

ایمنی در برق و پیشگیری از حوادث برقی

مهندس عبدالخالق مجیری

خطرات برق

۱. مخاطرات اولیه:

۱-۱- شوک الکتریکی

۱-۲- سوختگی

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

۲. مخاطرات ثانویه (واکنشهای غیر ارادی):

۲-۱- سقوط از ارتفاع

۲-۲- انداختن یا پرتاب ابزار کار و اشیاء

۲-۳- برخورد با اشیاء

۱-۱- شوک الکتریکی

یک تحریک ناگهانی و اتفاقی سیستم عصبی بدن بر اثر عبور جریان الکتریکی است.

۱-۱-۱- عوارض ناشی از شوک الکتریکی

- انقباض ماهیچه‌ها
- خفگی
- فیبریلاسیون قلب
- سوختگی

۱-۱-۲- راه های ایجاد شوک الکتریکی

- ❖ تماس با هر دو هادی یا سیم مدار برق‌دار (فاز و نول یا فاز و فاز)
- ❖ تماس با سیم فاز مدار برق‌دار و زمین
- ❖ تماس با سیم نول و زمین در شرایط عدم تعادل بار فازها
- ❖ تماس با بدنه فلزی دستگاه‌هایی که دارای اتصال بدنه باشند (ولتاژ تماسی)
- ❖ تخلیه بار الکتریکی ذخیره‌شده از دستگاه‌هایی که انرژی را ذخیره می‌کنند مانند خازن‌ها، سرکابل‌ها، کابل‌های فشار قوی بلند، خطوط طولانی فشارقوی
- ❖ ایجاد پتانسیل بین دو پا در شرایط اتصال فاز با زمین یا تخلیه جریان رعد و برق به زمین

۱-۱-۳- برخی علل معمول ایجاد شوک الکتریکی

- تماس بدن با خطوط هوایی برق
- شکست عایقی

- اتصال زمین یا ارت نامناسب تجهیزات
- اتصالات شل یا قسمت‌های معیوب
- اتصالی به زمین در تجهیزات
- قسمت‌های برقدار بدون حفاظ یا گارد
- عدم تخلیه تجهیزات برقی به هنگام بازرسی یا تعمیرات
- استفاده از ابزار معیوب یا نایمن
- استفاده از ابزار یا تجهیزات نزدیک به قسمت‌های برقدار که موجب ایجاد قوس شود.

۱-۱-۴- عوامل مؤثر در شوک الکتریکی

- ولتاژ
- شدت جریان
- مقاومت بدن انسان
- مسیر عبور جریان و سطح تماس
- نوع جریان
- مدت زمان عبور جریان برق
- فرکانس برق
- عوامل دیگر

۱-۱-۵- حداکثر ولتاژ مجاز تماس در شرایط عادی

- برای برق A.C با فرکانس ۵۰ Hz:
آستانه احساس ولتاژ در بدن ۱۰ تا ۱۲ ولت می باشد.
- طبق استاندارد آلمان (VDE) $65 \leq$ ولت
- طبق استاندارد (IEC) $50 \leq$ ولت
- برای برق D.C:
- طبق هر ۲ استاندارد $120 \leq$ ولت

۱-۱-۶- شدت جریان الکتریکی

- برای برق A.C با فرکانس ۵۰ هرتز:
آستانه احساس شدت جریان الکتریکی ۱ میلی آمپر است.
- شدت جریان بدون خطر = ۸ تا ۱۰ میلی آمپر
- شروع کردن عضلات به سفت شدن = ۱۵ میلی آمپر
- شدت جریان خطرناک = ۲۵ میلی آمپر
- برای برق D.C:
- شدت جریان خطرناک = ۵۰ میلی آمپر

۱-۷- میانگین مقاومت بدن انسان:

- ✓ برای برق فشار ضعیف = ۳۵۰۰ اهم
- ✓ برای برق فشار قوی = ۱۰۰۰ اهم
- ✓ برای برق جریان مستقیم = ۴۵۰۰ اهم

۱-۸- مقاومت بر اساس نوع جریان:

- ❖ پوست بدن در مقابل جریان D.C مقاومت بیشتری نسبت به جریان A.C دارد.
- ❖ انسان به جریان متناوب نسبت به جریان مستقیم حدوداً ۵ برابر بیشتر حساس می باشد.
- ❖ علت مرگ در جریان A.C ← انقباض عضلات بدلیل فرکانس برق
- ❖ علت مرگ در جریان D.C ← تجزیه خون و مسمومیت

۱-۹- مسیر عبور جریان برق

خطرناکترین مسیر عبور جریان از قلب، ششها و مغز می باشد. هرچه سطح تماس بیشتر باشد، شدت برق گرفتگی بیشتر خواهد بود.

۱-۱۰- عوارض بر اساس مدت زمان عبور جریان از بدن

- ۱۰۰ میلی آمپر در مدت ۳ ثانیه باعث فیبریلاسیون قلب و قطع ضربان می شود.
- ۲۵ میلی آمپر در مدت ۵ ثانیه باعث مرگ می شود.

۱-۱۱- اثر فرکانس در شوک الکتریکی

- فرکانس های ۵۰ و ۶۰ هرتز خطرناکترین فرکانس برای انسان می باشند و باعث حداکثر تحریک در انتهای عصب می شوند.
- جریان در فرکانس های بیشتر از ۱۰ کیلوهرتز از سطح بدن می گذرد و برق گرفتگی رخ نمی دهد.

۱-۱۲- عوامل دیگر در شدت شوک الکتریکی

سن افراد، خستگی، تشنگی، گرسنگی، بیماری، مشکلات روانی و روحی، درجه حرارت، رطوبت، شرایط جوی و محیطی و... در شدت یا ضعف برق گرفتگی مؤثرند. (به طور کلی شرایط جسمی، روحی و روانی، جوی و شغلی)

۱-۲- سوختگی ناشی از برق گرفتگی

عبور جریان برق در طول هادی طبق قانون ژول، ایجاد حرارت می نماید. بنابراین تماس با هادی برقرار و یا عبور جریان برق از بدن موجب سوختگی می شود. سوختگی مهمترین اثرات اولیه حوادث الکتریکی است. سوختگی ناشی از ولتاژ فشار ضعیف و فشار قوی متناوب، بسیار جدی و عمیق است. شوک الکتریکی ناشی از ولتاژهای فشار قوی ممکن است بدلیل پایین بودن شدت جریان، خیلی شدید نباشد ولی سوختگی ناشی از آن بدلیل ولتاژ فشار قوی ممکن است وسعت زیادی از بدن را پوشانده و بسیار جدی باشد.

۱-۲-۱- قوس الکتریکی (Arc Flash):

- قوس الکتریکی یک اتصال کوتاه از طریق هوا است که از یک هادی برقرار در معرض به هادی دیگر یا به زمین می زند. قوس الکتریکی می تواند موجب برق گرفتگی، سوختگی جدی و جراحت خاصی جدا از انواع دیگر می شود.
- قوس الکتریکی با تولید اشعه ماورای بنفش صدمه زیادی شبیه به آفتاب سوختگی شدید برای پوست ایجاد می کند.
- ذرات فلز ذوب شده ناشی از قوس نیز در بدن نفوذ کرده و می سوزاند. ضمناً پوست های حساس و به ویژه چشم ها در مقابل قوس آسیب پذیر می باشند.

علل معمول ایجاد قوس الکتریکی:

- نزدیک شدن به یک منبع آمپر بالا به وسیله ابزار هادی یا قسمتی از بدن
- ایجاد اتصال کوتاه به وسیله انداختن یک ابزار یا به طریق دیگر
- استفاده از وسایل معیوب یا غیر استاندارد یا نصب ناصحیح
- شکست یا ایجاد روزنه در عایق
- خوردگی یا گرد و غبار یا آلودگی های دیگر در سطح هادی

۱-۳- انفجارهای الکتریکی:

انفجارهای الکتریکی شامل گسیختگی (قطع) شدید و فاجعه انگیز وسایل الکتریکی می باشد. وسایلی نظیر سوئیچ گیرها (کلیدها)، موتورها و کابل های قدرت در صورتی که تحت جریان های بیش از اندازه قرار گیرند یا دارای اتصالاتی های ناشی از قوس داخلی طولانی باشند، مستعد یا مسبب انفجار خواهند بود که در نتیجه نیروهای الکترومغناطیسی شدیدی را رها کرده و انرژی حرارتی را منتشر می نمایند. انفجارهایی که منبع اشتعال آن ها الکتریکی است شامل اشتعال (احتراق) بخارات، مایعات، گازها و گردهای قابل اشتعال به وسیله جرقه ها، قوس های الکتریکی یا دمای بالای سطحی وسایل الکتریکی می باشد.

