

فصل پنجم

ایمنی برق Electrical Safety

• خطرات ناشی از انرژی الکتریکی:

۱) مهمترین عوارض ناشی از برخورد با انرژی الکتریکی عبارتست از برق گرفتگی، اختلالات قلبی، اختلالات و ضایعات عصبی، اختلالات حسی و سوختگی در اثر برق گرفتگی که شدت آن به ولتاژ، فرکانس، شدت جریان برق و میزان مقاومت بدن بستگی دارد.

• تجزیه و تحلیل مرگ و میر های ناشی از الکتریسته

- نقص تجهیزات تابلو (تماس عضو برق‌دار با بدنه - قرارگیری نامناسب تجهیزات، وایرینگ نامناسب و موارد مشابه)
- انجام عملیات مانور روی کلیدهای پربار توزیع (کلید اتوماتیک - فیوز کات اوت)
- اضافه بار شدن فیدرها
- نامگذاری غلط فیدرهای فشار متوسط و ایجاد اشتباه بین اپراتور پست و گروه عملیات و در نتیجه ایجاد اشتباه در تشخیص فیدر بی برق
- استفاده از ابزار نامناسب جهت آزمایش فازهای شبکه فشار ضعیف
- نقص عملکرد فیوزها (عمل نکردن فیوزهای فشار ضعیف در محدوده نامی خود)
- برگشت ولتاژ از سمت مشترکین از طریق ترانس و ایجاد حادثه به علت ارت نشدن محدوده کار
- کار در شرایط بارانی و اصابت صاعقه به محدوده کار
- تشخیص غلط محدوده ایمن و غیرایمن
- جابجایی کابل فیدر داخل تابلو بدون قطع برق تابلو (قطع فیوز کات اوت)
- ایجاد تماس غیر مستقیم با شبکه از طریق بدن فرد متصل به شبکه
- انجام عملیات شاخه زنی در شرایط برق‌دار
- عبور شبکه فشار متوسط در نقاط مختلف از روی فیدرهای مشابه دیگر و برق‌دار شدن خط بی برق
- دو فاز شدن شبکه مشترکین بعلمت تماس پیچ راک مقرر نول با هادی فاز
- شکسته شدن تیر حامل کارگر بعلمت برداشت ناگهانی بار هنگام جمع آوری شبکه متصل به آنها
- برگشت موج صاعقه از طریق زمین الکتریکی (ارتینگ الکتریکی) بعلمت پایین بودن فاصله بین چاه ارت الکتریکی و حفاظتی
- برق‌دار شدن هادی معابر در اثر عملکرد فتوسل و حادثه برای کارگر
- ایجاد کار در یک محدوده شبکه توسط گروه‌های ناهماهنگ
- اشتباه در تشخیص فیدر بی برق شده روی پایه حامل دو فیدر مجزا

- برقرار شدن شبکه فشار ضعیف تحت عملیات در اثر تماس هادی با شبکه فشار متوسط برق‌دار بالای آن
- ایجاد حریق گسترده در مزارع کشاورزی בעلت کلید زنی فشار متوسط (سکسیونر)
- تماس بوم جراثقال با شبکه فشار متوسط برقرار هنگام کار گروه زیر خط برقرار
- تماس هادی شبکه مخابرات بیابانی با شبکه فشار متوسط בעلت عدم رعایت حریم
- کابلکشی غیراستاندارد و ایجاد حادثه בעلت لختی کابل پس از برداشته شدن پوشش کابل توسط عوامل غیرمجاز
- کابل‌های برقرار سرگردان (رها شده)
- تماس کامیون حامل مصالح ساختمانی با شبکه برقرار
- تماس نردبان فلزی آتش نشانان با شبکه فشار متوسط برقرار
- تماس برخی مصالح ساختمانی فلزی حمل شده توسط کارگران با شبکه برقرار
- سقوط تیر بر روی همکاران و همچنین شکستگی تیر فشار متوسط به علت نقص در تجهیزات بالابر
- استفاده از هادی برق‌دار بجای طناب برای خشک کردن لباس، בעلت رعایت نشدن حریم شبکه فشار ضعیف روستایی و ضعف اطلاعات مشترکین نسبت به خطرات برق
- تماس آنتنی بیسیم نظامی هنگام مانور با شبکه فشار متوسط عبوری از خیابان با ارتفاع کم از سطح زمین
- بازبودن درب تابلوهای توزیع و پست زمینی
- تداخل هادی های دو ترانس در شبکه های خروجی (استفاده از نول یک ترانس برای شبکه ترانس مجاور)
- نصب دو هادی فاز از دو ترانس مجزا بر روی شیارهای یک مقره فشار ضعیف (هر کدام روی یک شیار) در پایه انتهایی
- سقوط کارگران تعمیراتی معابر از ارتفاع בעلت نقص فنی بالابر
- سقوط شبکه 20 کیلوولت تحت کشش بر روی شبکه فشار ضعیف בעلت پارگی سیم مهار

• ترمینولوژی ایمنی در صنعت برق

ولتاژ تماس Touch Voltage:

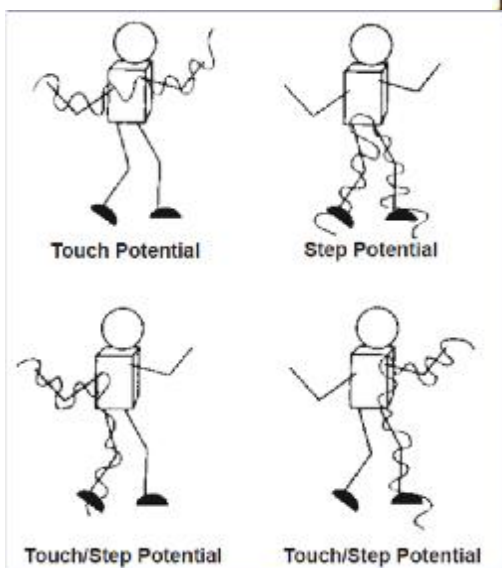
ولتاژی است که به هنگام بروز خرابی در عایق بندی بین قسمت‌هایی از هادی‌ها، بدنه های هادی، قسمت‌های هادی بیگانه و غیره که به طور همزمان در دسترس هستند، ظاهر می شود.

ولتاژ تماس احتمالی Prospective Touch Voltage:

حداکثر ولتاژ تماس است که احتمال دارد در صورت بروز اتصال کوتاهی با امپدانس ناچیز، در تأسیسات الکتریکی ظاهر شود.

ولتاژ گام Step Voltage

ولتاژی است که بر اثر برخورد هادی فاز با زمین ایجاد می شود. این برخورد ممکن است در اثر پارگی هادی‌های فاز برق فشار ضعیف یا فشار قوی بوجود آمده و یا اینکه در اثر از بین رفتن عایق‌بندی سیم ها یا کابل‌های برق‌دار و نشت جریان برق به زمین حادث می شود.



• انواع حوادث در اثر برق گرفتگی

ü حوادث در زمان ساخت تاسیسات برق شامل نیروگاه، سیستم‌های انتقال، توزیع، خطوط هوایی و زمینی، پست‌های برق، مشترکین...

ü حوادث در زمان بهره برداری تاسیسات برق شامل نیروگاه، سیستم‌های انتقال، توزیع، خطوط هوایی و زمینی، پست‌های برق، مشترکین...

ü حوادث در زمان نگهداری و تعمیر تاسیسات برق شامل نیروگاه، سیستم‌های انتقال، توزیع، خطوط هوایی و زمینی، پست‌های برق، مشترکین...

حوادث مرتبط با انرژی برق:

- سوختگی
- برق‌گرفتی
- قوس الکتریکی

حوادث غیر برقی:

- سقوط
- ماشین‌آلات

برق گرفتگی می‌تواند در عرض چند دقیقه سبب مرگ گردد.

اطلاعات و آمار نشان داده است، که افرادی که در مواجهه با خطر حوادث ناشی از برق هستند را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود:

الف - افراد ماهر (برقکار و افراد آموزش دیده)

ب - افراد غیر ماهر (آموزش ندیده و بدون تجربه)

شاید چنین تصور شود که چون افراد ماهر از ماهیت برق آگاه هستند و اصول کار با آن را آموزش دیده‌اند کمتر دچار حادثه می‌شوند. اما آمار نشان می‌دهد که تعداد حوادث در گروه افراد ماهر بیشتر از گروه دوم است. شاید بتوان از مهمترین علل آن به ماهیت کاری این گروه از کارگران اشاره نمود. معمولاً کارهایی که به افراد ماهر گمارده می‌شوند دقیق‌تر و خطرناک‌تر از کارهایی است که به افراد غیر ماهر گمارده می‌شود.

• مخاطرات الکتریکی

خطرات ناشی از جریان برق به دودسته تقسیم مخاطرات اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند:

1. مخاطرات اولیه

- شوک الکتریکی
- سوختگی ژول یا سوختگی ناشی از حرارت

- سوختگی ناشی از قوس الکتریکی
- افزایش حرارت یا آسیب به تجهیزات
- فعال شدن ناخواسته تجهیزات
- آتش سوزی و انفجار
- ناشی از جرقه
- ناشی از الکتریسته ساکن
- جرقه مواد قابل اشتعال
- آلودگی صوتی
- ضربه و فشار

2. مخاطرات ثانویه

- سقوط از ارتفاع
- انداختن ابزار و اشیا
- برخورد با اشیاء
- از دست دادن تعادل
- گرفتگی ماهیچه ای
- کوری
- کری و افت شنوایی ناشی از موج

• مهمترین عوامل آتش سوزی ناشی از اتصال کوتاه

مقدار گرمای بوجود آمده در اثر عبور جریان الکتریکی برابر است با : $W = RI^2 * t$

- Over Load : اضافه حرارت کابل ها و تجهیزات الکتریکی ناشی از اضافه بار هادی
- Loose Connection : حرارت ناشی از شل بودن اتصالات دار الکتریکی
- Earth Leakage : جریانات ناشی از ایزولاسیون نامناسب و ضعیف
- اتصال کوتاه Short Circuit : حرارت ناشی از اضافه جریان ناشی از اتصال کوتاه در مدار
- بالا رفتن دمای مواد قابل اشتعال که در نزدیکی تجهیزات الکتریکی قرار دارد
- روشن شدن مواد قابل اشتعال بوسیله قوس یا جریان الکتریکی

• شوک الکتریکی (Electro Shock)

بافت های بدن، نظیر پوست و ماهیچه ها همانند خون و دیگر سیالات بدن به عنوان الکترولیت Electrolyte طبقه بندی می‌شوند. در نتیجه، این بافت‌ها هادی های برق هستند که برحسب مقاومت اهم مشخص می‌شوند. تفاوت پتانسیل برقی بکار رفته در بافت های بدن یا در دو محل روی سطح خارجی پوست جریان های پاسخ ایجاد می‌کند.

شوک برقی به دو کلاس تقسیم می‌شود:

میکروشوک Microshock – در بحث های پزشکی رخ می‌دهد.

ماکروشوک Macroshock- در بحث های برق گرفتگی رخ می‌دهد.

شوک الکتریکی یک تحریک ناگهانی و اتفاقی سیستم عصبی بدن بر اثر عبور جریان الکتریکی است و جریان برق بر اثر اختلاف پتانسیل یا ولتاژ عبور می‌کند.

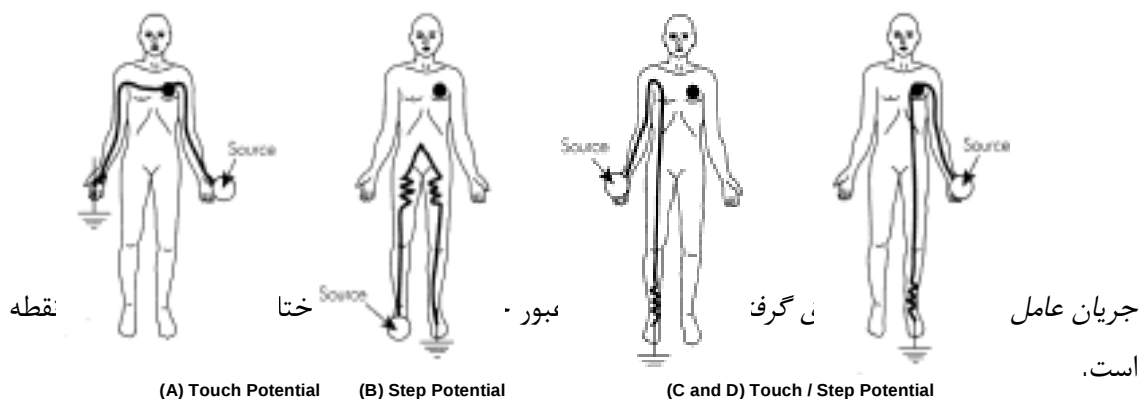
عوارض مهمی که در اثر شوک الکتریکی یا برق گرفتگی ایجاد می‌شود عبارتند از:

1. انقباض ماهیچه ها
2. خفگی
3. فیبرلاسیون قلبی
4. سوختگی و از بین رفتن بافت‌ها

• دلایل شوک الکتریکی

- تماس با هر دو هادی یا سیم برق (فاز و نول)
- تماس با سیم فاز مدار برقدار و زمین (جریان برق از یک نقطه به بدن وارد و از نقطه دیگر خارج می‌شود)
- تماس با سیم نول (یا سیم خنثی) در شرایط عدم تعادل بار فازها
- تماس با بدنه هادی (بدنه فلزی) دستگاه هایی که داراری اتصال بدنه باشند (ایجاد ولتاژهای تماسی)
- تخلیه بار الکتریکی ذخیره شده از دستگاههای برقی در موقع خاموش بودن دستگاه (اثرات خازنی)
- ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو پا در شرایط اتصالی فاز با زمین یا تخلیه جریان به زمین بر اثر رعد و برق
- الکتریسته ساکن

- رعد و برق



• انواع برق گرفتگی در سیستم فشار ضعیف

- 1- تماس دو نقطه از بدن با دو فاز و یا فاز و نول (احتمال وقوع خیلی کم)
- 2- تماس بدن با یک سیم برقدار و زمین (احتمال وقوع کم)
- 3- تماس با جسم فلزی در معرض تماس برقدار شده (بیشترین احتمال)

• انواع برق گرفتگی در سیستم فشار قوی

- 1- عدم رعایت فاصله مجاز از خطوط برهنه فشارقوی
- 2- برق‌دار شدن تجهیزات بر اثر نقص عایقی و مناسب نبودن زمین حفاظتی (جریان نشستی)
- 3- تماس با اشیاء فلزی زمین نشده بزرگ در مجاورت خطوط فشارقوی (القاء خازنی ولتاژ)
- 4- برق گرفتگی به دلیل ولتاژ تماس و ولتاژ گامی حین اتصال کوتاه و یا رعد و برق

• عوامل موثر در برق گرفتگی

1. ولتاژ
2. شدت جریان
3. مقاومت بدن
4. نوع جریان
5. مسیر عبور جریان و سطح تماس
6. مدت زمان عبور جریان
7. فرکانس
8. عوامل دیگر

• ولتاژ

حداکثر ولتاژ مجاز تماس در فرکانس 50 هرتز در شرایط عادی و خشک مطابق استاندارد انگلیسی 50 ولت و مطابق استاندارد آلمانی 65 ولت و برای جریان برق مستقیم (DC) هر دو استاندارد برابر 120 ولت است.

