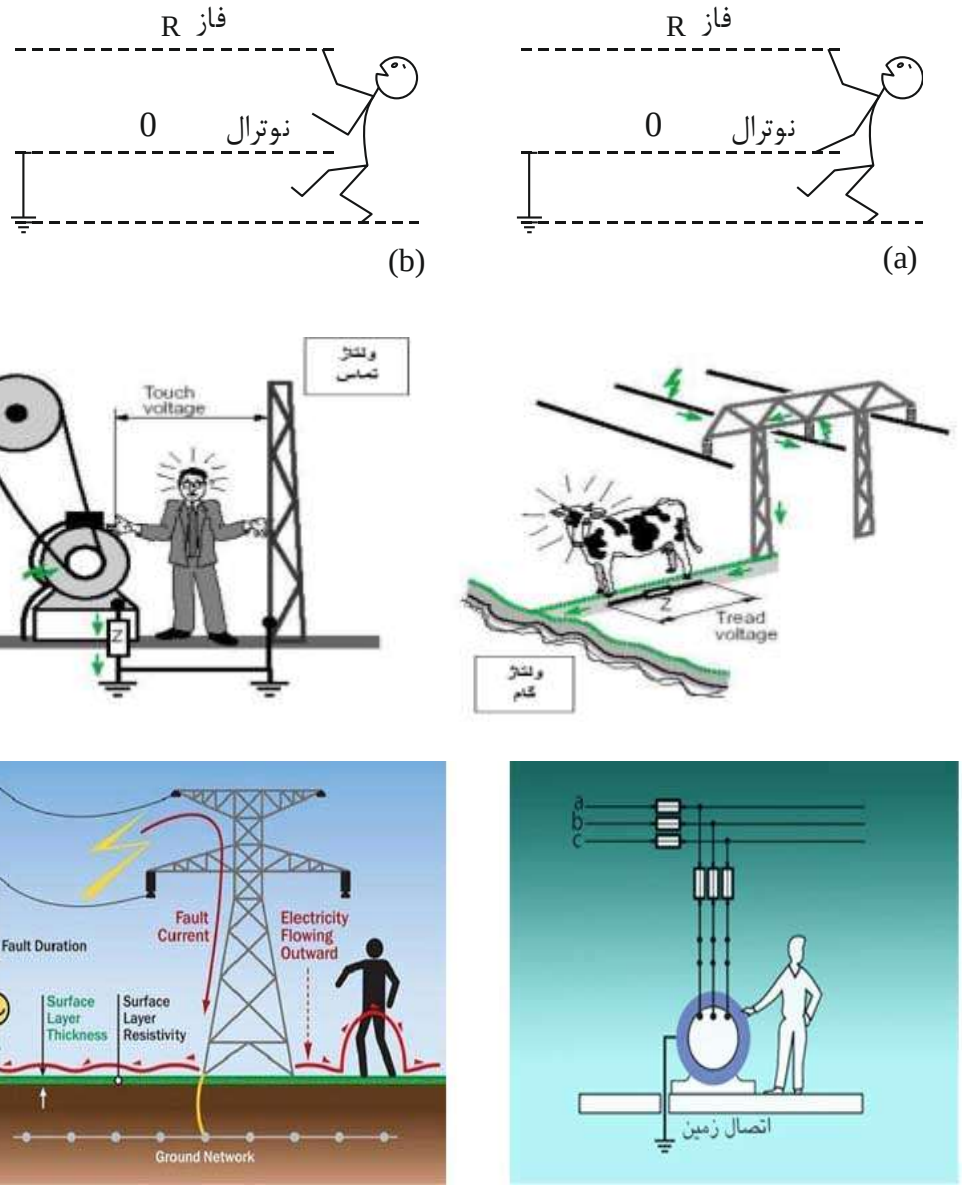
فصل اول

سیستم های نیرو و ارتینگ

اهمیت اتصال به زمین

حفظ سلامت و ایمنی افرادی که از سیستم برق استفاده می‌کنند.

برق‌گرفتگی، اثر سوء برق روی سیستم بدن انسان است، بطوریکه می‌دانیم فرمان‌ها برای حرکات عضلات بدن، از مغز بوسیله جریان‌های برقی بسیار ضعیف از طریق سلسله اعصاب به عضلات مخابره می‌شود. در صورتیکه جریان‌های برق از خارج بدن روی اعصاب اثر گذارند موجب حرکات ناگهانی و بسیار شدید عضلانی می‌شود که برق‌گرفتگی یا شوک نامیده می‌شود و ممکن است که کار آن قسمت‌ها را بطور موقت یا دائم متوقف کند. بدیهی است که مختل شدن کار بعضی قسمت‌ها نظیر مغز، قلب یا شش‌ها می‌تواند سریعاً سبب مرگ شود. شدت شوک بستگی به میزان جریانی دارد که به بدن وارد می‌شود و این بستگی به میزان ولتاژ و مقاومت مدار تشکیل شده دارد. مقاومت مدار معمولاً شامل مقاومت قسمتی از مدار برق‌رسانی، مقاومت بدن و در بیشتر موارد مقاومت مربوط به تماس یا اتصال بدن با زمین است.



شکل ۱- ۱: نمایش دومدار مختلف در برق‌گرفتگی- ولتاژ تماس- ولتاژ گام

مقاومت تماس R_c: به مقاومت تماس یک پای شخص نسبت به سطح زمین، می گویند.

