوبیده شده یا دفن شده به صورت قائم، به ترتیب زیر انجام می شود:

۳-۳ در اطراف الکتروود زمین طوقه ای به قطر داخلی ۰/۵ متر و عمق ۰/۳ متر و عرض کافی برای خاکبرداری ایجاد می شود که تا عمق ۰/۲ متری به وسیله نمک و بقیه با خاک پر می شود



شکل (پ ۲-۴) - عمل آوردن خاک با روش کانال طوقه ای

روشهای عمل آوردن خاک که در بالا گفته شد، جز در مورد ۳-۴، معمولاً یک بار انجام شده و در

طول عمر الکتروود قابل تجدید نیست در حالی که مثلاً در مورد شبکه‌های زمین پستهای اصلی، شاید لازم باشد در طول عمر آنها، عمل آوردن زمین پیوسته تجدید شده یا به طور دائم ادامه داشته باشد در این حالت می‌توان از روش زیر استفاده کرد:

۴-۳ در سطح پست معمولاً در نزدیکی برخی میله‌های زمین که در الکتروودهای شبکه‌ای استفاده فراوان دارند، یک لوله بتنی که در یک انتهای آن درپوشی وجود دارد و انتهای دیگر آزاد می‌باشد، در خاک دفن می‌شود. قطر لوله حدود ۰/۲ متر و طول آن حدود ۱ متر برای عمق الکتروود ۲/۴۵ متری است. داخل لوله با سنگ نمک خرد شده پر می‌شود و امکان آبیاری الکتروود نیز از طریق درپوش وجود دارد. جزئیات این روش در شکل (پ-۵۲) نشان داده شده است.

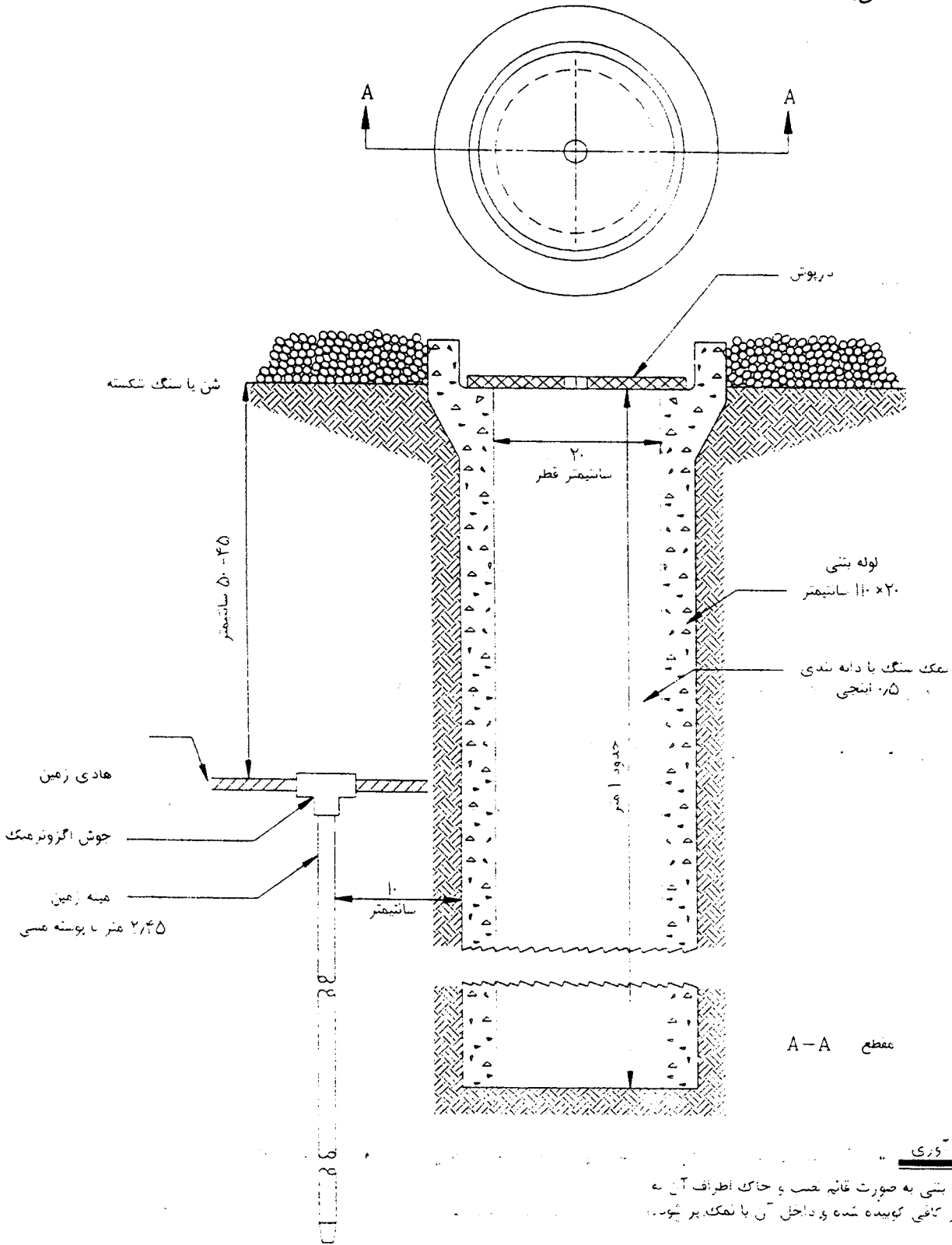
#### ۴- عمر الکتروودها و مدت زمان اثر عمل آوردن خاک