دلایل ایجاد آتش سوزی الکتریکی:

- ❖ اضافه حرارت کابلها و تجهیزات الکتریکی ناشی از اضافه بار هادی ها (Over load)
- ❖ حرارت ناشی از شل بودن اتصالات مدار الکتریکی (Loose connection)
- ❖ جریانهای ناشی از ایزولاسیون نامناسب و ضعیف (Earth leakage)
- ❖ حرارت ناشی از اضافه جریان حاصل از اتصال کوتاه (short circuit)
- ❖ اضافه حرارت مواد قابل اشتعال در نزدیکی تجهیزات الکتریکی (Over heat)
- ❖ روشن شدن مواد قابل اشتعال بوسیله قوس یا جرقه وسائل الکتریکی (Spark / Flash)

تعریف برق گرفتگی

- وقتی اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از بدن ایجاد شود، به طوریکه جریان برق از یک نقطه از بدن وارد و از نقطه دیگری خارج شود، برق گرفتگی رخ می دهد.
- وقتی بدن انسان مدار الکتریکی را به بندد یا کامل کند.
- وقتی جریان الکتریکی از بدن به زمین تخلیه شود

انواع برق گرفتگی

۱. برق گرفتگی از طریق تماس مستقیم: هنگامی که سیستم الکتریکی سالم است و انسان بر اثر سهل انگاری با هادی برقرار (مانند فازها، باس بارها، پوشینگها و...) در یک یا دو نقطه تماس می گیرد را برق گرفتگی مستقیم می نامند.
۲. برق گرفتگی از طریق تماس غیرمستقیم: هنگامی که یک هادی برقرار بر اثر خراب شدن عایق بندی با بدنه فلزی دستگاه الکتریکی تماس می یابد (یعنی بدنه هادی دستگاه که معمولاً برقرار نمی باشد به طور اتفاقی بدلیل شکست عایقی برقرار شود) و انسان با همان بدنه برقرار در تماس باشد، به آن برق گرفتگی غیرمستقیم می گویند.

راه های کلی حفاظت در مقابل برق گرفتگی با تماس مستقیم و غیرمستقیم:

- ❖ جلوگیری از عبور جریان الکتریکی از بدن انسان (استفاده از وسایل حفاظت فردی)
 - ❖ محدود کردن جریان عبوری از بدن در حد مجاز (استفاده از کلید حفاظت از جان)
 - ❖ قطع خودکار مدار تغذیه به محض بروز برق گرفتگی (استفاده از ارت مناسب برای تماس غیرمستقیم)
- به طور کلی استفاده از روشی که ایمنی در مقابل هر دو تماس مستقیم و غیرمستقیم را به عهده گیرد و به کار گرفتن همزمان از روش های مختلف، یکی برای ایمنی در مقابل تماس مستقیم و دیگری برای تماس غیر مستقیم بهترین راه حفاظت در مقابل برق گرفتگی است.

روشهای پیشگیری از برق گرفتگی تماس مستقیم: (حفاظت در مقابل تماس مستقیم)

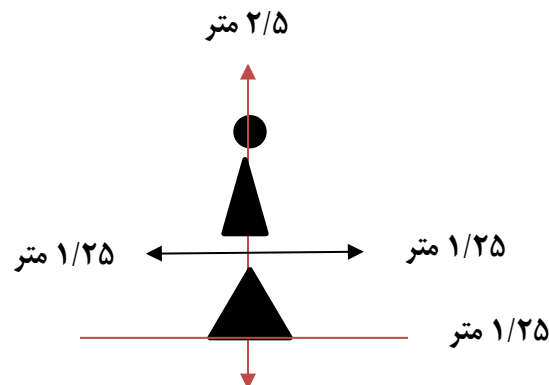
الف (ایمنی کامل در مقابل تماس مستقیم:

- عایق بندی قسمت های برقرار: اجزای تجهیزات الکتریکی در ولتاژهای مختلف بایستی به طور مناسب از یکدیگر و از بدنه به وسیله عایق وظیفه ای (Functional Insulation) ایزوله گردند. تمام قسمت های فعال (اکتیو) دستگاه در داخل یک عایق کامل قرار می گیرند تا امکان دسترسی وجود نداشته باشد. این عایق باید تحمل ولتاژ، جریان، حرارت و فشارهای مکانیکی را داشته باشد مانند عایق کابل ها، سرکابل ها و مفصل ها، عایق کردن سیم در جعبه تقسیم یا محل اتصالات با نوارهای عایق برق
- پوشاندن یا محصور کردن یا محفوظ نمودن (محفظه ها و حصارها): تمام قسمت های فعال دستگاه باید زیر یک حفاظ یا داخل یک پوسته محافظتی قرار گیرد تا از تماس اتفاقی یا عمدی با قسمت های برقرار بدون کمک ابزاری جلوگیری شود. مانند قسمت های برقرار داخل تابلو، داخل کوبیکل ها (سوراخ ها و روزنه ها کوچکتر از ۱۲ میلی متر باشد. نباید فاصله پوشش یا درپوش از قسمت های اکتیو داخل آن از ۸۰ میلی متر کمتر باشد، باز کردن حصار فقط باید با ابزار خاص یا قطع برق امکان پذیر باشد.

ب) ایمنی مشروط در مقابل تماس مستقیم

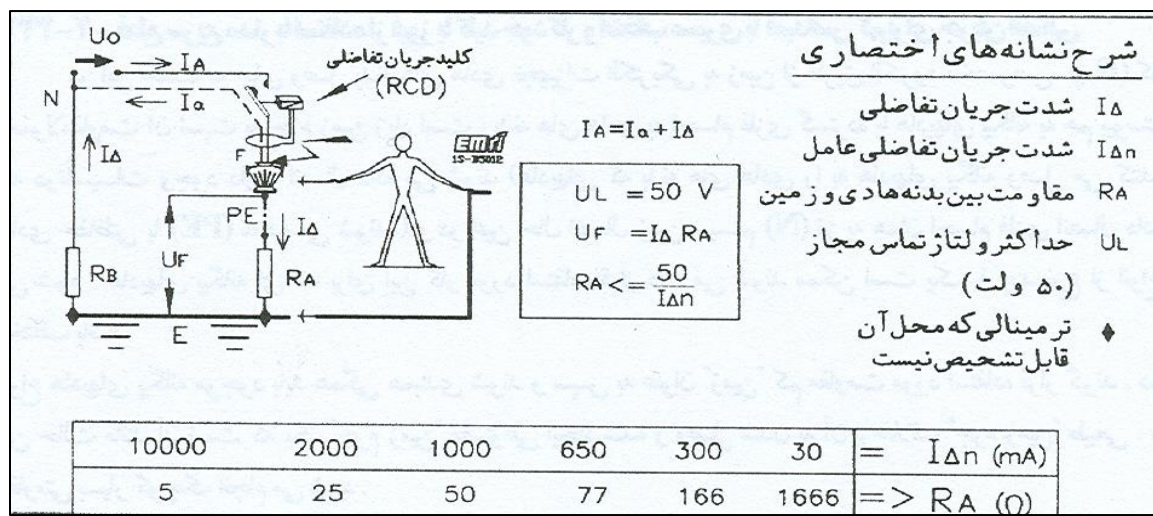
- خارج از دسترس قرار دادن: با قرار دادن مانع یا راه بند یا حفاظ و حصارهایی بین قسمت های برق دار و محل دسترسی افراد، توسط رعایت فاصله برای جلوگیری از نزدیک شدن اتفاقی به قطعات تحت ولتاژ که احتمال خطر تماس با آن وجود دارد. (چون گذشتن از مانع بطور عمدی امکان پذیر است، به همین دلیل این ایمنی را مشروط می نامند). این موانع یا راه بندها می توانند پاراوان، فیبر استخوانی، نرده توری و حصار و غیره باشند).

حدود دسترس:

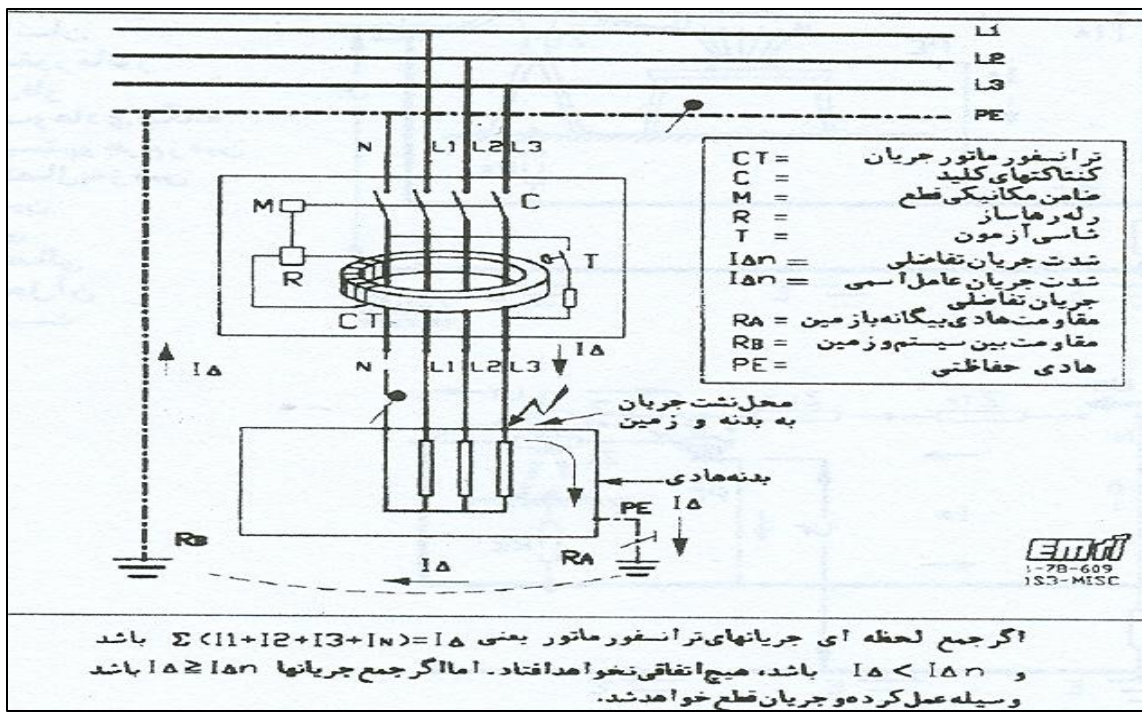


ج) ایمنی مضاعف در مقابل تماس مستقیم

- استفاده از کلید جریان نشستی به زمین یا کلید FI یا RCD (Residual Current Protective Device): این کلید به وسیله مقایسه جریان هایی که از فاز و نول (سیم برگشت جریان) عبور می کنند، جریان عبوری یا نشستی به زمین (یا ارت) را معین می کند. می تواند جریان های نشستی کوچک که باعث عملکرد فیوز نمی شوند ولی برای شروع یک آتش سوزی یا برق گرفتگی کافی می باشند را تشخیص دهد. سیم های فاز و نول از یک ترانسفورماتور جریان داخلی یا خارجی عبور می کنند و سیم پیچی ثانویه آن به یک آشکارگر الکترونیکی حساس متصل می شود که می تواند باعث قطع بریکر شود که با خط ۲۲۰ ولت و ۵۰ هرتز کار می کند. بایستی جمع برداری جریان های خط که از سیم پیچ CT عبور می کنند صفر باشد.