ولتاژ قدم U_S: اختلاف پتانسیل بین دو نقطه روی زمین به فاصله یک متر که از جریان صاعقه جاری شده از یک پایانه زمین مجاور، ایجاد می‌شود.

ولتاژ تماس U_t: به اختلاف پتانسیل بین زمین و بالاترین نقطه ای که یک شخص معمولی قادر به لمس یک شی صاعقه زده می‌باشد، می گویند.

نکته:

برق گرفتگی از اتصال فاز به بدنه بوجود می‌آید.
حفاظت افراد و تجهیزات به عهده ارتینگ است.

حفظ سلامت سیستم، صرف نظر از مسایل مربوط به ایمنی

- از نظر انجام کار صحیح و سالم سیستم
- 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 رله‌های حساس به دست می‌آید.
- ایجاد شرایطی که در آن عایق‌بندی سیستم سالم می‌ماند.

اتصال زمین برای حفاظت جان انسان و حیوان، تأمین شرایط کارکرد صحیح تآسیسات برقی و حفاظت سیستم های آن و غیره بکار می رود و شامل انواع زیر است:
الف) سیستم اتصال زمین ایمنی
ب) سیستم اتصال زمین حفاظت سیستم
پ) سیستم اتصال زمین عملیاتی
ت) سیستم اتصال زمین صاعقه گیر

یادآوری برخی تعاریف مهم ارتینگ

۱ـ 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) می‌نامند.

۲ـ سیستم اتصال به زمین (ارتینگ)[۲]:

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

۳ـ الکترود ارت (زمین)[۳]:

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

---

۱ Earth
۲ Earthing
۳ Earth Electrode

۴ـ مقاومت الکترود ارت[۴]:

مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است.

۵ ـ امپدانس حلقه اتصال به زمین[۵]:

امپدانس حلقه جریان اتصالی زمین است که شروع و پایان آن نقطه اتصالی است و با ZS نشان داده می‌شود.

ـ حلقه اتصالی زمین در سیستمهای مختلف به شرح ذیل است:

الف ـ سیستمهای TN

نقطه شروع (محل اتصالی)، از بدنه دستگاه به ترتیب به سیم ارت، شینه ارت، شینه نول، نقطه ترانس، سیم‌پیچ ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصال به بدنه.

ب ـ سیستمهای TT و IT

نقطه شروع (محل اتصالی)، سیم اتصال به زمین، الکترود زمین، زمین، الکترود سیستم، شینه نول، نقطه صفر ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصالی.

۶ ـ اتصالی:

حالتی از مدار است که جریان در مسیری غیرعادی یا بدون اینکه پیش‌بینی شده باشد یا در نظر گرفته شود، جاری می‌شود. این جریان امکان دارد از نقص در عایق‌بندی یا از بستهای به کار رفته بر روی عایق رساناها ناشی شود.

۷ ـ جریان اتصال به زمین (جریان اتصال کوتاه)[۶]:

اضافه جریانی است که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانسی قابل چشم‌پوشی بین هادیهای با پتانسیلهای مختلف در شرایط عادی کار برقرار شود.

۸ ـ جریان نشتی زمین[۷]:

جریان جاری به زمین یا رساناهای دیگری را که مدار الکتریکی آنها به زمین راه دارد، جریان نشتی زمین می‌نامند. در صورت استفاده از خازن در مدارها، امکان دارد جریان مذکور دارای مقدار جزء خازنی هم باشد.

۹ـ سیم اتصال به زمین (سیم ارت)[۸]:

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

۱۰ـ سیم خنثی (نول)[۹]:

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

۱۱ـ 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:

ـ بدنه‌های هادی؛
ـ قسمتهای هادی بیگانه؛
ـ ترمینال اصلی زمین؛
ـ الکترود زمین؛
ـ نقطه صفر ترانس (نقطه خنثی)؛

---

۴ Total Earthing Resestance
۵ Earthing Loop Resistance
۶ Solid Short)Circuit Current
۷ Earth Leakage Current
۸ Earthing Conductor
۹ Neutral Conductor
۱۰ Protective Conductor

۱۲ـ سیم غلافدار فلزی به منظور زمین کردن:

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

۱۳ـ سیم مشترک ارت ـ نول (PEN)[۱۱]:

سیمی را که به طور مشترک، هم کار سیم اتصال به زمین و هم کار سیم نول را انجام دهد، سیم PEN می‌نامند.

۱۴ـ قسمتهای بی‌حفاظ (روباز) هادی:

قسمت بی حفاظ از تجهیزات را که قابل لمس بوده و حامل برق نیست، اما امکان برقدار شدن در شرایط اتصالی را دارد، قسمت بی‌حفاظ هادی می‌نامند.

۱۵ـ ترمینال اصلی اتصال به زمین (ارتینگ)[۱۲]:

ترمینال یا شینه‌ای را گویند که برای اتصال به سیمهای محافظ تهیه شده و سیمهای هم‌پتانسیل‌کننده و سیمهای اتصال به زمین (ارت)، یا هر وسیله‌ای که به عنوان اتصال به زمین (ارتینگ) به کار می‌رود، به آن وصل می‌شوند.

۱۶ـ قسمتهای برقدار[۱۳]:

سیم یا قسمتهایی از رسانا را که برای استفاده‌های معمولی برقدار شده‌اند، قسمتهای برقدار می‌نامند. سیم نول نیز شامل این قسمتهاست، اما طبق قرارداد، سیم PEN (سیم مشترک ارت ـ نول) به عنوان قسمت برقدار محسوب نمی‌شود.

