



جمهوری اسلامی ایران
وزارت کار و امور اجتماعی
معاونت روابط کار

ایمنی در برق

تهیه کنندگان: آقای مهندس علی گودرزی
خانم مهندس سودابه سلیمانی

فهرست

مقدمه

تعاریف

مفاهیم و اصطلاحات

سیستم های اتصال به زمین

انواع برق گرفتگی و روش های جلوگیری از آن

خطرات ناشی از جریان برق

سایر حفاظت های لازم برای ایجاد شرایط ایمن از نظر الکتریکی

مفاهیم بنیادین سیستم اتصال به زمین

سیستمهای اتصال به زمین

انواع الکتروود های مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین

مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکتروودها

الکتروود های متفرقه

همبندی سیستم

انتخاب و نصب هادی زمین

اندازه گیری مقاومت الکتریکی الکتروود زمین

اتصال به زمین تجهیزات تولید برق

اتصال به زمین داربستهای موقت و سازه های فلزی

آستانه احساس

آستانه قابلیت رها کردن

آستانه فیبر یلاسیون بطنی

دیگر اثرات جریان

انواع برق گرفتگی

حریم مجاز شبکه های هوایی

امداد و نجات در سانحه برقگرفتگی

جداسازی مصدوم

امداد رسانی به مصدوم

ماساژ قلبی

مراجع و ماخذهای مورد استفاده

مقدمه

مهم ترین سرمایه هر جامعه نیروی انسانی فعال آن است و با تکیه بر توان و تفکر این نیرو یک کشور می تواند در جهت توسعه گام بردارد. حال آن که همواره خطرات گوناگون این سرمایه ارزشمند را تهدید می کند. با توجه به این که انرژی برق یکی از اصلی ترین منابع انرژی در صنایع می باشد، مخاطرات ناشی از آن همواره خسارات جبران ناپذیری را به بار می آورد. آمار نشان می دهد که سالیانه در حدود ۷۱۴ نفر در امریکا و ۱۱۵ نفر در فرانسه در اثر برق گرفتگی جان خود را از دست می دهند. این ارقام در ژاپن و آلمان به ترتیب ۱۱۲ و ۹۹ نفر اعلام شده اند. قابل ذکر است که این آمار فقط حوادث منجر به فوت ناشی از برق را بیان می کنند. آنچه مسلم است این است که برای جلوگیری از این مخاطرات و کاهش آن ها باید اقدامات پیش گیرانه ای صورت گیرد. لذا در این جزوه به اختصار به برخی از مهم ترین روش های جلوگیری از برق گرفتگی در صنعت پرداخته ایم.

سودابه سلیمانی

بخش اول: مفاهیم و اصطلاحات

ایمنی برق: شناسایی خطرات استفاده از انرژی الکتریکی و به کارگیری احتیاط های لازم به طوری که خطرات باعث صدمه یا مرگ نشوند.

خطر الکتریکی: شرایط خطرناک به طوری که خرابی تجهیزات یا اتصال می تواند منجر به شوک الکتریکی، سوختگی در اثر جرقه قوس الکتریکی و یا سوختگی حرارتی شود.
خطر جرقه: شرایط خطرناک همراه با آزاد شدن انرژی که در اثر قوس الکتریکی ایجاد می شود.

خطر شوک: شرایط خطرناک همراه با آزاد شدن انرژی احتمالی که در اثر تماس یا دسترسی به قسمت های برق دار ایجاد می شود.

قوس الکتریکی: تخلیه الکتریسته در اثر شکست الکتریکی در یک عایق الکتریکی مثل هوا که باعث آزاد شدن انرژی حرارتی و نور می شود.

شرایط ایمن از نظر الکتریکی: حالتی که در آن هادی یا قسمتی از مدار - که روی آن یا در نزدیکی آن کار انجام می شود - از قسمت های برق دار جدا باشد و مطابق با استانداردهای مورد تأیید در محلی قرار داده شود که دارای قفل باشد و یا برچسب داشته باشد، برای اطمینان از عدم وجود ولتاژ آزمایش شود و در صورت لزوم اتصال به زمین برقرار شود.

فرد ذیصلاح: شخصی که با ساختار و عملکرد تجهیزات و خطرات آن ها آشنا باشد.

فرد غیر مجاز: فردی که شرایط افراد ذیصلاح را دارا نیست.

مجوز ویژه: اجازه نامه کتبی مقام صلاحیت دار که ارزش قضایی دارد.

تأسیسات الکتریکی: مجموعه ای از تجهیزات الکتریکی مرتبط با هم با مشخصات هماهنگ

است که هدف یا هدف های معینی را تأمین می کنند.

برق دار: هر وسیله که اتصال الکتریکی به منبع اختلاف پتانسیل دارد.

سیستم سیم کشی: مجموعه ای است متشکل از کابل و سیم یا شینه کشی و همچنین

قسمت های نگهدارنده آنها شامل لوله های پولیکای توکار، روکار، داکت ها، سینی ها و

کانال ها، تابلو برق: یک تابلو یا گروهی از تابلوها که مجموعاً یک تابلو را تشکیل

می دهند و شامل ورودی های برق و وسایل اضافه جریان خودکار است و برخی از

انواع آنها کلیدهایی برای کنترل روشنایی، گرما یا مدارهای توان دارند. این تابلوها

طوری طراحی می شوند که باید در یک جعبه یا کابینت در داخل یا جلوی دیوار قرار

گیرند و فقط از جلوی تابلو قابل دسترسی هستند.

تابلو کلیدها: یک تابلوی بزرگ یا مجموعه ای از تابلوها که در پشت، جلو یا هر دو طرف

آن ها کلیدها، وسایل قطع اضافه جریان و سایر وسایل حفاظتی و خطوط انرژی (برق)

نصب می شوند. تابلو کلیدها معمولاً از پشت تابلو یا جلو آن قابل دسترسی است و

قرار دادن آن ها داخل جعبه یا کابینت الزامی نیست.

تجهیزات: یک اصطلاح کلی شامل همه وسایل، دستگاه ها، مصرف کننده ها و هر وسیله

مشابه دیگری که به عنوان بخشی از تأسیسات الکتریکی بکار می روند یا در ارتباط با

این تأسیسات هستند.

تجهیزات سرویس دهی: تجهیزات ضروری که معمولاً شامل یک قطع کننده مدار یا کلیدها و فیوزها و لوازم جانبی آن ها است و به انتهای مربوط به بار هادی های سرویس دهی یک ساختمان یا هر سازه دیگر متصل است و وظیفه آن ها کنترل اصلی و قطع تغذیه است.

تجهیزات جداسازی شده از نظر مکان: تجهیزات یا هر وسیله ای که به آسانی در دسترس افراد نیست؛ مگر این که ابزارهای مخصوص بکار گرفته شوند.

حصار: حفاظی است که از تماس مستقیم با ولتاژهای خطرناک جلوگیری می کند. مانند حصار ترانسفورماتور پست برق فشار قوی.

حفاظت شده: هر وسیله ای که توسط روکش های مناسب، حصارها، صفحات، سکو یا هر وسیله دیگر شیلد شده، پوشانده شده و یا حصاربندی شده است تا احتمال دسترسی اشخاص یا اشیاء با نقطه خطر حذف شود.

سیستم تغذیه جداسازی شده: یک سیستم تغذیه شامل یک ترانسفورماتور جدا کننده یا معادل آن، یک نمایشگر جداسازی خط و هادی های زیرزمینی مدار.

عایق بندی: عایق کردن قسمت های برق دار برای جلوگیری از برق گرفتگی.

کاردر نزدیکی قسمت های برق دار: هر فعالیتی که داخل محدوده مرز دسترسی صورت گیرد.

کار روی قسمت های برق دار: هر فعالیتی که مستلزم تماس مستقیم با قسمت های برق دار به وسیله دست ها، پاها یا قسمت های دیگر بدن یا به وسیله پروب ها، ابزار

دستی یا تجهیزات اندازه گیری است.

مدار برقی در تأسیسات: مجموعه ای از تجهیزات الکتریکی که از منبعی واحد تغذیه کنند و در برابر اضافه جریان ها به کمک وسیله واحدی حفاظت شوند.

مدار توزیع (از تأسیسات): مداری است که یک تابلوی برق را تغذیه می کند.

مدار انشعابی: هادی های مدار بین وسیله جریان اضافی انتهای حفاظت کننده مدار و نقاط خروجی.

مدار کنترل از راه دور: هر مدار الکتریکی که از طریق یک رله یا وسیله معادل آن مدار دیگری را کنترل می کند.

اضافه جریان: هر جریان متجاوز از جریان نامی تجهیزات یا جریان قابل تحمل یک هادی که ناشی از اضافه بار، اتصال کوتاه یا عیب سیستم اتصال به زمین است.

جریان اضافه بار (یک مدار): اضافه جریان در مداری است که خرابی الکتریکی ندارد.

جریان طراحی یک مدار: شدت جریانی است که پیش بینی می شود در حالت عادی از مدار عبور کند.

ولتاژ (یک مدار): بزرگترین اختلاف پتانسیل مؤثر (rms) بین هر دو هادی یک مدار.

ولتاژ نامی (اسمی): یک مقدار نامی که به منظور تعیین سطح ولتاژ یک مدار یا سیستم به آن اختصاص داده می شود. ولتاژ واقعی که مدار با آن کار می کند می تواند در محدوده مجاز عملکرد صحیح دستگاه متغییر باشد.

ولتاژ تماس: ولتاژی است که به هنگام بروز خرابی در عایق بین قسمت هایی از هادی ها، بدنه های هادی، قسمت های هادی بیگانه و غیره که به طور همزمان در دسترس هستند، ظاهر می شود.

ولتاژ گام: ولتاژی است که بر اثر برخورد هادی فاز با زمین ایجاد می شود. این برخورد ممکن است در اثر پارگی هادی های فاز برق فشار ضعیف یا فشار قوی به وجود آمده و یا این که در اثر از بین رفتن عایق بندی سیم ها یا کابل های برق دار و نشت جریان برق به زمین حادث می شود.

ولتاژ نسبت به زمین: برای مدارهای زمین شده، ولتاژ بین هادی و نقطه ای از مدار که زمین می شود؛ برای مدارهای زمین نشده، بزرگترین ولتاژ بین یک هادی و هر هادی دیگری از مدار.

ولتاژ فشار قوی: ولتاژهای بالای ۱۰۰۰ ولت تحت عنوان ولتاژ فشار قوی شناخته می شوند.
ولتاژ فشار ضعیف: ولتاژهای کمتر از ۱۰۰۰ ولت تحت عنوان ولتاژ فشار ضعیف شناخته می شوند.

زمین: یک اتصال هادی، عمدی یا تصادفی، بین یک مدار الکتریکی یا تجهیزات و زمین یا به برخی بدنه های هادی که به جای زمین عمل می کنند.

زمین شده: هر وسیله متصل به زمین یا بدنه هادی که به جای زمین عمل می کند.

زمین مؤثر: اتصال به زمین عمدی از طریق یک اتصال زمین یا اتصالاتی با امپدانس به حد کافی پایین که ظرفیت کافی برای حمل جریان را دارد تا از ایجاد ولتاژهایی که ممکن است منجر به خطراتی برای تجهیزات متصل به آن یا افراد شود، جلوگیری کند.

هادی الکتروود زمین: یک هادی که برای اتصال الکتروود زمین به سیم زمین تجهیزات، یا به هادی زمین و یا هر دو آن ها در مدار تجهیزات سرویس دهی یا در مبداء یک سیستم جدا استفاده می شود.

هادی زمین شده: یک هادی مدار یا سیستم که عمداً به زمین متصل شده است.

سپر (شیلد): لایه فلزی و زمین شده روی کابل است که میدان الکتریکی کابل را به داخل آن محدود می کند و یا کابل را در برابر تأثیر عوامل الکتریکی خارجی حفاظت می کند. غلاف های فلزی، زره ها و هادی های هم مرکز زمین شده نیز ممکن است به عنوان سپر بکار روند.

فیدر: همه هادی های مدار بین تجهیزات سرویس دهی، منبع یک سیستم جداسازی شده یا منابع تغذیه دیگر و وسیله جریان اضافی مدار انشعابی نهایی. **وسایل قطع:** وسیله یا گروهی از وسایلی که توسط آن ها هادی های یک مدار از منبع تغذیه جدا می شوند.

فیوز: وسیله ای است که به نحو مخصوصی طراحی شده که اگر در یک مدار الکتریکی شدت جریان در مدت زمان معینی از حد مجاز بیشتر شود، از طریق ذوب یک یا چند عنصرمداری، آن مدار را حفظ می کند.

قطع کننده مدار: وسیله ای که برای باز و بسته کردن مدار به روش های غیر خودکار و نیز برای باز کردن خودکار مدار (قطع مدار از منبع ولتاژ) به ازای یک جریان اضافی از پیش تعیین شده بدون صدمه دیدن آن طراحی و بکار برده می شود.

قطع کننده مدار در اثر عیب اتصال به زمین: یک وسیله حفاظتی برای حفاظت افراد است که وقتی در مدت زمان مشخصی جریان عبوری به زمین از مقدار از پیش تعیین شده ای - که کمتر از مقدار جریان مورد نیاز برای عمل کردن وسایل حفاظتی جریان اضافی است - تجاوز کند، برق مدار یا قسمتی از آن را قطع می کند.

کلید قطع بار: وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر به وصل، عبور دادن و قطع جریان برق مدار در شرایط عادی است. شرایط عادی ممکن است شامل وضعیتی با اضافه بارهای مشخص باشد و نیز برای مدت زمان مشخصی جریان هایی را در شرایط غیر عادی مدار (مانند اتصال کوتاه) تحمل کند.

کلید محافظ جان: همان وسیله جریان تفاضلی است که در اصطلاح کلید محافظ جان گفته می شود

وسيله جريان اضافی: یک وسیله قطع و وصل مکانیکی یا مجموعه ای از وسایل است که وقتی جریان تفاضلی در شرایط معین به مقدار مشخصی برسد، کنتاکت ها را باز می کند.

لوازم ضد انفجار: لوازمی هستند که داخل یک محفظه محصور شده اند؛ 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 می کند که یک محیط آتش گیر نمی تواند شعله ور شود.

مرز دسترسی محدود: مرز حفاظت در برابر شوک به شعاع معینی از قسمت های برق دار که فقط افراد ذیصلاح مجاز به عبور از آن هستند و اگر افراد غیر مجاز بخواهند از آن عبور کنند، باید یک فرد ذیصلاح آن ها را همراهی کند.

مرز غیر مجاز دسترسی: یک مرز حفاظتی در برابر شوک الکتریکی به شعاع معین از یک قسمت برق دار که فقط افراد ذیصلاح مجاز به عبور از آن هستند و به دلیل احتمال زیاد شوک الکتریکی، استفاده از تکنیک ها و تجهیزات حفاظت در برابر شوک در زمان عبور آن ورود به منطقه داخل آن الزامی است.

مرز ممنوعه دسترسی: یک مرز حفاظتی در برابر شوک به شعاع معین از یک قسمت برق دار که فقط فرد ذیصلاح مجاز به عبور از آن است و زمان عبور از آن و ورود به منطقه داخل این مرز حفاظت های مربوط به تماس مستقیم با یک قسمت برق دار باید رعایت شود.

مکان خشک: محلی که در شرایط عادی در معرض رطوبت نیست. یک محل خشک ممکن است در شرایط خاص به طور موقت در معرض رطوبت قرار گیرد.

مکان کاملاً خیس: تأسیسات زیرزمینی یا در قالب گیری بتون و یا در بنایی که در ارتباط مستقیم با زمین هستند و مکان هایی که در معرض اشباع شدن با آب یا مایعات دیگر هستند مثل کارواش ها.

مکان مرطوب: مکان های حفاظت شده زیر سایبان ها، چادرها، ایوان های باز مسقف و مکان های مشابه و نیز محل های داخل ساختمان که در معرض درجه های رطوبت متوسط هستند؛ مثل بعضی از زیرزمین ها، انبارهای غله و سردخانه ها.



بخش دوم: خطرات ناشی از جریان برق

خطرات ناشی از جریان برق به دو دسته مخاطرات اولیه و مخاطرات جانبی (ثانویه)

تقسیم می شوند:

۱-۲- مخاطرات اولیه

مخاطراتی هستند که به طور مستقیم در اثر عبور جریان برق از بدن پدید می آیند و

عبارتند از:

۱-۱- شوک الکتریکی

۱-۲- سوختگی (سوختگی ژول یا سوختگی ناشی از حرارت، سوختگی ناشی از قوس

الکتریکی)

۱-۳- آتش سوزی و انفجار (ناشی از جرقه، ناشی از الکتریسیته ساکن)

۲-۲- مخاطرات جانبی (ثانویه)

در اثر عبور جریان برق از بدن انسان، فرد واکنش های غیر عادی از خود نشان

می دهد که منجر به خطراتی می شوند که تحت عنوان مخاطرات ثانویه شناخته

می شوند. مانند سقوط از ارتفاع و پرتاب شدن ابزار کار و اشیاء.

۲-۱-۱- شوک الکتریکی

تحریک ناگهانی سیستم عصبی بدن در اثر عبور جریان الکتریسیته را شوک

الکتریکی می نامند.

علل ایجاد شوک الکتریکی

شوک الکتریکی یا برق گرفتگی به یکی از علل زیر اتفاق می افتد:

- تماس با هر دو هادی یا سیم مدار الکتریکی (فاز و نول)
- تماس با سیم فاز مدار برق دار و زمین
- تماس با سیم نول در شرایط عدم تعادل بار فازها
- تماس با بدنه هادی (فلزی) دستگاه هایی که دارای اتصال بدنه باشند (ولتاژ تماسی)
- تخلیه بار الکتریکی ذخیره شده از دستگاه های برقی درموقع خاموش بودن دستگاه (اثر خازنی)
- ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو پا در شرایط اتصالی فاز با زمین یا تخلیه جریان به زمین بر اثر رعدوبرق (ولتاژ گامی)
- الکتریسیته ساکن
- رعدوبرق

۲-۱-۲- قوس الکتریکی (ARC)

تخلیه الکتریکی در یک گاز که به صورت انرژی حرارتی و نورانی آزاد می شود را قوس الکتریکی گویند. این پدیده در اثر تماس یک هادی زمین شده با یک ولتاژ بالا به وقوع می پیوندد. بدین صورت که شکست الکتریکی ایجاد شده و عایق بین دو هادی

شکسته شده و در نتیجه هوای آن ناحیه یونیزه شده و جریان زیادی از آن عبور می کند.

راه های مختلف پدید آمدن قوس الکتریکی

• تجاوز ولتاژ بین دو نقطه از حد دی الکتریک هوا: در اثر overvoltage ناشی از

ضربات صاعقه و یا جریانهای کلیدزنی

- گرم شدن بیش از حد هوا در اثر عبور جریان از یک هادی
- دور شدن دو اتصال در حال حمل جریان زیاد (گرم شدن زیاد انتهای اتصال و پدید آمدن قوس الکتریکی در اثر القا)

۲-۱-۳- الکتریسیته ساکن

اتم در حالت خنثی دارای بارهای الکتریکی متعادل مثبت و منفی است. چنانچه اتم در اثر نیروی یک الکترون خود را از دست دهد، یا یک الکترون بگیرد، تعادل بارهای الکتریکی آن به هم می خورد و در اصطلاح اتم باردار می شود که مقدار این بار به تعداد الکترون های جا به جا شده بستگی دارد. در این حالت گفته می شود که اتم الکتریسیته ساکن ذخیره کرده است.