قطع سریع مدار با استفاده از کلید جریان تفاضلی



کلید جریان تفاضلی سه فاز



کلید RCD تک فاز

این کلید شامل ۳ عضو اصلی است:

۱. ترانس جمع کننده جریان برای سنجش و آشکارگر خطا
۲. قطع کننده برای تبدیل کمیت الکتریکی به عمل مکانیکی
۳. قفل کلید با کنتاکتها

اصول عملکرد:

۱ = الکترومغناطیس با کمک الکترونیک (رله)

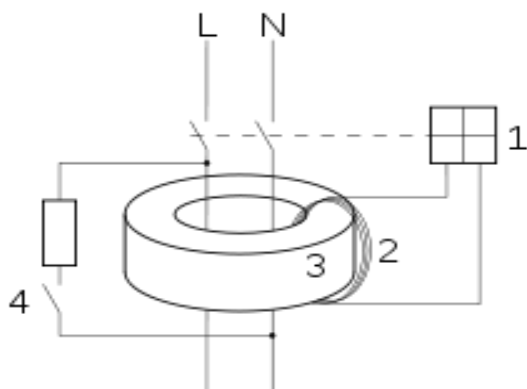
۲ = سیم پیچ ثانویه ترانس جریان

۳ = هسته ترانس

۴ = کلید تست

L = هادی فاز

N = هادی نول



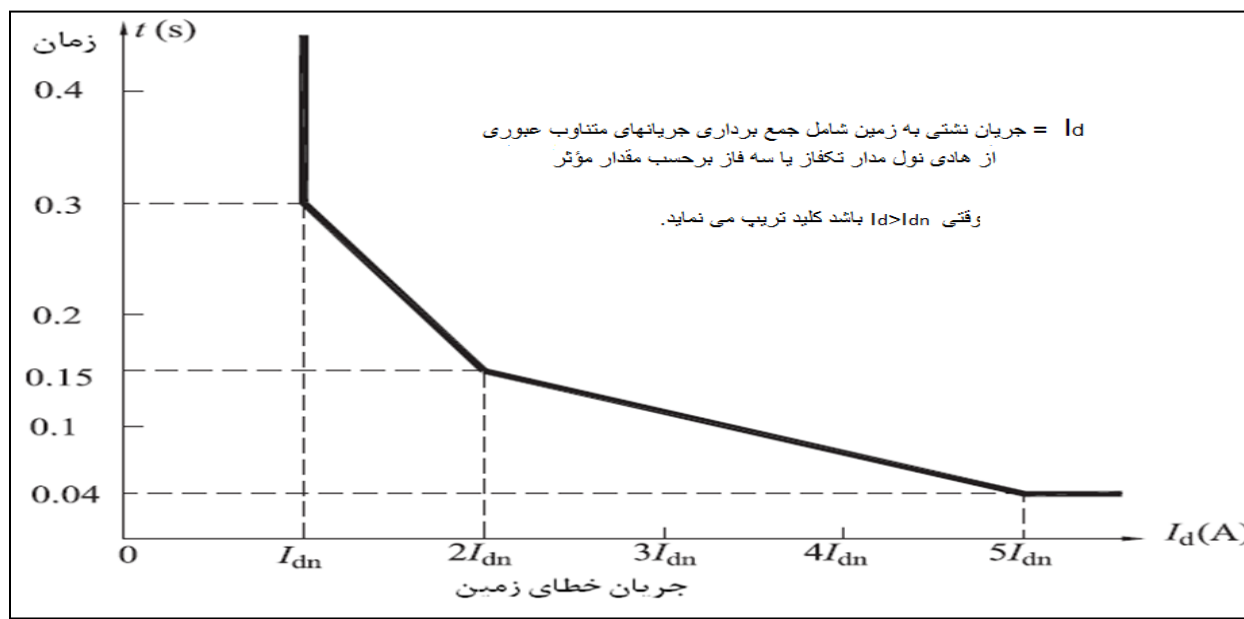
کلید جریان نشتی همراه با بریکر در یک کلید برای دستیابی به دو وظیفه اصلی نیز استفاده می شود:

- حفاظت در مقابل اضافه جریان و اتصال کوتاه

- حفاظت در مقابل تماسهای غیر مستقیم (وجود ولتاژ روی بدنه هادی دستگاه ها بدلیل ضعف عایقی)

به علاوه می توان برای حفاظت در مقابل ریسک آتش سوزی ناشی از تغییر شکل اتصالی کوچک یا جریان نشتی که به وسیله حفاظت های استاندارد در مقابل اضافه بار تشخیص داده نمی شود استفاده کرد.

کلید RCD با جریان نشتی نامی حداکثر $I_{dn} = 30\text{mA}$ برای حفاظت در مقابل برق گرفتگی تماس مستقیم نیز استفاده می گردد.



اصل بهره برداری RCD به واسطه جریان نشتی است لذا برای سیستم های TT و IT و TN-S استفاده می شود ولی برای سیستم TN-C استفاده نمی گردد زیرا نول در این سیستم به عنوان هادی محافظ نیز بکار رفته و در نتیجه کشف جریان نشتی امکان پذیر نیست. چون وقتی نول از داخل سیم پیچ C.T عبور می کند. جمع برداری جریان ها همیشه صفر می باشد.

در موقع نصب چند کلید محافظ جان و تغذیه از یک جعبه تقسیم، برای هر یک از کلیدهای محافظ باید سیم صفر مجزایی کشیده شود. در صورتیکه از یک سیم صفر مشترک استفاده گردد ممکن است خطای قطع صورت گیرد. سیم صفر بعد از کلید محافظ نبایستی به هیچ وجه با زمین ارتباط داشته باشد در غیر این صورت مرتب قطع می کند. افت اختلاف پتانسیل روی مقاومت زمین دستگاه الکتریکی RA ضربدر جریان $I\Delta n$ (جریان خطای نامی کلید محافظ) نباید از UL اختلاف پتانسیل تماس مجاز بزرگتر شود:

$$RA \times I\Delta n \leq UL$$

کلید GFCI/RCBO در آمریکا و کانادا GFCI و در اروپا RCBO نامیده می شود. این کلید در مقابل اتصال زمین و اضافه بار قطع می کند.

روشهای پیشگیری از برق گرفتگی غیرمستقیم:

۱. حفاظت توسط قطع خودکار منبع تغذیه (فیوز، کلید محافظ خط و دیژنکتور) با استفاده از اتصال زمین

$$S \geq \frac{1}{K} \sqrt{I^2 \cdot t}$$

سطح مقطع سیم زمین

= میانگین مقدار مؤثر شدت جریان اتصال کوتاه (A)

t = زمان عملکرد رله در ثانیه برای حداکثر جریان خطا

k = ضریب ثابت مواد متناسب با جنس سیم و عایق آن، برای عایق PVC و سیم مسی برابر ۱۱۵

S = سطح مقطع سیم زمین بر حسب میلیمتر مربع

۲. عایق بندی مضاعف یا دوبل

اگر دستگاه الکتریکی دارای محفظه فلزی باشد برای جلوگیری از برق دار شدن بدنه فلزی آن باید از عایق بندی مضاعف استفاده شود یعنی هادیهای برق دار وسایل الکتریکی دارای دو لا عایق می باشند تا در صورت خرابی عایق خطری رخ ندهد. پوشش لاک، لعاب و الیاف آغشته به مواد عایق به عنوان عایق محافظ محسوب نمی شوند. عایق مضاعف باید در برابر تنش های مکانیکی، الکتریکی و حرارتی استقامت داشته باشد. این عایقها نیاز به ارت ندارند و برای وسایل قابل حمل و متحرک استفاده می شوند.

۳. عایق کردن محیط

مقاومت عایق کفپوش ها و دیوارها در هیچ قسمت از کف ساختمان و دیوارها که با اختلاف پتانسیل تا AC500V و DC750V سنجیده می شود از ۵۰۰ کیلو اهم و در اختلاف پتانسیل بالاتر یک مگا اهم نباید کوچکتر باشد. این شرایط باید دائمی باشند و به مرور زمان مقاومتش کم نشود.

دستورالعمل کار بر روی مدارهای بی برق (سرد)

- ۱- درخواست صدور اجازه کار توسط مجری
- ۲- صدور مجوز کار توسط واحد بهره برداری
- ۳- قطع مدار برق توسط واحد بهره برداری (عملیات)
- ۴- آزمایش و اطمینان از بی برقی مدار توسط واحد بهره بردار
- ۵- تحویل مدار توسط واحد بهره بردار
- ۶- اتصال زمین نمودن طرفین محل کار در پست توسط بهره بردار و در خط هوایی توسط مجری
- ۷- ایمن سازی محل کار در پست توسط بهره بردار و در خط توسط مجری
- ۸- در تمام موارد و مراحل اجرایی بایستی از لوازم ایمنی فردی و گروهی مطمئن و مناسب کار و ولتاژ استفاده شود.