حداقل آستانه احساس	10 تا 12 ولت موثر
حداقل آستانه درد	15 ولت
حداقل آستانه درد شدید	20 ولت
حداقل ولتاژ نگهدارنده	20 تا 25 ولت
حداقل ولتاژ کشنده	40 تا 50 ولت
محدوده ولتاژ برای فیبر لاسیون قلبی	50 یا 60 تا 2000 ولت

• شدت جریان الکتریکی

بر اساس استاندارد انگلستان، مقدار شدت جریان جریان بدون خطر برای انسان در فرکانس‌های 50 تا 60 هرتز در حدود 10 میلی آمپر و مقدار جریانی که باعث برق گرفتگی و مرگ می‌شود، برابر 25 میلی آمپر است و مقدار این شدت جریان در برق مستقیم برابر 50 میلی آمپر می‌باشد.

عامل تعیین کننده شدت برق گرفتگی، مقدار جریان است.

پاسخهای فیزیولوژیکی بدن به مقدار جریان:

1- آستانه دریافت (درک)

2- حد رهایی

3- فلج تنفسی

4- تشنج قلبی

• آستانه دریافت

ترازی را مشخص می کند که اثر جریان برای نخستین بار احساس می شود. در این تراز، تحریک با جریان متناوب احساس سوزش و خارش در انسان به وجود می آورد.

آستانه دریافت برای زنان: 0.27 تا 0.88 میلی آمپر

آستانه دریافت برای مردان: 0.4 تا 1.39 میلی آمپر

• حد رهایی

افزایش جریان از حد دریافت، موجب تبدیل احساس خارش و سوزش به احساس ناراحتی همراه با گرفتگی عضلات می شود. گرفتگی عضلات با افزایش جریان زیاد شده و در نهایت به حدی می رسد که شخص قادر به جدا کردن خود از منبع برق گرفتگی نمی باشد.

جریان رهایی بیشترین جریان بی خطری است که شخص می تواند تحمل کرده در حالی که هنوز هم بتواند خود را از جسم برق دار رها سازد و برای این منظور قادر باشد که عضلاتی را که مستقیماً در معرض جریان برق هستند به کار گیرد.

• آستانه رهایی

مبنای تعیین جریان بی خطر و از همین رو متناظر با مقدار بی خطر مقاومت بدن می باشد.

- حد رهایی جریان برای زنان : 6 میلی آمپر
 - حد رهایی جریان برای مردان: 9 میلی آمپر
 - حد رهایی جریان برای کودکان: 5 میلی آمپر
- 5 میلی آمپر بیشترین جریان بی خطر برای عموم مردم در نظر گرفته می شود.

• آستانه فیبریلاسیون بطنی

آستانه فیبریلاسیون بطنی، عبارت از حداقل مقدار جریانی است که سبب وقوع فیبریلاسیون بطنی میگردد. این اثر از افزایش در ناهمگنی حالت تحریکی قلب در اثر جریان القاء شده از انقباضات بیش از اندازه قلب نتیجه میشود. در مورد شوک‌هائی با مدت زمان کمتر از 0/1 ثانیه فیبریلاسیون ممکن است در جریانی با دامنه بیش از 500mA اتفاق افتاده و احتمال وقوع آن در جریان‌هائی با دامنه‌های در حد چندین آمپر نیز وجود دارد، مشروط بر آنکه شوک در خلال پرئود آسیب‌پذیری اتفاق افتد. در مورد شوک‌هائی با چنین شدت و مدت زمانهای طولانی‌تر از یک سیکل قلب ممکن است گرفتگی برگشت‌پذیر قلب را سبب شود.

فیبریلاسیون بطنی بعنوان علت اصلی مرگ در برق گرفتگی در نظر گرفته میشود. همچنین بعضی اتفاقات منجر به مرگ نیز وجود دارند که ناشی از خفگی یا ایستادن ضربان قلب می باشند.

• مقاومت بدن

هر ماده‌ای دارای مقاومت الکتریکی است که اگر ولتاژ معینی به دو سر آن اعمال شود، متناسب با مقاومت آن جریانی از آن عبور می‌کند. در صورت بالا بودن مقاومت، جریان کمتر و در صورت پایین بودن مقاومت، جریان بیشتری از آن عبور می‌کند.

$$V=IR$$

بیشترین مقاومت بدن در برابر عبور جریان الکتریکی به وسیله پوست ایجاد می‌شود.

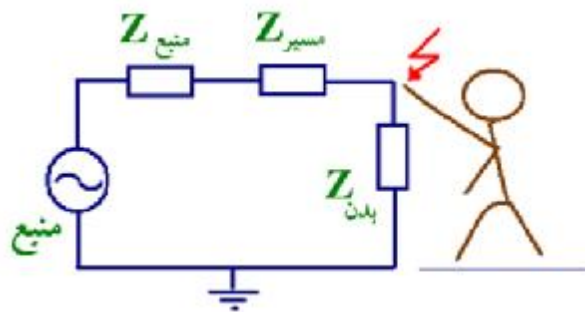
افزایش ایمنی متناسب با کاهش مقدار ولتاژ است.

جریان (آمپر) می‌کشد، ولتاژ می‌سوزاند.

درولتاژ ثابت، عامل محدود کننده جریان، امپدانس بدن، امپدانس مسیر و امپدانس منبع ولتاژ است.

امپدانس منبع معمولاً ناچیز و قابل صرف نظر است.

امپدانس مسیر بستگی به شرایط مدار برق گرفتگی، خشکی و رطوبت محل اتصالی، مقاومت زمین، نحوه تماس با جسم برقدار و غیره می‌باشد.



امپدانس بدن تقریباً از نوع مقاومت خالص بوده و مشخصه آن غیرخطی نزولی است. یعنی:

- مقاومت بدن با افزایش ولتاژ کاهش می‌یابد.

- مقاومت بدن با افزایش جریان کاهش می‌یابد.

- مقاومت بدن با افزایش زمان برق گرفتگی کاهش می‌یابد.

مقاومت کلی بدن = مقاومت پوست بعلاوه مقاومت داخلی بدن

عوامل موثر دیگر در تعیین مقدار مقاومت بدن: سطح تماس پوست، خشکی و رطوبت پوست، ضخامت

و سلامت پوست، چاقی و یا عضلانی بودن، حجم بدن و مسیر عبور جریان

در ولتاژ فشار ضعیف با فرکانس برق شهر، پوست بیشترین مقاومت را در تماس بدن با برق دارد، اما در ولتاژ

فشارقوی و ولتاژهای با فرکانس زیاد، مقاومت نقطه تماس قابل صرف نظر است، زیرا در فشارقوی، ولتاژ فوراً

پوست را شکافته و می‌سوزاند و آنچه گذر جریان را محدود می‌سازد، تنها مقاومت داخلی بدن خواهد بود.

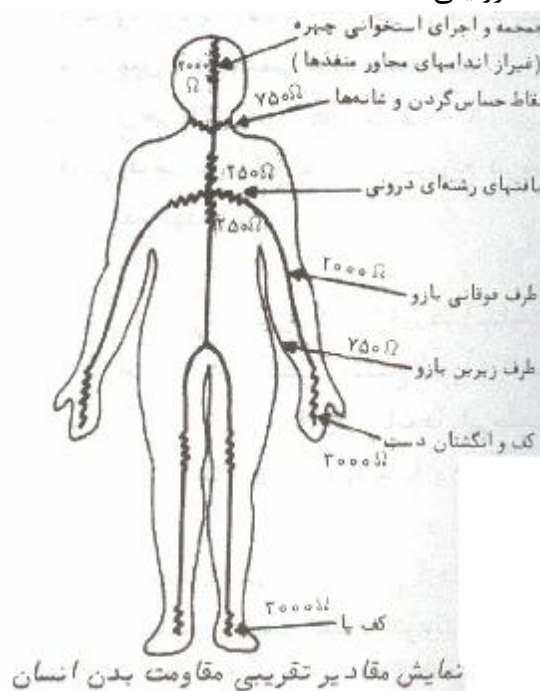
در فرکانس‌های زیاد (بیش از 1000 هرتز) بدلیل اثر خازنی، جریان عمدتاً توسط مقاومت داخلی بدن محدود می‌شود.

مقاومت پوست بیشترین اثر حفاظتی را دارد.

پوست خشک دارای مقاومتی بین 7000 تا 10000 اهم بر سانتیمترمربع است. در حالت مرطوب این مقاومت تا یک درصد هم می‌تواند کاهش پیدا کند.

نتیجه آنکه در محل‌های مرطوب اقدامات ایمنی شدیدتری لازم است.

مقاومت داخلی بدن = مقاومت بافت‌ها، اندام‌ها و مایعات موجود در بدن (خون، ادرار، صفرا، آب‌های میان بافتی) که همگی محلول‌های الکترولیتی هستند.



• نوع جریان

پوست بدن در برابر جریان مستقیم مقاومت بهتری نسبت به جریان متناوب دارد. علت اصلی مرگ بر اثر جریان متناوب به دلیل وجود فرکانس برق است که موجب انقباض ماهیچه‌ها و فیبرلاسیون قلب می‌شود. خطر عمده جریان مستقیم در صورت طولانی شدن برق گرفتگی، سوختگی‌های شدید و تجزیه خون و مسمومیت است.

• مسیر عبور جریان و سطح تماس

خطرناک‌ترین مسیر جریان، عبور از قفسه سینه (قلب و شش‌ها) است. هرچه سطح تماس بیشتر باشد خطر برق گرفتگی بیشتر خواهد بود.

• مدت زمان عبور جریان برق

هرچه مدت زمان عبور جریان برق بیشتر باشد شدت و خسارت‌های ناشی از برق گرفتگی بیشتر است. دلایل این امر عبارتند از:

ü با توجه به انرژی ژول، ارتباط مستقیم بین زمان و میزان انرژی وجود دارد.

ü فرصت کافی برای مختل کردن ضربان قلب وجود دارد.

ü بخشی از جریان بطور خارجی از بدن رد می‌شود که می‌تواند روی اعصاب تاثیر بگذارد و زمان فرصت کافی را فراهم می‌کند.

• اثر فرکانس برق

فرکانس 50 و 60 هرتز تقریباً فرکانسی است که باعث حداکثر تحریک در انتهای یک عصب می‌شود ولی در فرکانس‌های بالاتر تحریک نمی‌شوند. در فرکانس‌های بالاتر جریان برق در سطح بدن عبور می‌کند و از قسمت‌های داخلی نمی‌گذرد.

در فرکانس‌های بالاتر اثر ژول کاهش می‌یابد که به علت افزایش جریان کاپیستیانس (مقاومت) است.

عوامل دیگر نظیر سن افراد، خستگی، تشنگی، گرسنگی، بیماری، مشکلات روانی و روحی، درجه حرارت، رطوبت، شرایط جوی در شدت و ضعف برق گرفتگی دخالت دارند.

اثرات ثانویه شوک الکتریکی

1. سوختگی

سوختگی مهمترین اثر بعدی حوادث الکتریکی است. خطر اساسی ناشی از جریان مستقیم یا ولتاژهای بسیار کم می‌باشد. حرارت ایجاد شده در مسیر عبور جریان برابر قانون ژول است:

$$W=I^2RT$$

با اینکه پوست بیشترین مقاومت را در برابر عبور جریان برق دارد احتمال سوختگی در پوست هنگام تماس با مدار برق بیشتر است.