۱۷ـ پتانسیل زمین (ارت)[۱۴]:

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

۱۸ـ گرادیان پتانسیل (در یک نقطه از زمین)[۱۵]:

اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری شده بر واحد طول یک نقطه در جهتی که پتانسیل بیشترین مقدار را داشته باشد، گرادیان پتانسیل می‌نامند.

۱۹ـ دستگاههای سیار (قابل حمل)[۱۶]:

دستگاههای الکتریکی را می‌نامند که در حال حرکت کار می‌کنند یا اینکه می‌توانند به آسانی از محلی به محل دیگر حرکت داده شوند. در حالی که به پست توزیع برق متصل هستند.

۲۰ـ قسمتهایی که به طور همزمان با هم قابل دسترسی هستند[۱۷]:

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

---

۱۱ PEN Conductor
۱۲ Main Earthing Terminal
۱۳ Live Part
۱۴ Earth Potential
۱۵ Potential Gradient
۱۶ Mobile Equipment
۱۷ Simultaneously Accessible Ports

۲۱ـ دستگاه پس ماند جریان RCD[۱۸] :

دستگاه سوئیچینگ مکانیکی یا مجموعه‌ای از دستگاهها که در شرایط مشخصی سبب بازنگه‌داشتن اتصالات در مواقعی می‌شوند که پس‌ماند جریان به مقدار معینی رسیده باشد.

۲۲ـ هادی بیگانه:

قسمتی از رساناها را که احتمال ایجاد پتانسیل، به ویژه پتانسیل ارت در آنها وجود دارد و قسمتهای شکل‌یافته‌ای از تجهیزات الکتریکی نیستند، هادی بیگانه می‌نامند.

۲۳ـ وسایل قطع و وصل و کنترل[۱۹] (قبل یا بعد از تابلو) :

تجهیزاتی است که برای وصل یک مدار الکتریکی با هدف ذیل پیش‌بینی می‌شود:

ـ حفاظت

ـ کنترل

ـ جدا کردن

ـ انجام عملیات قطع و وصل

۲۴ـ تابلو[۲۰] (مجموعه‌ای از تجهیزات قطع و وصل و کنترل):

ترکیبی است از فیوزها، لوازم قطع و وصل و رله‌های کنترل که کلیه اتصالات الکتریکی و مکانیکی بین آنها و نیز وسایل اندازه‌گیری مانند آمپرمتر یا ولتمتر را نیز شامل می‌شود.

۲۵ـ حصار[۲۱]:

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

۲۶ـ باتری[۲۲]:

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

۲۷ـ 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 نمی‌دهد، ولی امکان دسترسی به هادیها یا کابلها در تمامی طول آن امکان‌پذیر است.

۲۸ ـ سینی کابل[۲۴]:

تکیه‌گاه پایه داری برای کابل است که لبه‌های آن برگشته و بدون پوشش است و ممکن است دارای منافذ پرس شده باشد.

۲۹ـ تونل کابل[۲۵]:

محفظه‌ای است به شکل راهرو و آدم‌رو، حامی سازه‌های نگهدار برای هادیها یا کابلها، که دسترسی آزاد برای افراد در تمام طول آن ممکن باشد.

---

۱۸ Residual Current Devise
۱۹ Switchgear and Control Gear
۲۰ Switch Board
۲۱ Barrier
۲۲ Battery
۲۳ Cable Channel
۲۴ Cable Tray
۲۵ Cable Tunnel

۳۰ـ مدار (برقی دریک تأسیسات)[۲۶]:

مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی که از منبعی واحد تغذیه کنند و در برابر اضافه جریانها به کمک وسیله واحدی حفاظت شوند.

۳۱ـ مدار توزیع (از یک تأسیسات)[۲۷]:

مداری است که یک تابلوی برق را تغذیه می‌کند.

۳۲ـ کلید خودکار[۲۸]:

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

۳۳ـ جریان طراحی (یک مدار)[۲۹]:

شدت جریانی است که پیش‌بینی می‌شود در حالت عادی از مدار عبور کند.

۳۴ـ جریان مجاز حرارتی (یک هادی)[۳۰]:

حداکثر شدت جریانی است که می‌تواند به طور دایم و در شرایط معین از هادی عبور کند، بدون آنکه دمای دایمی آن از مقدار مشخصی تجاوز کند.

۳۵ـ اضافه جریان[۳۱]:

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

۳۶ـ جریان اضافه بار (یک مدار)[۳۲]:

اضافه جریان در مداری است که خرابی الکتریکی ندارد.

۳۷ـ شدت جریان عملیاتی قراردادی (مربوط به یک وسیله حفاظتی)[۳۳]:

شدت جریان معینی است که سبب می‌شود وسیله حفاظتی در مدت مشخصی که به آن زمان قراردادی گویند، عمل کند.

۳۸ ـ تماس مستقیم[۳۴]:

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

۳۹ـ تماس غیرمستقیم[۳۵]:

تماس افراد یا احشام با قسمتهای معیوب الکتریکی مانند تماس با کلید یا پریز معیوب یا بدنه فلزی برقدارشده که در حالت عادی برقدار نیستند.

۴۰ـ 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، پیش‌بینی می‌شود.