تذکر ۱: حتماً در حالیکه سیم تفنگ آزمایش خط هنوز بر روی شبکه هوایی هست بایستی طرفین محل کار اتصال زمین شود.

تذکر ۲: در صورت عدم وجود دستگاه ارت موقت فشارضعیف، به منظور اتصال زمین کردن شبکه‌های فشارضعیف می‌توان با یک قطعه سیم هادی، سیم نول شبکه را به سیم های معابر و فاز شبکه بست

تذکر ۳: پس از قطع مدار برق بایستی فیوزهای آن را برداشته و کارت هشدار دهنده یا عملیات ممنوع بر روی آن نصب شود.

تذکر ۴: در صورت قطع مدار فشارقوی یا ترانس، بایستی سمت فشار ضعیف آن نیز قطع شود.

ایمن سازی محیط کار

- استفاده از نوارهای رنگی برای محصور کردن محیط و جداکردن نقاط تضمین
- استفاده از خط کشی رنگی در کارگاه های سرپوشیده و احتمالاً ثابت مانند آزمایشگاه ها
- استفاده از چراغ های خطر برای دادن هشدارهای ایمنی (قرمز ، زرد ، سبز یا آبی)
- استفاده از علائم فلش روشن برای هدایت مردم به خارج از مسیر کار و محیط خطر
- گماردن نفرجهت دادن هشدار با استفاده از علائم
- استفاده از چراغ های خطرگردان در بالای اتومبیل های کار و محل خطر
- پوشاندن درب گودال ها و منهول ها به هنگام ترک محل برای جلوگیری از سقوط افراد یا خودرو

مراحل لغو اجازه کار توسط مجری کار

- ۱- پس از اتمام کار، مجری (کسی که اجازه کار به نام اوست) موظف است پایان کار و لغو اجازه کار را به افراد اعلام و تمامی افراد خود را از شبکه یا مدار دور کند.
- ۲- مجری موظف است تمام منطقه شبکه یا مدار تحویلی را دقیقاً بررسی که هیچ ابزار یا وسیله ای بر روی شبکه باقی نمانده باشد و محل را تمیز و پاکسازی نماید.
- ۳- مجری موظف است تمامی دستگاه‌های ارت موقتی که خود نصب کرده را از روی مدار جمع آوری نماید.

۴- مجری موظف است طبق مقررات مربوطه لغو اجازه کار را از بهره بردار درخواست کند.

۵- بهره بردار نیز بایستی به منظور کنترل مضاعف و پیشگیری از خطای احتمالی، بعد از درخواست لغو مجوز کار توسط مجری، از شبکه یا دستگاه بازدید و پس از اطمینان کامل، مجوز را لغو و برقرار نماید.

تذکر: هرکس خود مسئول ایمنی و مسئول حفظ جان خود می باشد ولی به هرحال نظارت عالیه برای استفاده از لوازم ایمنی و رعایت دستورالعمل ها و مقررات در کلیه مراحل کار به عهده سرپرست اجرایی است.

لوازم آزمایش مدار فشار متوسط

- تفنگ آزمایش خط هوایی یا تفنگ ارت
- فازمتر مدرج
- فازمتر آثر دار
- ولت متر تکفاز یا فاز به زمین

دستورالعمل استفاده از تفنگ آزمایش خط

- ابتدا میله ارت دستگاه در زمین مناسبی کوبیده شود.
- انتهای سیم تفنگ به سر میله محکم بسته شود.
- میله پرتاب تفنگ را به صورت برعکس در تفنگ گذاشته و با فشار دادن بر زمین ، تفنگ را شارژ کنید.
- سر دیگر سیم تفنگ را به سر میله پرتاب تفنگ به بندید.
- از سمت دیگر شبکه یعنی طرف مقابل میله ارت، با فاصله از خط هوایی و با زاویه ۴۵ درجه ، به روی شبکه هوایی شلیک نمایید.

تذکر ۱: هیچ وقت بدون ارت کردن سیم تفنگ، شلیک نشود.

تذکر ۲: هیچ وقت تفنگ را به سمت همکار یا افراد نگیرید و شلیک نشود.

تذکر ۳: هیچ وقت در مناطق پر تردد و شلوغ و بر روی شبکه های دو مداره که یک مدار برقرار است و در داخل پست برق استفاده نشود.



تفنگ ارت یا آزمایش خط هوایی

استفاده از فازمتر مدرج فشار قوی

- ابتدا با باز کردن مهره وسط فازمتر ، طول آن را به اندازه مناسب باز کنید.
- قبل از نزدیک کردن به مدار توسط تکمه مربوطه، باتری و لامپ آن را آزمایش نمایید.
- دست خود را با استفاده از دستکش عایق در پشت عایق بشقابی انتهایی آن قرار دهید.
- دست دیگر خود را در جیب قرار دهید.
- مواظب باشید دستتان در حوزه برق وارد نشود.

لوازم آزمایش مدار فشار ضعیف

- استفاده از ولت متر
- استفاده از تستر (فازمتر دویل)
- استفاده از فازمتر معمولی

تذکر ۱: به هیچ وجه از لامپ سری استفاده نشود.

تذکر ۲: قبل از استفاده از لوازم فوق برای آزمایش، ابزار مربوطه را با دقت بررسی و از عملکرد صحیح آن مطمئن شوید.

راه هایی که ممکن است خط برقدار شود

- اصابت رعد و برق بر شبکه هوایی
- مانورهای اشتباهی توسط گروه های عملیات
- القاء از طریق شبکه های روگذر
- القاء توسط شبکه های موازی
- پاره شدن اتفاقی سیم های عبوری از بالای شبکه تحت تعمیر
- روشن نمودن موتور ژنراتور توسط مشترکین، کارخانجات یا بیمارستان ها و غیره که ممکن است به طور اشتباه کلید برگشت برق شبکه را قطع نمایند.
- برگشتی از مدار ولتاژ پایین تر یا مدار دیگر
- خرابی تجهیزات مانند جوش خوردن یک پل فاز دیژنکتور یا جدا نشدن تیغه کمکی سکسیونر
- تخلیه شارژهای خازنی از وسایل و دستگاه های حاوی شارژ خازنی

نجات شخص برق گرفته از مدار برق

- قطع مدار برق
- رهاکردن از مدار
- تنفس مصنوعی و ماساژ قلبی
- رساندن به پزشک

تذکر: به هیچ وجه با بدن شخص برق گرفته تماس نیابید که ممکن است دچار برق گرفتگی شوید. بایستی سریعاً مصدوم را از مدار جدا کنید. در برق فشار ضعیف می توانید از وسیله عایق مانند چوب خشک، پلاستیک و یا لباس مصدوم استفاده نمایید و سپس تنفس و نبض او را بررسی و بعد به دنبال شکستگی استخوان و سوختگی باشید.

نکات ایمنی کار بر روی تابلوهای برق

- ۱- گرفتن اجازه کار
- ۲- استفاده از لوازم ایمنی فردی و گروهی مناسب
- ۳- آزمایش بدنه تابلو و اطمینان از بی برقی قبل از تماس با آن
- ۴- رعایت مقررات و دستورالعملهای مربوط به نوع کاری که می خواهید انجام دهید.
- ۵- موقع قطع و وصل کلید یا فیوز به خصوص قطع، در موقعیت مناسبی قرار گیرید، روبروی کلید یا فیوز قرار نگیرد تا در صورت بروز قوس به صورت شما اصابت نکند.
- ۶- حتی الامکان از فیوزکش برای قطع فیوز استفاده نمایید.
- ۷- هرگز فیوز یا کلید را با فیوز یا کلید با آمپراژ بالاتر از آمپراژ نامی مدار مربوطه تعویض نکنید.
- ۸- موقع قطع فیوز ابتدا از سمت منبع تغذیه قطع و موقع وصل از سمت بار وصل کنید.
- ۹- موقع کار مراقب باشید با قسمت های برق دار بدون پوشش تماس نیابید.
- ۱۰- موقع قطع یا وصل کلید یا فیوز، حتی الامکان از یک دست استفاده و مراقب باشید دست دیگرتان با زمین یا جسم زمین شده ای تماس نیابد. (بهتر است در جیب باشد)
- ۱۱- موقع برخورد با قطع کلید یا سوختن فیوز در تابلو، قبل از تعویض حتماً مدار را آزمایش کنید و علت قطع را دریابید. (اندازه گیری ولتاژ فازی که فیوز سوخته نسبت به فازهای دیگر و زمین و همچنین اندازه گیری ولتاژ سیم نول تابلو نسبت به زمین)
- ۱۲- در صورتیکه کلید اتوماتیک در مرحله تریپ قرار دارد ابتدا آن را قطع و سپس وصل نمایید.
- ۱۳- در صورتیکه کلیدی بدلیل خرابی مکانیکی وصل یا قطع نمی شود، سعی کنید قبل از برداشتن پوشش عایق آن حتماً از طریق کلید یا فیوز ما قبل، قطع و یا از مدار جدا شود.
- ۱۴- هیچ وقت از سیم یا فلز برای جایگزینی یا تعمیر فیوزها استفاده نکنید.