• اقدامات ایمنی در کار با تاسیسات برقی

اصول کلی برنامه ایمنی برق Electrical Safety Program – Principles

ü شناسایی مخاطرات

ü حذف مخاطرات (هرزمان که امکان پذیر است)

ü کنترل مخاطرات

ü به حداکثر رساندن توانایی برای درمان آسیب

ü به حداقل رساندن شدت آسیب

اقدامات کلی کنترلی برقی Electrical Control Measures

Regulation, Rule, Law ü تدوین قوانین و مقررات کار

Work Permit ü بکارگیری سیستم مجوز کار

ZMS ü قرار گرفتن سیستم در حالت

Tagout/Lockout ü بکارگیری سیستم LOTO

Work Procedure ü بکارگیری روش های اجرایی انجام کار

Work Instruction ü بکارگیری انواع دستورالعمل های کار

Good Maintenance ü تعمیر و نگهداری شایسته تجهیزات

Training ü آموزش

Insulation/Enclosure of live parts ü عایقکاری و محصور کاری بخش های برق دار

Low Voltages ü بکارگیری تفکر استفاده از ولتاژ های کم

Earthing ü زمین کردن یا ارتینگ

Fuse ü استفاده از فیوزها

Circuit Breaker ü استفاده از قطع کننده های مدار

Equipotential bonding ü همبند کردن تجهیزات

Isolation ü جداسازی

Insulating gloves ü استفاده از دستکش های عایق

Insulating mats ü استفاده از زیرپایی های عایق

clothing ü استفاده از لباس های مناسب

Insulated tools ü استفاده از ابزارهای عایق

Face shields ü استفاده از حفاظ های صورت

Distance ü بکارگیری تفکر فاصله

دلایل کار روی خطوط برق‌دار

- ✓ بی برق کردن، گاهی اوقات می‌تواند مخاطرات بیشتر یا اضافی را ایجاد کند؛ شامل:
 - ü غیرفعال کردن سیستم های آلام اضطراری
 - ü خاموش شدن تجهیزات تهویه برای محیط‌های خطرناک
- ✓ بی برق کردن، گاهی اوقات امکان پذیر نیست به دلیل:
 - ü آزمایش مدارهای برق‌دار
 - ü کار روی مداراتی که بخشی از فرایند مستمر کار هستند

معرفی سیستم LOTO (Lock out/ Tag out)

- ✓ قفل کردن تکنیکی است که برای جلوگیری از حوادث ناشی از عدم هماهنگی و برخورد ناخواسته با انرژی خطرناک رها شده توسط فرد دیگری بکار می‌رود.
- ✓ قفل روی وسیله عایق کننده انرژی مانند در تابلوی برق قرار می‌گیرد که در وضعیت off, open or closed است.
- ✓ هر فردی که سیستم lockout را اجرا می‌کند، سیستم را قفل می‌کند و تنها خودش کلید را دارد و می‌تواند باز کند و جریان برق را مجدداً برقرار کند. به این ترتیب در اثر ناهماهنگی حادثه رخ نخواهد داد.
- ✓ در صورتی که امکان قفل کردن وجود نداشته باشد، از برچسب و نصب تابلوی هشدار (out Tag) برای آگاهی بخشی نسبت به دلیل قطع برق و لزوم هماهنگی برای برقراری مجدد جریان استفاده می‌شود.

مجوز کار خطوط برق‌دار Live Work Permit

- Ø با تاریخ و زمان مشخص باشد.
- Ø دلیل انجام کار روی خطوط برق‌دار بیان شود
- Ø چه کسی می‌خواهد کار را انجام دهد.
- Ø وظایف کار بیان شود.
- Ø مخاطرات کار مرور شود و ثبت گردد
- Ø تجهیزات وسایل حفاظت فردی فراهم شود.
- Ø احتیاط و نکات ایمنی مکتوب شود و فراهم گردد.
- Ø در سه سطح سازمانی امضاء شود.

احتیاطات ایمنی فردی در کار با تجهیزات الکتریکی

- Ø مطمئن شوید که برق قطع است
- Ø استفاده درست از دستورالعمل LOTO
- Ø بکارگیری اشخاص ذی صلاح
- Ø بکارگیری تجهیزات حفاظت فردی مناسب
- Ø تست همیشگی سیستم برای باردار بودن
- Ø عدم استفاده از وسایل رسانا در حین کار
- Ø عدم همراه داشتن وسایل شخصی رسانا مثل حلقه، جواهرات...
- Ø زمین کردن و همبند کردن درست
- Ø بازرسی سیستم های عایق
- Ø عدم ایستادن در جاهای مرطوب
- Ø در صورت نیاز استفاده از وسایل اطفای کننده مناسب
- Ø استفاده از وسایل ضد انفجار
- Ø حفاظت در برابر برق گرفتگی
- Ø فراهم نمودن کمک های اولیه و احیای قلبی – عروقی
- Ø محصورکاری مناسب برای هادی های لخت
- Ø وجود وسایل غیر هادی برای جداسازی افراد مصدوم از هادی برقدار
- Ø استفاده از چک لیست های بازرسی برای اطمینان از مطابقت با استانداردها
- Ø عدم کار روی تجهیزات برقدار که روشنایی مناسبی برای فراهم نشده است یا با موانع برای دید روبرو است.

• روش های حفاظت در برابر برق گرفتگی

1. روش های حفاظت در مقابل برق گرفتگی مستقیم

1. عایق بندی قسمت های برقدار - مقاومت عایقی بیش از یک مگا اهم - (سیم برق)
2. محصور کردن تجهیزات یا حفاظت توسط بازدارنده ها و موانع نظیر حصار، نرده
3. حفاظت توسط ایجاد فاصله - دور از دسترس قرار دادن - (خطوط انتقال برق) یا استقرار در خارج از دسترس فرد (از بالا 5/2 متر و از پایین و طرفین 25/1 متر می باشد)
4. حفاظت اضافی بوسیله کلیدهای خودکار ایمنی یا نصب کلید جریان نشستی به زمین
5. حفاظت به وسیله پوشش - فلزی یا عایق - (باس داکت - تابلوهای برق)

2. روش های حفاظت در مقابل تماس با برق غیر مستقیم

1. قطع خودکار مدار تغذیه با استفاده از اتصال زمین
2. حفاظت توسط سیم زمین (ارت)
3. عایق بندی دوبل یا مضاعف
4. عایق کردن محیط
5. هم ولتاژ کردن بدون اتصال زمین

• آشنایی با سیستم اتصال به زمین و انواع آن :

اتصال به زمین از دو نظر مهم است :

- حفظ سلامت و ایمنی افرادی که از سیستم برق استفاده می کنند (اتصال به زمین حفاظتی)
 - حفظ سلامت سیستم ، صرف نظر از مسایل مربوط به ایمنی . (اتصال به زمین عملیاتی)
- اتصال به زمین از نظر انجام کار صحیح و سالم سیستم (اتصال به زمین عملیاتی)، دو هدف را دنبال می کند:

- ایجاد شرایطی که در آن ، سیستم از نظر فنی درست عمل کند .
- این هدف با برقراری مسیری از طریق زمین به منبع تغذیه و اتصال به زمین با استفاده از رله های حساس به دست می آید .
- ایجاد شرایطی که در آن عایق بندی سیستم سالم می ماند .
- در ساده ترین تحلیل ممکن ، یک سیستم از رساناها و عایقها تشکیل می شود . رسانا ها باید تاجایی که ممکن است جلوی عبور جریان برق از مسیرهای ناخواسته را بگیرند . به عبارت دیگر ، عبور جریان برق باید در مسیر دلخواه برقرار شود و در سایر جهات از آن جلوگیری به عمل آید . عایقها حساس تر از هادیها هستند و علاوه بر دمای زیادی که سبب انهدام عایق می شود ، بالا رفتن بیش از حد ولتاژ و اثر آن به مدت طولانی ، مخصوصاً در دمای بالا ، عایق را زودتر از بین برده و سبب بروز خرابی در سیستم می شود .
- به طور خلاصه ، صرف نظر از اثر دما در تحلیل اولیه ، عمر عایق بندی بستگی به شدت میدان و مدت زمان برقراری آن دارد . اگر شدت میدان کمی از مقدار مجاز آن بیشتر باشد ، ممکن است پس از چند سال سبب خرابی عایق بندی شود و اگر این مقدار چند برابر مجاز باشد ، در ظرف چند دقیقه یا ثانیه سبب از بین رفتن عایق بندی در ضعیف ترین نقطه سیستم می گردد.

• طبقه بندی سیستمهای اتصال به زمین فشار ضعیف :

انواع سیستمهای اتصال به زمین فشار ضعیف عبارتند از :

- TN شامل TN-S ، TN-C و TN-C-S

- TT

- IT

نامگذاری سیستمهای الکتریکی مذکور به صورت ذیل است :

الف) از دو حرف اصلی شناسایی، حروف اول سمت چپ رابطه سیستم با زمین را مشخص می‌کند.
حرف اول از سمت چپ T (برگرفته از کلمه Terra (لاتین) به معنای زمین بدین معناست که یک نقطه از سیستم به زمین وصل است .

حرف اول از سمت چپ I (برگرفته از کلمه Isolated) :

نشان می‌دهد که سیستم از زمین مجزا است یا با مقاومتی بزرگ به آن وصل است.

ب) از دو حرف اصلی شناسایی، حرف دوم از سمت چپ رابطه بدنه های هادی تجهیزات با زمین را مشخص می‌کند.

حرف دوم از سمت چپ N : نمایانگر آن است که بدنه های هادی به هادی خنثای زمین شده، وصل هستند.

حرف دوم از سمت چپ T: مشخص می‌کند که بدنه های هادی، مستقل از زمین سیستم، به زمین وصل هستند.

ج) حروف کمکی نشان دهنده زیر سیستم‌ها هستند (C و S)

حرف سوم از سمت چپ S : بدنه های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مخصوص (PE) در مبدأ به نقطه خنثای سیستم وصل می‌شود، (سیستم TN-S) .

حرف سوم از سمت چپ C : بدنه های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مشترک مخصوص و خنثی (PEN) به زمین وصل می‌شود (سیستم TN-C).

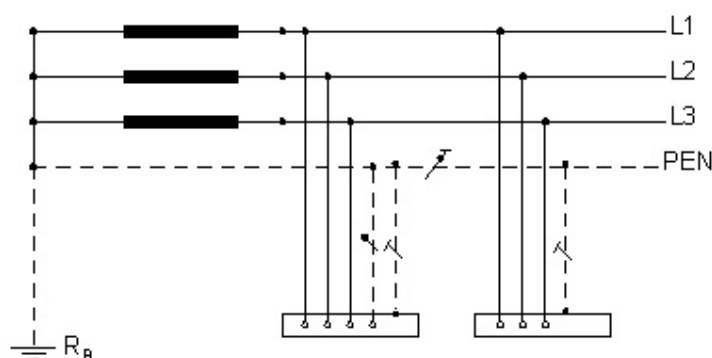
• سیستم TN :

در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) در یک یا چند نقطه ارت شده و قسمت‌های هادی در دسترس و قسمت‌های هادی بیگانه تأسیسات تنها از طریق سیم‌های ارت به نقطه یا نقاط ارت شده منبع متصل می‌شوند . به عبارت دیگر مسیری رسانا برای عبور جریان‌های اتصال به زمین تأسیسات به نقطه یا نقاط ارت شده منبع وجود دارد .

این سیستم به چند دسته تقسیم می شود :

الف) سیستم TN-C

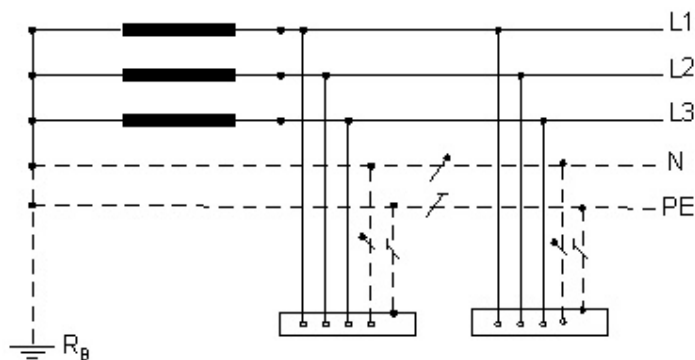
در این سیستم ، سیم ارت و نول مشترک هستند . به عبارت دیگر سیم نول که از شینه نول تابلوی اصلی به مصرف کننده‌ها برده می‌شود ، هم به عنوان نول مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم به عنوان سیم ارت یعنی یک انشعاب از سیم نول به بدنه هادی دستگاه‌های مصرف کننده به عنوان سیم ارت وصل می‌شود. کابل‌های هم مرکز ارت شده یا کابل‌های غلاف‌دار فلزی ارت شده که مسیر برگشتی برای عبور جریان اتصال به زمین را فراهم می‌آورند ، نمونه‌هایی از این سیستم هستند .



سیستم اتصال به زمین TNC

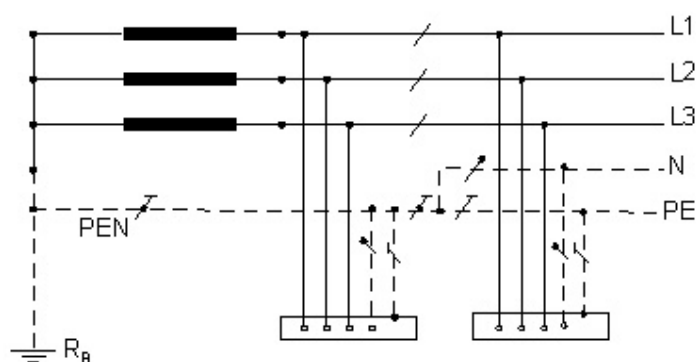
ب) سیستم TN-S

در این سیستم ، سیم‌های نول و ارت از یکدیگر جدا هستند . یعنی در محل تابلوی اصلی برق علاوه بر شینه نول، شینه دیگری به نام شینه ارت وجود دارد که سیم ارت اصلی از الکترودهای زمین به آن وصل شده واز آنجا به موازات سیم‌های نول و فازها (به صورت پنج سیمه) تا دستگاه‌های مصرف کننده برده شده و به بدنه هادی آنها متصل می‌شود .