---

۲۶ Circuit
۲۷ Distribution Circuit of an Installation
۲۸ Circuit-Breaker
۲۹ Design Current (of a Circuit)
۳۰ Current Carrying Capacity
۳۱ Over Current
۳۲ Over Load Current
۳۳ Conventional Operating Current
۳۴ Direct Contact
۳۵ Undirect Contact
۳۶ Main Earthing Terminal

۴۱ـ تجهیزات الکتریکی[۳۷]:

شامل هر نوع مصالح، لواز، وسایل و تجهیزاتی است که در تولید، تبدیل، انتقال، توزیع یا مصرف انرژی الکتریکی مورداستفاده قرار می‌گیرد، مانند ترانسفورماتورها، وسایل اندازه‌گیری، وسایل حفاظتی، تجهیزات سیستمهای سیم‌کشی و وسایل مصرف‌کننده انرژی الکتریکی مانند لوازم خانگی و غیره.

۴۲ـ تجهیزات مصرف‌کننده جریان[۳۸]:

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

۴۳ـ 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 می‌کند.

۴۴ـ تأسیسات الکتریکی[۴۰]:

مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی مرتبط با هم است که هدف یا هدفهای معینی را که دارای مشخصات هماهنگ هستند تأمین می‌کنند.

۴۵ـ سرویس ورودی تأسیسات الکتریکی[۴۱]:

نقطه‌ای است که در آن انرژی الکتریکی به ساختمان، کارگاه یا کارخانه تحویل می‌شود.

۴۶ـ عایق‌بندی[۴۲]:

عایق‌بندی به قسمتهای برقدار اعمال می‌شود تا در برابر برق‌گرفتگی ایمنی ایجاد کند.

۴۷ـ عایق‌بندی کابل[۴۳]:

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

۴۸ـ مبخش[۴۴]:

وسیله‌ای است برای اتصال بین دو کابل که یک مدار مداوم را تشکیل می‌دهد.

۴۹ـ 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، زره‌ها و هادیهای هم مرکز زمین شده ممکن است به عنوان سپر نیز بکار روند.)

۵۰ ـ 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 همین‌طور برای مدتی مشخص جریانهایی را در شرایط غیرعادی مدار، مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

---

۳۷ Electrical Equipment
۳۸ Current Equipment
۳۹ Fuse
۴۰ Electrical Installation
۴۱ Origin of an Electrical Installation Service Entrance
۴۲ Insulation
۴۳ Insulation (of a Cable)
۴۴ Joint
۴۵ Shield
۴۶ Switch

۵۱ ـ ولتاژ تماس[۴۷]:

ولتاژی است که به هنگام بروز خرابی در عایق‌بندی بین قسمتهایی از هادیها، بدنه‌های هادی، قسمتهای هادی بیگانه و غیره که به طور همزمان در دسترس هستند، ظاهر می‌شود. (شکل ۱)

۵۲ ـ 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 ـ ولتاژ گام

ولتاژی است که براثر برخورد هادی فاز با زمین ایجاد می‌شود. این برخورد ممکن است در اثر پارگی هادیهای فاز برق فشار ضعیف یـا فشـار قوی بوجود آمده و یا اینکه در اثر از بین رفتن عایقبندی سیم‌ها یا کابلهای برقدار و نشت جریان برق به زمین حادث می‌شود. (شکل ۱).

۵۴ ـ اضافه ولتاژ صاعقه[۴۹]:

اضافه ولتاژگذرایی در نقطه‌ای از سیستم است که به علت اصابت صاعقه‌ای با مشخصات معین ظاهر می‌شود.

۵۵ ـ سیستم سیم‌کشی[۵۰]:

مجموعه‌ای است متشکل از کابل و سیم یا کابلها و سیمها و یا شینه‌کشی و همچنین قسمتهایی که آنها را نگهداری می‌کند (لولـه‌هـای پولیکای توی‌کار، روی کار، داکت‌ها، سینی‌ها و کانالها).

نکات مهم:

۱ـ عایقها حساس‌تر از هادیها هستند و علاوه بر دمای زیادی که سبب انهدام عایق می‌شود، بالا رفتن بیش از حد ولتاژ و اثـر آن به مدت طولانی، مخصوصاً در دمای بالا، عایق را زودتر از بین برده و سبب بروز خرابی در سیستم می‌شود.
۲ـ اتصال زمین از طریق الکترود زمین انجام می‌شود و بسته به نوع سیستم در محل نیرو، مصرف یا هر دو انجام می‌شود.
۳ـ دو خطر عمده در تأسیسات الکتریکی جریان‌های برق گرفتگی زیاد (موجب فیبریلاسیون بطنی و مرگ می‌شود) و دماهای زیاد است.
۴ـ اتفافات ناگوار در جریان متناوب بسیار بیشتر از جریان‌های مستقیم است. (۲ تا ۴ برابر شدیدتر است)

هرچه فرکانس در جریان متناوب افزایش یابد (امپدانس پوست کم می‌شود) خطر برق گرفتگی کمتر می‌شود.