لازم است دقیقاً توجه شود که هر الکتروود زمین دارای طول عمر مفیدی است که بنابه شرایط محلی ممکن است چند ماه تا چندین سال باشد. مهمترین عوامل موثر در طول عمر الکتروود عبارتند از:

- جنس الکتروود و هادیها
- بستها و نوع اتصالات الکتروودها
- ترکیب خاک
- مواد عمل آوردن خاک

با توجه به موارد ذکر شده و تاثیر عوامل فصلی مانند تغییر عمق سفره نم در طول سال، لازم است به طور مداوم و تا حد امکان از اجزای در دسترس الکتروود بازدید و نسبت به سلامت و کارآئی آن اطمینان حاصل نمود. کارآئی مهمترین قسمتهای یک الکتروود که همان قسمتهای زیرزمینی آن

می‌باشند، تنها از راه اندازه‌گیری مقاومت الکتروود امکان‌پذیر است که باید به صورت دوره‌ای



شکل (پ ۲-۵) - عمل آوردن خاک در پستهای اصلی



انجام شده و نتایج به دست آمده توسط افراد کاردان بررسی و در صورت مشاهده تغییرات عمده در مقدار مقاومت، نسبت به ترمیم یا تجدید آن اقدام شود. نتایج اندازه‌گیریهای مقاومت زمین باید در محلی مطمئن بایگانی شده و برای بازدید افراد مسؤل آماده باشد.

#### ۵- آبیاری الکترو

یکی از روشهای کم کردن مقاومت الکترو زمین در مناطقی که به دلایل طبیعی رطوبت خاک کم است، آبیاری الکترو است در صورتی که وسایل لازم برای انجام این کار وجود داشته باشد. مقرراتی مشخص برای این کار وجود ندارد و فقط بایستی با توجه به امکانات بهترین روش برای آبیاری قطره‌ای یا به تناوب انتخاب و اجرا شود.

## پیوست ۳

شناسنامه الکتروود زمین

## شناسنامه الکتروود زمین

### مشخصات اصلی، مقدار اولیه مقاومت و اندازه‌گیریهای دوره‌ای

برای هر الکتروود زمین مستقل، صرفنظر از اینکه متشکل از یک الکتروود زمین ساده یا یک سیستم زمین گسترده مانند شبکه زمین چند الکتروود منفرد پیوسته به هم درست شده باشد، لازم است یک شناسنامه با مشخصات پیوست و به ترتیب زیر تهیه شود:

#### ۱- محل الکتروود :

هر الکتروود باید با استفاده از نام، شماره یا کد پست، خط، تیر، برج، تابلو یا هر نوع مشخصه دیگری که محل استقرار آنرا به سادگی و بدون ایجاد ابهام، برای همه کارکنان مربوط در منطقه تعیین می‌کند، مشخص شود.

#### ۲- تاریخ احداث :

روز، ماه و سال خاتمه عملیات احداث الکتروود اتصال زمین باید مشخص شود.