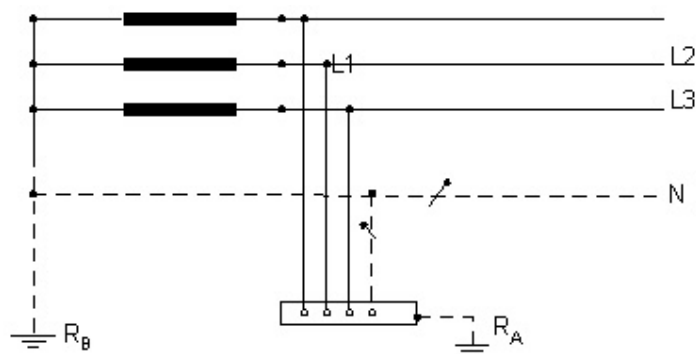


سیستم اتصال به زمین TN-S**ج (سیستم TN - C - S**

تنها در بخشی از این سیستم (معمولاً در ابتدا) ، سیم نول و ارت با یکدیگر مشترک هستند و از آن نقطه به بعد ، سیم پنجمی از نول منشعب شده و جداگانه به بدنه دستگاه‌های مصرف کننده اتصال داده می شود .

**سیستم اتصال به زمین TN-C-S****• سیستم TT**

در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) در یک یا چند نقطه ارت شده و قسمت‌های هادی در دسترس و هادی بیگانه تاسیسات به الکتروود ارت محلی یا الکتروود هایی که نقطه نظر الکتریکی مستقل از ارتهای منبع سیستم هستند، متصل می شوند . یعنی اتصال به زمین حفاظتی هیچ گونه ارتباطی با اتصال به سیستم ندارد.

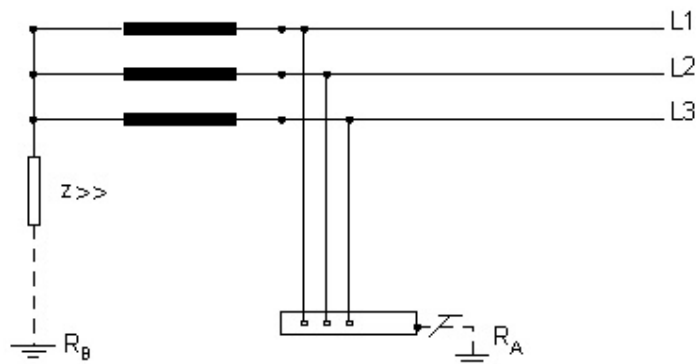


سیستم اتصال به زمین TT

• سیستم IT

در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) یا به طور کلی ارت نشده، یا از طریق یک امپدانس بزرگ ارت می شود و قسمت‌های هادی در دسترس تأسیسات نیز به الکتروود ارت می شود که از نظر الکتریکی مستقل است، وصل می شوند. در این سیستم نیز اتصال به زمین حفاظتی و اتصال سیستم با یکدیگر ارتباط ندارند.

استفاده از این سیستم برای شبکه های عمومی توزیع برق ممنوع است.



سیستم اتصال به زمین IT

از انواع سیستم‌های مذکور تنها استفاده از سیستم اتصال به زمین نوع TN در کارخانه ها و کارگاه‌ها الزامی است. مگر آنکه نوع کارخانه یا کارگاه، استفاده از سیستم‌های TT یا IT را ایجاب کند که در این صورت لازم است با ذکر دلایل، اجازه مخصوص برای استفاده از این سیستم‌ها گرفته شود.

هادی خنثی (N) و هادی حفاظتی (PE) باید از همدیگر مجزا باشند و فقط در یک نقطه (نقطه مبدأ) به یکدیگر وصل شوند نباید از محل جدا شدن هادیهای خنثی و حفاظتی آنها را در نقطه دیگری

به یکدیگر وصل کرد . علت این امر آن است که در صورت اتصال مکرر سیم نول و ارت به یکدیگر، حلقه ایجاد می شود که جریان چرخشی ناشی از آن در سیستم‌های مخابراتی و الکترونیکی پارازیت یا نویز ایجاد می کند . در سیستم قدرت خالی بودن ظرفیت جریان سیم ارت مهم است . در صورت پر بودن ظرفیت (ایجاد LOOP) سیم ارت وظیفه خود را در موقع لزوم به درستی انجام نخواهد داد .

• انواع الکترود های مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین

سه نوع الکترود متداول و مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین عبارتند از :

- الکترود های صفحه ای
- الکترود های میله ای
- الکترود های تسمه ای

۱-۱ الکترود های صفحه ای

برای استفاده از این نوع الکترودها ، صفحاتی از جنس مس با ابعاد حداقل 0.5×1 متر و ضخامت حداقل 2 میلیمتر و یا صفحاتی از جنس فولاد گالوانیزه با ابعاد حداقل 0.5×1 متر و ضخامت حداقل 3 میلیمتر پیشنهاد می شود .

الکترود های صفحه ای باید در عمقی که رطوبت زمین به طور دایمی وجود دارد، نصب گردد .

• آماده سازی خاک اطراف الکترود صفحه ای

ابتدا مخلوطی از نمک ، خاکه زغال چوب و خاک رس را به ترتیب با نسبتهای 1 و 4 و 35 در بیرون با آب به صورت گل در آورید و اطراف صفحه الکترود را حداقل تا 20 سانتیمتر بالاتر از لبه بالایی صفحه با این مخلوط پر کنید . سپس خاک رس سرند شده را در داخل چاه بریزید و به طور متناوب به آن آب اضافه کنید .

الکترود های صفحه ای باید به صورت عمودی نصب شوند .

اتصال سیم ارت به الکترود صفحه ای باید حداقل در دو نقطه مجزا انجام شود .

برای اتصال سیم ارت به الکترود صفحه ای در صورت امکان جوش نقره بهتر است و جوش احتراقی

(ترمیت) نیز روش مناسبی است . ضمن اینکه استفاده از کلمپ نیز جایز است .

سیم اصلی اتصال به زمین (سیم ارت) متصل به صفحه مسی باید دارای سطح مقطع 50 میلیمتر مربع از جنس مس باشد (سیم شماره 50) .

فاصله لبه بالایی الکترود صفحه ای از سطح زمین نباید از 600 میلیمتر کمتر باشد .

۱۱ الکترودهای میله ای

برای استفاده از الکترودهای میله ای ، میله هایی از جنس مس یا فولاد با روکش مس یا فولاد زنگ نزن و یا فولاد گالوانیزه پیشنهاد می شود .

قطر الکترودهای میله ای از جنس مس و فولاد با پوشش مس به ترتیب 12 میلیمتر و 16 میلیمتر و برای میله هایی از جنس فولاد گالوانیزه 16 میلیمتر پیشنهاد می شود .
سیم اصلی اتصال به زمین که از سر چاههای ارت یا الکترودهای میله‌ای گرفته شده و به شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) وصل می‌شود ، باید سیم مسی شماره 50 باشد .
استفاده از الکترودهای میله‌ای در مناطق خشک که رسیدن به لایه های مرطوب خاک در عمق کم امکان پذیر نیست ، توصیه نمی‌شود .

۱۲ الکترودهای تسمه ای

در صورتی که خاک محل نصب الکترودهای صفحه ای یا میله‌ای سخت باشد، به گونه‌ای که حفر چاه و رسیدن به لایه های مربوط خاک عملاً غیر ممکن یا دشوار باشد، می توان از سیستم الکترودهای تسمه‌ای استفاده کرد . بدین صورت که الکترودها در خاک ، به صورت افقی قرار می‌گیرند.
از الکترودهایی به شکل تسمه مسی بدون روکش قلع با ضخامت مس حداقل 2 میلیمتر و یا تسمه فولادی گالوانیزه گرم با سطح مقطع حداقل 100 میلیمتر مربع ($30 \hat{I} 3/5$) و یا حتی سیم مسی لخت با سطح مقطع 25 میلیمتر مربع (قطر 5/6 میلیمتر) می توان به عنوان الکترودهای افقی استفاده کرد.

ضخامت الکترودهای تسمه ای نباید بیش از یک هشتم پهنای آن باشد.
عمق دفن الکترودهای تسمه‌ای و پهنای آن تأثیر نسبتاً کمی روی مقاومت دارند. بنابراین، عمق دفن الکترودهای تسمه‌ای (افقی) بین 0/6 تا 2 متر پیشنهاد می‌شود.
علاوه بر سیم تسمه‌ای شکل می‌توان از سیم گرد نمره 50 نیز به عنوان الکترودهای تسمه‌ای استفاده کرد .
طول الکترودهای افقی تسمه‌ای یا سیم گرد ، در چهار وضعیت تک رشته ای (—) ، و دو رشته عمود بر هم (⊥) ، سه رشته با زاویه 120 درجه نسبت به یکدیگر (ستاره Y) و چهار رشته عمود بر هم (صلیبی +) برای دو نوع خاک رس و خاک آهکدار در جدول 1 مشخص شده است.

جدول 1: طول الکترودهای تسمه‌ای (افقی) در چهار وضعیت مختلف برای دو نوع خاک

نوع الکتروده	جنس خاک	طول الکتروده (برحسب متر)
تک رشته ای (—) تسمه ای و سیم گرد	رس	50
	آهکدار	200
دو رشته عمود بر هم تسمه ای و سیم گرد (⌒)	رس	40
	آهکدار	150
ستاره ۷ تسمه و سیم گرد	رس	30
	آهکدار	110
چهار رشته عمود بر هم صلیبی (+) تسمه	رس	30
	آهکدار	100
صلیبی سیم گرد	آهکدار	50

سیم اتصال به زمین متصل به الکتروده تسمه‌ای باید نمره 50 از جنس مس باشد.

• مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکترودها

مقاومت یک الکتروده اتصال به زمین به مقاومت ویژه الکتریکی خاکی که الکتروده در آن نصب شده است، بستگی دارد. به همین جهت، این عامل می‌تواند به منظور تصمیم‌گیری در انتخاب سیستم‌های حفاظتی مهم باشد.

مقاومت ویژه خاک به میزان رطوبت خاک و ترکیبات شیمیایی و نمک‌های محلول موجود در خاک و اندازه و توزیع دانه‌ها و نزدیکی آنها به یکدیگر بستگی دارد.

مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک برحسب اهم – متر در جدول شماره 2 آمده است.

جدول 2: مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک بر حسب اهم - متر

شرایط جوی				نوع خاک
آبهای زیرزمینی (چشمه آب شور)	شرایط صحرایی و ریزش باران کم در سال (mm کمتر از 250)	ریزش باران معمولی و زیاد		
		در سال (mm بیش از 500)		
گستره مقادیر واقعی اهم - متر	گستره مقادیر واقعی اهم - متر	گستره مقادیر واقعی اهم - متر	مقادیر احتمالی اهم - متر	
1الی 5	*	*	5	خاک رس آبرفتی
1الی 5	10الی 100	5الی 20	10	خاک رس
- - -	50الی 300	10الی 30	20	خاکهای آهک دار
- - -	- - -	30الی 100	50	سنگ آهک خلل و فرج دار (مانند گچ)
- - -	- - -	30الی 100	100	سنگ سیاه خلل و فرج دار (Keuper)سنگهای رستی و سنگ سیاه
- - -	- - -	100الی 1000	300	کوارتز ، سنگ آهک متراکم و بلوری (مانند مرمر)
30الی 100	بیش از 1000	300الی 3000	1000	تخته سنگهای رس و سنگهای رستی
- - -	- - -	- - -	1000	گرانیت
- - -	- - -	بیش از 1000	2000	شیست و سنگ آذرین
*به سطح آب محل بستگی دارد				

محل نصب الکترود بر حسب انواع خاک به ترتیب ذیل انتخاب می شود:

الف) زمین باتلاقی مرطوب ؛

ب) خاک رس ، خاک گلدانی ، زمین قابل کشت ، خاک گلدانی مخلوط با کمی شن ؛

ج) خاک رس و خاک گلدانی مخلوط با درصدی از شن ، سنگ و سنگریزه ؛

د) شن خیس و مرطوب ، و زغال سنگ؛

در صورت امکان نباید از شن خشک ، سنگریزه ، سنگ آهک ، سنگ مرمر سیاه ، گرانیت و زمین خیلی سنگی یا محلهایی که در آن صخره های خیلی نزدیک به سطح زمین وجود دارد ، استفاده کرد .
محل نصب الکترودها باید به گونه ای انتخاب شود که زهکشی آن کم باشد.

برای پایین بردن رطوبت در زمین هایی که سطح آب آنها بالاست ، در قسمت انتهایی زمین کانالی حفر می شود که رطوبت اضافی آن را می گیرد تا زمین قابل استفاده باشد . بنابراین برای احداث سیستم

اتصال به زمین در این گونه زمین‌ها باید توجه شود که اگر سطح آب خیلی بالا باشد (به طوری که اطراف الکتروود پر آب شود)، باعث اکسیده شدن و از بین رفتن الکتروود خواهد شد. از سوی دیگر، در صورت پایین بودن بیش از حد رطوبت، خاک اطراف الکتروود خشک شده، مقاومت الکتریکی آن بالا رفته و در نتیجه جریان اتصالی را به راحتی به زمین انتقال نمی‌دهد. بنابراین برای تنظیم رطوبت خاک، عمق کانال زهکشی باید مناسب باشد.

از محل‌هایی که رطوبت آن ناشی از عبور جریان آب است (مانند بسترودخانه‌ها)، باید اجتناب شود. زیرا در چنین شرایطی ممکن است نمک‌های سودمند کاملاً شسته شوند.

استفاده از لوله پلاستیکی یا فلزی برای آب دهی چاه ارت بلامانع است. به ویژه اگر همراه با بی‌کربنات دو سود باشد (در فصل‌های خشک).

در محل‌های ساختمانی یا مکان‌هایی که عملیات کندن و خاکبرداری و خاکریزی انجام شده، با توجه به امکان تغییر شرایط محلی، الکتروودها باید در عمق بیشتر دفن شوند.

محل نصب الکتروودها باید به گونه‌ای انتخاب شود که کود و سایر مواد به آن تراوش نکنند.