خطر اصلی الکتریسیته ساکن ایجاد جرقه ناشی از شکست عایقی ماده عایق (دی الکتریک) موجود بین دو جسم است.

بخش سوم: انواع برق گرفتگی و روش های جلوگیری از آن

۳-۱- انواع برق گرفتگی

انواع برق گرفتگی عبارتند از:

تماس مستقیم (یا تماس با هادی برق دار): در این نوع برق گرفتگی سیستم یا تأسیسات الکتریکی سالم بوده و برق گرفتگی به علت سهل انگاری یا بی توجهی فرد در اثر تماس مستقیم با سیم برق دار اتفاق می افتد.

تماس غیر مستقیم (یا تماس با بدنه هادی دستگاه های الکتریکی): اگر به علت خرابی عایق بندی یا هر نوع نقص دیگری در مدارهای دستگاه الکتریکی، سیم برق دار به بدنه هادی دستگاه یا سطوح هادی دیگر متصل شود، بدنه دستگاه برق دار شده و در اثر تماس فرد با این بدنه هادی برق گرفتگی غیرمستقیم پدید می آید.

۳-۲- روش های حفاظت در برابر برق گرفتگی مستقیم

برای حفاظت افراد در برابر خطرات احتمالی ناشی از تماس مستقیم با قسمت های برق دار تأسیسات الکتریکی باید از عبور جریان الکتریکی از بدن انسان جلوگیری و یا مقدار جریانی را که احتمال عبور از بدن دارد، محدود کرد. مهم ترین روش های تأمین چنین حفاظتی به شرح ذیل می باشند:

- عایق بندی قسمت های برق دار: قسمت های برق دار در دسترس (از جمله ترمینال ها، انتهای کابل ها، بست ها و محل اتصال کابل ها به یکدیگر) با

نوارچسب عایق برق،

عایق بندی می شوند تا از تماس افراد با آن ها جلوگیری شود. باید توجه شود که عایق مذکور باید مقاوم و از استاندارد لازم برخوردار باشد. همچنین این عایق باید در برابر شرایط محیطی (اثرات مکانیکی، الکتریکی، حرارتی و شرایط جوی) استقامت و کیفیت خود را حفظ کند.

- محصور کردن تجهیزات: قسمت های برق دار وسایل الکتریکی باید پوشیده و محصور شوند. محفظه این قسمت ها باید به گونه ای باشد که نفوذ آب، گردوغبار یا ذرات هادی نظیر براده ها به داخل آن ها امکان پذیر نباشد. در انتخاب این محفظه ها باید شرایط محیطی در نظر گرفته شود.

استقرار در خارج از دسترس: قسمت های برق دار در محلی قرار داده می شوند که دسترسی به آن ها با دراز کردن دست در جهت های مختلف مقدور نباشد. در محل هایی که وسایل فلزی بلند مثل میل گرد جا به جا می شوند، باید ابعاد آن ها نیز مد نظر قرار گیرد.

۳-۳- روش های حفاظت در برابر برق گرفتگی غیر مستقیم

- قطع خودکار مدار تغذیه با استفاده از اتصال زمین: در این روش به محض اتصال فاز به بدنه هادی دستگاه، باید وسیله حفاظتی جریان برق تغذیه دستگاه یا مدار را در مدت زمان کوتاهی قطع کند.

- عایق بندی مضاعف یا دابل: در عایق بندی مضاعف هادی های برق دار، وسایل الکتریکی به وسیله دو لایه مجزا یا مکمل عایقی پوشانده می شوند که هر کدام از این لایه ها به طور مناسب هادی را عایق کند و مجموعه هر دو لایه این اطمینان را به وجود می آورد که بر اثر شکست عایق خطری رخ ندهد.

هدف از این نوع حفاظت، جلوگیری از تماس با بدنه هادی دستگاه از طریق عایق بندی است تا در صورت بروز خرابی در عایق بندی اولیه، بدنه هادی در دسترس نباشد. این حفاظت برای دستگاه های متحرک نظیر جاروبرقی مفید است.

- عایق کردن محیط: هدف از این حفاظت ایجاد وضعیتی است که تماس همزمان با قسمت هایی که ممکن است ولتاژهای مختلف داشته باشند، غیر ممکن باشد. می توان با عایق کردن اطراف محل قرار گرفتن دستگاه، مانند کف زمین و دیوارها افراد را در برابر ولتاژ تماسی نسبت به زمین حفاظت کرد. چنین حفاظتی فقط برای دستگاه هایی که در محل ثابت هستند، مناسب است.
- هم ولتاژ کردن بدون اتصال زمین: هدف از این روش پیش گیری از ظاهر شدن ولتاژ خطرناک تماس است. در این روش یک هادی همبندی هم ولتاژکننده کلیه بدنه های هادی را که احتمال تماس همزمان آن ها وجود دارد، و نیز بدنه های هادی بیگانه را به یکدیگر مرتبط می کند. این هادی همبندی نباید در ارتباط الکتریکی مستقیم با زمین از طریق بدنه های هادی باشد.
- جدا کردن (ایزوله کردن) منبع تغذیه از زمین: اگر مدار از قسمت های اصلی سیستم تغذیه، ارت اجسام فلزی اطراف یا هر مدار دیگری کاملاً مجزا باشد، هیچ ولتاژی بین هادی های برق دار و ارت یا قسمت های فلزی به وجود نمی آید و امکان شوک الکتریکی را کاهش می دهد. یک سیستم مجزا شده سیستمی است که از سیم پیچی ثانویه یک ترانسفورماتور مجزا کننده (ترانسفورماتور ایزوله) تغذیه شود. بدین ترتیب اگر هیچ ارتباطی بین قسمتی از مدار و اتصال زمین (ارت) وجود نداشته باشد، برای شخصی که زمین و یک قسمت برق دار را لمس کند، مدار کاملی تشکیل نخواهد شد و از ایجاد شوک الکتریکی نسبت به زمین جلوگیری می شود.

نکته حایز اهمیت این است که این نوع حفاظت فقط برای شرایطی که به دقت تحت کنترل باشد، مناسب و لذا کاربرد آن محدود است. اما در محیط های ساختمانی که تأسیسات نمی تواند به طور ثابت و جدا از زمین باقی بماند، این روش به تنهایی قابل استفاده نیست و باید همراه با روش کاهش ولتاژ به کار رود.

- حفاظت توسط اتصال به زمین: هدف از این روش در واقع ایجاد مسیری با امپدانس پایین برای جریان الکتریکی است. در بخش چهارم این روش به تفصیل توضیح داده شده است.



بخش چهارم: سایر حفاظت های لازم برای ایجاد شرایط ایمن از نظر الکتریکی

۵-۱- نصب و استفاده از تجهیزات

□ تجهیزات مورد استفاده برای هدف یا کاربرد معین باید متناسب با آن هدف یا

کاربرد خاص باشند و با استانداردهای الکتریکی مطابقت داشته باشند.

□ 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 ترمینال های خط

تجهیزات جاری است ، مطابقت داشته باشند .

□ هیچ یک از سیم ها، هادی ها و یا تجهیزات الکتریکی نباید در مکان های مرطوب

یا خیس قرار داده شوند ؛ مگر اینکه به طور مشخص برای کاربرد در چنین

محیط هایی ساخته شده باشند . مثل تجهیزات مجاور استخرهای شنا و نواحی

ساحلی .

□ هیچ یک از سیم ها، هادی ها یا تجهیزات الکتریکی نباید در معرض گازها،

فیوم ها، 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

محل های بسته بندی گوشت ، انبار کودهای شیمیایی ، نمک و مواد اولیه

شیمیایی .

□ هرگونه درب و پنجره و منافذ بلااستفاده در جعبه تقسیم ها ، تابلوهای برق ،

کابینت ها و محافظ های دیگر تجهیزات الکتریکی باید بسته شوند تا حفاظت

لازم تأمین شود .

□ قسمت های داخلی تجهیزات الکتریکی شامل شین های اصلی ، ترمینال های سیم کشی، عایق ها و سطوح دیگر نباید صدمه دیده باشند و یا با مواد خارجی مثل رنگ، پاک کننده ها، گچ، ساینده ها یا مواد خورنده دیگر آلوده شوند.

۵-۲- ولتاژهای فشار ضعیف

- محل قرار گرفتن تجهیزات الکتریکی با ولتاژهای فشار ضعیف مثل پست ها ، 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 آن ها در نظر گرفته شود.

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

- قسمت های برقدار تجهیزات الکتریکی که با ولتاژهای بیش از ۵۰ ولت کار می کنند ، باید به یکی از روش های زیر در برابر تماس تصادفی محافظت شوند :

۱- قرار دادن در یک محفظه یا تابلوی مناسب .

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

۳- محصور کردن توسط تیغه های دائمی به طوری که از دسترس افراد متفرقه دور باشد و اندازه درب ها و محل قرار گرفتن آن ها به گونه ای باشد که از تماس تصادفی افراد با قسمت های برق دار و یا تماس هادی ها با آنها جلوگیری شود .

۴- قرار دادن روی یک سکوی مناسب .

۵- قرار دادن در ارتفاع بیش از ۲/۵ متر

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

- در اتاق های 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 نشستی سیستم های لوله کشی حفاظت شوند.

۵-۳- سیم کشی

رنگ سیم ها باید با استاندارد زیر مطابقت داشته باشد :

رنگ سیم فاز : قرمز - مشکی - قهوه ای

رنگ سیم نول : آبی

رنگ سیم اتصال به زمین : زرد - سبز - زرد و سبز

۵-۳-۱- وسایل قطع

- 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 .

- 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 .

۵-۳-۲- کلید حفاظ جان (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 می توان از آن ها استفاده نمود ؛

- مقادیر استاندارد جریان های نامی RCD ها عبارتند از 10mA ، 30mA ، 100mA و 300mA 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 (TT ، IT یا TNCS)
- فرکانس و ولتاژ تغذیه
- ماکزیمم 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 غیرمستقیم،
حفاظت در برابر جریان های ناشی AC و یا حفاظت در برابر هر دو نوع جریان
ناشی AC و DC .

□ نیاز یا عدم نیاز به استفاده از RCD های مختلف و پیاپی برای مدارهای مختلف

- در مکان های 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 بیمارستان ها و هتل ها) ، کتری های برقی ، دستگاه های یخ ساز، دستگاه های موجود در آشپزخانه ها و همچنین حمام های کارخانه ها

۵-۳-۳- سیم کشی موقت

- هیچ سیمی نباید از داکت های مخصوص خروج ذرات گرد و غبار یا بخارات آتش گیر عبور داده شود .

- هیچ سیم موقت یا دائمی نباید از داکت های 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 چراغ های تزئینی به مناسبت جشن های مختلف نباید بیش از ۹۰ روز ادامه داشته باشند.

۵-۳-۴- سیم های مورد استفاده در سیم کشی عمومی

در انتخاب ضخامت سیم ها باید تمام موارد زیر مورد توجه قرار گیرند :

۱- ولتاژی که سیم باید تحمل کند .

۲- جریان الکتریکی عبوری از سیم ها .

۳- افزایش دما و رطوبت و عوامل محیطی دیگر .

۴- محل استفاده سیم .

۵-۳-۵- جعبه ها و تابلوهای برق

- برای جلوگیری از صدمه دیدن کابلها در اثر ساییده شدن به لبه های تیز ورودی به تابلوها و جعبه تقسیم ها باید از کلمپ های لاستیکی استفاده شود . این وسیله

باید سوراخی از آن عبور می کند، ببندد و در عین حال حفاظت لازم برای جلوگیری از سایش کابل ها بوجود آورد.

- تابلوهای برق ، جعبه تقسیم ها و نظایر آن که در مکان های مرطوب نصب می شوند، باید طوری باشند که از نفوذ رطوبت به داخل آن ها و تجمع آب جلوگیری شود.

۵-۳-۶- تابلو کلیدها

- کلیدها ، تابلو کلیدها و قطع کننده های مدار استفاده در محیط های مرطوب باید از نوع مقاوم در برابر شرایط جوی انتخاب شوند

- تابلو کلیدهایی که دارای قسمت های برق دار بدون روکش هستند ، باید در جایی قرار گیرند که در معرض رطوبت نباشند

- تابلو کلیدهایی که دارای قسمت های برق دار بدون روکش هستند ، باید در یک اتاق یا محفظه ای که دارای قفل باشد و یا در محوطه حصارکشی شده نصب شوند و کلید قفل ها باید تحت کنترل باشد تا فقط افراد آموزش دیده ذیصلاح مجاز به ورود به محوطه باشند.

بخش ششم – سیستم اتصال به زمین

تعاریف و اصطلاحات

این قسمت به تعریف اصطلاحها و کلمه های مرتبط با سیستم اتصال به زمین می پردازد .

۱ – زمین (ارت) ^۱:

رسانندگی جرم زمین را در صورتی که پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از زمین به صورت قراردادی برابر صفر در نظر گرفته شود ، زمین (ارت) می نامند .

۲ – سیستم اتصال به زمین (ارتینگ) ^۲:

یک یا چند الکتروود همراه با سیمهای ارت را که قابلیت اتصال به ترمینال اصلی داشته باشند ، سیستم اتصال به زمین (ارتینگ) می نامند .

۳ – الکتروود ارت (زمین) ^۳:

رسانا یا گروهی از رساناهای متصل به هم است که اتصال الکتریکی به زمین را فراهم می کنند .

۴ – مقاومت الکتروود ارت ^۴:

مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است .

۵ – امپدانس حلقه اتصال به زمین ^۵:

امپدانس حلقه جریان اتصالی زمین است که شروع و پایان آن نقطه اتصالی است و با Z نشان داده می شود .

Earth ¹

Earthing ²

Earth Electrode ³

Total Earthing Resistance ⁴

Earthing Loop Resistance ⁵

حلقه اتصالی زمین در سیستمهای مختلف به شرح ذیل است :

الف - سیستمهای TN

نقطه شروع (محل اتصالی) ، از بدنه دستگاه به ترتیب به سیم ارت ، شینه ارت ، شینه

نول ، نقطه ترانس ، سیم پیچ ترانس ، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصال به بدنه .

ب - سیستمهای TT و IT

نقطه شروع (محل اتصالی) ، سیم اتصال به زمین ، الکتروود زمین ، زمین ، الکتروود سیستم ،

شینه نول ، نقطه صفر ترانس ، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصالی.

۶- اتصالی :

حالتی از مدار است که جریان در مسیری غیر عادی یا بدون اینکه پیش بینی شده باشد یا

در نظر گرفته شود ، جاری می شود . این جریان امکان دارد از نقص در عایق بندی یا از

بستههای به کار رفته بر روی عایق رساناها ناشی شود .

۷- جریان اتصال به زمین (جریان اتصال کوتاه) ۶:

اضافه جریانی است که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانسی قابل چشم پوشی بین

هادیهایی با پتانسیلهای مختلف در شرایط عادی کار برقرار شود.

۸- جریان نشتی زمین ۷:

جریان جاری به زمین یا رساناهای دیگری را که مدار الکتریکی آنها به زمین راه دارد ،

جریان نشتی زمین می نامند . در صورت استفاده از خازن در مدارها ، امکان دارد جریان

مذکور دارای مقداری جزء خازنی هم باشد.

⁶ (Solid) Short -Circuit Current
⁷ Earth Leakage Current

۹ - سیم اتصال به زمین (سیم ارت)^۸ :

سیم حفاظتی را گویند که ترمینال اصلی ارت تأسیسات را به الکتروود ارت یا سایر قسمت‌های اتصال به زمین وصل می‌کند.

۱۰ - سیم خنثی (نول)^۹ :

سیمی متصل به نقطه خنثی در سیستم (صفر زمین) که قادر است انرژی الکتریکی را انتقال دهد.

۱۱ - هادی حفاظتی (PE)^{۱۰} :

در بعضی از اقدامات حفاظتی برای تأمین ایمنی در برابر برق گرفتگی لازم است با استفاده از هادی حفاظتی قسمت‌های زیر به همدیگر وصل شوند :

- بدنه های هادی ؛
- قسمت‌های هادی بیگانه ؛
- ترمینال اصلی زمین ؛
- الکتروود زمین ؛
- نقطه صفر ترانس (نقطه خنثی) ؛

۱۲ - سیم غلافدار فلزی به منظور زمین کردن :

یک نوع سیستم سیم کشی است که در آن سرتاسر طول یک یا چند سیم عایق دار توسط نوار یا غلاف فلزی پوشانده شده و مانند هادی PEN عمل می‌کند.

۱۳ - سیم مشترک ارت - نول (PEN)^{۱۱} :

سیمی را که به طور مشترک ، هم کار سیم اتصال به زمین وهم کار سیم نول را انجام

دهد ، سیم PEN می‌نامند .

Earthing Conductor⁸

Neutral Conductor⁹

Protective Conductor¹⁰

Pen Conductor¹¹

۱۴- قسمتهای بی حفاظ (روباز) هادی :

قسمت بی حفاظ از تجهیزات را که قابل لمس بوده و حامل برق نیست ، اما امکان برقدار شدن در شرایط اتصال رادارد ، قسمت بی حفاظ هادی می نامند.

۱۵- ترمینال اصلی اتصال به زمین (ارتینگ)^{۱۲} :

ترمینال یا شینه ای را گویند که برای اتصال به سیمهای محافظ تهیه شده و سیمهای هم پتانسیل کننده و سیمهای اتصال به زمین (ارت) ، یا هر وسیله ای که به عنوان اتصال به زمین (ارتینگ) به کار می رود ، به آن وصل می شوند.

۱۶- قسمتهای برقدار^{۱۳} :

سیم یا قسمتهایی از رسانا را که برای استفاده های معمولی برقدار شده اند ، قسمتهای برقدار می نامند .

سیم نول نیز شامل این قسمتهاست ، اما طبق قرارداد ، سیم PEN (سیم مشترک ارت - نول) به عنوان قسمت برقدار محسوب نمی شود.

۱۷- پتانسیل زمین (ارت)^{۱۴} :

پتانسیل الکتریکی ایجاد شده نسبت به جرم موجود زمین یا نسبت به سطح زمین اطراف الکتروود ارت را هنگامی که جریان الکتریکی از الکتروود به زمین جاری شود ، پتانسیل زمین می نامند.

۱۸- گرادیان پتانسیل (دریک نقطه از زمین)^{۱۵} :

اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده بر واحد طول یک نقطه را در جهتی که پتانسیل بیشترین مقدار را داشته باشد ، گرادیان پتانسیل می نامند.

12 Main Earthing Terminal

13 Live Part

14 Earth Potential

15 Potential Gradient

۱۹ - دستگاههای سیار (قابل حمل)^{۱۶}:

دستگاههای الکتریکی را می نامند که در حال حرکت کار می کنند یا اینکه می توانند به آسانی از محلی به محل دیگر حرکت داده شوند. درحالی که به پست توزیع برق متصل هستند .

۲۰ - قسمتهایی که به طور همزمان باهم قابل دسترسی هستند^{۱۷}:

سیمها یا قسمتهای رسانا که به طور همزمان در موقعیتهای مخصوصی قابل لمس هستند . این قسمتها شامل بدنه های برقدار ، قسمتهای بدون حفاظ (روباز) ، هادیهای بیگانه ، سیم ارت و الکترودهای ارت هستند.