#### ۳- مقدار اندازه‌گیری شده مقاومت :

مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده در خاتمه احداث الکتروود و همچنین مقدار مقاومت در اندازه‌گیریهای دوره‌ای، باید با ذکر نوع و فواصل و محل و جهت و عمق الکتروودهای کمکی در هر اندازه‌گیری تعیین شده و درصد دقت اندازه‌گیری نیز مشخص شود.

یادآوری - لازم است برای محل استقرار الکترودها و فواصل آنها طرح‌واره‌ای ارائه شود.

۴- تاریخ، زمان و شرایط دیگر اندازه‌گیری :

برای هر نوبت اندازه‌گیری، لازم است موارد زیر یاد داشت و در شناسنامه قید شود :

- تاریخ

- ساعت

- دمای هوای محیط

- رطوبت نسبی هوا یا شرایط ظاهری جوی

- مقدار تقریبی بارندگی در ۴۸ ساعت گذشته

یادآوری - بنابه تجربه افراد می‌توان فاصله بین فصول پر باران و کم باران را به چند دوره تقسیم کرد ولی در

هر صورت فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری متوالی نباید از ۶ ماه بیشتر باشد.

۵- وسیله یا دستگاه اندازه‌گیری :

شرح و مختصری از وسیله یا دستگاه مورد استفاده در اندازه‌گیری، باید ارائه شود.

۶- نوع الکترودها یا الکترودها و مشخصات فیزیکی آنها

مشخصات الکترودها به تفصیل و طبق لیست زیر ارائه شود :

۱-۶ الکترودهای

نوع میله : لوله - میله فولادی - میله فولادی با آستین مسی (کاپرولد)  
در مورد لوله : قطر، طول، نحوه نصب : کوبیده شده یا دفن شده (روش عمل آوردن خاک در صورت وجود ذکر شود)  
در مورد میله : قطر، طول (تعداد قطعات  $\times$  طول هر قطعه)، روش کوبیدن

#### ۲-۶ الکتروود چمیره‌ای ته تیر

سطح مقطع سیم، نوع سیم، طول سیم تا محل بست، نوع بست

#### ۳-۶ الکتروود صفحه‌ای ته تیر

نوع صفحه : فولادی گالوانیزه، مسی، ضخامت، سطح (طول  $\times$  عرض)

مشخصات هادی اتصال

به شبکه هوایی : نوع، سطح مقطع

نوع اتصال هادی به صفحه : جوش - پیچ - پرس / پرچ

#### ۴-۶ الکتروود افقی سیمی یا تسمه‌ای

در مورد الکتروود سیمی : جنس سیم، سطح مقطع و ساختار هادی

در مورد الکتروود تسمه‌ای : جنس تسمه، سطح مقطع (عرض  $\times$  ضخامت)

برای همه الکترودهای افقی : طول، عمق دفن، جهت دفن (در صورت امکان طرح واره داده شود)

#### ۵-۶ الکتروود چاه و صفحه یا سیم چمبره

در مورد الکتروود صفحه‌ای : جنس، ابعاد (طول × عرض × ضخامت) سطح مقطع هادی اتصال  
نوع اتصال هادی به صفحه (جوشی - پیچی - پرسی)

در مورد الکتروود چمبره‌ای : جنس، ساختار (تعداد × قطر مفتولها) سطح مقطع، طول کل بخش  
دفن شده (بخش زیر زمینی با احتساب بخش قائم هادی)

در مورد همه الکتروودها : عمق چاه، قطر چاه، نوع عمیقترین لایه خاک و تاریخ خاتمه حفر چاه

نحوه عمل آوردن خاک و مواد بکار رفته در آن

#### ۷- فرم شناسنامه الکتروود زمین

اصل فرم شناسنامه الکتروود زمین باید طبق نمونه پیوست خواهد بود باید توسط فردی کار آزموده و مسئول تکمیل و امضاء شده و در پرونده‌ای مخصوص در مرکز هر بخش نگهداری شود. نسخ اضافی فرم که تعداد آنها طبق روال هر شرکت خواهد بود باید همزمان با فرم اصلی تهیه و در پرونده‌های مخصوص در نقاطی که مقرر می‌باشد، مانند پست مربوط به محلی که الکتروود در آن مستقر است، بایگانی شود تا در هر لحظه آماده برای بازدید باشد.