تعریف گراند یا ارت:

گراند یا ارت در سیستم سیمکشی برق AC، هادی است که یک مسیر با امپدانس کمی را به زمین ایجاد تا از بروز ولتاژهای خطرناک گذرا در تجهیزات جلوگیری نماید. هادی زمین (grounding conductor) دارای جریان نمی باشد. عموماً در آمریکای شمالی از کلمه ground و در کشورهای انگلیسی زبان از earth استفاده می نمایند.

تعریف نول (neutral):

این هادی جزئی از مدار است که ممکن است در کار عادی دارای جریان باشد و همیشه به ارت متصل است. در سیستم سه فاز ۳ سیمه AC، بایستی هرکدام از فازها دارای ولتاژ برابری نسبت به سیم نول باشند.

انواع اتصال زمین یا ارت

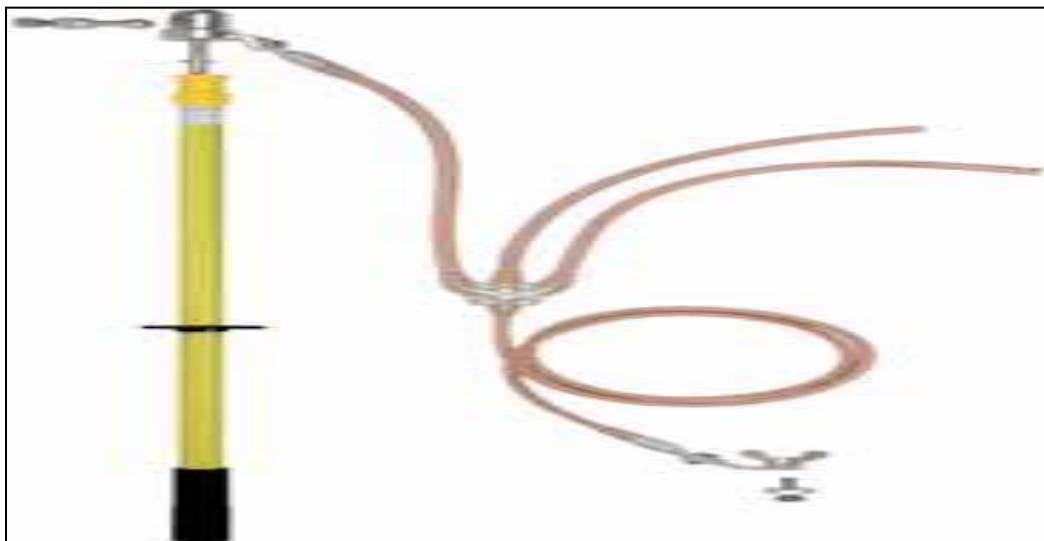
الف) اتصال زمین موقت یا سیار: به منظور جلوگیری از برق‌گرفتگی به هنگام انجام کارهای اجرایی و تعمیراتی و فقط در مدت زمان مربوطه استفاده می‌شود.

شرایط اتصال زمین موقت:

- داشتن حداقل مقاومت زمین (استفاده از اتصال زمین دائم در دسترس یا اسکلت زمین شده مطمئن یا نصب الکتروود زمین موقت)
- کابل اتصال زمین با مقطع کافی (۱۶ یا ۲۵ میلیمتر مربع)
- روکش کابل اتصال زمین شفاف تا هر نوع قطع شدگی یا خرابی در هادی دیده شود.
- بست‌های مربوطه سالم و بدون زنگ زدگی و اتصال کامل باشد.
- اتصال زمین موقت در نزدیکترین نقطه به محل کار و قابل رویت باشد.

چگونگی انجام اتصال زمین موقت:

- ۱- نصب میله اتصال زمین در زمین مناسب (خاکی و نم دار)
 - ۲- کابل اتصال زمین را با بست مربوطه به میله متصل نمایید.
 - ۳- پس از بالا رفتن از پایه و استقرار در زیر شبکه، به کمک طناب دستگاه را به بالا کشیده و پس از بازرسی از گیره‌ها و تعیین فاصله توسط پرچ عایق، گیره قرمز رنگ را به خط وسطی و سپس فازهای دیگر متصل نمایید.
 - ۴- برای جمع‌آوری دستگاه ابتدا گیره‌های کناری توسط پرچ عایق از خط جدا و سپس با کنترل نمودن وزن کابل، گیره وسطی از خط آزاد شود
 - ۵- برای فشار ضعیف می‌توان با استفاده از کابل مخصوص اتصال زمین موقت ابتدا به نول و سپس به هادی‌های فاز متصل نمود.
 - ۶- در پایان کار، کلمپ از میله زمین جدا گردد.
- تبصره: برای بازکردن اتصال زمین پس از اتمام کار، ابتدا بایستی از فازهای شبکه و سپس از میله زمین جدا نمود.



اتصال زمین موقت

ب) اتصال زمین دائم یا ثابت:

- اتصال زمین حفاظتی: زمین کردن کلیه قطعات فلزی یا بدنه های هادی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم با مدار الکتریکی نیستند. این روش برای حفاظت اشخاص در مقابل ولتاژ تماسی می باشد.
- اتصال زمین الکتریکی: زمین کردن نقطه ای از دستگاه الکتریکی که جزئی از مدار الکتریکی است و برای حفاظت دستگاه ها بکار می رود. این زمین کردن به خاطر کار صحیح دستگاه ها و جلوگیری از افزایش ولتاژ فازهای سالم نسبت به زمین در موقع تماس یکی از فازها با زمین صورت می گیرد مانند زمین کردن سیم نول شبکه و مرکز ستاره ترانس و ترمینال k ثانویه $c.t$ و $p.t$

کلیدهای قدرت

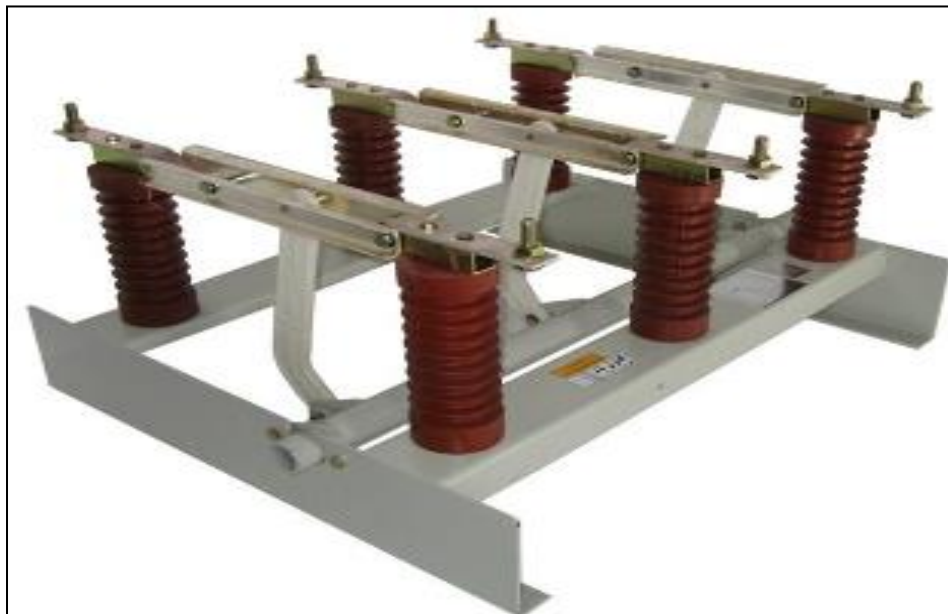
کلیدهای قدرت به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- سکسیونر:

کار سکسیونر در ایستگاه های برق جدا کردن قسمت های مختلفی از تجهیزات است و عملیات مانور بر روی تجهیزات را مهیا می سازد. قابلیت قطع و وصل در زیر بار را ندارد و موجب صدمات و خسارات جدی به خود سکسیونر و دیگر تجهیزات می شود. در طراحی سکسیونرها هیچ تمهیدی جهت جلوگیری و محدود کردن قوس های شدید الکتریکی ناشی از باز و بسته کردن مدارات بکار نرفته است به همین خاطر تنها در حالت بی باری قادر به انجام فرمان بر روی آن هستیم. (البته در انواعی از سکسیونرهای فشار متوسط (۲۰ کیلو ولت) سکسیونرهای خلا بکار می رود.) مکانیزم حرکتی سکسیونرها نیروی موتوری و یا دستی خواهد بود.

انواع سکسیونر:

- سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار یا ساده: کلیدی است که اتصالی و اضافه بار را قطع نمی نماید و تحت بار قابل قطع و وصل نمی باشد و اصولاً وسائل ارتباط دهنده مکانیکی و گالوانیکی قطعات و سیستم های مختلف می باشند. چون کنتاکت های آن به هنگام قطع یا وصل قابل رویت است. به منظور ایمنی بیشتر انسان عمدتاً برای اطمینان از قطع بودن دیژنکتورها در دو طرف دیژنکتور نصب می گردد و فقط تحت ولتاژ قابل قطع و وصل است.