در مناطقی که مقاومت ویژه خاک زیاد است، می‌توان خاک محل چاه و اطراف الکتروود را با خاک آماده سازی شده جایگزین کرد.

در مناطق شمال کشور مانند گیلان و مازندران که رطوبت دایمی در سطح زمین وجود دارد، بهتر است از الکتروودهای میله‌ای استفاده شود.

در مناطق خشک کویری و نیز در مناطقی که خاک زمین آنها دج (سخت) است، استفاده از الکتروودهای افقی پیشنهاد می‌شود.

در زمین‌های آبرفتی (زمین‌هایی که در مسیر رودخانه‌ها واقع شده‌اند و مواد کانی آنها شسته شده است) باید از الکتروودهای افقی استفاده شود و خاک اطراف الکتروود تعویض (آماده سازی) شود.

الکتروودهای صفحه‌ای تنها در مناطقی نصب می‌شوند که رطوبت کافی در اعماق زمین وجود داشته باشد. آماده سازی خاک فقط برای تأسیسات الکتریکی موقت می‌تواند اقتصادی‌ترین راه باشد و برای تأسیسات با طول عمر بیشتر شاید بهتر باشد خاک اطراف الکتروودها با مواد ذیل که مقاومت ویژه پایین‌تری دارند، تعویض شود:

الف) بنتونیت: ماده جاذب رطوبت است.

ب) بتون: مخلوطی از شن و ماسه و سیمان و آب است.

ج) بتون هادی که در آن به جای شن معمولی از دانه‌های زغالی استفاده شده است.

در صورت استفاده بیش از یک الکتروود (صفحه‌ای یا میله‌ای) حداقل فاصله دو الکتروود باید برابر با عمق دفن آنها باشد.

در مواردی که کارگاه در مناطق مرطوب قرار گرفته باشد، کلیه تجهیزات باید با دوام بوده و به طور مرتب بازرسی شوند و نسبت به زمین کردن آنها و مدارهای حفاظتی توجه خاص به عمل آید. ترمینال اصلی سیستم اتصال زمین باید قابل دسترسی باشد تا بتوان در صورت لزوم تأسیسات را از سیستم اتصال به زمین جدا کرده و اندازه گیری‌های مربوط به اتصال به زمین را به راحتی انجام داد.

۱۱ الکتروودهای متفرقه

الکتروودهای متفرقه، اجزای هادی تأسیسات و تجهیزاتی از جنس مس، آهن، فولاد و غیره هستند که در ساختمان‌ها و تأسیسات مربوط به آن برای مصارف ویژه به کار گرفته می‌شوند و درهمبندی برای پایین آوردن مقاومت کل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

غلاف‌های فلزی و زره کابل‌ها را که معمولاً به منظور ایجاد مسیری برای هدایت جریان اتصالی به نقطه خنثای منبع در محل ترانسفورماتور مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به عنوان الکتروود متفرقه محسوب کرد، به شرطی که حداقل به طول 300 متر در زیر خاک مدفون باشد.

سازه‌های قسمتهای فلزی که در پی‌های بتونی ساختمان قرار گرفته‌اند، می‌توانند به عنوان یک الکتروود اتصال به زمین موثر و آماده به حساب آیند. سطح کل الکتروودی که توسط اجزای فلزی در پی ساختمانهای بزرگ ایجاد می‌شود، می‌تواند مقاومت الکتریکی کمتری را نسبت به زمین البته در مقایسه با روشهای دیگر ایجاد کند.

مقاومت اجزای فولادی مستقر در حجم بتون یا میلگردهای به کار رفته در بتون نسبت به زمین بر حسب نوع خاک و میزان رطوبت آن و شکل پی متفاوت خواهد بود. بتون جاذب رطوبت است، به ویژه در مناطق غیر خشک، هنگام قرار گرفتن در درون خاک، مقاومت ویژه ای در حدود 30 تا 90 اهم متر دارد که کمتر از بعضی از انواع خاک است.

مقاومت الکتریکی قسمت‌های فلزی که به عنوان الکتروود مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید نسبت به زمین، اندازه گیری و در فواصل زمانی منظم مقدار آن کنترل شود.

باید از برقراری اتصال الکتریکی بین کلیه اجزای فلزی که جزء الکتروود اتصال به زمین محسوب می‌شوند، اطمینان حاصل شود.

برای اتصال الکتریکی بین اجزای فلزی به کار رفته در حجم بتون یا در زیر سطح زمین مانند میلگردهای بتون، بهترین روش جوشکاری در بالای سطح زمین است.

در مورد پیچهای مهار (انکر بولت) این کار معمولاً از طریق دورزدن هر محل اتصال سازه ای به کمک یک هادی همبندی انجام می شود. این امر به ویژه در مورد سطوحی که ممکن است قبل از نصب، رنگ بخورند، صورت می گیرد.

الکتروود چنبره‌ای نوعی الکتروود است که در بعضی مناطق و برای مصارف پایین شدت جریان می تواند مورد استفاده قرارگیرد. در این روش از سیم لختی با نمره 50 به صورت چنبره‌ای با شعاع بیرونی 40 سانتی متر تعداد 5 حلقه (که در ته چاه اتصال به زمین (ارت) قرار می گیرد) استفاده می‌شود.

در کارگاه‌های کوچک نیز ایجاد سیستم اتصال به زمین مناسب با استفاده از الکتروودهای صفحه‌ای، میله‌ای و یا تسمه‌ای الزامی است و همبندی‌ها نیز طبق معمول اجرا می‌شود.

در کارگاه‌ها و کارخانه‌های بزرگ، نمی‌توان از الکتروودهای متفرقه به عنوان الکتروودهای اصلی سیستم اتصال به زمین استفاده کرد. در این حالت علاوه بر ایجاد سیستم‌های اتصال به زمین مطمئن باید الکتروودهای متفرقه را نیز با آنها همبندی کرد. برای تأسیسات نمی‌توان از لوله‌های آبرسانی عمومی، لوله‌های گاز، نفت، هوای فشرده و فاضلاب به عنوان تنها وسیله اتصال به زمین استفاده کرد.

مقاومت کل سیستم الکتروودهای اتصال به زمین (بدون اتصال به نول) باید کمتر از 2 اهم باشد.

مقاومت کل الکتروودهای اتصال به زمین تا شعاع 100 متری پست برق نباید از 5 اهم تجاوز کند.

مقاومت کل الکتروودهای اتصال به زمین مدارهای تغذیه کارگاه‌ها و کارخانه‌ها اعم از هوایی یا کابلی (با غلاف فلزی یا غلاف عایق) که طول آنها 200 متر باشد، نباید از 5 اهم تجاوز نماید.

چنانچه طول سوله (ساختمان، کارگاه و غیره) یا فاصله سوله‌ها نسبت به یکدیگر بیشتر از 200 متر باشد، باید میان آنها چاه اتصال به زمین (چاه ارت) احداث شود و مقاومت کل آن نباید از 5 اهم تجاوز کند.

به کارگرفتن الکتروودی با حداقل مقاومت 5 اهم در 100 متری پست برق برای پوشش دادن منطقه در موارد بحرانی، الزامی است.

استفاده از الکتروودهای زمین در فاصله 200 متری پست باعث می‌شود که در صورت بروز اتصالی بین یک هادی فاز و هادی حفاظتی، ولتاژ هادی حفاظتی و بدنه‌های هادی متصل به آن، به زمین نزدیکتر شده و در نتیجه ولتاژ تماس یا ولتاژ برق گرفتگی نیز کمتر می‌شود. (گسترده‌گی زمین باعث کاهش راکتانس زمین می‌شود، در صورتی که راکتانس سیم با افزایش طول افزایش می‌یابد).

در صورتی که تعداد پست برق دو یا بیشتر باشد ، اگر پست‌ها در حوزه همدیگر قرار گرفته باشند ، مجموع مقاومت الکترودهای حفاظتی 2 اهم برای هر دو پست کافی است . اما اگر حوزه پست‌ها جدا باشد ، یعنی پست‌ها نسبت به همدیگر در فاصله دورتر قرار گرفته باشند ، در آن صورت باید مقاومت الکترودهای زمین هر پست به تنهایی 2 اهم باشد و سپس با سیم رابط مناسبی به همدیگر اتصال داده شوند.

• همبندی سیستم

همبندی سیستم عبارت است از اتصال اجزای مختلف سیستم اتصال به زمین به یکدیگر به منظور هم پتانسیل کردن قسمت‌های مختلف تأسیسات .
به منظور هم پتانسیل کردن ، باید قسمت‌هایی از هادی‌های بیگانه به ترمینال اصلی اتصال به زمین (ارت) تأسیسات همبندی شوند که عبارتند از :
لوله های فلزی گاز و نفت و آب و هوای فشرده ، فاضلاب ، لوله ها و مجراها و سایر سرویسها ، سیستمهای حرارت مرکزی تهویه هوا ، قسمت‌های فلزی در دسترس ساختمان و صاعقه گیر .
سیم‌های همبندی لوله های آب و گاز باید تا حد امکان نزدیک به نقطه ورود آنها به ساختمان باشد (بعد از کنتور در طرف مصرف کننده و قبل از انشعاب لوله ها).

نکته :

در مورد کنتور های نصب شده در داخل ساختمان ، اتصال باید در فاصله حدوداً 600 میلیمتر از کنتور باشد .
انشعابات از سیم اصلی اتصال به زمین باید برای تجهیزات کمکی مانند تابلوهای کنترل ورله ، اجزای فلزی سازه ها و تأسیسات اطفای حریق در نظر گرفته شوند .
اتصالات انشعابی باید از شینه اصلی اتصال به زمین برای هریک از دستگاه‌های تأسیسات برده شوند .
در صورتی که چند دستگاه در کنار یکدیگر قرار داشته باشند ، به جای انشعابات طولانی از شینه اصلی ، از یک حلقه کمکی با انشعابات کوتاه استفاده شود .
قسمت‌های هادی بیگانه سیستم باید به کلیه بدنه های هادی که به طور همزمان در تماس هستند ، اتصال فلزی مستقیم داشته باشند .

اگر این اتصال از طریق تجهیزاتی که به قسمت‌های فولادی مشترک وصل است ، امکان پذیر نباشد ، باید بدنه های هادی و قسمت‌های هادی بیگانه با استفاده از سیم‌های همبندی به یکدیگر متصل شوند .
در مواردی که دو یا چند ایستگاه در نزدیکی یکدیگر قرار داشته و یک واحد به حساب آیند ، سیستم‌های زمین آنها باید با یکدیگر همبندی شوند ؛ به طوری که کل منطقه تحت تأثیر یک سیستم زمین قرار گیرد . اگر ایستگاهها دارای فصل مشترکی با یکدیگر باشند ، دو جبهه مماس سیستم‌های زمین

آنها باید به یکدیگر وصل شوند تا کل منطقه با یک سیستم زمین پوشش داده شود. در صورتی که فاصله بین دو ایستگاه آن قدر زیاد باشد که نتوان آنها را دو ایستگاه مجاور هم به حساب آورد، هادی زمین رابط با سطح مقطع کافی باید پیش بینی شود تا اطمینان حاصل شود که جریان اتصالی از طریق زره یا غلاف کابل‌ها برقرار نخواهد شد (به دلیل جلوگیری از آسیب دیدن عایق کابل در اثر ایجاد حرارت جریان اتصالی، زیرا هادی تحمل گرمای زیاد را دارد).

در کارخانه‌ها برای اتصال زمین پست‌ها به یکدیگر نمی‌توان از زره یا غلاف کابل‌ها استفاده نمود. در کارخانه‌هایی که دو پست یا بیشتر، سالن واحدی را که دارای اسکلت فلزی است تغذیه می‌کنند، وجود سیم رابط الزامی است و استفاده از اسکلت فلزی کافی نیست. زیرا مقاومت آهن از سیم مسی بالاتر است. اگر دو پست مجزا هر کدام ساختمان مجزایی را که دارای اسکلت فلزی است، تغذیه کنند، برای اتصال دو پست به یکدیگر باید از سیم رابط مسی با سطح مقطع کافی جهت اتصال نولهای دو پست به یکدیگر استفاده نمود و اتصال دو اسکلت فلزی به وسیله یک هادی با سطح مقطع کافی به صورت هوایی یا زمینی کافی نیست.

اتصال زمین کارخانه‌های مجاور (همسایه) - با پستهای مجزا - به یکدیگر منطقی نیست و تنها در صورت توافق مالکین می‌توان زمین‌های آنها را به یکدیگر متصل کرد.

برای جلوگیری از ایجاد جرقه (در اثر اختلاف پتانسیل)، صاعقه گیر، مخازن مواد شیمیایی قابل اشتعال و اتصال به زمین برق - در صورتی که زمین آنها یکی باشد باید همبندی شوند.

نکته :

در صورت جدا بودن زمین منابع شیمیایی آتش‌زا می‌توان اتصال به زمین جداگانه‌ای را برای آنها در نظر گرفت.

• انتخاب و نصب هادی زمین

هادی زمین (سیم اتصال به زمین) قسمتی از سیستم اتصال زمین است که الکتروود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می‌کند.

از آلومینیوم لخت یا آلومینیوم داری پوشش مس نباید در تماس با زمین چه به عنوان الکتروود و چه به عنوان هادی زمین استفاده کرد. در محیط‌های مرطوب نیز نباید از این مواد به عنوان هادی زمین استفاده نمود. سیم هادی زمین (سیم اصلی اتصال به زمین) باید از نظر مکانیکی استحکام لازم را داشته باشد. هادی اتصال به زمین باید در مقابل خوردگی شیمیایی و الکترو شیمیایی استحکام لازم را داشته باشد.