کلیه نسخ شناسنامه باید مشابه بوده و در حکم نسخه اصلی خواهند بود.

## شناسنامه الکتروود زمین

طرحواره محل استقرار الکتروود اصلی و الکتروودهای فرعی

نام / شماره / کد .....  
 تاریخ احداث .....  
 تاریخ اندازه گیری .....  
 ساعت اندازه گیری .....  
 دمای هوا .....  
 درجه رطوبت نسبی .....  
 بارندگی در ۴۸ ساعت گذشته

نوع الکتروود:

چاه سستی			افقی		ته تیر		میله ای	
چاه	چمبره	صفحه	تسمه	سیم	صفحه	چمبره	لوله	میله
قطر	مقطع	اندازه	اندازه	مقطع	اندازه	مقطع	قطر	
جنس خاک	جنس	جنس	جنس		جنس	نوع	طول	
	طول هادی	هادی اتصال	طول		هادی اتصال	طول	دفن	کوبیده
	نوع بست	نوع بست	نوع بست یا اتصال		نوع اتصال	نوع بست	نحوه کوبیدن	
نحوه عمل آوردن خاک در صورت وجود:								
توضیحات:								
امضاء:			مقام:			نام تهیه کننده:		

## شناسنامه الکتروود زمین

اندازه‌گیری دوره‌ای مقاومت :

نام و امضاء تهیه کننده	مقاومت اهم	مقدار بارندگی ۲۸ ساعت قبل میلیمتر	رطوبت نسبی %	دمای هوا درجه سلسیوس	ساعت	تاریخ



## پیوست ۴

تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور

با مقررات بخش ۳۶۶

## تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع

### کشور با مقررات بخش ۳۶۶

- مقدمه

هشت حالت عنوان شده در بخش ۳۶۶، کلیه حالت‌هایی که امکان وقوع آنها برای شبکه‌های توزیع وجود دارد را عنوان می‌کنند، در صورتیکه ساختار شبکه‌های توزیع کشورمان به گونه‌ایست که بعضی حالات عنوان شده در بخش ۳۶۶ در آنها اتفاق نمی‌افتد. در این پیوست به تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور با حالت‌های عنوان شده می‌پردازیم.

#### ۱- خطوط فشارقوی

هم خطوط کابلی و هم خطوط هوایی برای تغذیه پستها متداول می‌باشند.

#### ۲- نوع ساختمان

ساختمان‌های متداول برای پست، از نوع آجر و آهن است گرچه از ساختمان‌های بتنی و کیوسک تمام

فلزی نیز استفاده می‌شود، در هر حال به وجود جدایی (عایق‌بندی) بین تابلوهای فشار ضعیف و تابلوهای فشار قوی و ترانسفورماتور در آنها نمی‌توان اطمینان داشت. لذا بهتر است از اول تابلوهای فشار ضعیف را به زمین حفاظتی پست وصل کرده و از وصل آنها به هادی خنثی خودداری کرد. البته در این صورت درجه عایق‌بندی تابلو باید بالاتر باشد.

### ۳- کابل‌های فشار ضعیف

جز در بعضی صنایع مخصوص، در توزیع فشار ضعیف از کابل‌های با غلاف فلزی در تماس با زمین استفاده نمی‌شود لذا مسئله وصل شدن حوزة‌های ولتاژ الکترودهای مجزا از راه زره یا غلاف کابلها کمتر مورد پیدا خواهد کرد.

### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مراتب بالا و بطور خلاصه، بیشترین مواردی که از آنها استفاده خواهد شد در شکل‌های ۱-۳۶، ۲-۳۶، ۳-۳۶، ۷-۳۶ و ۸-۳۶ نشان داده شده‌اند.

بررسی نظرات عنوان شده در جلسه مورخ ۷۴/۶/۲۹  
در رابطه با پیش نویس استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

مطابق با صورتجلسه مذکور از ۱۴ مورد عنوان شده به ۸ مورد ترتیب اثر داده و به دلایل ذیل نیازی به اعمال ۶ مورد دیگر نمی‌باشد.