حفاظت در برابر برق گرفتگی

جدول ۱- ۱: اثر جریان‌های برق روی بدن انسان

اثر	جریان برحسب میلی‌آمپر
غیرقابل تشخیص	$I < 1$
همراه با ناراحتی قابل تحمل	$1 < I < 5$
همراه با ناراحتی شدید	$5 < I < 12$
آستانه از دست رفتن کنترل عضلات و قدرت رها کردن سیم	$I = 16$ (مردان) $I = 10/5$ (زنان)
اختلال سیستم تنفسی	$I > 30$
بی‌نظمی یا توقف کامل قلب یا هلاکت	$I > 75$

۴۷ Touch Voltage
۴۸ Prospective Touch Voltage
۴۹ Lighting Overvoltage
۵۰ Wiring System

تقسیم‌بندی خطرات ناشی از برق گرفتگی

الف ـ خطرات مستقیم: برق گرفتگی و آتش‌سوزی در اثر برقراری جریان اتصال کوتاه
ب ـ خطرات غیر مستقیم

عوامل موثر در برق گرفتگی

- مشخصه‌های موجود زنده
- مشخصه‌های سیستم الکتریکی
- مشخصه‌های محیط زیست

انواع تماس با هادی برق‌دار

تماس مستقیم: در اثر تماس مستقیم بدن انسان با هادی برق دار انجام می‌شود.
تماس بدن انسان با بدنه فلزی هادی یا تجهیز برقی که به صورت همزمان این بدنه با هادی برق دار به صورت غیر عادی در تماس است.

روش حفاظت در برابر تماس مستقیم

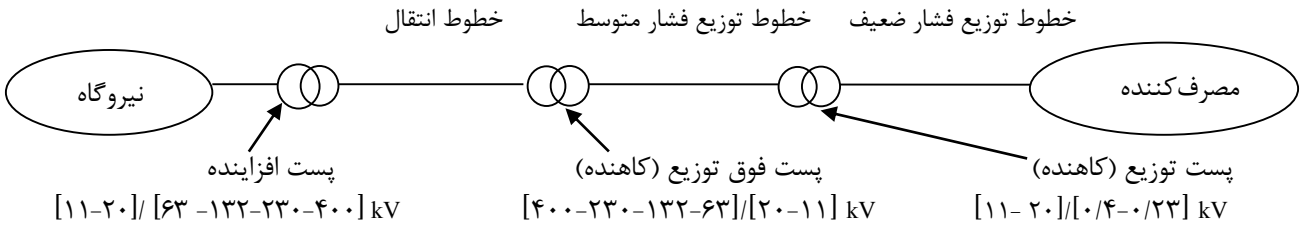
حفاظت در برابر هر نوع تماس(عمدی و غیر عمدی): عایق‌بندی، حصار کشی، استفاده از محفظه‌ها
حفاظت در برابر هر تماس غیر عمد: ایجاد موانع، استقرار در خارج از دسترس
حفاظت اضافی: فیوز، کلید خودکار کوچک (MCB)، کلید خودکار (CB)، کلید جریان تفاضلی

روش حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم با استفاده قطع خودکار مدار

یک وسیله حفاظتی در برابر تماس مستقیم باید منبع یا مدار تغذیه را در صورت بروز اتصالی بین فاز و بدنه هادی قطع کند بنحوی که ولتاژ تماس احتمالی اگر از حد ولتاژ قرار دادی(در جریان متناوب ۵۰ ولت و ۱۲۰ ولت بدون تموج در جریان مستقیم بدون تموج) بیشتر شود به مدت زمانی که منجر به صدمه یا مرگ می‌شود، برقرار نماند.

منابع نیرو

الف) شبکه برق سراسری: (نیروگاه‌ها (ژنراتور سنکرون۲۰-۱۱kv)، خطوط انتقال، پست (اتاق ترانسفورماتور) فوق توزیع، پست توزیع)



شکل ۱- ۲: دیاگرام کلی شبکه برق سراسری

حریم خطوط انتقال و توزیع برق

نظر به اهمیت رعایت اصول ایمنی و فاصله مجاز در خطوط انتقال و توزیع برق و خطرات ناشی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و اثرات سوء ناشی از آن‌ها بر بدن انسان به بررسی رعایت حریم خطوط انتقال برق، فاصله سیم تا سطح زمین و بررسی راهکارهای کاهش اثرات سوء این دو میدان بر بدن انسان می‌پردازیم.

محور خط

خط فرضی و اصل بین مراکز پایه‌های خط انتقال انرژی را محور خط می‌نامند.

مسیر خط

نواری است روی زمین و به موازات محور خط که حد خارجی دو طرف آن تصویر هادی‌های جانبی خط روی زمین می‌باشد.

حریم درجه یک

دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن که عرض هر کدام را حریم درجه یک می‌نامند. در مسیر خط و حریم درجه یک، اقدام به هرگونه عملیات ساختمانی و ایجاد تاسیسات مسکونی و دامداری یا باغ، درختکاری و انبارداری تا هر ارتفاع ممنوع می‌باشد و فقط زراعت فصلی و سطحی، حفر چاه و قنات، راهسازی و شبکه آبیاری مشروط بر این که سبب ایجاد خسارت برای تاسیسات خطوط انتقال برق نگردد، مجاز می‌باشد. در این حریم اصول حفاظتی به منظور جلوگیری از بروز خطرات جانی و مالی رعایت شده و در مورد حفر چاه و قنات و راه‌سازی بایستی قبلاً از مسئولین عملیات خطوط نیروی برق مجوز گرفته شود (ولی در هر صورت ایجاد شبکه آبیاری، حفر چاه، قنوات و راه‌سازی در اطراف پایه‌های خط نباید در فاصله‌ای کمتر از ۳m از پی پایه‌ها انجام گیرد.)