سکسیونر ساده

- سکسیونر قابل قطع زیر بار: ضمن برداشتن ولتاژ با قطع شدگی قابل رویت و مطمئن در مدار، باید قادر باشد مانند یک دیژنکتور قدرتها و جریانهای کوچک الکتریکی را نیز قطع کند. لذا بایستی دارای وسیله ای برای قطع فوری جرقه باشد. اصولاً دارای قدرت وصل بسیار زیاد در حدود ۲۵ تا ۷۵ کیلوآمپر و قدرت قطع کم در حدود ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ آمپر است. این سکسیونرها برای جلوگیری از حجم زیاد پست و مانور زیاد اپراتور و همچنین برای جلوگیری از تنش بین سکسیونر و دیژنکتور طوری طراحی می شوند که برای قطع و وصل خطی کوچک و یا فیدرهای تغذیه و یا راه اندازی موتورهای فشار قوی و همچنین وصل آنها حدود ۲/۵ تا ۱۰ برابر قدرت قطع آنهاست و جریان قطع این کلیدها ۲ تا ۲/۵ برابر جریان نامی است. این نوع سکسیونرها دارای محفظه قطع ضعیفی می باشند که از نوع هوایی می باشند. به محض فرمان قطع کلید تیغه اصلی از کنتاکت تیغه اصلی و همچنین از کنتاکت ثابت کلید جدا شده و قوس الکتریکی در اثر دو عمل زیر خاموش می گردد:

۱- بر اثر حرارت قوس الکتریکی مقداری گاز از سطح داخلی عایق متصاعد شده که باعث خنک شدن جرقه شده و عمل خاموش شدن را سهل تر می سازد.

۲- فاصله بین دو کنتاکت دارای جرقه در اثر باز شدن فتر در داخل محفظه احتراق به سرعت زیاد شده و این اضافه فاصله باعث قطع جرقه می گردد.



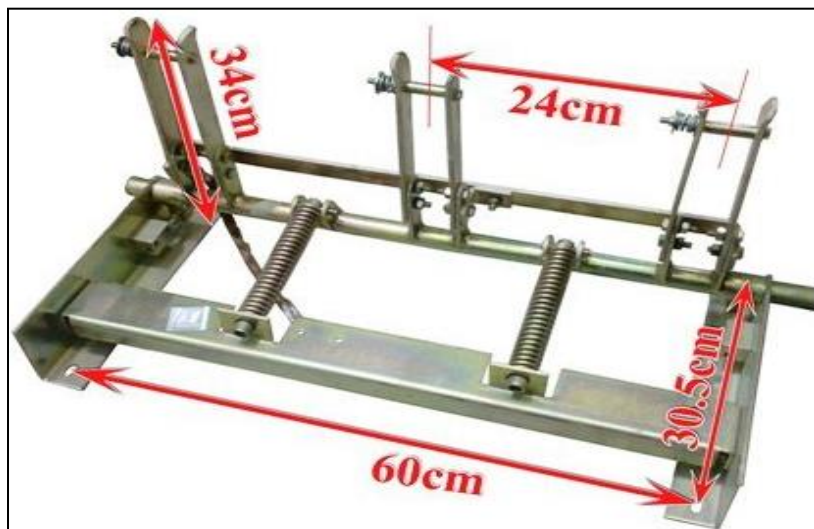
سکسیونر قابل قطع زیر بار

- سکسیونر قابل قطع فیوژی یا فیوزدار:

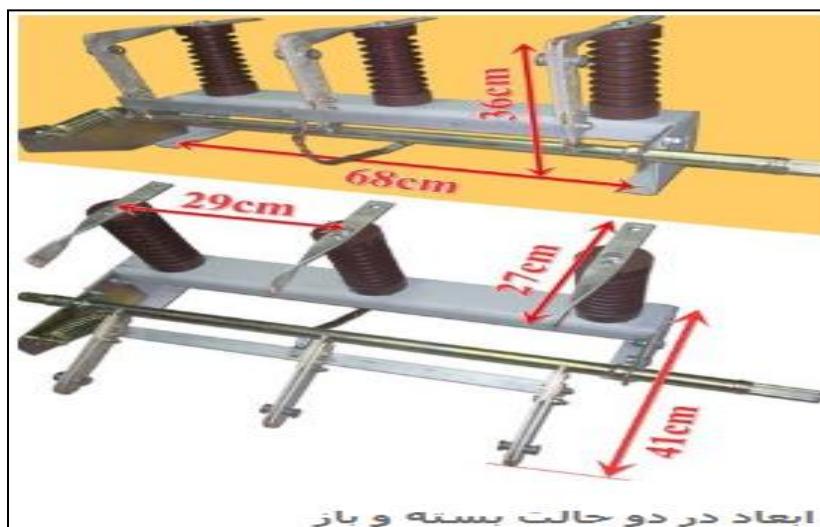
تجهیزی است متشکل از دو جزء کلید و فیوز که قابلیت قطع جریان خطا یا اتصالی را دارد. معمولاً در پستهای فشار متوسط برای حفاظت در مدار ورودی ترانسفورماتور نصب می گردد.



سکسیونر فیوزی



سکسیونر ارت



سکسیونر ارت پشت دژنکتور



سکسیونر گازی ۲۰ کیلوولت بالا تیری

۲- دیژنکتور یا بریکر یا قطع کننده مدار:

کلیدهای قدرت برای قطع جریانهای عادی و اتصال کوتاه طراحی می شوند. دیژنکتور کلیدی است که می تواند اتصالی و اضافه بار را به طور خودکار قطع نماید و قابل قطع و وصل تحت بار به طور دستی و کنترل از راه دور می باشد. چون کنتاکت‌های دیژنکتور قابل رویت نیست لذا برای ایمنی در دو طرف آن از سکسیونر استفاده می گردد.

انواع دیژنکتور:

- مکانیزم قطع و وصل: سیستم شارژ فنر یا سیستم هیدرولیک روغنی یا سیستم پنوماتیک است.
- سیستم خنک کنندگی یا اطفاء قوس: روغنی، کم یا نیمه روغن، گاز SF_6 ، هوای فشرده یا خلاء می باشد.
- سیستم کنترل: جایی که فرمان برای عملکرد دیژنکتور صادر می شود و وضعیت آن نظارت می گردد.



یک نمونه دیژنکتور



یک نمونه دیژنکتور

ترتیب قطع و وصل کلیدهای فشارقوی

- بایستی موقع قطع ابتدا دیژنکتور و سپس سکسیونر قطع شود.
- بایستی موقع وصل ابتدا سکسیونر و سپس دیژنکتور وصل شود.

اینترلاک در پستهای فشارقوی

اینترلاک به معنای قفل درونی و چفت و بست است. بعضی اوقات کلیدزنی در پستهای فشارقوی نیاز به ترتیب خاصی دارند که در نتیجه برای ورود یا خروج صحیح تجهیزات در مدار به اینترلاکهای مناسب نیاز می باشد تا بدین ترتیب از احتمال خطای اپراتور جلوگیری شده و تجهیزات مورد نظر را حفاظت نماید.

انواع اینترلاک:

- اینترلاکهای الکتریکی: توسط بکارگیری کنتاکتهای کمکی تجهیزات که نشاندهنده حالت آنها می باشند، انجام می گیرند. ادغام این کنتاکتها در مدار فرمان تجهیزات مورد نظر، از وقوع کلیدزنی نامناسب جلوگیری می نماید.
- اینترلاک مکانیکی: با قرار دادن ضامن (که می تواند دسته عمل دهنده باشد) درون مکانیزم مکانیکی دستگاه و قفل کردن آن حاصل می شود.

رله پرایمری

رله پرایمری یک دستگاه تکفاز است که مستقیماً بر روی هر یک از پل های کلید دیژنکتور نصب می گردد، بنابراین بدنه دستگاه تحت ولتاژ 20KV قرار داشته و در مسیر ولتاژ اولیه و داخل حوزه شبکه بوده و اپراتور می بایستی قبل از هرگونه اقدام به تنظیم آن از بی برق بودن آن اطمینان حاصل نماید. نحوه نصب رله بر روی دیژنکتور بسیار مهم بوده و اگر به هر دلیلی میله سلونوئید و دیژنکتور با هم منطبق نباشند می تواند باعث خسارت جبران ناپذیری به کلید رله و یا ترانس گردد.



رله اولیه یا پرایمری

حریم خطوط هوایی برق

ماده ۱- اصطلاحات:

الف- خط برق: مجموعه ای از تجهیزات و متعلقات نظیر پایه، دکل، هادی، مقره و کابل که به منظور انتقال و توزیع نیروی برق مورد استفاده قرار می گیرد.

ب- محور خط: خط فرضی رابط بین مرکز پایه ها در طول خطوط هوایی و در کابل های زمینی و زیر سطح آب در طول خط.

ج- مسیر خط: نواری در طول خطوط برق، که در خطوط هوایی حاصل از تصویر هادی های جانبی خط بر روی زمین و در کابل های زمینی و زیر سطح آب، منطبق با عرض مستحده مربوطه است.

د - حریم: بردو نوع زمینی و هوایی تقسیم می شود:

۱- حریم زمینی: دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن از سطح زمین

۲- حریم هوایی: نقاطی 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:

۱-۲- حریم عمودی: فاصله عمودی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای قائم

۲-۲- حریم افقی: فاصله افقی در هوا از طرفین هادی جریان برق در راستای افق

ه - ردیف ولتاژ: ولتاژ اسمی خطوط نیروی برق.

و- خط فشار ضعیف: خطی که دارای ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰ ولت است.

ز- خط فشار متوسط: خطی که دارای ولتاژ از ۱۰۰۰ ولت تا ۶۳۰۰۰ ولت است.

ح- خط فشار قوی: خطی که دارای ولتاژ ۶۳۰۰۰ ولت و بالاتر است.

ماده ۲- حریم خطوط هوایی برق با توجه به ولتاژها:

۱- حریم خطوط هوایی فشارضعیف: حریم خطوط نیروی برق کمتر از ۱۰۰۰ ولت، به صورت زمینی بوده که حداکثر آن ۱/۳ متر می باشد.