۲۱ - دستگاه پس ماند جریان (RCD)^{۱۸}:

دستگاه سوئیچینگ مکانیکی یا مجموعه ای از دستگاهها که در شرایط مشخصی سبب باز نگه داشتن اتصالات در مواقعی می شوند که پس ماند جریان به مقدار معینی رسیده باشد.

۲۲ - هادی بیگانه:

قسمتی از رساناها را که احتمال ایجاد پتانسیل ، به ویژه پتانسیل ارت در آنها وجود دارد و قسمتهای شکل یافته ای از تجهیزات الکتریکی نیستند ، هادی بیگانه می نامند.

۲۳ - وسایل قطع و وصل و کنترل^{۱۹} (قبل یا بعد از تابلو)

تجهیزاتی است که برای وصل یک مدار الکتریکی با هدف ذیل پیش بینی می شود:

- حفاظت

- کنترل

Mobile Equipment¹⁶

Simultaneously Accessible Ports¹⁷

Residual Current Device¹⁸

Switchgear and Control Gear¹⁹

- جدا کردن

- انجام عملیات قطع و وصل

۲۴- تابلو^{۲۰} (مجموعه ای از تجهیزات قطع و وصل و کنترل) :

ترکیبی است از فیوزها، لوازم قطع و وصل ورله های کنترل که کلیه اتصالات الکتریکی و مکانیکی بین آنها و نیز وسایل اندازه گیری مانند آمپر متر یا ولت متر را نیز شامل می شود

۲۵- حصار^{۲۱}:

حفاظی است که از تماس مستقیم با ولتاژهای خطرناک جلوگیری می کند. مانند حصار ترانس پست برق فشار قوی.

۲۶- باتری^{۲۲}:

یک سیستم الکترو شیمیایی است که قادر به ذخیره انرژی الکتریکی دریافتی به صورت شیمیایی است و آن را از طریق تبدیل، باز پس می دهد.

۲۷- کانال کابل^{۲۳}:

محفظه یا پوششی است که بالای زمین یا داخل آن قرار دارد و در بعضی موارد دارای تهویه است و ابعاد آن اجازه ورود افراد را به داخل آن نمی دهد، ولی امکان دسترسی به هادیها یا کابلها در تمامی طول آن امکان پذیر است.

۲۸- سینی کابل^{۲۴}:

تکیه گاه پایه داری برای کابل است که لبه های آن برگشته و بدون پوشش است و ممکن است دارای منافذ پرس شده باشد.

۲۹- تونل کابل^{۲۵}:

Switch Board²⁰

Barrier²¹

Battery²²

Cable Channel²³

Cable Tray²⁴

Cable Tunnel²⁵

محفظه ای است به شکل راهرو و آدم رو ، حامی سازه های نگهدار برای هادیها یا کابلها و مفصلها که دسترسی آزاد برای افراد در تمام طول آن ممکن باشد .

۳۰- مدار (برقی دریک تأسیسات) ^{۲۶}:

مجموعه ای از تجهیزات الکتریکی که از منبعی واحد تغذیه کنند و در برابر اضافه جریانهها به کمک وسیله واحدی حفاظت شوند .

۳۱- مدار توزیع (از یک تأسیسات) ^{۲۷}:

مداری است که یک تابلوی برق را تغذیه می کند .

۳۲- کلید خودکار ^{۲۸}:

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر است در شرایط عادی مدار جریانهها را قطع یا وصل کند و در شرایط غیر عادی مانند اتصال کوتاه ، جریانی را به مدت کوتاه از خود عبور دهد یا قطع کند .

۳۳- جریان طراحی (یک مدار) ^{۲۹}:

شدت جریانی است که پیش بینی می شود در حالت عادی از مدار عبور کند .

۳۴- جریان مجاز حرارتی (یک هادی) ^{۳۰}:

حداکثر شدت جریان است که می تواند به طور دائم و در شرایط معین از هادی عبور کند ، بدون آنکه دمای دائمی آن از مقدار مشخص تجاوز کند .

۳۵- اضافه جریان ^{۳۱}:

هر شدت جریانی که از مقدار اسمی تجاوز کند . در مورد هادیها مقدار اسمی برابر جریان مجاز حرارتی است .

Circuit ²⁶

Distribution Circuit of an Installation ²⁷

Circuit-Breaker ²⁸

Design Current (of a Circuit) ²⁹

Current Carrying Capacity ³⁰

Over Current ³¹

۳۶ - جریان اضافه بار (یک مدار) ۳۲ :

اضافه جریان در مداری است که خرابی الکتریکی ندارد.

۳۷ - شدت جریان عملیاتی قراردادی (مربوط به یک وسیله حفاظتی) ۳۳ :

شدت جریان معینی است که سبب می شود وسیله حفاظتی درمدت مشخصی که

به آن زمان قراردادی گویند ، عمل کند .

۳۸ - تماس مستقیم ۳۴ :

تماس افراد یا احشام است با قسمت‌های برقدار ، مانند تماس با سیم فاز یا تماس با سیم

فاز و نول

۳۹ - تماس غیر مستقیم ۳۵ :

تماس افراد یا احشام با قسمت‌های معیوب الکتریکی مانند تماس با کلید یا پریز معیوب یا

بدنه فلزی برقدار شده که در حالت عادی برقرار نیستند .

۴۰ - ترمینال اصلی زمین (شینه ارت) ۳۶ :

ترمینال یا شینه ای است که برای وصل هادیهای حفاظتی که شامل هادیهای همبندی

برای هم ولتاژ کردن و هادیهای مربوط به اتصال زمین عملیاتی (در صورت وجود) به

سیستم زمین است ، پیش بینی می شود.

۴۱ - تجهیزات الکتریکی ۳۷ :

شامل هر نوع مصالح و لوازم و وسایل و تجهیزاتی است که در تولید ، تبدیل ،

انتقال ، توزیع یا مصرف انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد ، مانند

ترانسفورماتورها ، وسایل اندازه گیری ، وسایل حفاظتی ، تجهیزات سیستمهای سیم

کشی و وسایل مصرف کننده انرژی الکتریکی مانند لوازم خانگی و غیره .

Over Load Current³²

Conventional Operating Current³³

Direct Contact³⁴

Undirect Contact³⁵

Main Earthing Terminal³⁶

Electrical Equipment³⁷

۴۲ - تجهیزات مصرف کننده جریان^{۳۸} :

تجهیزاتی است که برای تبدیل انرژی الکتریکی به نوعی انرژی دیگر در نظر گرفته می شود . مانند لامپها ، بخاریهای برقی و دینامها .

۴۳ - فیوز^{۳۹} :

وسیله ای است که به نحو مخصوصی طراحی و تناسب یافته و در صورتی که در یک مدار الکتریکی شدت جریان برق در مدت زمان معینی از مقدار کافی بیشتر شود از طریق ذوب یک یا چند المان ، آن مدار را حفظ می کند.

۴۴ - تأسیسات الکتریکی^{۴۰} :

مجموعه ای از تجهیزات الکتریکی مرتبط با هم است که هدف یا هدفهای معینی را که دارای مشخصات هماهنگ هستند تأمین می کنند .

۴۵ - سرویس ورودی تأسیسات الکتریکی^{۴۱} :

نقطه ای است که در آن انرژی الکتریکی به ساختمان ، کارگاه یا کارخانه تحویل می شود.

۴۶ - عایق بندی^{۴۲} :

عایق بندی به قسمتهای برقدار اعمال می شود تا در برابر برق گرفتگی ایمنی ایجاد کند .

Current Equipment³⁸

Fuse³⁹

Electrical Installation⁴⁰

Origin of an Electrical Installation Service Entrance⁴¹

Insulation⁴²

۴۷ - عایق بندی کابل^{۴۳} :

مواد عایقی هستند که در ساختار کابل به کار می رود و کار اصلی آنها مقاومت در برابر ولتاژ است.

۴۸ - مفصل^{۴۴} :

وسیله ای است برای اتصال بین دو کابل که یک مدار مداوم را تشکیل می دهد .

۴۹ - سپر (شیلدینگ کابل)^{۴۵} :

لایه فلزی و زمین شده روی کابل است تا میدان الکتریکی کابل را به داخل آن محدود یا کابل را در برابر تأثیر عوامل الکتریکی خارج ، حفاظت کند . (غلافهای فلزی ، زره ها و هادیهای هم مرکز زمین شده ممکن است به عنوان سپر نیز بکار روند) .

۵۰ - کلید قطع بار^{۴۶} :

وسیله مکانیکی قطع و وصل است که قادر به وصل ، عبور دادن و قطع جریان برق مدار در شرایط عادی است . شرایط عادی ممکن است شامل وضعیتی با اضافه بارهای مشخص باشد و همین طور برای مدتی مشخص جریانهایی را در شرایط غیر عادی مدار ، مانند اتصال کوتاه تحمل کند .

۵۱ - ولتاژ تماس^{۴۷} :

ولتاژی است که به هنگام بروز خرابی در عایق بندی بین قسمتهایی از هادیا ، بدنه های هادی ، قسمتهای هادی بیگانه و غیره که به طور همزمان در دسترس هستند ، ظاهر می شود. (شکل ۱) .

Insulation (of a Cable)⁴³

Joint⁴⁴

Shield⁴⁵

Switch⁴⁶

Touch Voltage⁴⁷

۵۲- ولتاژ تماس احتمالی^{۴۸}:

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

۵۳- ولتاژ گام

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 عایق بندی سیم ها یا کابل های برقدار و نشت جریان برق به زمین حادث می شود (شکل ۱).

۵۴- اضافه ولتاژ صاعقه^{۴۹}:

اضافه ولتاژ گذرای در نقطه ای از سیستم است که به علت اصابت صاعقه ای با مشخصات معین ظاهر می شود.

۵۵- سیستم سیم کشی^{۵۰}:

مجموعه ای است متشکل از کابل و سیم یا کابلها و سیمها و یا شینه کشی و همچنین قسمتهایی که آنها را نگهداری می کند (لوله های پولیکای توی کار، روی کار، داکت ها، سینی ها و کانالها).

۵۶- استاندارد رنگ سیمها:

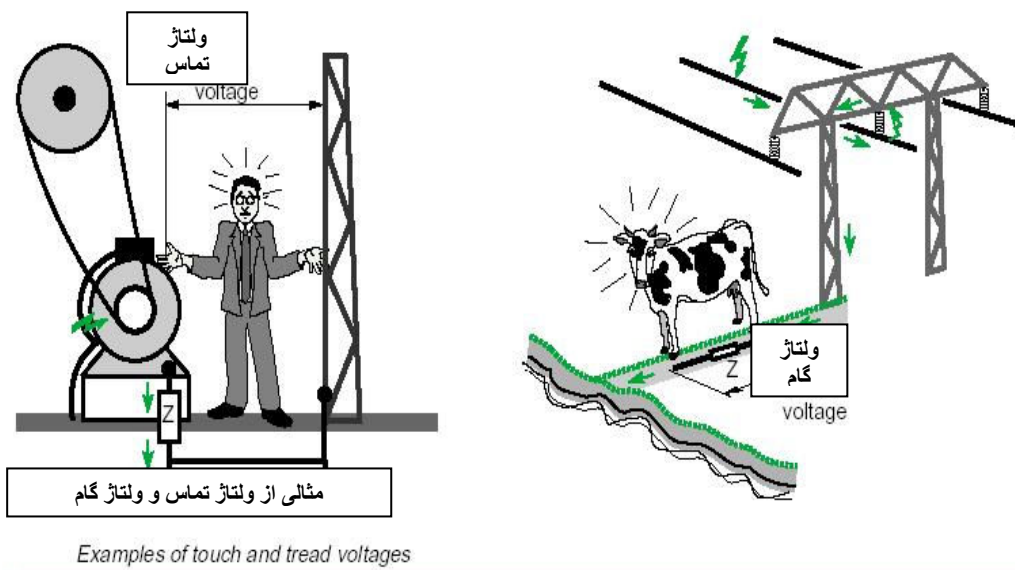
رنگ سیم فاز: قرمز - مشکی - قهوه ای

رنگ سیم نول: آبی

رنگ سیم اتصال به زمین: زرد - سبز - زرد/سبز

Prospective Touch Voltage⁴⁸

Lighting Overvoltage⁴⁹
Wiring System⁵⁰



الف (: ولتاژ گام ب) ولتاژ تماس

شکل ۱ : ولتاژ تماس و ولتاژ گام

مفاهیم بنیادین سیستم اتصال به زمین

اتصال به زمین از دو نظر مهم است :

۱ - حفظ سلامت و ایمنی افرادی که از سیستم برق استفاده می کنند .

۲ - حفظ سلامت سیستم ، صرف نظر از مسایل مربوط به ایمنی .

اتصال به زمین از نظر انجام کار صحیح و سالم سیستم ، دو هدف را دنبال می کند:

۱- ایجاد شرایطی که در آن ، سیستم از نظر فنی درست عمل کند .

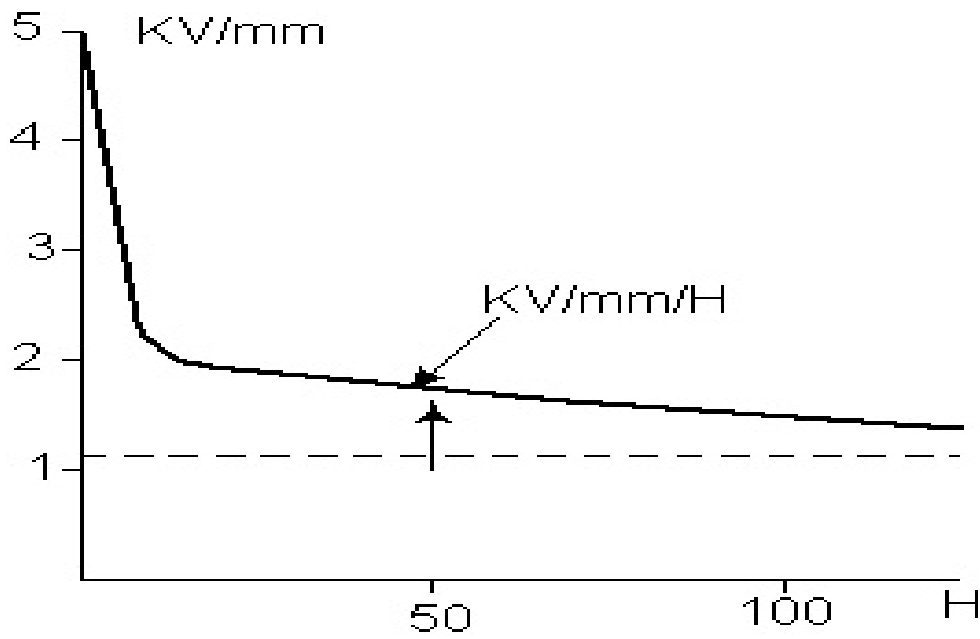
این هدف با برقراری مسیری از طریق زمین به منبع تغذیه و اتصال به زمین با استفاده

از رله های حساس به دست می آید .

۲- 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 . رساناها 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 ، صرفنظر از اثر دما در تحلیل اولیه ، عمرعایق 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 مقدار مجاز باشد ، در ظرف چند دقیقه یا ثانیه سبب از بین رفتن عایق بندی در ضعیف ترین نقطه سیستم می گردد . در شکل (۲) منحنی تغییرات ایستادگی عایق بندی یک کابل با توجه به تنش میدان الکتریکی و مدت زمان برقراری آن نشان داده شده است .



شکل ۲: تغییرات ایستادگی عایق‌بندی یک کابل با توجه به تنش میدان الکتریکی و مدت زمان برقراری آن

مشاهده می شود که تغییرات شدت میدان نسبت به زمان به گونه ای است که شدت میدان با خط افقی مجانب است و این مقداری است که در مدتی طولانی ، عایق بندی در آن شدت میدان را نشان خواهد داد . قابل ذکر است که در دماهای مختلف محل خط مجانب تغییر خواهد کرد .

۲-۲- تغییرات ولتاژ در سیستمی که به زمین وصل نیست

در این بخش به بررسی اثر ولتاژها در حالت واقعی می پردازیم . شکل (۳) وضعیت ولتاژها را در صورت وصل نبودن یک نقطه از سیستم به زمین نشان می دهد :

ولتاژ نقطه خنثی (N) نسبت به زمین در صورت سالم بودن سیستم ، به علت وجود خازنهای طبیعی بین فازهای سیستم و زمین ، برابر صفر است و در این هنگام ولتاژهای موجود هیچ تنش اضافی را روی عایق بندی هادی خنثی و هادیهای فازها در سرتاسر سیستم ، به وجود نخواهد آورد .

$$U_{N-E} = 0$$

$$\sqrt{3} \cdot U_{L1-E} = U_0 =$$

$$\sqrt{3} \cdot U_0 = U_0 = U_{L2-E}$$

$$\sqrt{3} \cdot U_{L3-E} = U_0 =$$

اما اگر به سبب بروز سانحه ای در سیستم ، یکی از فازها (L_1) به زمین وصل شود ، وضعیت ولتاژهای سیستم به صورت ذیل خواهد بود:

ولتاژ نقطه خنثی (N) نسبت به زمین در سیستمی که یک فاز آن به زمین وصل شده است ، دیگر برابر صفر نبوده و برابر U_0 خواهد بود . در این هنگام ولتاژهای موجود تنشی را روی عایق بندی هادی خنثی و هادیهای فازها در سرتاسر سیستم به وجود خواهند آورد :

$$U_{N-E} = U_0 = 230 \text{ V}$$

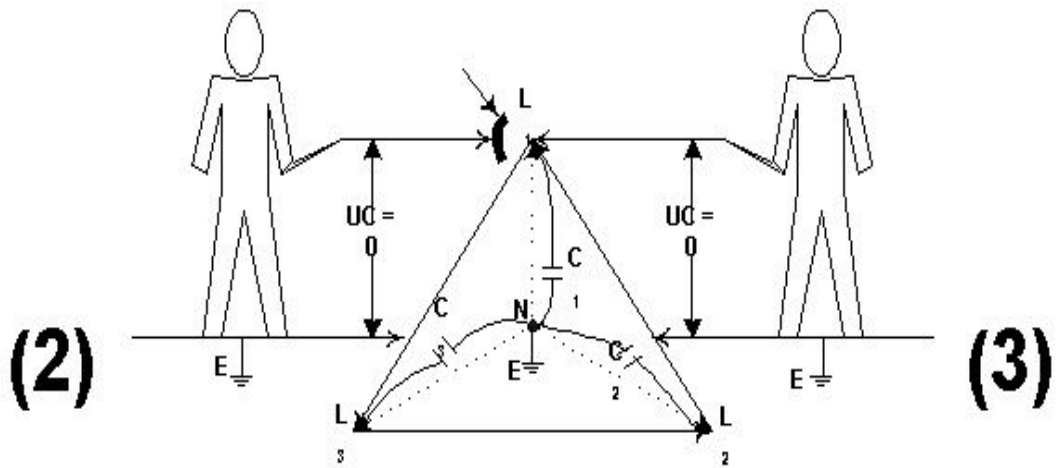
$$U_{L1-E} = U = 0$$

$$U_{L2-E} = U = 400 \text{ V}$$

$$U_{L3-E} = U = 400 \text{ V}$$

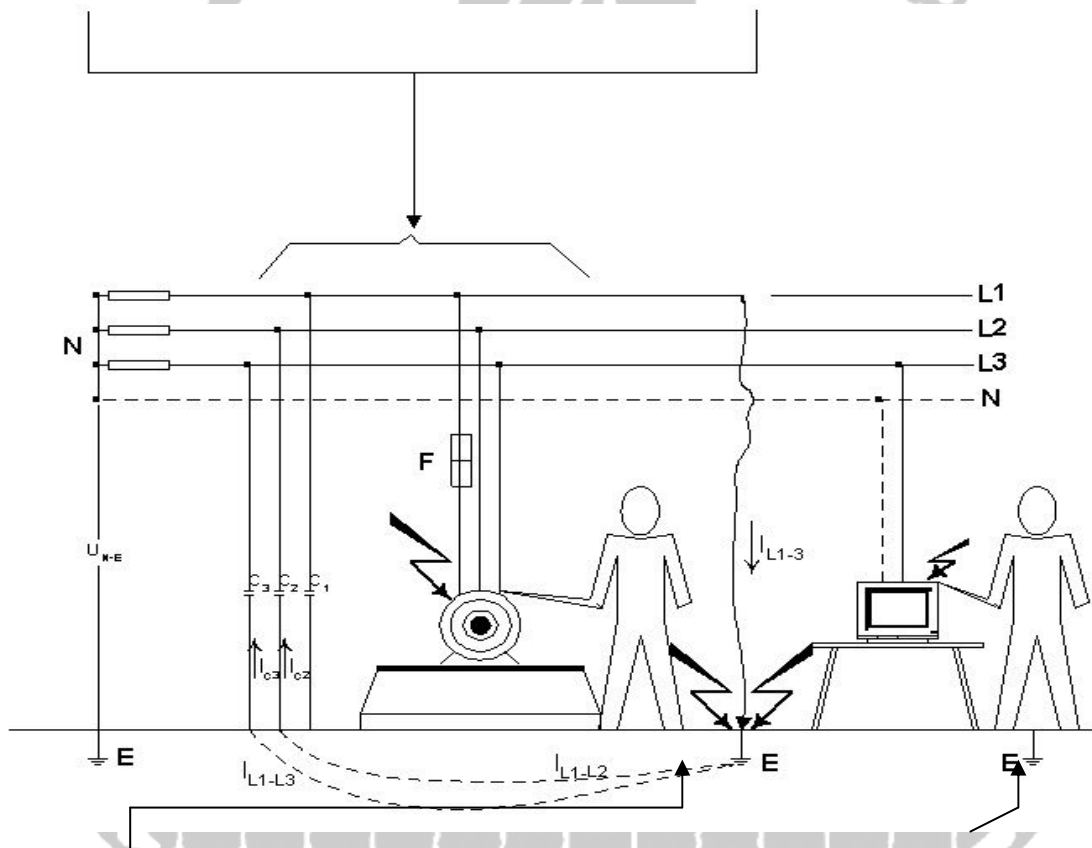
همچنین مقدار ولتاژ ممکن است در زمانی طولانی عایقی را که برای آن پیش بینی نشده است ، از بین ببرد .

از طرف دیگر ، قبل از اینکه عایق بندی در اثر بالا رفتن ولتاژها خراب شود ، ممکن است باعث جرقه زدن بین نقاطی از سیستم شود که ولتاژ آنها نسبت به هم بیشتر از دوام عایق آنهاست .



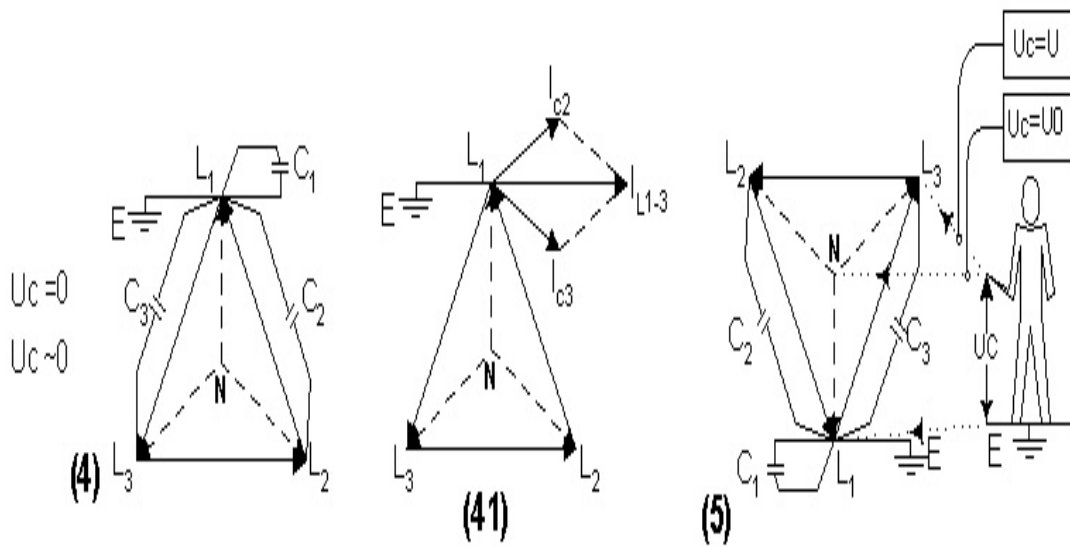
ولتاژ نسبت به زمین هنگامیکه سیستم سالم است

ولتاژ تماس اتفاقی با فاز هنگامیکه سیستم سالم است



برابر N و $L1$ با زمین پتانسیل ($L1$) هنگام تماس یک فاز اتصال کوتاه می شود. $C1$ پتانسیل زمین شده و خازن

با زمین و دو نقطه از بدن انسان با ($L1$) در تماس اتفاقی یک فاز خواهد شد. $U_c = U$ ولتاژ تماس برابر ($L3$) زمین و یک فاز دیگر



یادآوری: این شکل نسبت به شکلهای دیگر ۱۸۰ درجه چرخانده شده است.

وضعیت ولتاژها هنگامیکه یکی از فازهای سیستم با زمین در تماس است.

یادآوری: در شکل فوق در سه نقطه اتصال زمین یا بدنه (نشان داده شده است. در مورد هر یک از حالات نشان داده شده،

باید اتصال به زمین مربوط به آن حالت در نظر گرفته شده و بقیه ندید گرفته شود.

شکل ۳: وضعیت ولتاژها در صورت وصل نبودن یک نقطه از سیستم به زمین

۲-۳- انواع سیستمهای توزیع فشار ضعیف

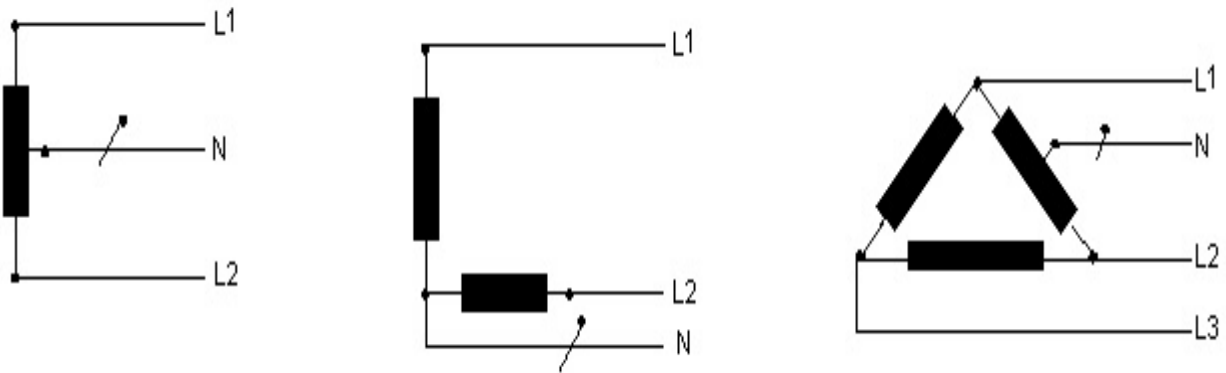
۱- سیستمهای سه فاز با هادی خنثی؛

۲- سیستمهای تک فاز منشعب از سه فاز با هادی خنثی؛

دو سیستم مذکور در ایران معمول است، اما انواع دیگر سیستمهای توزیع وجود دارند که

در شکل (۴)

نمونه هایی از آنها را مشاهده می کنید.



شکل ۴: انواع سیستمهای توزیع فشار ضعیف

۲-۴- شناسایی هادیها در سیستمهای جریان متناوب

برای مشخص کردن هادی فاز از حرف L (اولین حرف کلمه Live) استفاده می شود.
 برای مشخص کردن هادی خنثی از حرف N (اولین حرف کلمه Neutral) استفاده می شود.
 برای مشخص کردن هادی حفاظتی از حرف PE (اولین حرف کلمات Protective Earthing) استفاده می شود.

برای مشخص کردن هادی مشترک حفاظتی / خنثی از حروف PEN (اولین حروف کلمات Protective Earthing + Neutral) استفاده می شود.

بنابراین ، سیستمهای تک فاز به قرار ذیل خواهند بود :

$L1+PEN$; $L1+L2$; $L1+N$	الف) سیستمهای دو سیمه
$L1+N+PE$	ب) سیستم سه سیمه
	سیستمهای سه فاز به صورت ذیل خواهند بود:
$L1+L2+L3$	الف) سیستم سه سیمه
	ب) سیستمهای چهارسیمه
(PEN) یا PE یا	$L1+L2+L3+(N)$
$L1+L2+L3+N+PE$	ج) سیستمهای پنج سیمه

سیستمهای اتصال به زمین

۳-۱- انواع مختلف اتصال به زمین

در انواع مختلف سیستمهای الکتریکی، وصل قسمتهایی از سیستم و بدنه های هادی لوازم الکتریکی به جرم کلی زمین از دو دیدگاه مورد توجه است:

الف) اتصال به زمین عملیاتی یا سیستم

در این روش وصل نقطه خنثای سیستم به زمین باعث قطع مدارهای معیوب احتمالی می شود و در نتیجه عایق بندی سیستم حفظ شده، صحت کار لوازم و دستگاههای الکتریکی تأمین و اضافه ولتاژها محدود میگردد و از این طریق به کار درست لوازم و مدارها کمک می شود.

ب) اتصال به زمین حفاظتی

در این روش بدنه های هادی به خنثی و زمین وصل می شود تا در مواقع اتصالی مدار معیوب را به سرعت قطع کند و بدین ترتیب ایمنی افرادی که بنابه وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستمهای الکتریکی هستند و همچنین سایر افراد جامعه که مصرف کننده نهایی انرژی هستند، تأمین شود و خطر آتش سوزی نیز محدود گردد.

۳-۲- طبقه بندی سیستمهای اتصال به زمین فشار ضعیف

انواع سیستمهای اتصال به زمین فشار ضعیف عبارتند از:

۱- TN شامل TN-C، TN-S و TN-C-S

۲- TT

۳- 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 می کند.

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 می دهد که سیستم از زمین مجزاست 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 می کند.

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 می کند که بدنه های هادی ، مستقل از زمین

سیستم ، به زمین وصل هستند.

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

حرف سوم از سمت چپ S : بدنه های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مخصوص

(PE) در مبدأ به نقطه خنثای سیستم وصل می شود. (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 می شود (سیستم TN-C).

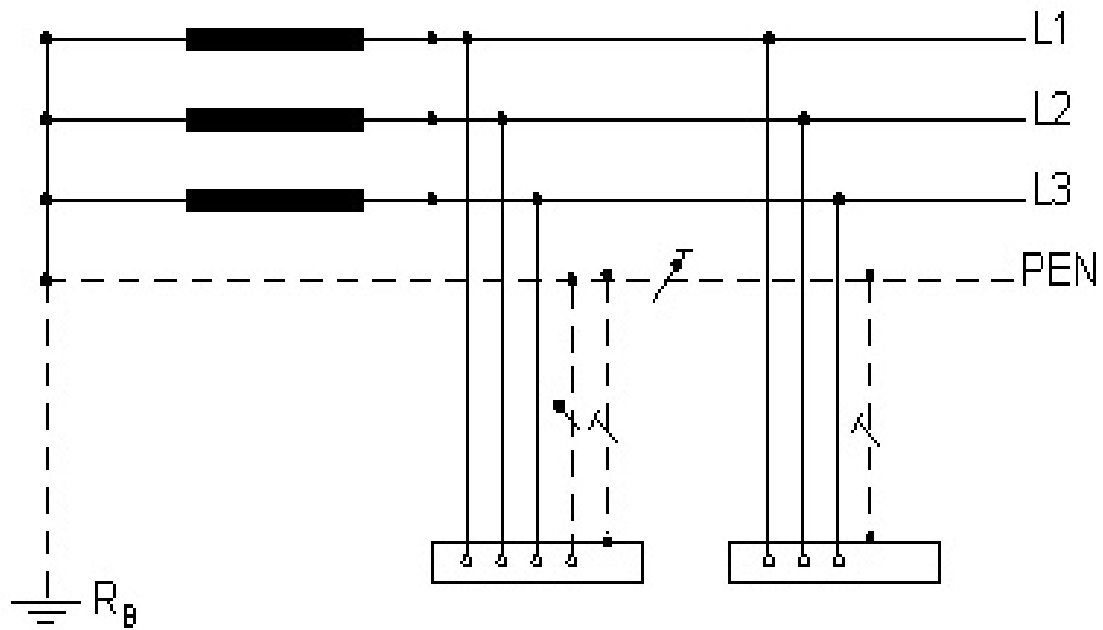
۳-۲-۱ - سیستم TN

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 می شوند. 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: (شکل ۵ - الف)

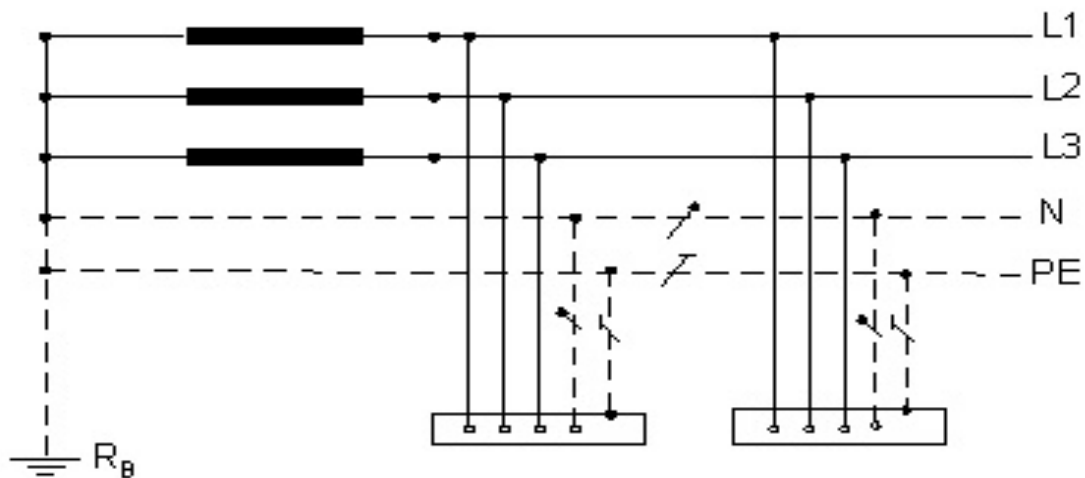
در این سیستم، سیم ارت و نول مشترک هستند. به عبارت دیگر سیم نول که از شینه نول تابلوی اصلی به مصرف کننده ها برده می شود، هم به عنوان نول مورد استفاده قرار می گیرد و هم به عنوان سیم ارت یعنی یک انشعاب از سیم نول به بدنه هادی دستگاههای مصرف کننده به عنوان سیم ارت وصل می شود. کابلهای هم مرکز ارت شده یا کابلهای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



شکل ۵- الف): سیستم اتصال به زمین TNC

ب) سیستم TN-S: (شکل ۵- ب)

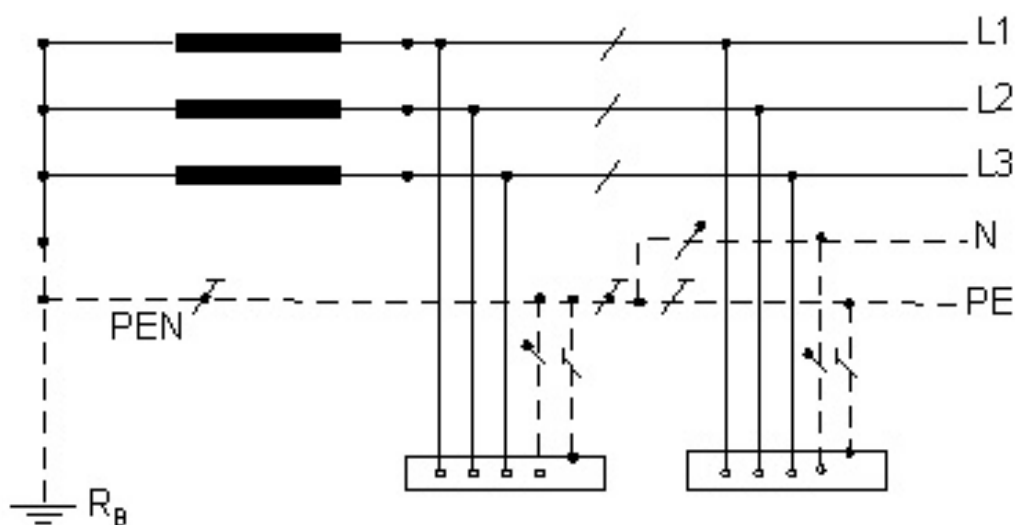
در این سیستم ، سیمهای نول و ارت از یکدیگر جدا هستند . یعنی در محل تابلوی اصلی برق علاوه برشینه نول ، شینه دیگری به نام شینه ارت وجود دارد که سیم ارت اصلی از الکتروود های زمین به آن وصل شده واز آنجا به موازات سیمهای نول و فازها (به صورت پنج سیمه) تا دستگاههای مصرف کننده برده شده و به بدنه هادی آنها متصل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



شکل ۵- ب): سیستم اتصال به زمین TN-S

ج (سیستم TN - C - S (شکل (۵ - ج))

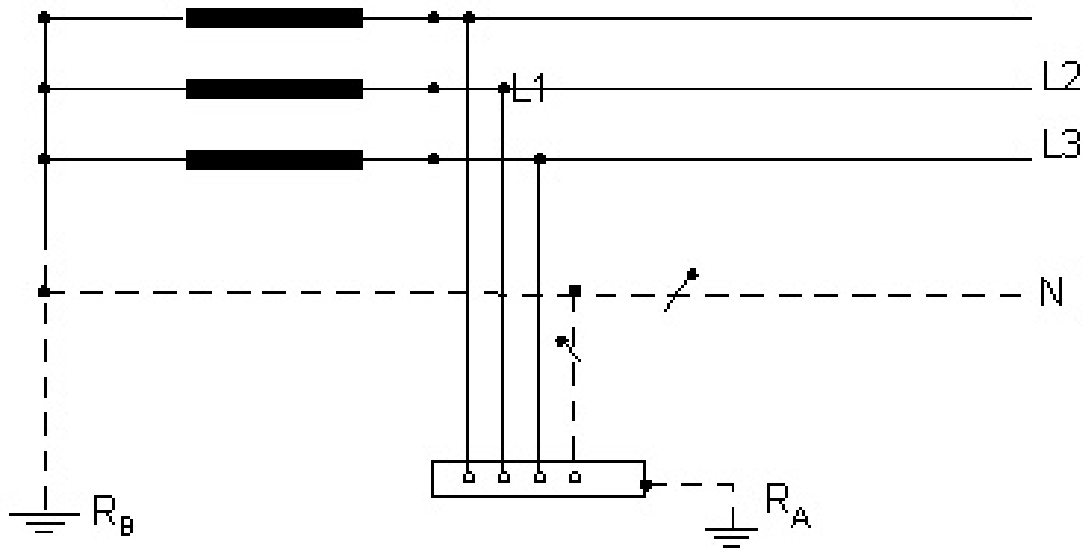
تنها در بخشی از این سیستم (معمولاً در ابتدا) ، سیم نول و ارت با یکدیگر مشترک هستند و از آن نقطه به بعد ، سیم پنجمی از نول منشعب شده و جداگانه به بدنه دستگاههای مصرف کننده اتصال داده می شود .