حریم درجه دو

دو نوار در طرفین حریم درجه یک و متصل به آن که فاصله افقی حد خارجی آن از محور خط را حریم درجه دو می‌نامند. در حریم درجه دو فقط ایجاد تاسیسات ساختمانی اعم از مسکونی، صنعتی و مخازن سوخت تا هر ارتفاع ممنوع می‌باشد.

مصوبه هیات دولت در مورد حریم خطوط انتقال و فوق توزیع برق

هیات وزیران در جلسه ۹۴/۱/۳۰ به پیشنهاد شماره ۹۳/۱۷۸۱۴/۳۰/۱۰۰ مورخ ۹۳/۳/۲۰ وزارت نیرو به استناد تبصره ۲ ماده ۱۸ قانون سازمان برق ایران حریم خطوط هوایی انتقال و فوق توزیع را به شرح زیر تصویب کرد:

حریم : حریم خطوط نیروی برق به دو نوع زمینی و هوایی تقسیم می شود

حریم زمینی : دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن از سطح زمین که عرض هریک از این دو نوار در جدول زیر تعیین شده است.

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	۶۳	۱۳۲	۲۳۰	۴۰۰	۷۶۵
حریم زمینی (متر)	۸	۹	۱۱/۹	۱۴	۲۵

حریم هوایی : فضائی در هوا در امتداد هادی و به شکل مستطیل ، ناشی از اعمال حریم های افقی و عمودی به شرح زیر که هادی جریان برق در مرکز آن قرار می گیرد.

حریم عمودی : فاصله عمودی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای قائم که در جدول زیر تعیین شده است.

حریم افقی : فاصله افقی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای افق که در جدول زیر تعیین شده است.

تبصره : وزارت نیرو می تواند در داخل و خارج از محدوده شهر ها به صورت کلی یا موردی بر اساس ضوابط فنی ابلاغی آن وزارت ، موقعیت محلی و سایر شرایط و به شرط اطمینان از استقامت خط ، حریم هوایی را به **پیشنهاد شرکت برق مربوطه و تصویب وزیر نیرو** (با رعایت ضوابط فنی و ایمنی) و به شرح جدول زیر اعمال نماید ؛ در این صورت رعایت حداقل سی درصد (۳۰٪) از حریم زمینی جدول بالا لازم الاجرا است.

سطح ولتاژ (کیلو ولت)	حریم افقی	حریم عمودی	۳۰٪ حریم زمینی الزامی
۶۳	۳	۶	۲/۴
۱۳۲	۴/۵	۷	۲/۷
۲۳۰	۶/۵	۸	۳/۵۷
۴۰۰	۹	۱۰	۴/۲
۷۶۵	۲۰	۱۵	۷/۵

شکل ۱- ۳

ب) دیزل ژنراتور اضطراری (البته سیستم استارت دیزل ژنراتور از طریق باتری تغذیه می‌شود)

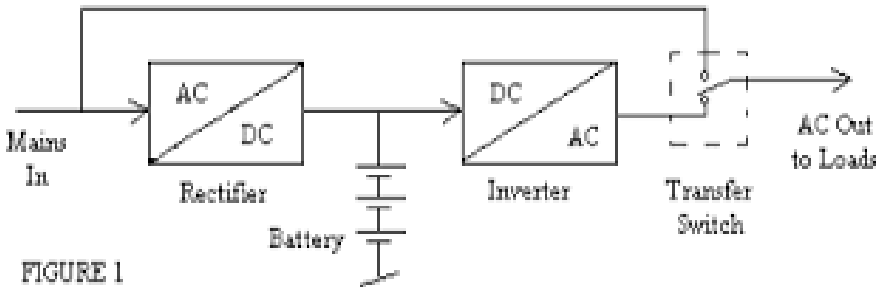
کارکرد دیزل ژنراتور:

دیزل در شرایط ایمنی و اضطراری کاربرد دارد که در ادامه تشریح خواهد شد.

ج) باتری‌ها

باتری: در دو نوع خشک و اسیدی وجود دارد در صورت عدم وجود دو منبع ذکر شده از باطری استفاده می شود. باطری یا مستقیما به تجهیز متصل می‌شود یا از طریق مدارات الکترونیک قدرت مثل رکتیفایر و اینورتر برای تولید ولتاژ DC وAC به تجهیز متصل می‌شود.

UPSها (از ادوات نیروی برق ایمنی) از اجزای زیر تشکیل شده است: باتری، شارژر باتری، اینورتر، ترانسفورماتور بای پس، سوییچ



شکل ۱- ۴: دیاگرام UPS FIGURE 1

نامگذاری سیستم‌های نیرو

در بخش توزیع ولتاژ پایین، مهمترین نگرانی در طراحی سیستم اتصال بـه زمـین امنیـت مصـرف‌کننـده اسـت کـه از شـوک‌هـای الکتریکی محفوظ باشد. این سیستم باید به گونه‌ای طراحی شود که مصرف‌کننده با ولتاژ بیش از ولتاژ تماس ۵۰ ولت در تماس نباشد.

I/T: سمت منبع

T/N: سمت مصرف‌کننده

اصول نامگذاری در سیستم‌های توزیع نیرو(IEC)

حرف اول معرف نحوهٔ اتصال زمین به وسیلهٔ تأمین الکتریسیته (ژنراتور یا ترانس) است:

T اتصال مستقیم به زمین (به لاتینterra)

I هیچ نقطه‌ای به زمین متصل نیست (ایزوله)

حرف دوم معرف نحوهٔ اتصال بین زمین و وسیلهٔ الکتریکی است:

T اتصال مستقیم بدنه به زمین

N اتصال بدنه به هادی خنثی، که خود به زمین متصل است.