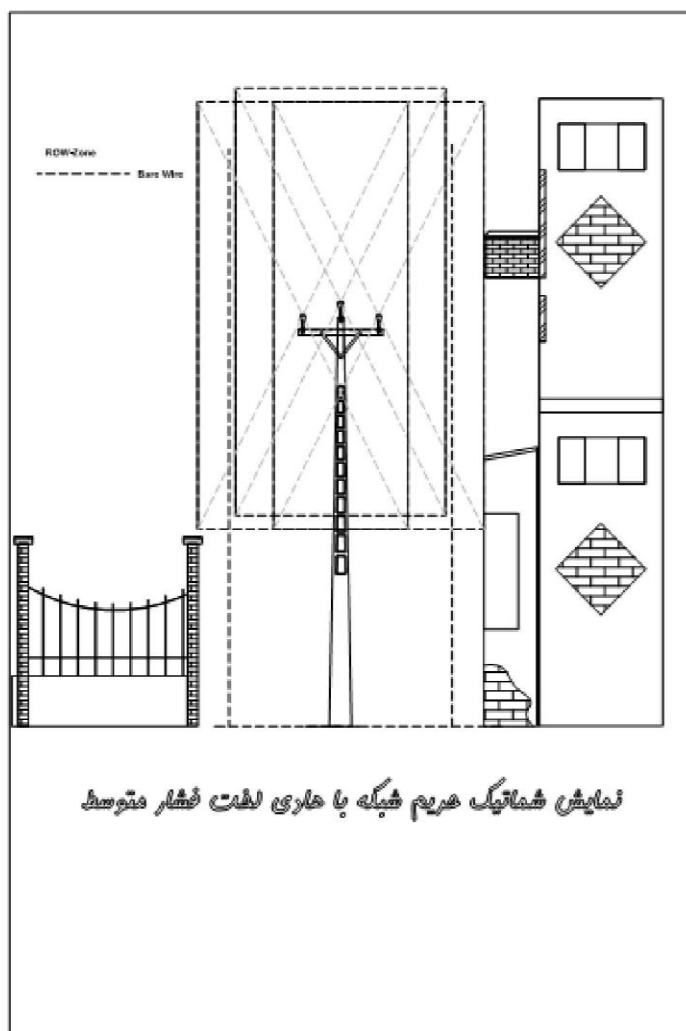
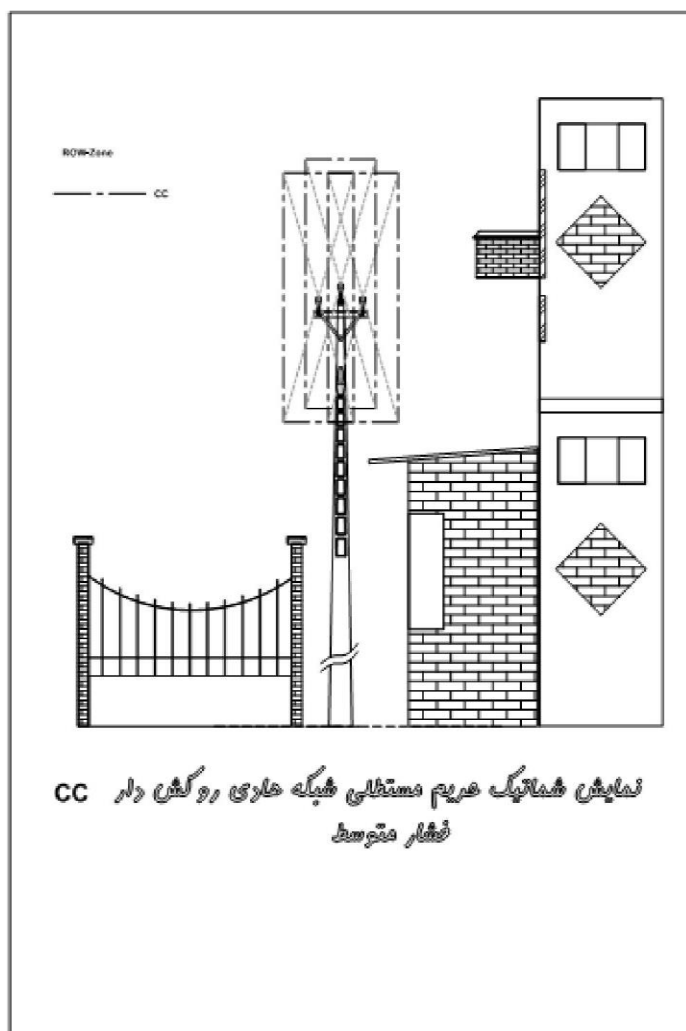
۲- حریم خطوط هوایی فشار متوسط:

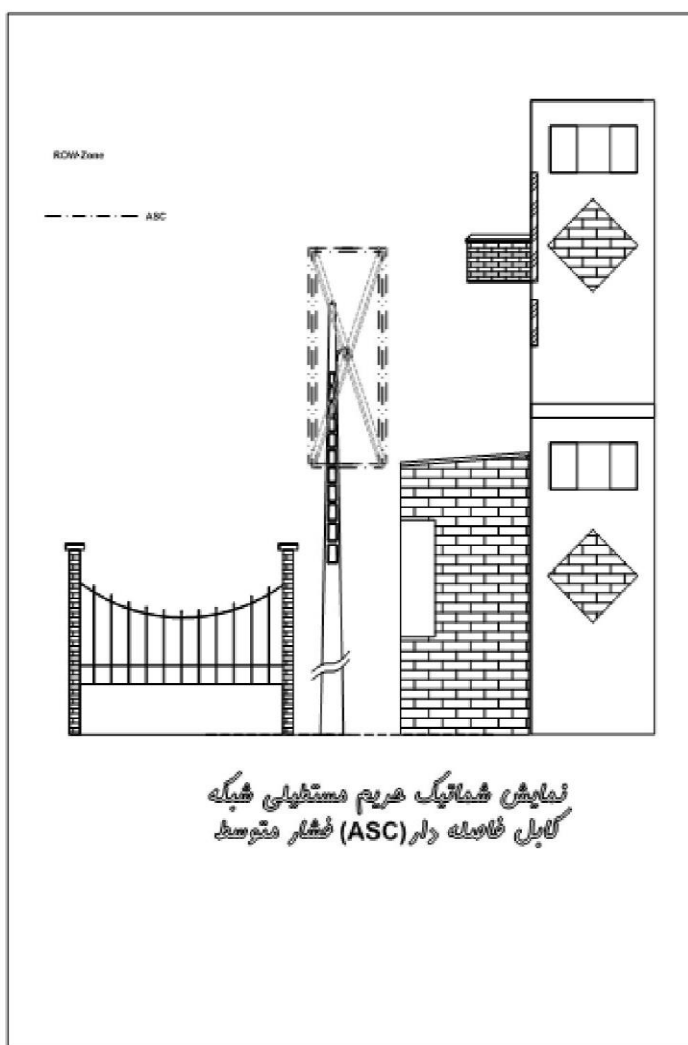
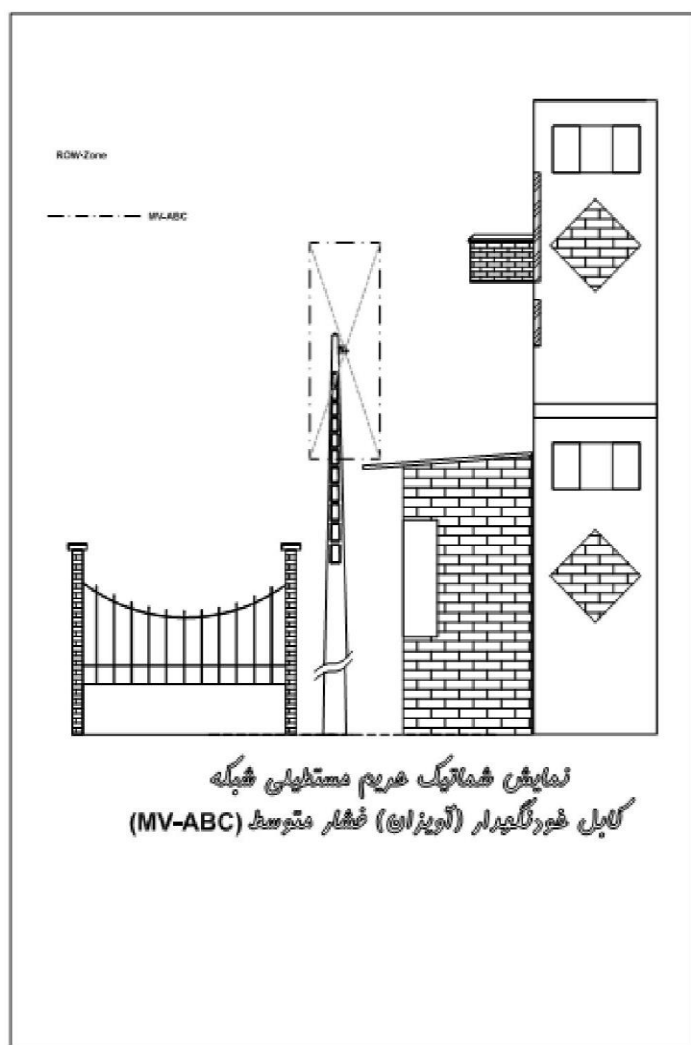
الف - حریم خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ ولت به صورت زمینی بوده که حداکثر ۲/۱۰ متر می باشد.

ب- حریم خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۳۳۰۰۰ هزار ولت به صورت زمینی بوده که حداکثر ۳/۵ متر می باشد.