شکل ۵-ج : سیستم اتصال به زمین TN-C-S

۳-۲-۲- سیستم TT (شکل (۶))

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 الکترود ارت محلی یا الکترود 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.

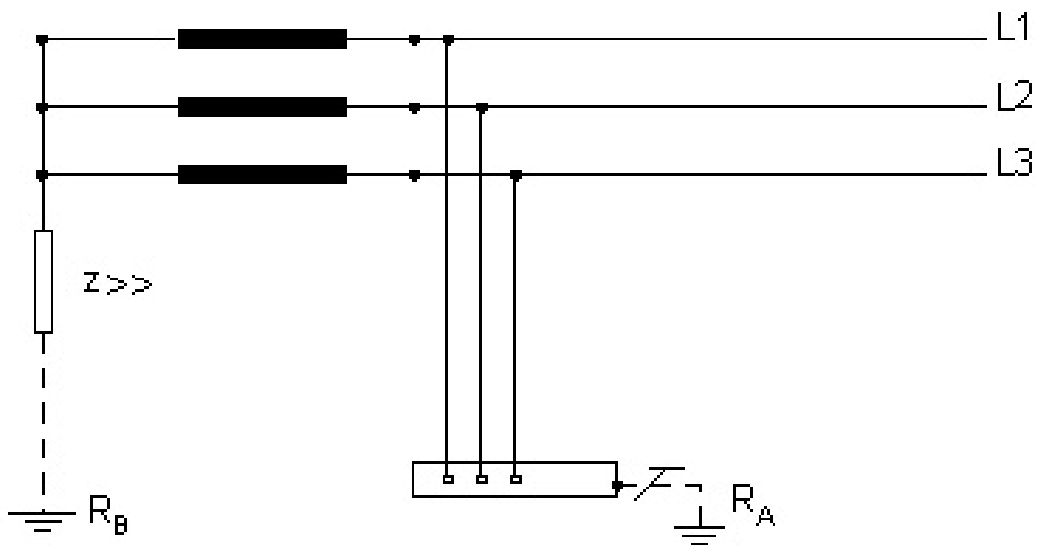


شکل ۶: سیستم اتصال به زمین TT

۳-۲-۳ - سیستم IT (شکل ۷)

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 الکترود ارتی 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.



شکل ۷: 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 دایل ، 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 الکترودهای مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین

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

۱- الکترودهای صفحه ای

۲- الکترودهای میله ای

۳- الکترودهای تسمه ای

۴-۱- الکترودهای صفحه ای

برای استفاده از این نوع الکترودها ، صفحاتی از جنس مس با ابعاد حداقل 0.5×1 متر و

ضخامت حداقل ۲ میلیمتر و یا صفحاتی از جنس فولاد گالوانیزه با ابعاد حداقل 0.5×1 متر

و ضخامت حداقل ۳ میلیمتر پیشنهاد می شود .

الکترودهای صفحه ای باید در عمقی که رطوبت زمین به طوردایمی وجود دارد ، نصب گردد .

آماده سازی خاک اطراف الکتروده صفحه ای

ابتدا مخلوطی از نمک ، خاکه زغال چوب و خاک رس را به ترتیب با نسبتهای ۱ و

۴ و ۳۵ در بیرون با آب به صورت گل در آورید و اطراف صفحه الکتروده را حداقل تا ۲۰

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 .

الکترودهای صفحه ای باید به صورت عمودی نصب شوند .

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

برای اتصال سیم ارت به الکتروده 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 ۵۰ میلیمتر مربع از جنس مس باشد (سیم شماره ۵۰).

فاصله لبه بالایی الکتروود صفحه ای از سطح زمین نباید از ۶۰۰ میلیمتر کمتر باشد .

۴-۲- الکترودهای میله ای

برای استفاده از الکتروود های 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 ۱۲ میلیمتر و ۱۶ میلیمتر و برای میله هایی از جنس فولاد گالوانیزه ۱۶ میلیمتر پیشنهاد می شود .

سیم اصلی اتصال به زمین که از سر چاههای ارت یا الکترودهای میله ای گرفته شده و به شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) وصل می شود ، باید سیم مسی شماره ۵۰ باشد .

استفاده از الکترودهای میله ای در مناطق خشک که رسیدن به لایه های مرطوب خاک در عمق کم امکان پذیر نیست ، توصیه نمی شود .

۴-۳-۱ الکترودهای تسمه ای

در صورتی که خاک محل نصب الکترودهای صفحه ای یا میله ای سخت باشد، به گونه ای که حفر چاه و رسیدن به لایه های مربوط خاک عملاً غیر ممکن یا دشوار باشد، می توان از سیستم الکتروود های تسمه ای استفاده کرد. بدین صورت که الکتروودها در خاک ، به صورت افقی قرار می گیرند.

از الکترودهایی به شکل تسمه مسی بدون روکش قلع با ضخامت مس حداقل ۲ میلیمتر و یا تسمه فولادی گالوانیزه گرم با سطح مقطع حداقل ۱۰۰ میلیمتر مربع ($۳۰ \times ۳/۵$) و یا حتی سیم مسی لخت با سطح مقطع ۲۵ میلیمتر مربع (قطر $۵/۶$ میلیمتر) می توان به عنوان الکتروود افقی استفاده کرد.

ضخامت الکتروود تسمه ای نباید بیش از یک هشتم پهنای آن باشد.

عمق دفن الکتروود تسمه ای و پهنای آن تأثیر نسبتاً کمی روی مقاومت دارند. بنابراین ،

عمق دفن الکتروودهای تسمه ای (افقی) بین ۰/۶ تا ۲ متر پیشنهاد می شود.

علاوه بر سیم تسمه ای شکل می توان از سیم گرد نمره ۵۰ نیز به عنوان الکتروود تسمه ای

استفاده کرد .

طول الکتروودهای افقی تسمه ای یا سیم گرد ، در چهار وضعیت γ تک رشته ای (—) ، و

دو رشته عمودبرهم (۶) ، سه رشته با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر (ستاره) و چهار

رشته

عمود بر هم (صلیبی +) مطابق جدول شماره (۱) برای دو نوع خاک رس و خاک آهکدار

مشخص شده است .

جدول ۱: طول الکتروودهای تسمه ای (افقی) در چهار وضعیت مختلف برای دو نوع خاک

نوع الکتروود	جنس خاک	طول الکتروود (بر حسب متر)
تک رشته ای (—) تسمه ای و سیم گرد	رس	۵۰
	آهکدار	۲۰۰
دو رشته عمود بر هم تسمه ای و سیم گرد (۶)	رس	۴۰
	آهکدار	۱۵۰
ستاره (γ) تسمه و سیم گرد	رس	۳۰
	آهکدار	۱۱۰
چهار رشته عمود بر هم صلیبی (+) تسمه صلیبی سیم گرد	رس	۳۰
	آهکدار	۱۰۰
	آهکدار	۵۰

سیم اتصال به زمین متصل به الکتروود تسمه ای باید نمره ۵۰ از جنس مس باشد.

مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکترودها

مقاومت یک الکتروود اتصال به زمین به مقاومت ویژه الکتریکی خاکی که الکتروود در آن نصب شده است ، بستگی دارد . به همین جهت ، این عامل می تواند به منظور تصمیم گیری 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 دانه ها و نزدیکی آنها به یکدیگر بستگی دارد .
مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک بر حسب اهم - متر در جدول شماره ۲ آمده است .

جدول ۲: مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک بر حسب اهم - متر

شرایط جوی		شرایط صحرائی و ریزش باران		نوع خاک
ریزش باران معمولی و زیاد (بیش از ۵۰۰ mm در سال)		کم (کمتر از ۲۵۰ mm در سال)		
مقادیر احتمالی اهم - متر	گستره مقادیر واقعی اهم - متر	مقادیر واقعی اهم - متر	گستره مقادیر واقعی اهم - متر	آبهای زیرزمینی (چشمه آب شور)
۵	*	*	*	۱ الی ۵
۱۰	۵ الی ۲۰	۱۰ الی ۱۰۰	۱ الی ۵	۱ الی ۵
۲۰	۱۰ الی ۳۰	۵۰ الی ۳۰۰	---	---
۵۰	۳۰ الی ۱۰۰	---	---	---
۱۰۰	۳۰ الی ۱۰۰	---	---	---
۳۰۰	۱۰۰ الی ۱۰۰۰	---	---	---
۱۰۰۰	۳۰۰ الی ۳۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰	۳۰ الی ۱۰۰	۱۰۰ الی ۳۰۰
۱۰۰۰	---	---	---	---
۲۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰	---	---	---

* به سطح آب محل بستگی دارد

محل نصب الکتروود 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 ، گرانیات 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 زمینهایی 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 نمی دهد . بنابراین برای تنظیم رطوبت خاک ، عمق کانال زهکشی باید مناسب باشد .

از محلهایی که رطوبت آن ناشی از عبور جریان آب است (مانند بستر رودخانه ها) ، 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 بی کربنات دو سود باشد (در فصل 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 گونه ای انتخاب شود که کود و سایر مواد دیگر به آن تراوش نکند.

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

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

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

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

الکتروودهای صفحه ای تنها در مناطقی نصب می شوند که رطوبت کافی در اعماق زمین وجود داشته باشد. آماده سازی خاک فقط برای تأسیسات الکتریکی موقت می تواند اقتصادی ترین راه باشد و برای تأسیسات با طول عمر بیشتر شاید بهتر باشد خاک اطراف الکتروودها با مواد ذیل که مقاومت ویژه پایین تری 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 دانه های زغالی استفاده شده است .

در صورت استفاده بیش از یک الکتروود (صفحه ای یا میله ای) 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.

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 می شوند و در همبندی برای پایین آوردن مقاومت کل مورد استفاده قرار می گیرند.

غلافهای فلزی وزره کابلها را که معمولاً به منظور ایجاد مسیری برای هدایت جریان اتصالی به نقطه خنثای منبع در محل ترانسفورماتور مورد استفاده قرار می گیرد، می توان به عنوان الکتروود متفرقه محسوب کرد، به شرطی که حداقل به طول ۳۰۰ متر در زیر خاک مدفون باشد.

سازه های قسمتهای فلزی که در پی های بتونی ساختمان قرار گرفته اند، می توانند 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 می شود، می تواند 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 ۳۰ تا ۹۰ اهم متر دارد که کمتر از بعضی از انواع خاک است.

مقاومت الکتریکی قسمتهای فلزی که به عنوان الکتروود مورد استفاده قرار می گیرند، باید نسبت به زمین، اندازه گیری و در فواصل زمانی منظم مقدار آن کنترل شود. همچنین باید از برقراری اتصال الکتریکی بین کلیه اجزای فلزی که جزء الکتروود اتصال به زمین محسوب می شوند، 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 چنبره ای نوع دیگری الکتروود است که در بعضی مناطق و برای مصارف پایین شدت جریان می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این روش از سیم لختی با نمره ۵۰ به صورت چنبره ای با شعاع بیرونی ۴۰ سانتی متر تعداد ۵ حلقه (که در ته چاه اتصال به زمین (ارت) قرار می گیرد) استفاده می شود.

در کارگاههای کوچک نیز ایجاد سیستم اتصال به زمین مناسب با استفاده از الکتروودهای صفحه ای، میله ای و یا تسمه ای الزامی است و همبندیها نیز طبق معمول اجرا می شود.

در کارگاهها و کارخانه های بزرگ ، نمی توان از الکترودهای متفرقه به عنوان الکترودهای اصلی سیستم اتصال به زمین استفاده کرد. در این حالت علاوه بر ایجاد سیستمهای اتصال به زمین مطمئن باید الکترودهای متفرقه را نیز با آنها همبندی کرد.

برای تأسیسات نمی توان از لوله های آبرسانی عمومی ، لوله های گاز ، نفت ، هوای فشرده و فاضلاب به عنوان تنها وسیله اتصال به زمین استفاده کرد.

سیم نول باید به نحو موثری به زمین وصل شده باشد تا در صورت بروز اتصالی بین سیم فاز و یک سیم اتصال به زمین با مقاومت کم (غیر از اتصال مستقیم فاز و نول) مثلاً از طریق لوله کشی آب ، ولتاژ سیم نول نسبت به اتصال زمین از مقدار مجاز ۵۰ ولت تجاوز ننماید . بنابر این مقدار مقاومت سیم نول باید یک اهم یا کمتر باشد.(با اتصال به هادیهای بیگانه).

نکته : منظور از مقاومت نول ، کل مقاومت سیم نول است که ممکن است شامل چندین الکتروود اتصال به زمین در نزدیکی پست ترانسفورماتور یا ژنراتور و اتصالات زمین کابلهایی با غلاف فلزی ، اتصالات زمین خطوط هوایی در ابتدا و انتهای هر خط اصلی و غیره باشد.

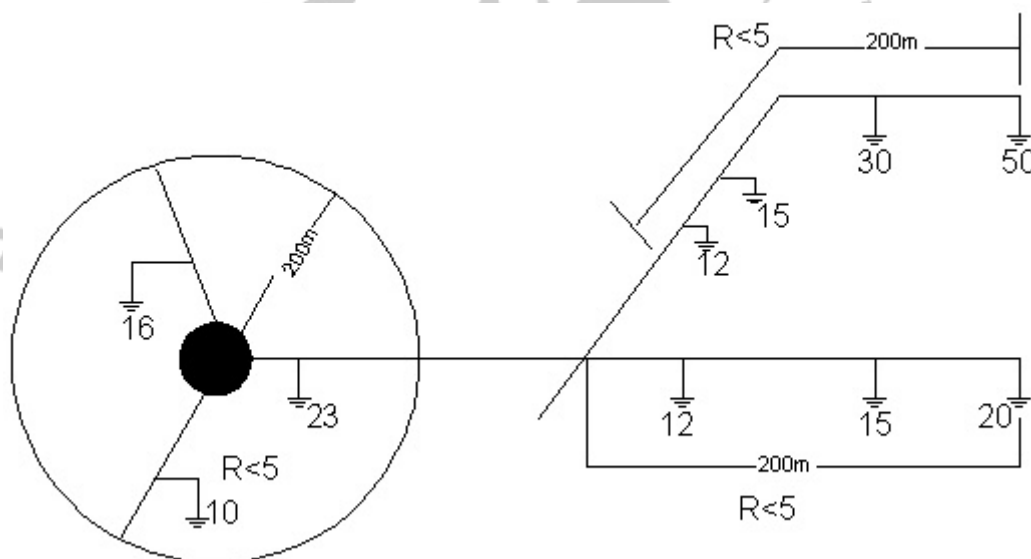
مقاومت کل سیستم الکترودهای اتصال به زمین (بدون اتصال به نول) باید کمتر از ۲ اهم باشد.

مقاومت کل الکترودهای اتصال به زمین تا شعاع ۱۰۰ متری پست برق نباید از ۵ اهم تجاوز کند.

مقاومت کل الکترودهای اتصال به زمین مدارهای تغذیه کارگاهها و کارخانه ها اعم از هوایی یا کابلی (با غلاف فلزی یا غلاف عایق) که طول آنها ۲۰۰ متر باشد ، نباید از ۵ اهم تجاوز نماید.

چنان چه طول سوله (ساختمان ، کارگاه و غیره) یا فاصله سوله ها نسبت به یکدیگر بیشتر از ۲۰۰ متر باشد ، باید میان آنها چاه اتصال به زمین (چاه ارت) احداث شود و مقاومت کل آن نباید از ۵ اهم تجاوز کند (شکل ۸)

به کارگرفتن الکترودی با حداقل مقاومت ۵ اهم در ۱۰۰ متری پست برق برای پوشش دادن منطقه در موارد بحرانی ، الزامی است .



شکل ۸: تعداد و وضعیت استقرار چاهها متناسب با فاصله و مقاومت آنها

استفاده از الکترودهای زمین در فاصله ۲۰۰ متری پست باعث می شود که در صورت بروز اتصالی بین یک هادی فاز و هادی حفاظتی ، ولتاژ هادی حفاظتی و بدنه های هادی متصل به آن ، به زمین نزدیکتر شده و در نتیجه ولتاژ تماس یا ولتاژ برق گرفتگی نیز کمتر می شود. (گسترده گی زمین باعث کاهش راکتانس زمین می شود ، در صورتی که راکتانس سیم با افزایش طول افزایش می یابد).

در صورتی که تعداد پست برق دو یا بیشتر باشد ، اگر پستها در حوزه همدیگر قرار گرفته باشند ، مجموع مقاومت الکترودهای حفاظتی ۲ 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 ۲ 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 ۶۰۰ 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 هر یک 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.

نکته: 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 تماس سیستمهای زمین 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 کارخانه ها برای اتصال زمین پستها به یکدیگر نمی توان از زره یا غلاف کابلها استفاده نمود.

در کارخانه هایی که دو پست یا بیشتر ، سالن واحدی را که دارای اسکلت فلزی است تغذیه می کنند ، 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 کارخانه های مجاور (همسایه) - با پستهای مجزا - به یکدیگر منطقی نیست و تنها در صورت توافق مالکین می توان 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 آتشنا می توان اتصال به زمین جداگانه ای را برای آنها در نظر گرفت .

انتخاب و نصب هادی زمین

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

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 محیط های 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 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 ۳ 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 زیادتز 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 هادیهای فاز کمتر از ۱۰ میلیمتر مربع باشد ، هادی خنثی (نول) و حفاظتی (ارت) باید از یکدیگر مجزا باشند و در مورد سطح مقطع هادیهای فاز برای ۱۰ میلیمتر مربع و بیشتر می توان از یک هادی مشترک به عنوان هادی خنثی (نول) و حفاظتی استفاده کرد .

جدول ۳: سطح مقطع سیمهای به کار رفته در سیستم اتصال به زمین (mm²)

سیم مسی لخت		سیم حفاظتی عایق دار		سیم فاز
بدون حفاظ مکانیکی	با حفاظت مکانیکی	کابل ۴ رشته ای	سیم عایق دار	
۴	۴	۴	۴	۱/۵
۴	۴	۴	۴	۲/۵
۴	۴	۴	۴	۴
۴	۴	۶	۶	۶
۶	۶	۱۰	۱۰	۱۰
۱۰	۱۰	۱۶	۱۶	۱۶
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۲۵
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۳۵
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۵۰
۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۷۰
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۹۵
۵۰	۵۰	۷۰	۷۰	۱۲۰
۵۰	۵۰	۷۰	۷۰	۱۵۰
۵۰	۵۰	۹۵	۹۵	۱۸۵
۵۰	۵۰	۱۲۰	---	۲۴۰
۵۰	۵۰	۱۵۰	---	۳۰۰
۵۰	۵۰	۱۸۵	---	۴۰۰

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

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 می توان از شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) به صورت دسته ای 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 ۲۵ سانتیمتری زمین دفن کرد .