IEC سه سیستم الکتریکی را شناسایی کرده است. شناسایی اصلی با دو حرف از حروفی که قبلاً گفته شده اند انجام می شود. در مورد یکی از سه سیستم، از حروف اضافی هم استفاده می شود.

از دو حرف اصلی شناسایی، حرف اول از سمت چپ رابطه سیستم را با زمین بازگو می‌کند:

حرف اول از سمت چپ **T** یعنی یک نقطه از سیستم به زمین وصل است.

حرف اول از سمت چپ **I** یعنی سیستم از زمین مجزا است یا با مقاومتی بزرگ به آن وصل است.

از دو حرف اصلی شناسایی، حرف دوم از سمت چپ رابطه بدنه‌های هادی تجهیزات را با زمین بازگو می کند:

حرف دوم از سمت چپ **N** یعنی بدنه های هادی به هادی خنثای زمین شده وصل اند.

حرف دوم از سمت چپ **T** یعنی بدنه های هادی، مستقل از زمین سیستم، به زمین وصل اند.

حروف کمکی نشان دهنده زیر سیستم ها هستند (C و S):

حرف سوم از سمت چپ S، بدنه های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مخصوص (PE) در مبدأ به نقطه خنثـای سیسـتم وصـل مـی شود. (سیستم TN-S).

حرف سوم از سمت چپ C، بدنه‌های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مشترک مخصوص و خنثی (PEN) بـه زمـین وصـل مـی‌شـود (سیستم TN-C).

پس به طور خلاصه **IEC** یک سیستم نیرو را با توجه به جنبه های زیر مشخص می کند:

۱- نوع و تعداد هادی‌های برقدار و حفاظتی یک سیستم (فاز یا فازها – خنثا – حفاظتی یا حفاظتی / خنثا)

۲- نحوه اتصال به زمین سیستم نیرو (وصل خنثا یا عدم وصل آن به زمین)

تذکر:

شناسایی هادیها در سیستمهای جریان متناوب

- برای مشخص کردن هادی فاز از حرف L (که اولین حرف کلمه Line است) استفاده می شود.
- برای مشخص کردن هادی خنثا از حرف N (که اولین حرف کلمه Neutral) است استفاده می شود.
- برای مشخص کردن هادی حفاظتی از حروف PE (که اولین حروف کلمات انگلیسی"زمین حفاظتی" Earthing Protective است) استفاده می شود.
- برای مشخص کردن هادی مشترک حفاظتی / خنثا از حروف PEN (که اولین حروف کلمات انگلیسی Protective + Neutral Earthing است) استفاده می شود.

با توجه به مطالب بالا سیستمهای تک فاز به قرار زیر خواهند بود:

سیستمهای دو سیمه: L۱+PEN ; L۱+L۲ ; L۱+N

سیستم سه سیمه: L۱+N+PE

و سیستمهای سه فاز به قرار زیر خواهند بود:

سیستمهای سه سیمه: L۱+L۲+L۳ یا

سیستمهای چهارسیمه: L۱+L۲+L۳+ (N یا PE یا PEN)

سیستمهای پنج سیمه: L۱+L۲+L۳+N+PE

جدول ۱- ۲: نشانه های ترسیمی

علامت	شرح
	هادی فاز
	هادی خنثی
	هادی حفاظتی
	هادی حفاظتی‌خنثی

جمع‌بندی:

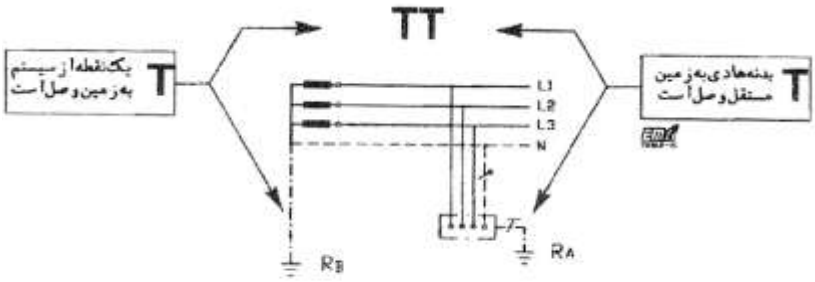
انواع سیستم های اتصال به زمین فشار ضعیف عبارتند از:

۱- TN شامل: TN-C ، TN-S و TN-C-S

۲- TT

۳- IT

سیستم TT



شکل ۱- ۵ : نامگذاری سیستم TT

در سیستم TT نقطه خنثی سیستم توسط مقاومت R_B و بدنه هادی توسط الکترود مستقل R_A به زمین متصل می شوند. در صورت وقوع اتصال کوتاه بین یک هادی فاز و بدنه های هادی و هادی حفاظتی (PE) جهت قطع مدار در زمان معین (حداکثر ۵ ثانیه) بایستی رابطه $R_A \leq (U_0 \div I_a)$ برقرار باشد.