نکته :

منظور از خوردگی شیمیایی اثر مواد شیمیایی خاک بر روی فلز هادی اتصال زمین و منظور از خوردگی الکترو شیمیایی تشکیل پیل به وسیله فلزات ناهمگون در زمین است. (مانند مس و فولاد که مس نسبت به فولاد قطب مثبت تشکیل داده ، سبب خوردگی سریع خواهد شد) .

برای اطمینان از استحکام سیم اتصال به زمین سطح مقطع آن طبق جدول 3 انتخاب می شود. سیم لخت اتصال زمین تا حد امکان نباید از داخل لوله های فلزی عبور کند . زیرا قبل از اتصال سیم ارت به شینه اتصال به زمین (ارت) ، سیم اتصال زمین (ارت) نباید با زمین اتصال داشته باشد و در صورت استفاده از لوله های فلزی امکان اتصال وجود دارد.

نکته :

تنها در جاهایی که امکان آسیب دیدن سیم حفاظتی وجود دارد ، استفاده از لوله فلزی پیشنهاد می شود. هادی مسی لخت نباید در طول مسیر تا محل اتصال به هادی خنثی با هادی خنثی یا زمین ، تماس الکتریکی داشته باشد . زیرا اگر مقاومت الکتروود زمین زیاده از حد مجاز شود ، یا سیم اتصال زمین از الکتروود ارت قطع گردد ، به هنگام اتصال کوتاه ایجاد ولتاژ تماس خواهد کرد .

چنانچه سطح مقطع هادی های فاز کمتر از 10 میلیمتر مربع باشد ، هادی خنثی (نول) و حفاظتی (ارت) باید از یکدیگر مجزا باشند و در مورد سطح مقطع هادی های فاز برای 10 میلیمتر مربع و بیشتر می توان از یک هادی مشترک به عنوان هادی خنثی (نول) و حفاظتی استفاده کرد.

جدول 3: سطح مقطع سیم‌های به کار رفته در سیستم اتصال به زمین (mm^2)

سیم فاز	سیم حفاظتی عایق دار		سیم مسی تخت	
	سیم عایق‌دار	کابل 4 رشته ای	با حفاظت مکانیکی	بدون حفاظ مکانیکی
1/5	4	4	4	4
2/5	4	4	4	4
4	4	4	4	4
6	6	6	4	4
10	10	10	6	6
16	16	16	10	10
25	16	16	16	16
35	16	16	16	16
50	25	25	25	25
70	35	35	35	35
95	50	50	50	50
120	70	70	50	50
150	70	70	50	50
185	95	95	50	50
240	---	120	50	50
300	---	150	50	50
400	---	185	50	50

وجود شینه اتصال به زمین (ارت) در تابلوی اصلی الزامی است ، به طوری که سیم اتصال به زمین از الکترود به این شینه آمده و سپس از ترمینال اصلی به قسمت‌های مختلف منتقل می‌شود.

وجود شینه نول در تابلوی اصلی الزامی است .

در سیستم TN-C-S که در اکثر موارد مورد استفاده است ، اتصال شینه نول به شینه ارت در تابلوی اصلی - و فقط در تابلوی اصلی - الزامی است .

با توجه به اینکه شینه نول از طریق سیم اتصال زمین به بدنه تابلو وصل است ، برای تسهیل در عیب یابی آن را باید روی مقره عایق سوار کنند.

سیم‌های اتصال به زمین (ارت) را می‌توان از شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) به صورت دسته‌ای به قسمت‌های فلزی هر جزء از تجهیزات وصل کرد .

در صورت دفن سیم‌های ارت فولادی یا مسی لخت در زمین، اگر این سیم‌ها به منظور کاهش مقدار مقاومت اتصال به زمین ایستگاه در نظر گرفته شده باشد (به عنوان الکتروود محسوب شود) ، باید حداقل در عمق 25 سانتیمتری زمین دفن کرد .

از سیم آلومینیوم نمی‌توان به عنوان سیم ارت دفن شده در زمین استفاده کرد.

نکته :

از سیم آلومینیومی تنها در صورتی می‌توان در زیر سطح زمین استفاده کرد که در برابر تماس با خاک و رطوبت حفاظت شده یا دارای غلاف مناسب باشد.

هنگام دفن سیم‌های چند مفتولی باید دقت شود که مفتول‌ها از یکدیگر جدا نشده و شکل اصلی سیم حفظ شود .

اگر سیم‌های ارت مدفون در زمین در برابر خوردگی حفاظت شده باشد ، اما دارای حفاظت مکانیکی نباشد ، برای مس و فولاد گالوانیزه گرم ، سطح مقطع باید بیش از 16 میلیمتر باشد.

در صورتی که سیم مدفون در زمین در برابر خوردگی حفاظت نشده باشد ، سطح مقطع برای سیم مسی باید بیش از 25 میلیمتر مربع و برای سیم فولادی بیش از 50 میلیمتر مربع باشد .

ضخامت سیم تسمه ای بی حفاظ دفن شده در زمین برای فولاد گالوانیزه نباید از 3 میلیمتر کمتر باشد .

ضخامت سیم تسمه ای بی حفاظ دفن شده در زمین برای مس نباید کمتر از 2 میلیمتر باشد .

هنگام اتصال سیم اصلی اتصال زمین (ارت) به الکتروود، مواد به کار رفته در اتصالات باید با مواد بکار رفته در الکتروود و سیم اتصال به زمین سازگار باشد تا میزان خوردگی گالوانیک به حداقل برسد .

مواد بکار رفته در اتصالات باید از نظر استحکام مکانیکی مقاوم باشند و به گونه ای محکم اتصال را برقرار نمایند .

اتصال الکتروودهای صفحه مسی به سیم اتصال به زمین باید از نوع اتصال دهنده مسی ، جوش یا پرچ باشد . محل این اتصال باید با پوشش ضخیمی از قیر یا مواد مناسب دیگر حفاظت شود .

برای اتصال انشعابی سیم‌های چند مفتولی به سیم اصلی اتصال زمین می‌توان از اتصالات نوع فشاری (کلمپ) استفاده نمود .

در صورت استفاده از بسته‌های پیچی ، پیچ‌ها باید گشتاوری حداقل برابر 20 نیوتن – متر را تحمل کنند .

در صورت استفاده از تسمه به عنوان سیم اتصال به زمین و اتصال آن به تجهیزات نباید تسمه را برای پیچی که قطر آن از یک سوم پهنای تسمه بیشتر است، سوراخ کرد.

اتصالات آلومینیوم به آلومینیوم می‌تواند با استفاده از روشهای جوش قوس تنگستن – گاز خنثی (TIG)، یا جوش قوس فلز – گاز خنثی (MIG)، جوشکاری با گاز اکسی استیلن یا لحیم سخت یا لحیم سرد پرسی، اتصال پرسی و اتصال پیچی انجام شود.

اتصال بین آلومینیوم و مس باید از نوع پیچی، جوش سرد و یا جوش مالشی باشد و در ارتفاع حداقل 250 میلیمتری از سطح زمین قرار گرفته باشد.

اتصالات بین مس و مس می‌تواند با یکی از روشهای لحیم کاری سخت فاقد روی با نقطه ذوب حداقل 600 درجه سانتیگراد، پیچ کردن، لحیم کاری فشاری، جوشکاری حرارتی و جوشکاری پرس سرد انجام شود. هنگام اتصال سیم اتصال به زمین (ارت) به تجهیزات، اگر فلز رنگ شده باشد، باید هنگام وصل به قسمت‌های فلزی گالوانیزه، قلع اندود کرد.

در تأسیساتی که اتصال سیم همبندی اتصال زمین به تجهیزات در معرض خوردگی قرار دارد، باید از طریق رنگ ماستیک قیری یا لفاف قیری یا لفاف حفاظتی مناسب این اتصالات حفاظت شوند.

اتصالات زمین به برقگیرها باید دارای سطح مقطع کافی بوده و تا حد امکان راست و مستقیم باشد و این اتصالات نباید از لوله های آهنی یا سایر اجزای آهنی یا فولادی – که باعث افزایش امپدانس ضربه می‌شوند- بگذرد.

اتصالات سیم اتصال به زمین به تجهیزات تا حد امکان باید به گونه ای باشد که سطوح تماس در یک صفحه قائم قرار گیرند.

در مواردی که از غلاف فلزی و زره فلزی کابل استفاده شود، غلاف و زره باید با لحیم کاری به یکدیگر همبندی شده و اتصال اصلی هادی حفاظتی به کابل با لحیم کاری به زره انجام شود.

• اندازه گیری مقاومت الکتریکی الکتروود زمین

منظور از مقاومت الکتروود، مقاومت حجم خاکی است که الکتروود را احاطه می‌کند و به اصطلاح حوزه مقاومت الکتروود زمین گفته می‌شود.

هنگام اندازه گیری مقاومت الکتریکی الکتروودهای اتصال به زمین، در صورتی که به هیچ عنوان امکان جدا سازی الکتروودها و اندازه گیری مقاومت الکتریکی مستقل آنها وجود نداشته باشد، با در نظر گرفتن کلیه اصول ایمنی و حصول اطمینان از پیوستگی، اندازه گیری مقاومت کل کافی است.

هنگام اندازه گیری مقاومت الکتریکی الکتروود اتصال به زمین ، به هیچ عنوان باز کردن نول ورودی (نول اداره برق) مجاز نیست.

در کارخانه هایی که دارای چاه‌های اتصال به زمین متعدد هستند، با حصول اطمینان از پیوستگی همه آنها مقاومت کل اندازه گیری می‌شود.

در کارخانه‌هایی که قطع برق آنها به هیچ عنوان مجاز نیست ، ابتدا باید مقاومت کل اندازه گیری شود و در صورتی که این مقدار زیر یک اهم باشد ، با اطمینان از همبندی کامل می توان چاهها را تک تک از مدار خارج کرد و مقاومت الکتریکی مستقل آنها را اندازه گیری نمود .

در کارخانه هایی که الکتروودهای قابل قبول چاه و اسکلت فلزی توأمأ مقاومتی زیر حد مجاز دارند ، با در نظر گرفتن کلیه موارد ایمنی و پیوستگی موضوع حل می‌شود .

در شرایط اضطراری و استثنایی با تبعیت از رابطه ذیل مقاومت بیش از 2 اهم قابل قبول است. «هرگاه برای مجری مقررات ثابت شود که در یک منطقه ، مقاومت اتصال اتفاقی بین یک هادی فاز و جرم کلی زمین (از راه تماس مستقیم هادی فاز با زمین یا هادیهای بیگانه که به هادی خنثی یا حفاظتی وصل نیستند) از 7 اهم بیشتر است ، مجری مقررات می تواند به جای 2 اهم کل مقاومت مجاز نسبت به جرم کلی در آن منطقه مقدار جدیدی را که از رابطه ذیل بدست می آید ، مجاز اعلام کند :

$$RS < RE \times \frac{50}{U_0 - 50}$$

که در آن :

RS = مقاومت کل مجاز جدید (به جای 2 اهم) بر حسب اهم

RE = مقاومت اتفاقی اتصال فاز به زمین (مقدار تجربی آماری)

U_0 = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثای سیستم (220 ولت در موارد عادی) بر حسب ولت

50 = ولتاژ مجاز تماس بر حسب ولت

• اتصال به زمین تجهیزات تولید برق

اتصال به زمین تجهیزات تولید برق برای محدود کردن پتانسیل هادیهای حامل جریان نسبت به جرم کلی زمین انجام می شود و این کار به منظور حفاظت در برابر خطر برق گرفتگی در اثر تماس غیر مستقیم ضروری است .

حفاظت از مولدهای برق از طریق اتصال بدنه های هادی مولد و قسمت‌های هادی بیگانه به ترمینال اصلی اتصال به زمین انجام می شود .

ترمینال اصلی اتصال به زمین به یک الکتروود اتصال به زمین مستقل متصل می‌شود و در موارد مقتضی به سایر امکانات اتصال به زمین مربوطه به تأسیسات وصل می‌گردد.

در مواردی که تأسیسات با بیش از یک منبع انرژی تغذیه شوند (مانند برق شهر و یک مولد) سیستم اتصال به زمین باید طوری طراحی شود که هر یک از منابع بتوانند مستقل از منابع دیگری کار کنند و اتصال به زمین خود را حفظ کنند.

بهتر است برای هر مولدی که تأسیسات متصل به شبکه توزیع برق عمومی را تغذیه می‌کند، اتصال به زمین مستقل انتخاب شود.

در ماشین‌های مولد فشار ضعیف سنکرون یا آسنکرون که با برق شبکه تحریک می‌شود، اگر در سیم پیچهای ماشین نقطه خنثی وجود داشته باشد، این نقطه نباید اتصال زمین شود و بدنه های هادی و قسمتهای هادی بیگانه باید به ترمینال اصلی اتصال به زمین تأسیسات وصل شوند.

در مورد مولد هایی که می‌توانند مستقل از منبع برق شبکه کار کنند، اگر تنها یک مولد وجود داشته باشد، هر دو اتصال زمین حفاظتی و اتصال زمین سیستم از طریق وصل نقطه خنثای مولد به بدنه مولد و قسمتهای هادی بیگانه به یک ترمینال اصلی اتصال زمین با استفاده از یک الکتروود اتصال زمین مستقل ایجاد شوند.

در مورد مولدهایی که به عنوان منبع ذخیره یا منبع اضطراری بکار می‌روند، گر تنها یک مولد فشار ضعیف وجود داشته باشد، نقطه خنثای سیم پیچهای آن، بدنه مولد، کلیه قسمتهای هادی در دسترس و قسمتهای هادی بیگانه باید به ترمینال اصلی اتصال زمین وصل شوند و این ترمینال اتصال زمین باید به یک الکتروود اتصال به زمین مستقل وصل گردد.