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

نکته : از سیم آلومینیومی تنها در صورتی می توان 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 مغتولی باید دقت شود که مغتولها 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 ۱۶ میلیمتر باشد.

در صورتی که سیم مدفون در زمین در برابر خوردگی حفاظت نشده باشد ، سطح مقطع برای سیم مسی باید بیش از ۲۵ میلیمتر مربع و برای سیم فولادی بیش از ۵۰ میلیمتر مربع باشد .

ضخامت سیم تسمه ای بی حفاظ دفن شده در زمین برای فولاد گالوانیزه نباید از ۳ میلیمتر کمتر و برای مس نباید کمتر از ۲ 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 مغتولی به سیم اصلی اتصال زمین می توان از اتصالات نوع فشاری (کلمپ) استفاده نمود .

در صورت استفاده از بستهای پیچی ، پیچها باید گشتاوری حداقل برابر ۲۰ 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 می تواند 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 ۲۵۰ میلیمتری از سطح زمین قرار گرفته باشد . اتصالات بین مس و مس می تواند با یکی از روشهای لحیم کاری سخت فاقد روی با نقطه ذوب حداقل ۶۰۰ 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 برقیگرها 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 می شوند- 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 می کند و به اصطلاح حوزه مقاومت الکتروود زمین گفته می شود .

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 می شود .

در کارخانه هایی 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 الکترودهای قابل قبول چاه و اسکلت فلزی توأمأً مقاومتی زیر حد مجاز دارند ، با در نظر گرفتن کلیه موارد ایمنی و پیوستگی موضوع حل می شود .

در شرایط اضطراری و استثنایی با تبعیت از رابطه ذیل مقاومت بیش از ۲ 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 ۷ اهم بیشتر است ، مجری مقررات می تواند به جای ۲

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 ۲ اهم) بر حسب اهم

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

U_0 = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثای سیستم (۲۲۰ 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 قسمت های هادی بیگانه به ترمینال اصلی اتصال به زمین انجام می شود . ترمینال اصلی اتصال به زمین به یک الکتروود اتصال به زمین مستقل متصل می شود و در موارد مقتضی به سایر امکانات اتصال به زمین مربوطه به تأسیسات وصل می گردد .

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 می کند ، اتصال به زمین مستقل انتخاب شود .

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

در مورد مولد هایی که می توانند 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 بدنه‌های 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 امپدانس 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 شده‌اند، نمی‌توان 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 می شود 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 این مولدها 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 زرّه یا پرده فلزی آن افزایش یابد ، دستیابی به یک امپدانس پایین برای حلقه اتصال به زمین را مشکل می سازد ، باید از کابل پنج

رشته ای برای سه فاز (و کابل سه رشته ای 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، می توان 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 برقرار کابل‌های آسیب دیده فاقد زره یا تجهیزاتی را که کاملاً توسط محفظه فلزی پوشیده نشده اند، 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 ۵۰ ولت (AC) باشد ، نیازی به همبندی نیست . برای استفاده از ولتاژ کار بیشتر از ۵۰ 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 پی ها و پایه های موقت بستگی دارد .

بخش هفتم: اثرات فیزیولوژیکی برق و امداد و نجات

بدن انسان و حیوان جریان الکتریکی را هدایت می‌کند. تمامی مایعات بدن انسان مانند عرق، خون و مایعات درون و برون سلولی الکترولیت هستند، یعنی جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند.

تقریباً کلیه اعضاء بدن انسان بر مبنای پالسهای الکتریکی که از مغز صادر می‌شوند، کار می‌کنند. مثلاً حرکت عضلات با پالسهای الکتریکی ضعیفی در حد ۵۰ میلی‌ولت کنترل می‌گردد. پالسها از مغز توسط اعصاب به عضلات هدایت می‌شوند. قلب نیز بر مبنای جریان های الکتریکی که آنها را خود ایجاد می‌نماید، کار می‌کند. بنابراین این جریانها به مغز بستگی ندارند. قلب در هر دقیقه حدود ۶۰ تا ۸۰ پالس تولید می‌کند، که عضله قلب هر بار با یک عمل انقباض به آنها پاسخ می‌گوید.

جریانهایی که از خارج بدن اعمال می‌شوند (جریان‌های بیگانه) بر روی کار اعضاء اثر می‌گذارند. نکته: عامل تعیین کننده شدت برق گرفتگی، مقدار جریان است.

پاسخهای فیزیولوژیکی بدن به مقدار جریان:

۱- آستانه دریافت (احساس)

۲- حد رهایی

۳- فلج تنفسی و قلبی

۴- فیبریلاسیون قلبی

آستانه احساس

آستانه احساس بستگی به چندین پارامتر از جمله سطح تماس بدن با یک الکتروود، وضعیت تماس (خشک، تر، فشار، دما) و همچنین بستگی به مشخصه‌های فیزیولوژیکی هر یک از عوامل به تنهایی دارد.

آستانه دریافت، تراز را مشخص می‌کند که اثر جریان برای نخستین بار احساس می‌شود. در این تراز، تحریک با جریان متناوب احساس سوزش و خارش در انسان به وجود می‌آورد.

آستانه دریافت برای زنان = ۰,۲۷ تا ۰,۸۸ میلی آمپر

آستانه دریافت برای مردان = ۰,۴ تا ۱,۳۹ میلی آمپر مقدار کلی 0/5mA در استاندارد IEC

برای این جریان فرض شده است.

آستانه قابلیت رها کردن

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 برقدار رها سازد و برای این منظور قادر باشد که عضلاتی را که مستقیماً در معرض جریان برق هستند به کار گیرد. آستانه قابلیت رها کردن بستگی به چندین پارامتر از جمله سطح تماس، شکل و اندازه الکترودها و همچنین بستگی به مشخصه‌های فیزیولوژیکی فرد دارد.

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 = ۶ میلی آمپر
حد رهایی جریان برای مردان = ۹ میلی آمپر
حد رهایی جریان برای کودکان = ۵ میلی آمپر مقداری برابر 10mA در استاندارد IEC برای این شدت جریان فرض شده است.

آستانه فیبریلاسیون بطنی

آستانه فیبریلاسیون بطنی بستگی به پارامترهای فیزیولوژیکی دارد (آناتومی بدن، حالت کار قلب و غیره) و همچنین به پارامترهای الکتریکی نیز بستگی دارد (مدت زمان عبور جریان و مسیر آن و نوع جریان و غیره) در مورد جریان متناوب (50HZ یا 60HZ) کاهش قابل ملاحظه آستانه فیبریلاسیون وجود دارد، مشروط بر آنکه مدت زمان عبور جریان بیش از یک سیکل قلب باشد. این اثر از افزایش در ناهمگنی حالت تحریکی قلب در اثر جریان القا شده از

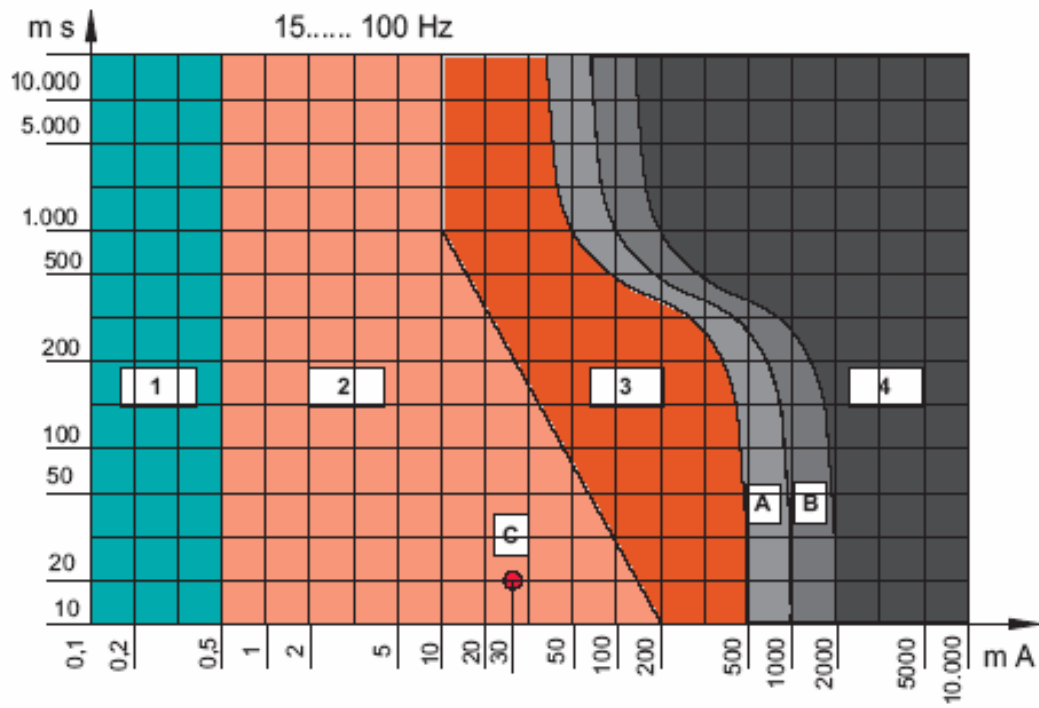
انقباضات بیش از اندازه قلب نتیجه میشود. در مورد شوک‌هائی با مدت زمان کمتر از 0/1S فیبریلاسیون ممکن است در جریانی با دامنه بیش از 500mA اتفاق افتاده و احتمال وقوع آن در جریان‌هائی با دامنه‌های در حد چندین آمپر نیز وجود دارد، مشروط بر آنکه شوک در خلال پریود آسیب‌پذیری اتفاق افتد. در مورد شوک‌هائی با چنین شدت و مدت زمانهای طولانی‌تر از یک سیکل قلب ممکن است گرفتگی برگشت ناپذیر قلب را سبب شود. جهت تطبیق نتایج بدست آمده از تجربیات روی حیوان بر روی انسان، یک منحنی ترسیم گردیده است که در حد بالا برای زمانهای کوتاه بین 10ms و 100ms که بدن در معرض عبور جریان قرار میگیرد بعنوان یک خط نزولی از نقطه 50mA در یک ثانیه به 40mA برای مدت زمانهای طولانی‌تر از 3S انتخاب گردیده است. هر دو حد توسط منحنی صافی که از نتایج تجربی استنتاج شده است بیکدیگر متصل شده‌اند.

دیگر اثرات جریان

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 میباشد اثرات پاتوفیزیولوژیکی مانند انقباضات عضلانی، دشوار شدن تنفس (تنگی نفس)، افزایش فشار خون، بوجود آمدن اختلال در تشکیل و هدایت پالسهایی در قلب شامل فیبریلاسیون دهلیزی و قلب گرفتگی گذرا ممکن است بدون آنکه فیبریلاسیون بطنی اتفاق افتد، واقع شوند. این گونه اثرات غیر مرگبار برگشت‌پذیر میباشد. در این مورد ممکن است علائم جریان بوجود آید.

در شدت جریانهای تا چندین آمپر، احتمال وقوع سوختگی‌های شدید که موجب آسیبهای جدی گردیده و حتی سبب مرگ نیز شده باشند، وجود دارد.

- شرح ناحیه‌ها (به شکل شماره ۱ مراجعه شود).

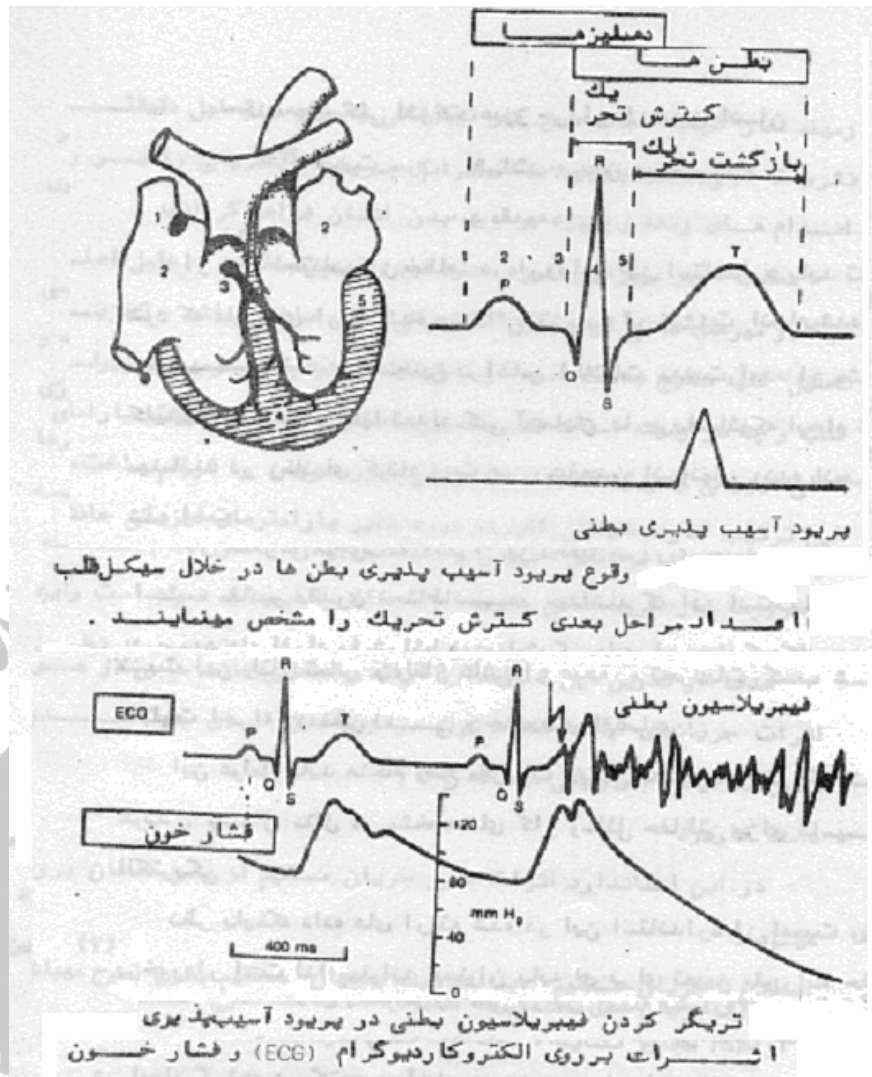


شکل شماره ۱



اثرات فیزیولوژیکی	ناحیه ها
معمولا" بدون اثرات واکنشی	ناحیه ۱
معمولا" بدون اثرات فیزیولوژیکی زیانبخش	ناحیه ۲
معمولا" آسیب های ارگانیکی مورد انتظار نمیباشد . احتمال وقوع انقباضات عضلانی و تنگی نفس ، اختلال برگشت پلیر ایسولزها در قلب شامل فیبریلاسیون دهلیزی و گرفتگی گذرای قلب بدون وقوع فیبریلاسیون بطنی که با شدت جریان و زمان افزایش می یابد .	ناحیه ۲
علاوه بر اثرات ناحیه ۲ ، احتمال وقوع فیبریلاسیون بطنی تا حدود ۵ درصد (منحنی ۲ C) و تا حدود ۵۰ درصد (منحنی ۳ C) و بالاتر از ۵۰ درصد برای قسمت بالای منحنی ۳ C ، افزایش می یابد . با افزایش دامنه و زمان ممکن است اثرات پاتوفیزیولوژیکی مانند ایست قلب ، ایست تنفس و سوختگی های شدید اتفاق افتد .	ناحیه ۴

جدول شماره ۱



شکل شماره ۲

عوامل موثر در شدت خطرهای ناشی از برق گرفتگی در فشار ضعیف

۱- مسیر عبور جریان در بدن

۲- امپدانس بدن

۳- میزان جریان عبوری

۴- زمان عبور جریان

۵- ولتاژ

۶- فرکانس ولتاژمسیر عبور جریان در بدن :

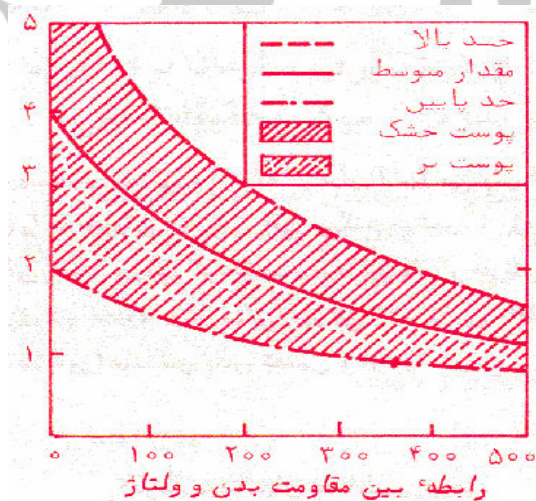
عبور جریان از اندام های حساس و حیاتی به ترتیب، مغز، قلب و ریه مرگبار می باشد.		
مسیر عبور جریان	میزان خطر مرگ	احتمال وقوع
۱- از سر به سایر اندامها	زیاد (مرگبار)	خیلی کم
۲- از یک دست به دست دیگر	زیاد	متوسط
۳- از دست به کف پا	خیلی زیاد	زیاد
۴- از یک پا به پای دیگر	کم	کم

آزمایش بر روی سگها نشان داده است که عبور جریان در راستای تقارن بدن، بیشترین جریان را از قلب عبور می دهد که در انسان معادل عبور جریان از دست به پا است.

جدول شماره ۲

امپدانس بدن: در ولتاژ ثابت، عامل محدود کننده جریان، امپدانس بدن، امپدانس مسیر و امپدانس منبع ولتاژ است. امپدانس منبع معمولا ناچیز و قابل صرف نظر است. امپدانس مسیر بستگی به شرایط مدار برق گرفتگی، خشکی و رطوبت محل اتصال، مقاومت زمین، نحوه تماس با جسم برقدار و غیره می باشد. امپدانس بدن تقریبا از نوع مقاومت خالص بوده و مشخصه آن غیر خطی نزولی است. یعنی:

- مقاومت بدن با افزایش ولتاژ کاهش می یابد.
- مقاومت بدن با افزایش جریان کاهش می یابد.
- مقاومت بدن با افزایش زمان برق گرفتگی کاهش می یابد.