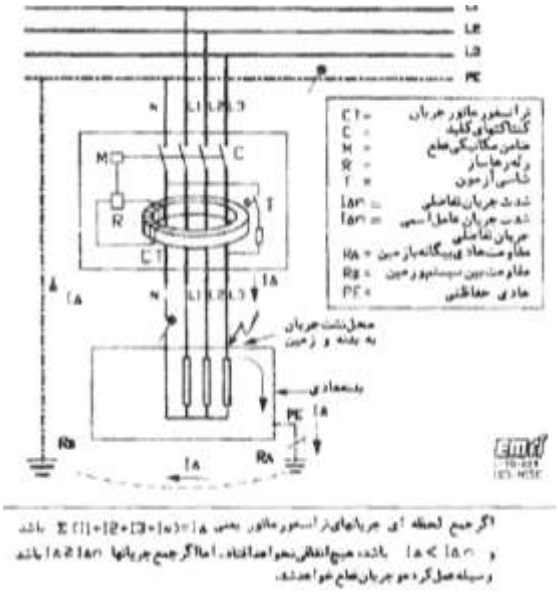
در سیستم TT استفاده از وسایل حفاظتی زیر مجاز می باشد:
۱- وسایل جریان تفاضلی (RCD).
۲- وسایل حفاظتی اضافه جریان.

توضیح:

به واسطه این که یک سیستم مستقل از شبکه برای تامین حفاظت به کار رفته است، برای شبکه‌های شامل چندین دستگاه الکترونیکی که نویززیادی روی هادی خنثا ایجاد می‌کنند مورد توجه است.

نکته مهم:
در این سیستم کاربرد کلید محافظ جان لازمست.

RCD یا کلید محافظ جان یا کلید جریان باقیمانده



شکل ۱- ۶: طرحواره یک وسیله (کلید) حفاظتی جریان تفاضلی

قطع سریع مدار با استفاده از کلیدهای جریان تفاضلی (RCD)

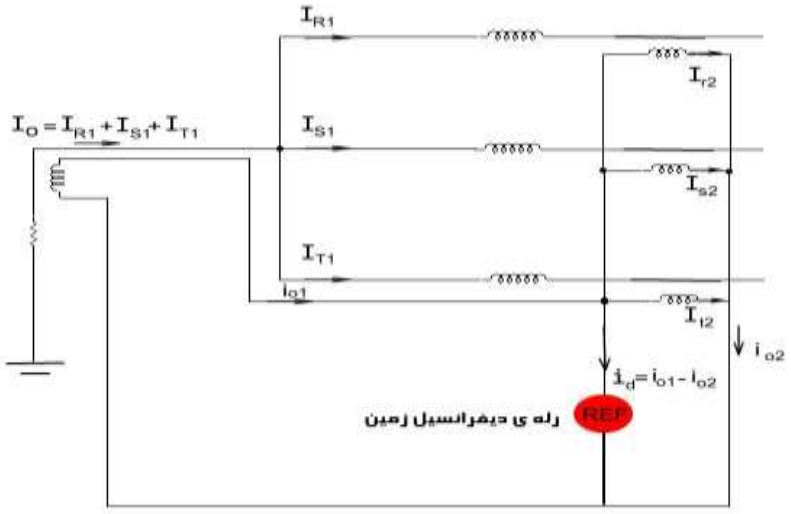
کلیدهای جریان تفاضلی کلیدهایی هستند که اگر جمع جریانهای خروجی از کلید با جمع جریانهای ورودی بـه آن برابـر نباشـد – یعنی بخشی از جریان، هر چند کوچک، به جای برگشتن از طریق هادیهای مدار از راه دیگری مانند زمین به منبـع برگـردد – واکـنش نشان داده و کلید را قطع می کند. ساختن کلیدهای تفاضلی با حساسیت زیاد (چنـد میلـی آمپـر) امکانپـذیر اسـت و بـرای همـین در کاربرد آنها می توان برخلاف شرایطی که در استفاده از فیوز وجود دارد از اتصال به زمینهایی با مقاومت زیاد، استفاده کرد.
در مواردی که ممکن است کابلها و تجهیزات در معرض خطر آسیب دیدگی قرار گیرند، می‌توان نـوعی حفاظـت تکمیلـی را بـه کمـک وسیله حفاظتی جریان پساند (RCD) پیش بینی کرد. این وسیله نه تنها باید هنگام وقوع اتصالی بین سیم فـاز و اتصـال زمـین یـا بدنـه فلزی عمل کند، بلکه باید خطر برق گرفتگی ناشی از تماس افراد با سیمهای برقدار کابلهای آسیب‌دیـده فاقـد زره یـا تجهیزاتـی را کـه کاملاً توسط محفظه فلزی پوشیده نشده‌اند را کاهش دهد.

حداکثر مقاومت الکترود زمین مستقل از رابطه $(R_A \leq U_c \div I_{\Delta n})\ \Omega$ محاسبه می شود. در این رابطه U_c ولتاژ تماس که ۵۰ ولـت در ولتاژ متناوب و $I_{\Delta n}$ جریان باقی مانده نامی عمل کلید RCD می باشد.

در صورتی که از وسیله حفاظتی مثل فیوز یا کلیدهای اتوماتیک استفاده شود بجای $I_{\Delta n}$ مقدار قرار $K.In$ قرار داده می شود.

نکته:
RCD در درجه اول برای تماس غیر مستقیم در فاز و خنثی قرار می‌گیرد.

نکته:
RCD فقط در بخش‌های TNS قابل استفاده است.



شکل ۱– ۷: مکانیزم عملکرد RCD

با توجه به شکل فوق مشخص می‌گردد RCD در شرایط زیر عمل نمی‌کند:

- تماس دو فاز با هم
- تماس فاز با نول

در هر دو مورد فوق جریان نشتی وجود ندارد.