در صورتی که چند مولد به طور موازی به یکدیگر متصل باشند، اتصال زمین حفاظتی بدنه های مولد و قسمتهای فلزی مربوط به آن، مشابه اتصال زمین مربوط به یک مولد خواهد بود. ولی اتصال زمین سیستم برای سیم پیچها، تحت تأثیر جریانهای دوار قرار خواهد داشت (به دلیل امکان وجود جریان در سیمهای اتصال زمین).

برای رفع مشکل جریان جاری شده در سیم اتصال به زمین سیم پیچهای چند مولد که به طور موازی به یکدیگر وصل شده‌اند، روشهای ذیل را می‌توان بکار برد:

الف) وصل یک ترانسفور ماتور اتصال زمین خنثی بین فازها و زمین؛

ب) وصل نقطه خنثای مولدها به یکدیگر و اتصال نقطه خنثای یک مولد به سیم ارت؛

ج) استفاده از یک رآکتور مناسب در محل وصل خنثای هر مولد که باعث تضعیف

جریانهای

فرکانس بالا شود ، بدون آنکه امیدانس قابل توجهی را در فرکانس اصلی از خود نشان دهد.

در مولدهای سه فاز سیار فشار ضعیف ، سیم پیچهای مولدی را که تازه از کارخانه تحویل داده شده اند ، نمی توان به بدنه ماشین وصل کرد. در این حالت ترمینالهای سه فاز و اتصالات نقطه خنثی باید جداگانه به جعبه ترمینال مولد یا پریز خروجی وصل شوند. همچنین نقطه ستاره سیم پیچهای مولد باید به یک نقطه مرجع مشترک وصل شود.

نکته :

نقطه مرجع مشترک از اتصال بدنه مولد کلیه قسمت‌های فلزی در دسترس، زیر بدنه یا شاسی وسیله نقلیه و کلیه سیم‌های حفاظتی به یکدیگر ایجاد می‌شود و در صورت امکان باید به نقطه اتصال زمین هم وصل شوند.

در مولدهای سیار سه فاز فشار ضعیف بهتر است که جعبه ترمینال یا پریز خروجی دارای پنج اتصال باشد : یک اتصال مجزا برای سیم اتصال زمین و چهار اتصال عادی برای سه فاز و نول.

در مولدهای سیار سه فاز فشار ضعیف چنانچه فقط چهار اتصال وجود داشته باشد ، از مولدها باید صرفاً برای تأمین بارهای سه فاز متعادل استفاده کرد و اتصال چهارم برای سیم اتصال زمین در نظر گرفته شود .

در مولد های سیار سه فاز فشار ضعیف با چهار اتصال ، اتصال چهارم و سیم آن نباید به عنوان سیم مشترک ارت – نول (PEN) مورد استفاده قرار گیرد ، زیرا در صورت قطع این سیم احتمال بروز خطر وجود خواهد است .

اتصال بین نقطه مرجع مشترک و اتصال زمین واقعی در محل مولد ضروری است و بین نقطه خنثی و اتصال زمین در محل مصرف از وسیله حفاظتی جریان پسماند نباید اتصال برقرار شود.

کلیه کابل‌های سه فاز بهتر است دارای چهار رشته باشند و به پرده فلزی قابل انعطاف یا زرهی از سیم‌های فولادی مجهز باشند تا بتوانند به عنوان سیم اتصال به زمین مورد استفاده قرار گیرند .

در مولد های تک فاز نیز باید کابل مجهز به پرده فلزی قابل انعطاف یا زرهی از سیم‌های فولادی باشد تا بتواند به عنوان یک هادی حفاظتی مجزا عمل کند .

در مواردی که به دلیل طولانی بودن کابل ، مقاومت زره یا پرده فلزی آن افزایش یابد ، دستیابی به یک امیدانس پایین برای حلقه اتصال به زمین را مشکل می سازد ، باید از کابل پنج رشته ای برای سه فاز (و کابل سه رشته‌ای برای تک فاز) استفاده شود ، به طوری که سیم اضافی را بتوان به صورت موازی با پرده فلزی وصل نمود

در مورد کابل‌های فاقد پرده فلزی یا غلاف سیمی ، این کابل‌ها باید از نوعی انتخاب شوند که روکش آنها در برابر سایش مقاوم باشد و به سیم اتصال به زمین جداگانه مجهز باشد.

در مواردی که ممکن است کابل‌ها و تجهیزات در معرض خطر آسیب دیدگی قرار گیرند، می‌توان نوعی حفاظت تکمیلی را به کمک وسیله حفاظتی جریان پسماند (RCD) پیش بینی کرد. این وسیله نه تنها باید هنگام وقوع اتصالی بین سیم فاز و اتصال زمین یا بدنه فلزی عمل کند، بلکه باید خطر برق گرفتگی ناشی از تماس افراد با سیم‌های برقدار کابل‌های آسیب دیده فاقد زره یا تجهیزاتی را که کاملاً توسط محفظه فلزی پوشیده نشده‌اند، کاهش دهد.

• اتصال به زمین داربستهای موقت و سازه های فلزی

سازه هایی که به کمک اتصال پیچی یا بستهای پیچی سوار می شوند، با توجه به تعداد اتصالات، مسیرهای متعددی با مقاومت نسبتاً مطلوب ایجاد می کنند، اما نباید این سازه موقت فلزی را به نحوی موثر متصل به زمین دانست.

در صورتی که سازه های موقت حامل مدارهای روشنایی یا مصارف کوچک باشد، توصیه می شود که سازه با سیم حفاظتی همبندی شود.

در سازه های موقت چنانچه ولتاژ کار مدار کمتر از 50 ولت (AC) باشد، نیازی به همبندی نیست. برای استفاده از ولتاژ کار بیشتر از 50 ولت (AC)، سازه فلزی به عنوان قسمتی از هادی بیگانه محسوب شده و باید با سیم حفاظتی همبندی شود.

در صورتی که سازه موقتی در کنار ساختمان بلندی نصب شده باشد، این سازه فلزی موقت باید در برابر صاعقه نیز حفاظت شود. برای حفاظت سازه موقت فلزی در برابر صاعقه، باید این سازه، هم در بالاترین نقطه نزدیک به ساختمان و هم در سطح زمین و یا در نزدیکی آن به یک یا چند سیم حفاظتی وصل شود.

سازه های فلزی موقت ممکن است برای حفاظت کافی در برابر صاعقه به الکترودهای ارت جداگانه نیاز داشته باشند که این امر به ساختار پی‌ها و پایه‌های موقت بستگی دارد.

• حریم مجاز شبکه های هوایی:

فاصله افقی هر شبکه هوایی از شبکه هوایی مجاور یا از ساختمان مجاور یا دیوار پیاده روها و یا درختان اطراف نباید از حداقل استاندارد شده کمتر باشد. در شبکه های هوایی جهت حفاظت خطوط و اشخاص دو حریم داریم که اندازه های مجاز هر یک مطابق استاندارد شماره 5 و 6 وزارت نیرو عبارتند از:

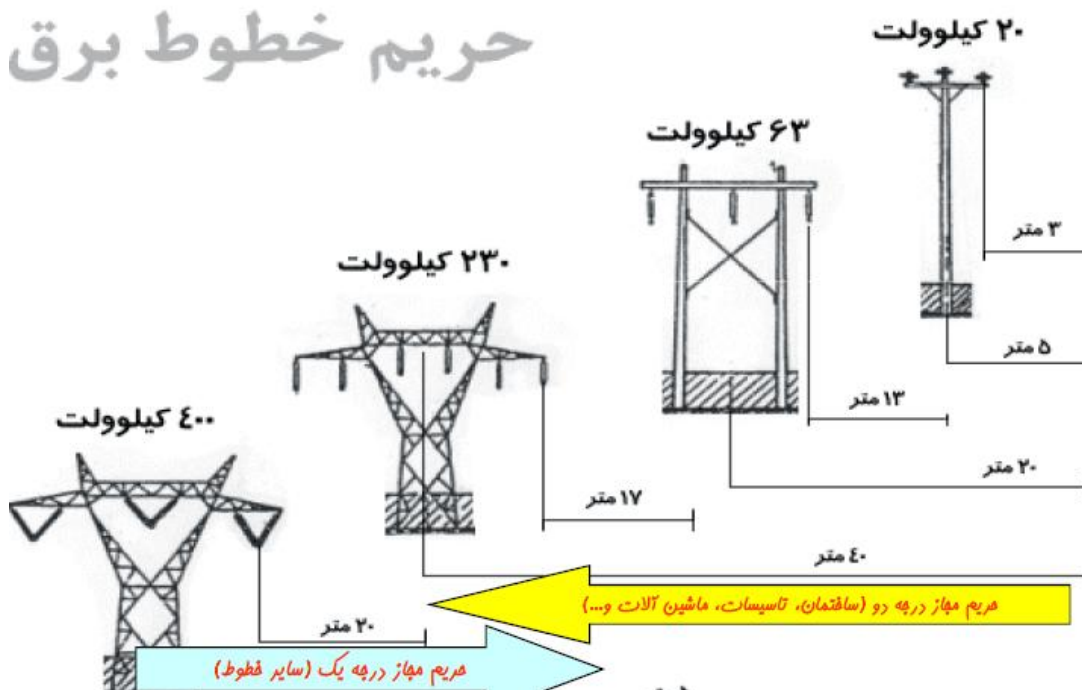
حریم مجاز درجه یک: فاصله افقی یک شبکه از شبکه مجاورش به عنوان مثال برای شبکه تا سطح 20 کیلوولت حداقل 5 متر می باشد.

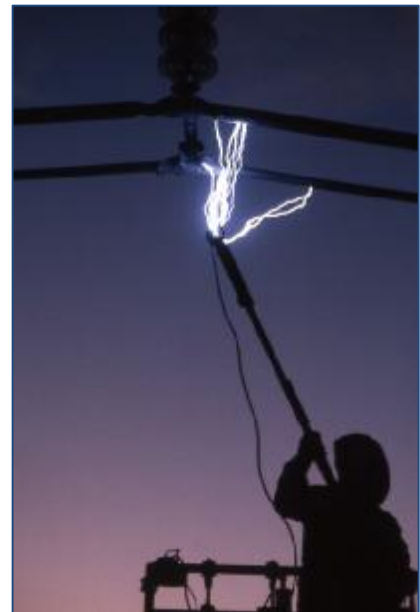
حریم مجاز درجه دو: فاصله افقی یک شبکه از ساختمان‌ها یا دیوار پیاده روها یا درختان اطراف

می باشد که حداقل باید $1/3$ متر برای فشار ضعیف ، 3 متر برای شبکه 20 ولت می باشد. فاصله مجاز نزدیک شدن به دستگاههای برقدار برای ایمنی کامل همه باید در حداقل مقادیر زیر مراعات شوند . و در مواردی که تجاوز از این حدود الزامی داشته باشد باید افراد ورزیده را بکار گماشت . این حدود کمترین فاصله است که باید بین هر یک از اعضاء بدن یا وسایل فلزی که با بدن تماس دارند و سیم‌های برقدار وجود داشته باشد.

ولتاژ نامی بین دو فاز	کمترین فاصله مجاز برای نزدیک شدن (متر)
600 تا 14000 ولت	0/6 متر
14000 تا 27000 ولت	0/9 متر
27000 تا 47000 ولت	1/2 متر
47000 تا 115000 ولت	1/5 متر
115000 تا 230000 ولت	2/1 متر
230000 تا 345000 ولت	3 متر
345000 تا 600000 ولت	4/5 متر

حریم خطوط برق





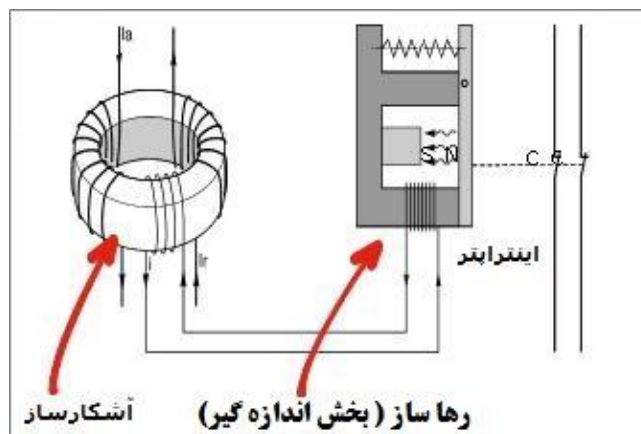
• نصب علامت مشخصه (پلاک):

- تجهیزات الکتریکی باید یک صفحه مشخصات پلاک داشته باشند که دارای نام تولیدکننده، علامت تجاری یا علائم تشریحی دیگر باشند تا مقام مسئول تولیدکننده آن تجهیزات معین باشد.
- ولتاژ، جریان، توان و سایر مشخصات نامی تجهیزات الکتریکی باید به یک روش مناسب روی آن نصب شود.
- جنس صفحه مربوط به مشخصات دستگاه (پلاک) باید در برابر شرایط محیطی مقاوم باشد.
- صفحه مربوط به مشخصات دستگاه نباید از روی دستگاه برداشته شود، روی آن نباید پوشانده و یا نقاشی شود.

• رله‌های نشت جریان (کلیدهای محافظ جان - RCD)

- رله‌های نشت جریان (کلیدهای محافظ جان - RCD) برای حفاظت از افراد در برابر تماس مستقیم و غیر مستقیم بکار می‌رود و در صورت تشخیص نشتی جریان، برق را قطع می‌کند و از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

- **آشکارساز جریان نشتی (Detector):** وظیفه‌ی ردیابی جریان نشتی را برعهده دارد این قسمت توسط یک ترانس جریان (CT) انجام می‌شود.
- **اندازه‌گیر جریان نشتی (Measuring):** جریان نشتی در مدار را با جریان حد که همان حساسیت کلید و یا آستانه قطع است، مقایسه می‌کند.
- **واحد قطع مدار (Tripping):** اگر نشتی اندازه‌گیری شده، بیشتر از حساسیت کلید محافظ جان باشد، مدار را قطع می‌کند.