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 فشار قوی و ولتاژهای با فرکانس زیاد، مقاومت نقطه تماس قابل صرف نظر

است، زیرا در فشار قوی، ولتاژ فوراً پوست را شکافته و می سوزاند و آنچه گذر جریان را محدود می سازد تنها مقاومت داخلی بدن خواهد بود. در فرکانسهای زیاد (بیش از ۱۰۰۰ هرتز) بدلیل اثر خازنی، جریان عمدتاً توسط مقاومت داخلی بدن محدود می شود. مقاومت پوست بیشترین اثر حفاظتی را دارد. پوست خشک دارای مقاومتی بین ۷۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ اهم بر هر سانتیمتر مربع است. در حالت مرطوب این مقاومت تا یک درصد هم میتواند کاهش پیدا کند. نتیجه آنکه در محلهای مرطوب اقدامات ایمنی شدیدتری لازم است

انواع برق گرفتگی

۱- تماس مستقیم با اجزای زنده-برق دار- (مانند سیم های برق)

۲- تماس غیر مستقیم یا تماس با اجزای در معرض تماس برق دار شده (مانند بدنه فلزی

دستگاهها) روش های حفاظت :

۱- حفاظت در برابر تماس مستقیم و تماس غیر مستقیم

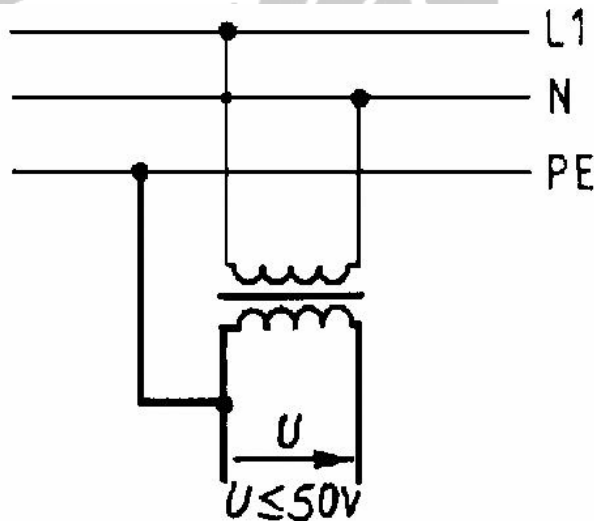
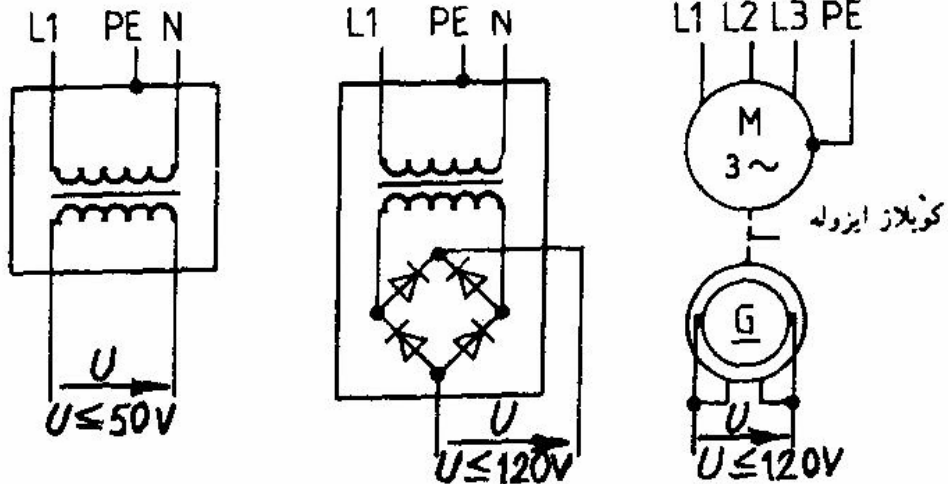
۲- حفاظت فقط در برابر تماس مستقیم

۳- حفاظت فقط در برابر تماس غیر مستقیم

- روشهای حفاظت در برابر تماس مستقیم و تماس غیر مستقیم ۱- حفاظت بوسیله ولتاژ کار کم (منازل- اسباب بازی-شهربازی-نواحی مرطوب)

۲- حفاظت بوسیله ولتاژ کم حفاظتی-ایزوله-(شرایط کاری کاملاً مرطوب مانند کار در دیگهای بخار-چراغ های سیار در محل های مرطوب)

حفاظت بوسیله وولتاژ کم حفاظتی



حفاظت بوسیله وولتاژ کار کم

– روش های حفاظت فقط در برابر تماس مستقیم

- ۱- حفاظت توسط بازدارنده ها و موانع نظیر حصار، نرده
- ۲- حفاظت توسط ایجاد فاصله- دور از دسترس قرار دادن- (خطوط انتقال برق)
- ۳- عایق نمودن بخشهای برقدار- مقاومت عایقی بیش از یک مگا اهم- (سیم برق)
- ۴- حفاظت به وسیله پوشش- فلزی یا عایق- (باس داکت - تابلوهای برق)
- ۵- حفاظت اضافی بوسیله کلیدهای خودکار ایمنی (جریان نشتی کمتر از ۳۰ میلی آمپر)

حریم مجاز شبکه های هوایی

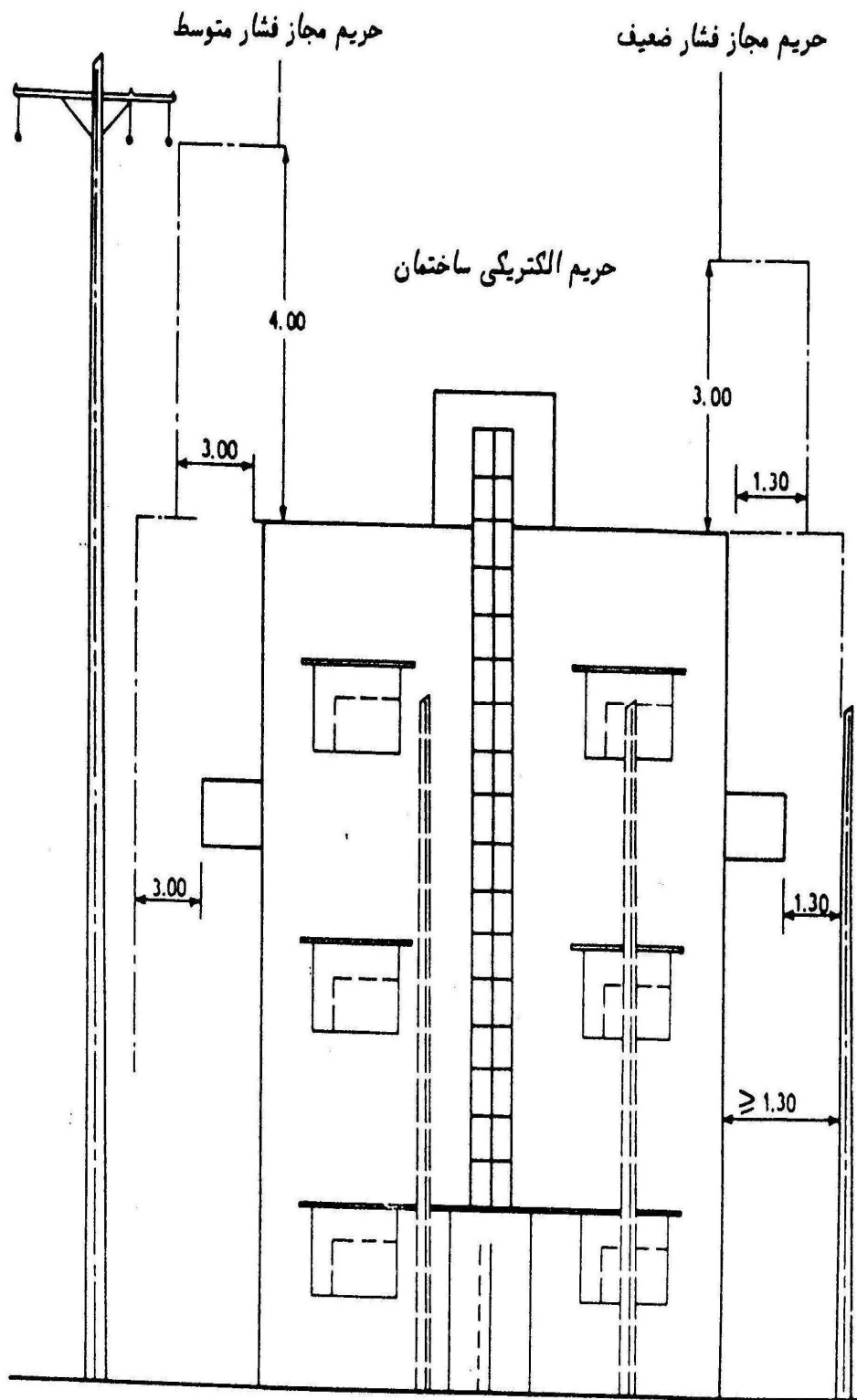
فاصله افقی هر شبکه هوایی از شبکه هوایی مجاور یا از ساختمان مجاور یا دیوار پیاده‌روها و یا درختان اطراف نباید از حداقل استاندارد شده کمتر باشد. در شبکه‌های هوایی جهت حفاظت خطوط و اشخاص دو حریم داریم که اندازه‌های مجاز هر یک مطابق استاندارد شماره ۵ و ۶ وزارت نیرو عبارتند از :

حریم مجاز درجه یک : فاصله افقی یک شبکه از شبکه مجاورش بعوان مثال برای شبکه تا سطح ۲۰ کیلو ولت حداقل ۵ متر می‌باشد.

حریم مجاز درجه دو : فاصله افقی یک شبکه از ساختمانها یا دیوار پیاده روها یا درختان اطراف می‌باشد که حداقل باید ۱,۳ متر برای فشار ضعیف، ۳ متر برای شبکه ۲۰ کیلو ولت می‌باشد

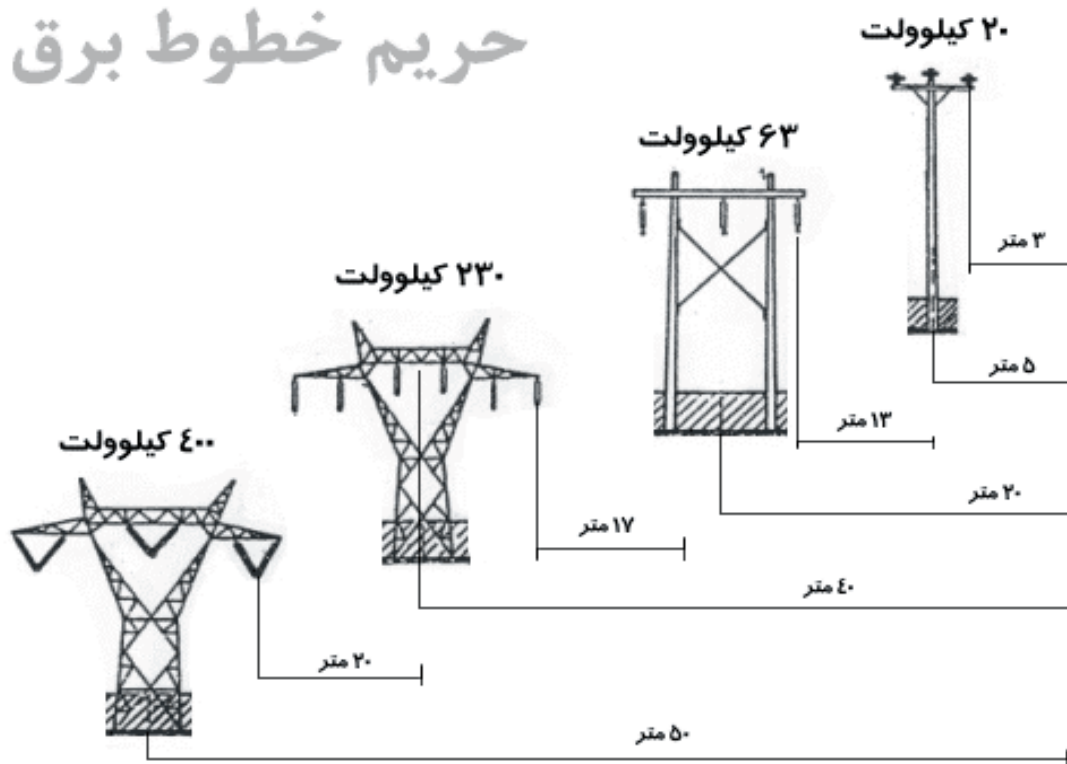
ولتاژ نامی بین دو فاز	کمترین فاصله مجاز برای نزدیک شدن (متر)
600 تا 14000 ولت	0.6 متر
14000 تا 27000 ولت	0.9 متر
27000 تا 47000 ولت	1.2 متر
47000 تا 115000 ولت	1.5 متر
115000 تا 230000 ولت	2.1 متر
230000 تا 345000 ولت	3 متر
345000 تا 460000 ولت	4.5 متر

. جدول شماره ۳



شکل شماره ۳

حریم خطوط برق



شکل شماره ۴

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

امداد و نجات در سانحه برق‌گرفتگی

۱- جداسازی مصدوم

اولین گام در نجات مصدوم برق‌گرفتگی، قطع برق و جلوگیری از عبور جریان الکتریکی از بدن مصدوم می‌باشد. زمان عامل بسیار مهم، حیاتی و تعیین کننده در میزان جراحات وارده به فرد دچار برق‌گرفتگی می‌باشد.

در برق فشار ضعیف می‌بایست با قطع کلید و یا خارج کردن دو شاخه کابل برق از پریز در حداقل زمان، از عبور جریان برق از بدن فرد ممانعت به عمل آورد.

چنانچه این کار یعنی قطع برق توسط کلید مشکل و یا زمان بر باشد، به دلیل اهمیت زمان و حیاتی بودن لحظه‌ها و ثانیه‌ها می‌توان با یک تکه عایق، نظیر قطعه شیشه، چینی، چوب خشک، کاغذ ضخیم خشک، پارچه و یا لاستیک، سیم برق و یا فرد دچار برق‌گرفتگی را از اتصال برق جدا نمود، بدون آنکه هیچ نوع تماسی با قسمت‌های برق‌دار برقرار گردد.

لازم به یادآوری است که فرد ناجی می‌بایست دقت کند در حین عملیات جداسازی مصدوم از برق در صورت تماس بدن وی با برق ناشی از اشکال در امداد رسانی، جریان برق از قسمت‌های حساس نظیر قلب و ریه عبور ننماید.

بهتر است در صورت امکان، فرد ناجی در زیر پای خود، تکه‌ای عایق، مانند لاستیک، تخته چوب، فرش و غیره قرار داده و با پیچاندن چند دور پارچه خشک و یا لباس خود به دور دست، از آن به عنوان دستکش استفاده نماید.

در شبکه‌های برق فشار متوسط با ولتاژ بیش از ۱ کیلوولت و کمتر از ۳۳ کیلوولت برای جداسازی مصدوم، در صورت عدم دسترسی به کلید برق اصلی (دژنکتور) می‌توان از چوب عایق و یا دسته عایق پلاستیکی که طول آن بیش از یک متر باشد با رعایت جوانب احتیاط و مجهز بودن به دستکش و کفش عایق، مصدوم را از برق جدا نمود.

برای ولتاژی بیش از ۳۳ کیلو ولت و یا فشار قوی، حتما می بایست کلید فشار قوی (بریکر) قطع شده و پس از ارت نمودن قسمت های برق دار، فرد حادثه دیده را از محل منتقل نمود. زمین (ارت) کردن خطوط و شینه ها و قسمت های فلزی در اتصال با ولتاژهای بیش از هزار ولت قبل از تماس الزامی است.

۲- امداد رسانی به مصدوم

در سانحه برق گرفتگی، عوارضی که ممکن است مصدوم دچار آن شده باشد عبارتند از:

- ایست تنفسی و از کار افتادن دم و بازدم

- ایست قلبی

- سوختگی

۲-۱- تنفس مصنوعی

بعلت مسمومیت با مواد شیمیایی، گاز دی اکسید کربن و دیگر گازهای سمی، غرق شدگی، گرفتگی مجرای تنفسی توسط جسم خارجی، اثر بعضی بیماریها نظیر دیفتری و یا برق گرفتگی خفگی یا ایست تنفسی رخ نموده که نیاز به احیاء تنفسی یا تنفس مصنوعی می باشد.

به دلیل اثری که جریان برق بر روی مرکز کنترل تنفس یا بصل النخاع می گذارد، قطع تنفسی رخ داده که منجر به عدم رسیدن اکسیژن به سلولها و مرگ آنها و خفگی می گردد. لذا می بایست پس از قراردادن مصدوم در محل مناسب، اقدام به احیاء سیستم تنفسی نمود که بهترین روش، تنفس مصنوعی می باشد.

اساس تنفس مصنوعی بر انجام حرکات بدنی و ورزشهای دستی به عضلات تنفسی شخص حادثه دیده است، تا باعث باز و بسته شدن ریه ها و دخول هوا در آنها شده و اکسیژن به خون و بافت های دیگر بدن برسد و کم کم تنفس طبیعی جای تنفس مصنوعی را بگیرد. تنفس مصنوعی را

باید به طور صحیح و به موقع انجام داده و قبل از انجام دادن باید دقت نمود که موانع سر راه تنفس از میان برود.

از آنجا که شماره های تنفس طبیعی در هر دقیقه در حدود پانزده مرتبه است، نباید شماره تنفس مصنوعی نیز از این تعداد تجاوز کند و ضمناً در موقعی که تنفس طبیعی شروع شد نباید تنفس مصنوعی را ناگهان قطع کرد بلکه این کار را باید به تناوب انجام داد تا تنفس طبیعی کاملاً به حالت عادی برگردد.

برای انجام تنفس مصنوعی روش های مختلف وجود دارد که هر یک به نام شخصی که آن را پیشنهاد کرده است شناخته می شود. در ادامه چند طریقه ذکر گردیده است:

الف- روش دمیدن هوا

این روش خود به سه دسته مهم زیر قابل اجراء است :

- تنفس دهان - به - دهان

- تنفس دهان - به - بینی

- تنفس دهان - به - دهان و بینی

بهترین نوع تنفس مصنوعی عبارت است از تنفس دهان به دهان، ولی اگر دهان نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد (مثلاً به دلیل ضایعات دهانی مصدوم)، تنفس مصنوعی می تواند از راه بینی (دهان - به - بینی) صورت پذیرد. در خردسالان و نوزادان از روش دهان - به - دهان و بینی استفاده می شود. در شکل ۱ مراحل مختلف تنفس مصنوعی را به خوبی نشان داده که به شرح ذیل می باشد:

۱. مصدوم را باید به پشت خوابانیده و راه تنفسی پاکیزه و باز گردد.

۲. کف دست را روی پیشانی مصدوم گذاشته و با انگشتان شست و نشانه سوراخ‌های بینی مصدوم بسته گردد. در مورد بزرگسالان میتوان پتو یا بالش زیر شانه قرار داد تا پیشانی عقب و چانه بالاتر بیاید.

۳. دهان خود را کاملاً باز نموده و پس از کشیدن نفس عمیق، لب‌های خود را اطراف دهان مصدوم قرار داده به طوری که تمام دهان او را بپوشاند.

۴. با قدرت، آن قدر در دهان مصدوم دمیده می‌گردد تا احساس شود قفسه سینه او تا سر حد امکان بالا آمده است. (در حین دمیدن در دهان مصدوم به قفسه سینه نگاه گردد.)

۵. دهان خود را از دهان مصدوم دور نموده تا هوا از ریه او خارج شود.

۶. نفسی عمیق کشیده و تنفس مصنوعی با آهنگ حدود ۱۵ بار در دقیقه تکرار گردد.

در هر عمل قفسه سینه مصدوم شبیه تنفس طبیعی بالا و پایین می‌رود. بهتر است پس از ۵ بار تنفس دهان به دهان با فشار ملایم دست بر روی شکم، هوا را از معده مصدوم خارج نمایند.