(شماره ردیفهای زیر مطابق با بندهای صورتجلسه می‌باشند).

- ۱- مقاومت مخصوص زمینهای مختلف در جدول پ-۱ در استاندارد جدید ذکر شد.
- ۲- شکل پ-۱-۳ (در صفحه ۶۶ از پیش نویس استاندارد) تصحیح شد.
- ۳- در بند ۳-۳-۳۱۳ واژه سپر به گارد تبدیل گردید.
- ۴- بر هم جنس بودن کابلشو و هادی متصل به آن در بند ۵-۳۲۳ از استاندارد جدید تاکید شد.
- ۵- ابعاد عنوان شده در شکل پ-۲-۴ (صفحه ۷۳ از پیش نویس استاندارد) صحیح می‌باشد و نیازی به تصحیح ندارد.
- ۶- اشکال ترانس و تیر در شکل ۹-۳۶ (صفحه ۵۸ از پیش نویس استاندارد) صحیح می‌باشند و نیازی به تصحیح ندارند.
- ۷- کلیه حالت‌هایی که ممکن است در یک شبکه توزیع اتفاق بیافتد در هشت حالت در بند ۳۶۶ ذکر شده، همچنین در رابطه با ایجاد اتصال زمین چند طرح مختلف ذکر شده است و این موارد عملاً همان طرحهای نمونه می‌باشند.
- ۸- استفاده از عایق برای جلوگیری از خوردگی عملاً "نقص غرض است زیرا از اتصال هادی با خاک خودداری می‌شود.
- ۹- فرمول بند ۲-۳۵۳ صحیح می‌باشد و نیازی به تصحیح ندارد.
- ۱۰- در فرمول بند ۶ از پیوست یک  $I$  به  $p$  تبدیل شد.
- ۱۱- هدف از این استاندارد تعیین ترتیب فازها و یا تاکید بر آن نمی‌باشد همچنین بسیاری از اشکال

جنبه دیاگرام تک خطی دارند و ترتیب فازها از اهمیتی برخوردار نیستند.

۱۲- کل استاندارد به اتصال نقطه نول و اتصال بدنه تجهیزات پرداخته است.

۱۳- این مطلب در بند ۴ از پیوست ذکر شده بود که در استاندارد جدید تکمیل شده است.

۱۴- در بند ۳۲۱ در استاندارد جدید به بیان دقیق تر این موضوع پرداخته شده.



جناب آقای مهندس نمازی

مدیریت محترم دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی امور برق وزارت نیرو

موضوع: ارسال نظرات عنوان شده در جلسه مورخ ۷۴/۶/۲۹ در رابطه با پیش نویس استاندارد سیستم زمین

شبکه های توزیع

باسلام،

احتراما، بدینوسیله جمع بندی نظرات شرکتهای توزیع در رابطه با پیش نویس استاندارد اتصال زمین

در شبکه های توزیع موضوع دستور کارهای ۵۶ و ۵۷ را به استحضار می رساند:

- ۱- بیان مقاومت مخصوص زمینهای مختلف.
- ۲- تصحیح منحنیهای صفحه ۶۶.
- ۳- تغییر واژه سپر به گارد.
- ۴- تاکید بر هم جنس بودن کابلشو و هادی متصل به آن.
- ۵- تصحیح اعداد بیان شده در شکل صفحه ۷۳.
- ۶- شکل ترانس و تیر در صفحه ۵۸ باید تصحیح گردد.
- ۷- ارائه اشکال نمونه در گزارش.
- ۸- تاکید. براین نکته که در زمینهای با خورندگی بیش از حد از هادی عایق دار استفاده شود.
- ۹- فرمول صفحه ۴۶ تصحیح گردد.
- ۱۰- در صفحه ۶۵ بجای حرف ۲ از p استفاده شود.
- ۱۱- در کلیه شکلها ترتیب نول و فاز یکسان گردد.
- ۱۲- نحوه زمین کردن نقطه نول ترانسفورماتورها آورده شود.
- ۱۳- درخصوص زمانبندی و نحوه تست سیستم زمین مطالبی عنوان شود.
- ۱۴- بیان دقیق تر جنس هادی زمین.

بخش برق

مرکز تحقیقات نیرو

رونوشت:

بخش برق - گروه توزیع