• سیم‌کشی (RCD) :

- استفاده از RCD به عنوان جایگزین سیستم اتصال به زمین برای حفاظت در برابر برق گرفتگی ممنوع است و فقط به عنوان حفاظت مضاعف می‌توان از آنها استفاده نمود.
- مقادیر استاندارد جریانهای نامی RCD ها عبارتند از 10 mA ، 30 mA ، 100 mA و 300 mA که حداکثر مقدار این جریان برای حفاظت افراد باید 30 میلی آمپر در نظر گرفته شود و حداکثر مقدار جریان نامی RCD برای جلوگیری از آتش سوزی باید 300 میلی آمپر باشد.
- در انتخاب RCD ها باید به موارد زیر توجه شود:
- * نوع سیستم اتصال به زمین (IT, TT یا TNCS)
- * فرکانس و ولتاژ تغذیه
- * ماگزیمم جریان باری که RCD به آن متصل است
- * نوع بار
- * نوع حفاظت مورد نیاز ؛ منظور از حفاظت مورد نیاز یکی از موارد ذیل است ؛ جلوگیری از آتش سوزی ، حفاظت در برابر تماس مستقیم و غیر مستقیم ، حفاظت در برابر جریانهای نشتی AC و یا حفاظت در برابر هر دو نوع جریان نشتی AV و DC
- * نیاز یا عدم نیاز به استفاده از RCD های مختلف و پیاپی برای مدارهای مختلف
- RCD ها قبل از استفاده و پس از نصب در فواصل زمانی معین و منظم باید آزمایش شوند تا از صحت عملکرد آنها اطمینان حاصل شود
- تمام تجهیزات سیار الکتریکی در کارگاههای ساختمانی باید به یک RCD ثابت با جریان نامی حداکثر 30 میلی آمپر مجهز شوند.
- در مکانهای مرطوب که احتمال شوک الکتریکی بالاست ، باید از RCD ها به عنوان حفاظت مضاعف (به همراه اتصال به زمین) استفاده کرد . مانند ماشین های رختشویی (از جمله رختشویخانه های بیمارستانها و
- هتل ها) ، کتریهای برقی ، دستگاههای یخ ساز ، دستگاههای موجود در آشپزخانه ها و همچنین حمامهای کارخانه ها
- در جوشکاری دستی ، جریان نشتی بین سیم الکتروود جوشکاری و سیم برگشتی به زمین منجر به قطع شدن پیاپی RCD خواهد شد. لذا در جوشکاری دستی استفاده از RCD مجاز نیست .

• نصب و استفاده از تجهیزات الکتریکی و سیم کشی :

- تجهیزات مورد استفاده برای هدف یا کاربرد معین باید متناسب با آن هدف یا کاربرد خاص باشند و با استانداردهای الکتریکی مطابقت داشته باشند.
- تجهیزات و دستگاههای الکتریکی باید از نظر نوع ، اندازه ، ولتاژ ، ظرفیت جریان و موارد استفاده خاص مشخص و طبقه بندی شوند.
- مشخصات تجهیزاتی که برای قطع جریان در سطوح جریان ناشی از عیب مدار بکار می روند ، باید با ولتاژ نامی مدار و جریانی که در ترمینالهای خط تجهیزات جاری است ، مطابقت داشته باشند.
- هیچ یک از سیمها ، هادیها و یا تجهیزات الکتریکی نباید در مکانهای مرطوب یا خیس قرار داده شوند ؛ مگر اینکه به طور مشخص برای کاربرد در چنین محیطهایی ساخته شده باشند . مثل تجهیزات مجاور استخرهای شنا و نواحی ساحلی.
- هیچ یک از سیمها ، هادیها یا تجهیزات الکتریکی نباید در معرض گازها ، فیومها ، بخارات ، مایعات یا عوامل خورنده دیگر قرار گیرند ؛ مگر اینکه به طور مشخص برای کار در چنین محیط هایی طراحی و ساخته شده باشند . مثل محیطهای بسته بندی گوشت ، انبار کودهای شیمیایی ، نمک و مواد اولیه شیمیایی.
- هر گونه درب و پنجره و منافذ بلااستفاده در جعبه تقسیم ها ، تابلوهای برق ، کابینتها و محافظهای دیگر تجهیزات الکتریکی باید بسته شوند تا حفاظت لازم تامین شود.
- قسمت‌های داخلی تجهیزات الکتریکی شامل شینه‌های اصلی ، ترمینال‌های سیم کشی، عایق‌ها و سطوح دیگر نباید صدمه دیده باشند و یا با مواد خارجی مثل رنگ ، پاک کننده‌ها ، گچ ، ساینده ها یا مواد خورنده دیگر آلوده شوند.
- تجهیزات الکتریکی که دارای منافذ تهویه هستند، باید طوری نصب شوند که دیوارها و موانع دیگر مانع گردش آزاد هوا نشوند.
- اتصال سیمها به ترمینال‌ها باید یک اتصال مطمئن باشد و به هادیها صدمه نزنند.
- اتصال سیمها یا کابلها به یکدیگر باید با ابزار مناسب انجام شود.
- اتصال سیمها یا کابلها به کمک جوش یا لحیم با یک فلز یا آلیاژ زودگداز مجاز است .
- همه اتصالات و انتهای آزاد سیمها باید با یک ماده عایق متناسب با آن سیم پوشانده شوند.
- در محل ورود به اتاقها یا محل‌های حفاظت شده دیگر که قسمت‌های برق‌دار روباز دارند ، باید علائم هشدار دهنده مبنی بر ممنوع بودن ورود افراد غیر مجاز نصب شود.

- محل قرار گرفتن تجهیزات الکتریکی با ولتاژهای فشار ضعیف مثل پستها ، محل نگهداری ترانسفورماتور و... نباید برای انبار کردن اشیاء متفرقه استفاده شود.

- در اطراف تجهیزات الکتریکی باید فضای کار مناسب برای عملکرد ایمن و نگهداری آنها در نظر گرفته شود.

- برای دسترسی به فضای کار اطراف تجهیزات الکتریکی حداقل با یک ورودی مناسب در نظر گرفته شود.

• لوازم الکتریکی ضد انفجار:

لوازمی هستند که داخل یک محفظه محصور شده‌اند ؛ به طوری که این محفظه قابلیت مقاومت در برابر انفجار ناشی از گاز یا بخار مشخص (که ممکن است داخل آن اتفاق بیفتد) را داراست . همچنین این محفظه قابلیت جلوگیری از شعله ور شدن یک گاز یا بخار معین در اطراف حصار در اثر جرقه یا انفجار گاز یا بخار درونی را دارد و در دمای محیطی کار می‌کند که یک محیط آتش گیر نمی تواند شعله ور شود.

قسمتهای برق‌دار تجهیزات الکتریکی که با ولتاژهای بیش از 50 ولت کار می‌کنند ، باید به یکی از روش‌های زیر در برابر تماس تصادفی محافظت شوند :

1- قرار دادن در یک محفظه یا تابلوی مناسب

2- قرار دادن داخل یک اتاق یا حصارهای مشابه ، به طوری که فقط افراد ذیصلاح به آن دسترسی داشته باشند.

3- محصور کردن توسط تیغه‌های دایمی به طوری که از دسترسی افراد متفرقه دور باشد و اندازه درب‌ها و محل قرار گرفتن آنها به گونه‌ای باشد که از تماس تصادفی افراد با قسمت‌های برقدار و یا تماس هادی‌ها با آنها جلوگیری می شود.

4- قرار دادن روی یک سکوی مناسب

5- قرار دادن در ارتفاع بیش از 2/5 متر

- برای تمام فضای کار اطراف تجهیزات سرویس دهی ، تابلوکلیدها یا مراکز کنترل موتور باید روشنایی کافی در نظر گرفته شود.

- در اتاقهای تجهیزات برق ، کنترل روشنایی نباید به صورت خودکار انجام گیرد و امکان کنترل دستی آن باید فراهم شود.

- تجهیزات الکتریکی خارج از ساختمان باید در داخل حصارهای مناسبی نصب شوند به طوری که از تماس تصادفی افراد غیر مجاز یا وسایل حمل و نقل یا نشتی سیستم‌های لوله کشی حفاظت شوند.

- در محل ورودی برق به کارگاه، ساختمان یا هر سازه دیگر باید وسیله ای برای قطع کلیه هادی‌ها از سیم های ورودی برق تعبیه شود.

- وسیله قطع برق ورودی باید تا حد امکان به محل ورودی برق نزدیک باشد.
 - به جز فیوزهای ورودی برق ، همه فیوزهایی که در دسترس افراد غیر مجاز قرار دارند و نیز همه فیوزها و قطع کننده های حرارتی باید به وسایل قطع جریان اضافی تجهیز شوند.
 - وسایل قطع اضافی باید در محلی قرار گیرند که دسترسی سریع به آنها توسط همه کارکنان در زمان وقوع مشکل امکان پذیر باشد.
 - وسایل قطع جریان اضافی باید در محلی نصب شوند که در معرض صدمات فیزیکی نباشند. نصب این وسایل در محل عبور لیفتراک‌ها و بالابرها ممنوع است .
 - به دلیل امکان جرقه زنی فیوزها و قطع کننده های مدار ، نگهداری مواد سریع الاشتعال در مجاورت فیوزها و قطع کننده های مدار ممنوع است .
 - حصارها و حفاظهای فلزی تجهیزات الکتریکی باید اتصال به زمین موثر داشته باشند.
 - سینی های فلزی کابل ها ، حفاظهای فلزی سیم‌ها و مسیرهای فلزی عبور کابلها باید اتصال به زمین موثر داشته باشند.
 - کلیه جعبه تقسیم های فلزی باید به اتصال زمین مطمئن مجهز شوند.
 - همه اشیاء فلزی در دسترس ثابت باید به سیستم اتصال به زمین مطمئن وصل شوند .
 - هیچ سیمی نباید از داکتهای مخصوص خروج ذرات گردوغبار یا بخارات آتش گیر عبور داده شود.
 - هیچ سیم موقت یا دائمی نباید از داکتهای مخصوص تهویه عبور کند.
 - استفاده از سیم کشی های موقت فقط در طول دوره ساخت ، تعمیرات یا تغییرات و یا تخریب مجاز است .
 - بلافاصله پس از تکمیل ساختمان یا عملیات اجرایی روی آن ، سیم کشی موقت باید جمع آوری شود.
 - سیم کشی موقت برای چراغهای تزئینی به مناسبت جشنهای مختلف نباید بیش از 90 روز ادامه داشته باشند.
 - در انتخاب ضخامت سیمها باید تمام موارد زیر مورد توجه قرار گیرند:
- 1- ولتاژی که سیم باید تحمل کند.
 - 2- جریان الکتریکی عبوری از سیم ها .
 - 3- افزایش دما و رطوبت و عوامل محیطی دیگر.
 - 4- محل استفاده سیم
- برای جلوگیری از صدمه دیدن کابل‌ها در اثر ساییده شدن به لبه های تیز ورودی به تابلوها و جعبه تقسیم ها باید از کلمپهای لاستیکی استفاده شود. این وسیله باید سوراخی را که از آن عبور می‌کند، ببندد و در عین حال حفاظت لازم برای جلوگیری از سایش کابلها بوجود آورد.

- در سیستم‌های فشار قوی پوشش تابلوهای برق باید بر چسب دایمی (High Voltage) داشته باشد به طوری که کاملاً قابل رویت باشد.
- تابلوهای برق، جعبه تقسیم‌ها و نظایر آن که در مکانهای مرطوب نصب می‌شوند، باید طوری باشند که از نفوذ رطوبت به داخل آنها و تجمع آب جلوگیری شود.
- کلیدها، تابلو کلیدها و قطع کننده‌های مدار مورد استفاده در محیط‌های مرطوب باید از نوع مقاوم در برابر شرایط جوی انتخاب شوند.
- تابلو کلیدهایی که دارای قسمت‌های برقدار بدون روکش هستند، باید در جایی قرار گیرند که در معرض رطوبت نباشند.
- تابلو کلیدهایی که دارای قسمت‌های برقدار بدون روکش هستند، باید در یک اتاق یا محفظه‌ای که دارای قفل باشد و یا در محوطه حصارکشی شده نصب شوند و کلید قفلها باید تحت کنترل باشد تا فقط افراد آموزش دیده ذیصلاح مجاز به ورود به محوطه باشند.

• وسایل حفاظت فردی افراد برق کار:

- لباس کار افراد برقکار باید از پارچه نخی و بدون دکمه و زیپ فلزی باشد.
- لباس کار افراد برقکار تا حد امکان باید فاقد الیاف پلاستیکی یا دارای درصد بسیار کمی باشد تا قابلیت اشتعال آن پایین آید.
- لباس کار باید تا حد امکان دارای آستین بلند و دکمه سرمچ باشد و هنگام کار آستین‌ها و دکمه‌های لباس بسته باشد.
- کفش کار افراد برق کار باید بدون پنجه آهنی یا فولادی باشد و تا حد امکان از رویه چرمی و کف لاستیکی آجدار استفاده شود و ساق آن نیمه چکمه یا پوتین باشد تا پاها را بپوشاند.
- کلاه ایمنی برق کاران باید در مقابل جریان الکتریسیته عایق لازم را داشته باشد تا از ایجاد شوک الکتریکی در ناحیه سر پیشگیری شود.
- برای کار بر روی شبکه‌های برق باید از دستکش لاستیکی عایق با قدرت عایقی مناسب استفاده شود.
- برای کار بر روی شبکه‌های برق دار دستکش باید دارای ساق بلند باشد تا مچ و قسمت بالای آن را بپوشاند.