الف- تمیز کردن و باز کردن مسیر تنفسی

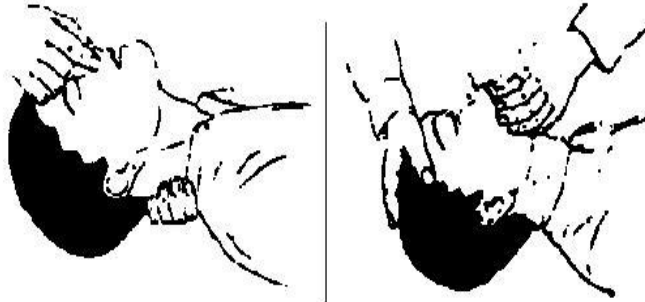
ب- باز کردن مسیر تنفس با پایین برن پیشانی و بالا آوردن چانه



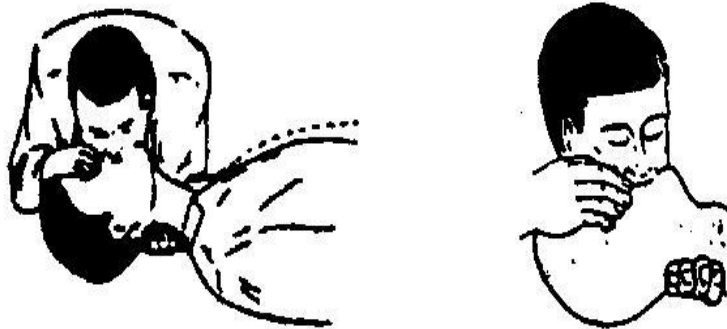
مسیر نای بسته

مسیر نای باز

ج- بستن بینی با انگشتان در حالت دهان به دهان و یا بستن دهان در حالت تنفس دهان به بینی



د- کشیدن نفس عمیق و قرار دادن دهان بر روی دهان و یا بینی و دمیدن نفس با فشار به مصدوم

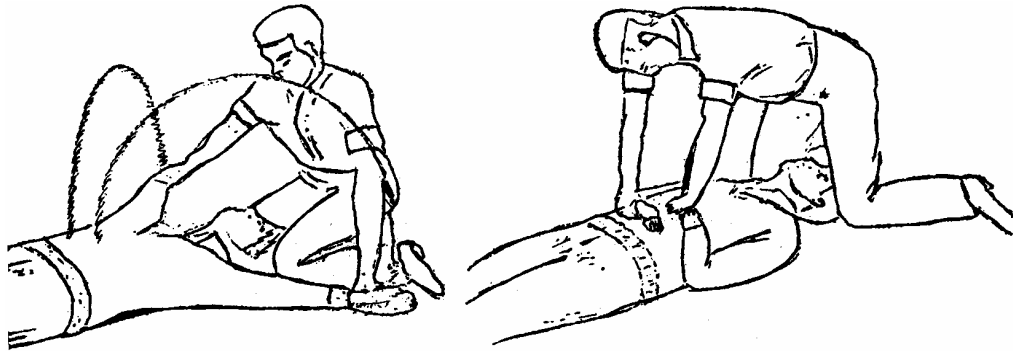


شکل ۱

ب- روش سیلواستر

مصدوم به پشت خوابانده می‌شود (شکل ۲) و ناجی در بالای سر او ایستاده و مچ‌های دو دست او را گرفته و بازوها را به طور عمودی به ترتیبی که موازی سر قرار گیرند بالا می‌آورد و دو تا سه ثانیه نگاه می‌دارد سپس به همان طریق دستها را به پهلوهای بیمار بر می‌گرداند و در آن

موقع فشار مختصری به قفسه سینه‌اش وارد می‌کند. گاهی این کار به وسیله دو نفر انجام می‌شود و نفر دوم با دستمال زبان بیمار را می‌گیرد و هر بار که تنفس مصنوعی انجام می‌شود زبان مصدوم را بیرون آورده سپس به داخل می‌برد.



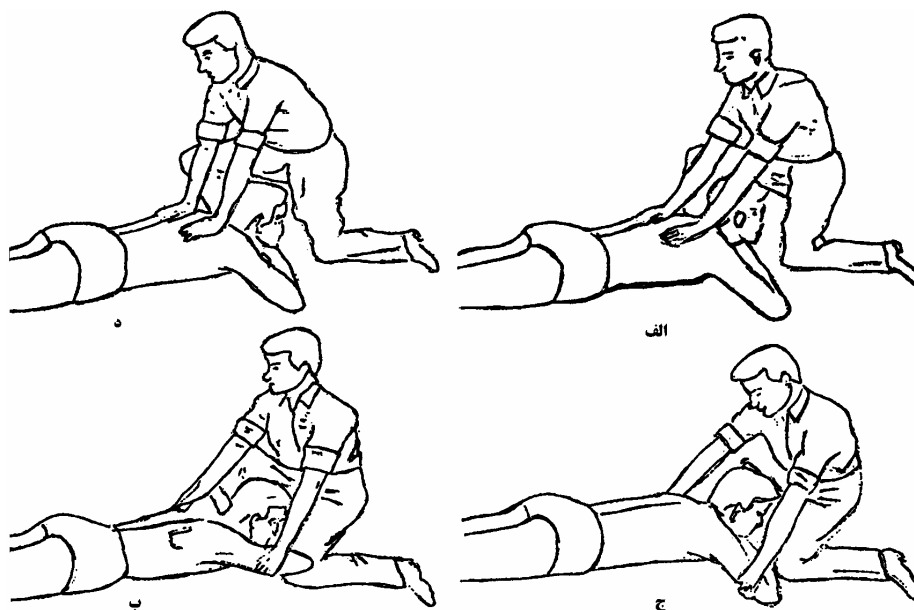
روش سیلستر

شکل ۲

ج- روش هولگر نیلسون

بیمار را با صورت در حالی که دستهایش زیر چانه‌اش قرار گرفته‌اند بخوابانید، صورت او نباید به هیچ طرف متمایل باشد. اگر دستهایش مجروح شده چانه را توسط بالش بالا نگه‌دارید. (شکل ۳ الف) مطمئن شوید که مجرای هوا باز و عاری از اجسام خارجی باشد. بالای سر بیمار روی یک پا زانو بزنید و پای دیگر را در نزدیکی آرنج بیمار قرار دهید. دستهای خود را روی استخوان کتف بیمار قرار داده و بدنتان را بطرف جلو حرکت دهید در حالیکه آرنج‌هایتان مستقیم باشند. تا اینکه بازوهایتان بحالت عمودی شوند و بطرف پائین فشار دهید ولی نه زیاد. این حرکت بایستی ۲ ثانیه طول بکشد. (شکل ۳ الف و ب)

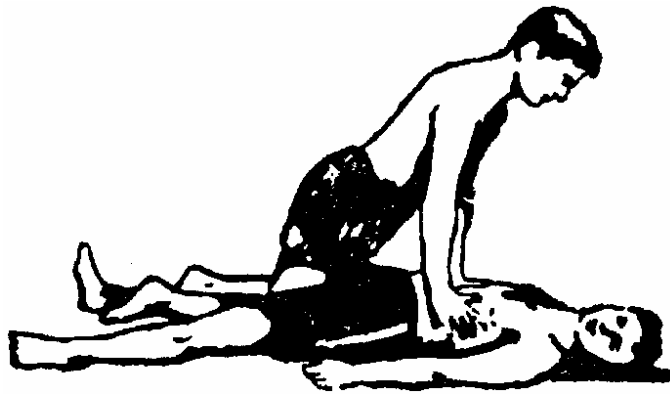
بازوی بیمار را از ناحیه بالای آرنج گرفته و خودتان را بطرف عقب حرکت دهید در حالیکه آرنج‌های شما بالای سرش قرار گیرد. (یکی دو ثانیه شکل ج و د) بازوها را پائین آورده و دست‌هایتان را بحالت اول روی استخوان کتف قرار دهید. (شکل ۳ الف) تمام این حرکات را ده بار در دقیقه انجام دهید.



شکل ۳

د-روش هوارد - فشردن قفسه صدري از جلو

مصدوم را به پشت میخوابانند، ناجی پائین پای مصدوم در نزدیک زانوی او چمباتمه نشسته در حرکت اول دو دست را مطابق شکل ۴ بر روی سینه مصدوم گذاشته و فشار وارد می نماید بطوری که وزن خود را با دو دست بقائده و دو طرف قفسه مصدوم می اندازد. در وهله دوم فشار را از روی سینه بیمار بر می دارد و به جای خود بر می گردد و این عمل را در حدود پانزده بار در دقیقه انجام می دهد. باید دقت کرد که به دنده های بیمار آسیب نرسد و شکستگی پیدا نکند.



روش هوارد

شکل ۴

ه- روش شفر یا فشردن دنده ها از پشت

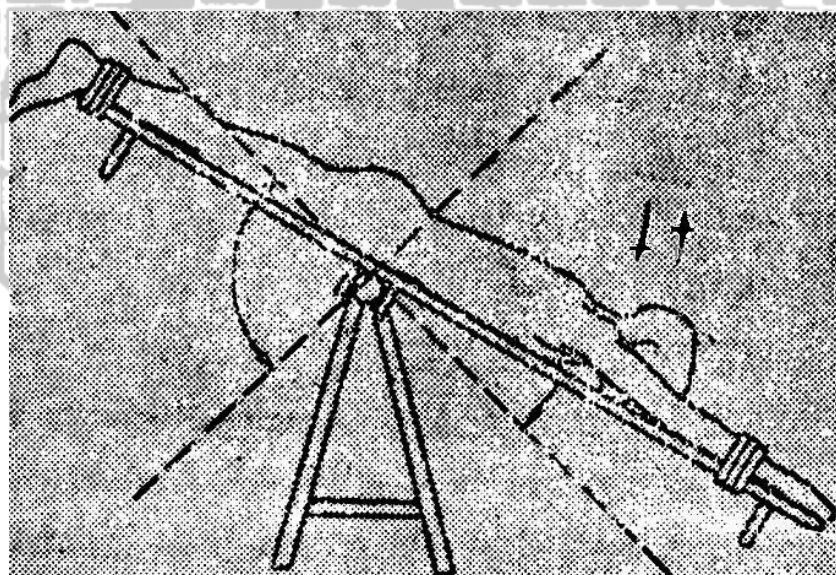
مصدوم را به روی شکم می خوابانند (شکل ۵) و سر او را بالا یا پایین بر حسب وضعیت، قرار داده و پتویی را تا کرده و در زیر شکم او می گذارند. ناحی پاهای خود را در دو طرف بیمار گذارده و در زیر زانوی مصدوم چمباتمه می نشیند و با پنجه های باز خود آخرین دنده های او را می گیرد و بتدریج قائده سینه را فشار می دهد و وزن تنه خود را روی مصدوم می اندازد. پس از آن قفسه سینه را رها می کند و روی ساقهای خود می نشیند. این طریق بسیار خوب بوده و بر طریقه های دیگر برتری دارد زیرا دفاع عضلانی لازم نیست و عملیات آن ساده است و جای وسیعی نمی گیرد و همچنین به کبد و جهازهای دیگر ضربه و فشار وارد نمی آورد و خطر سقوط زبان و بسته شدن حنجره نیز وجود ندارد. با این طریقه حتی اشخاص غریق را پس از یکساعت می توان نجات بخشید و تا سه ساعت تنفس مصنوعی را می توان ادامه داد.



شکل ۵

و-روش آلاکلنگی و یا تاب دادن تمامی بدن

در این روش ناجی بدون زحمت و انجام کار سنگین بوسیله جابجا کردن احشاء و امعای شکم به بالا و پائین، حجاب حاجز را بحرکت در می آورد تا تنفس مصنوعی خودبخود انجام بگیرد. شخص آسیب دیده را روی یک تخت یا مثلا لنگه در دمر خوابانده او را محکم می بندند سپس وسط تخت را روی یک خرک یا شیئی شبیه به آن گذارده با حرکات موزون (۱۵ حدود بار در دقیقه) تخت را تا زاویه ۳۰ و ۳۵ درجه ببالا و پائین می آورند. (شکل ۶)



روش الاکلنگی

شکل ۶

نکته‌ای که در مورد تنفس مصنوعی باید مورد توجه قرار گیرد این است که باید این عمل را هر چه زودتر و بدون درنگ شروع کرد و به زودی ناامید نشد و در صورت امکان چند نفر هر یک به تناوب به یکدیگر یاری کنند. همچنین تنفس مصنوعی می‌بایست بطور منظم انجام گیرد و شماره دفعات آن از دفعات تنفس در حالت سلامت (حدود ۱۵ با در هر دقیقه) کمتر یا بیشتر نباشد.

۲-۲-۲- ماساژ قلبی

از دیگر عوارض برق‌گرفتگی که منجر به فوت می‌گردد، ایست قلبی است. برای مقابله با این حالت می‌توان بوسیله تحریک قلب خون را مجدداً در بدن به گردش درآورد تا در نتیجه اکسیژن به نقاط اصلی بدن مانند مغز رسیده و حیات مصدوم دوباره به دست آید. روش‌های کلی تحریک قلب عبارتند از:

- تزریق دارو به قلب
- شوک الکتریکی
- ماساژ داخلی قلب
- ماساژ خارجی قلب

۲-۲-۱- تزریق دارو به قلب

در مواقعی که ماساژ خارجی تاثیر نداشته باشد اقدام به تزریق ۰,۳ تا ۰,۵ سانتیمتر مکعب محلول ۱در ۱۰۰۰ اپی نفرین در قلب می‌کنند که اغلب اوقات موثر واقع می‌گردد.

۲-۲-۲- شوک الکتریکی

در این روش با اعمال شوک الکتریکی توسط دستگاه شوک دهنده مخصوص با برق ولتاژ بالا، عضلات قلب تحریک و به حرکت وادار می گردند.

۲-۲-۳- ماساژ داخلی قلب

این نوع ماساژ توسط جراح و در روی میز عمل و در بیمارستان صورت می پذیرد. بدین ترتیب که پس از باز نمودن قفسه سینه (در فاصله بین دنده سوم و چهارم قلب) قلب را بین شست و چهار انگشت گرفته و شروع به ماساژ می کنند. از ذکر طرز عمل و جزئیات صرف نظر می شود زیرا این کار میبایست توسط جراح متخصص و در اتاق عمل صورت پذیرد.

۲-۲-۴- ماساژ خارجی قلب

واضح است که سه روش فوق مربوط به شرایط خاص و در محل هایی مانند بیمارستان و مراکز اورژانس قابل به کارگیری است اما روش ماساژ خارجی را در عین کارآمدی و بدون نیاز به تجهیزات ویژه توسط امدادگر در هر کجا و بر روی هر کس و در هر سنی می توان انجام داد. البته در کودکان باید فشار بوسیله یک یا دو انگشت بر روی استخوان جناق سینه و فشار کف یک دست به ملایمت برای اطفال کمی بزرگتر انجام گیرد. لیکن در اشخاص مسن و بالغ باید از فشار هر دو دست استفاده نمود. روش کلی به شرح ذیل می باشد:

۱. مصدوم به پشت، روی یک سطح سفت و محکم خوابانیده تا فشار بخوبی بر روی قلب تاثیر نماید. مقدار فشار لازم به چگونگی وضع مصدوم و ساختمان بدنی او بستگی دارد. شخص ناجی باید در کنار مصدوم - مقابل قفسه سینه اش - زانو زده طوری بنشیند تا بتواند از وزن بدن خود نیز برای فشردن سینه بیمار استفاده نماید. لباس او را از روی قفسه سینه اش کنار بزنید.

○ برجستگی کف دست را روی نیمه پایینی استخوان جناغ سینه قرار داده و انگشتان فرد ناجی از هم باز گردد. کف دست دیگر را روی این دست قرار داده و انگشتان را در هم فرو برده و قلاب می گردد. (ویا دست ها به حالت ضربداری روی هم قرار می گیرد). از تماس انگشتان دست با قفسه سینه مصدوم خودداری گردد.

۳. بازوهای خود را کاملاً راست نگه دارید و تنه خود را آن قدر جلو ببرید تا بازوهای کاملاً عمود بر مصدوم شود. سپس با استفاده از نیروی وزن خود روی قفسه سینه مصدوم فشار آورید. فشار باید به حدی باشد که قفسه سینه مصدوم ۴ تا ۵ سانتی متر به سمت پایین جابه‌جا شود طبیعی است که این فشار بر روی قلب منتقل خواهد گردید. پس از هر بار فشار، بدون برداشتن دست‌ها، اجازه دهید که قفسه سینه به حالت اول برگردد و دیگر فشار ندهید. بعد از مکث مختصر، دوباره قفسه سینه را فشار دهید. این عمل را در حدود ۶۰ مرتبه در دقیقه انجام می‌دهند.

به محض آنکه ضربان قلب احیاء گردید ماساژ قلبی می‌بایست متوقف گردد.

ماساژ خارجی قلب تا حدی کار تنفس مصنوعی را نیز انجام می‌دهد لکن در صورتی که کمک دهنده دیگری نیز وجود داشته باشد بهتر است نفر دوم اقدام به تنفس مصنوعی دهان به دهان نماید. به محض آنکه ضربان قلب برگشت، ماساژ قلبی متوقف می‌گردد اما تنفس دهان به دهان آن قدر ادامه می‌یابد تا تنفس به وضعیت عادی برگردد. در صورت مفید واقع شدن

این عمل، مصدوم به تدریج شروع به تنفس متناوب نموده و رنگش طبیعی تر و مردمک چشم جمع شده کم کم وضع عادی به خود می‌گیرد.

شایان ذکر است که اعمال تنفس مصنوعی و ماساژ قلبی می‌بایست مادام تا برگشت مصدوم به حالت عادی ادامه یابد و از این اعمال نا امید نشد زیرا شواهدی وجود دارد که حتی پس از گذشت ده‌ها دقیقه از اعمال این رفتارهای کمکی، مصدوم به حیات بازگشته است و لذا می‌بایست تا تایید فوت توسط پزشک متخصص بر حسب مرگ مغزی، امداد رسانی ادامه یابد.

۲-۳- سوختگی

در مورد سوختگی‌های ناشی از برق‌گرفتگی با توجه به شدت و درجه سوختگی در صورت احتمال شوک ناشی از سوختگی، مصدوم را طوری خوابانده که سر پائین تر از سطح بدن و پاها قرار گیرد. در صورتیکه لباسهای بیمار سوخته شده و به زخم چسبیده باشد آن را در نیاورید. محل سوختگی را با یک پارچه یا حوله تمیز پوشانده و برای پانسمان و درمان اصلی به پزشک یا بیمارستان ارجاع داده شود.

مراجع و ماخذهای مورد استفاده :

- ۱- آیین نامه سیستم اتصال به زمین
- ۲- استاندارد BS7430 سیستم اتصال به زمین
- ۳- مقررات ملی ساختمان ایران
- ۴- راهنمای طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمان ها (وزارت مسکن و شهرسازی)
- ۵- استاندارد NFPA 70E 2005
- ۶- استانداردهای الکتریکی OSHA
- ۷- ایمنی در برق، عبدالخالق مجیری، وزارت نیرو
- 8- "Electrical Safety Handbook, J.Cadick, M. Capelli-Schellpfeffer, D.Neitzel, 3rd Edition, 2006.
- ۸- دانستنی‌های پزشکی - کمک‌های اولیه
ترجمه و تالیف دکتر بهزادی - انتشارات فروغی ۱۳۶۵
- ۹- مقررات ایمنی در برق و کمک‌های اولیه
معاونت سازندگی و آموزش وزارت نیرو- ۱۳۶۳
- ۱۰- چگونه به یک مصدوم کمک کنیم؟

تالیف دکتر مهدی نجفی، ناشر : سازمان جوانان جمعیت هلال احمر

۱۱- Electrical Safety Handbook, second edition

John Cadick, Mary Capelli-Schellpfeffer, Dennis Neitzel ; MC Graw Hill; 2000