۳- حریم خطوط فشارقوی:

- در خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۶۳۰۰۰ ولت حریم افقی ۳ متر و حریم عمودی ۶ متر می باشد.
- در خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۱۳۲۰۰۰ ولت حریم افقی ۴/۵ متر و حریم عمودی ۷ متر می باشد.
- در خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۲۳۰۰۰۰ ولت حریم افقی ۶/۵ متر و حریم عمودی ۸ متر می باشد.
- در خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۴۰۰۰۰۰ ولت حریم افقی ۹ متر و حریم عمودی ۱۰ متر می باشد.
- در خطوط نیروی برق ردیف ولتاژ ۷۶۵۰۰۰ ولت حریم افقی ۲۰ متر و حریم عمودی ۱۵ متر می باشد.





ماده ۱- هرگونه عملیات ساختمانی و اقداماتی نظیر ایجاد تأسیسات صنعتی، مسکونی، مخازن سوخت، انبارداری و تأسیسات دامداری یا باغ یا درختکاری در مسیر و حریم زمینی و هوایی خطوط انتقال و توزیع نیروی برق ممنوع است و فقط اقداماتی از قبیل زراعت فصلی و سطحی، حفظ یا کاشت درختان کم ارتفاع، حفرچاه و قنوات بدون استفاده از دکل حفاری، اکتشاف و بهره برداری از معادن، راه سازی و احداث شبکه آبیاری مشروط بر اینکه مانعی برای دسترسی به خطوط برق برای وزارت نیرو و شرکت های برق ایجاد ننماید و سبب ایجاد خسارت برای تأسیسات خطوط برق نگردد با رعایت ماده (۸) این تصویب نامه بلامانع است.

تبصره ۲- ایجاد شبکه آبیاری، حفر چاه و قنوات و راه سازی در اطراف پایه های خطوط نباید در فاصله ای کمتر از (۳) متر از پی پایه ها انجام گیرد. بهره برداری از معادن باید با رعایت ضوابط فنی از جمله ضوابط استقامت خطوط و در فاصله ای بیشتر از حریم زمینی مربوط به آن خط از اطراف پایه های آن انجام پذیرد.

تبصره ۴- آن قسمت از بام ساختمان هایی که در محدوده زیر حریم هوایی در خارج از مسیر و حریم های زمینی و هوایی قرار دارد، باید با شیب بیش از (۴۵) درجه باشد. در صورتی که سقف ساختمان های موضوع این تبصره فاصله ای بیش از (۴) متر از حریم عمودی داشته باشند رعایت این تبصره الزامی نیست.

ماده ۹- حریم کابل‌های برق در زیر زمین و زیر سطح آب نیم متر به صورت افقی و تا دو متر به صورت عمودی از محور کابل مطابق ضوابط فنی وزارت نیرو با حق دسترسی می باشد و در مواردی که کابل با سایر تأسیسات شهری از قبیل تلفن، لوله کشی آب، فاضلاب، گاز و مانند آن تقاطع نماید ضوابط فنی متداول شبکه انتقال و توزیع نیروی برق باید رعایت شود.

حداقل میزان حریم های زمینی و هوایی خطوط توزیع فشارضعیف:

۱- حریم زمینی خطوط فشارضعیف ۱/۳ متری باشد. لکن شرکت‌های برق می توانند براساس توجیهات فنی و شرایط مقرر در این بخشنامه با حفظ حق دسترسی به خط و کمال ارتفاع از آن و با رعایت استانداردها و ضوابط فنی ابلاغ شده با تأیید مدیر عامل آن شرکت یا نماینده وی، حسب مورد حریم‌های جدول ذیل را جایگزین نمایند.

ردیف	موقعیت محلی و نوع هادی	میزان حریم زمینی (متر)	میزان حریم هوایی (متر)
		عمودی	افقی
۱	خطوط برق با سیم لخت در مجاورت اعیان و مستحذات بدون قابلیت دسترسی عرفی به خط	۰/۷	
۲	خطوط برق با سیم لخت در مجاورت علائم راهنما، آنتن، کیوسک تلفن، چراغ روشنایی خیابان، تابلوی تبلیغاتی و پایه پرچم و نظایر آنها با ویژگی غیرموقت		۰/۹
۳	خطوط برق با کابل خودنگهدار در مجاورت اعیان و مستحذات با قابلیت دسترسی عرفی به خط		۰/۹
۴	خطوط برق با کابل خودنگهدار در مجاورت اعیان و مستحذات بدون قابلیت دسترسی عرفی به خط		۰/۵
۵	خطوط برق با کابل خودنگهدار در مجاورت علائم راهنما، آنتن، کیوسک تلفن، چراغ روشنایی خیابان، تابلوی تبلیغاتی، پایه پرچم و نظایر آنها با ویژگی غیرموقت		۰/۵
۶	خطوط برق با کابل خودنگهدار دیواری، منصوب بر اعیان و مستحذات		۰/۰۵

۲- کابل اتصال خطوط هوایی برق به محل لوازم اندازه گیری مشترکین (کابل سرویس هوایی) به شرط حفظ حق دسترسی به خط برق و رعایت استانداردها و ضوابط ابلاغ شده، حریم ندارد.

۳- شرکت برق در مورد خطوطی که در مجاورت سایر خطوط برق احداث می نماید و نیز تأسیسات و تجهیزاتی که روی پایه ها یا تجهیزات خطوط برق خود نصب می کند به شرط رعایت استانداردها و ضوابط فنی ابلاغ شده، ملزم به رعایت حریم متقابل (حریم خط برق نسبت به خطوط یا تأسیسات و تجهیزات خطوط برق مجاور) نمی باشد.

۴- منظور از دسترسی عرفی به خط برق در این بخشنامه، مواردی نظیر مستحذات دارای پنجره یا درب بازشو به سمت خطوط برق، بالکن یا پیش آمدگی و یا دسترسی از طریق پشت بام، دیوار و نردبان ثابت است که فاصله افقی و عمودی لبه ی انتهایی آن ها از خطوط برق به ترتیب کمتر از ۱/۲۵ و ۲/۵ متر باشد.

۵- تأسیسات و تجهیزات موقت جهت کار در مجاورت حریم خطوط برق شامل داربست و بالابر و نظایر آن مشمول این بخشنامه نبوده و در این خصوص، کسب مجوز قبلی از شرکت برق ضروری است.

۷۶۵	۴۰۰	۲۳۰	۱۳۲	۶۳	۳۳	از ۱ تا ۲۰	کمتر از ۱	ردیف ولتاژ (کیلوولت)
۲۵	۱۴	۱۱/۹	۹	۸	۳/۵	۲/۱	۱/۳	حریم (متر)

حریم زمینی

۷۶۵	۴۰۰	۲۳۰	۱۳۲	۶۳	۳۳	از ۱ تا ۲۰	کمتر از ۱	ردیف ولتاژ (کیلوولت)
۲۰	۹	۶/۵	۴/۵	۳	-	-	-	حریم افقی (C)
۱۵	۱۰	۸	۷	۶	-	-	-	حریم عمودی (b)

حریم هوایی

Safety Distances from Various EMF Sources: <i>Possible EMF Safety Distances To Consider for Common EMF Sources</i>	ELF Magnetic Fields	ELF Electric Fields	Radio Frequency (RF) & Microwaves
"General Public Precautionary Levels" → (See Note 1)	Distance to 0.5 Milligauss (mG) or less (See Notes 2, 3, 4)	Distance to 0.5 AC Volts on skin (VAC) (See Notes 2, 3, 4)	Distance to 0.010 Microwatts/cm² (μW/cm²) (See Notes 2, 3, 4)
Power Lines			
High voltage power lines (on metal towers)	700 feet	1000 feet	
Neighborhood distribution power lines (on wooden poles)	10 to 200 feet	10 to 60 feet	
Electric utility transformer (on pole or ground)	10 to 20 feet		
Broadcast Towers			
Cell towers/antennas			1/4 mile
Radio and TV broadcast towers			1/2 mile
Electrical Panels			
Main electric meter/service panel - Unshielded	10 feet		
Main electric meter/service panel - Shielded with MuMetal	5 feet		
Other electrical panels and sub-panels - Unshielded	8 feet		
Other electrical panels and sub-panels - Shielded with MuMetal	4 feet		
Smart Meters (RF emitting electric utility meters)			40 feet
Electrical Wiring			
Romex wiring for 15 and 20 amp circuits	2 feet	6 feet	
Romex wiring for 30 to 60 amp circuits	4 feet	6 feet	

Romex (BX) wiring for 70 to 200 amp circuits	6 feet	6 feet	
MC (BX) wiring for 30 to 60 amp circuits	2 feet	0 feet	
MC (BX) wiring for 70 to 200 amp circuits	4 feet	0 feet	
MC (BX) wiring for 15 and 20 amp circuits	6 feet	0 feet	
<i>Lighting</i>			
Fluorescent light bulbs and fixtures	4 to 8 feet ^{Note} ₂	6 feet	
Compact fluorescent (CFL) light bulbs and fixtures	2 to 4 feet ^{Note} ₂	6 feet	
LED light bulbs and fixtures	2 to 6 feet ^{Note} ₂	6 feet	2 feet
The transformers and fixtures for low-voltage lighting	2 to 6 feet ^{Note} ₂	6 feet	
Incandescent light bulbs and fixtures	1 foot	6 feet	
120 volt halogen bulbs and fixtures (not low volt halogen)	1 foot	6 feet	
<i>Appliances</i>			
Microwave ovens	8 feet	6 feet	30 feet
Refrigerators	6 feet	6 feet	
Most other electrical appliances	4 feet	6 feet	
Most small plug-in transformers	4 feet	6 feet	
Electric fans	6 feet	6 feet	
Electric heaters	8 feet	6 feet	
Spa & hot tubs - heaters and pumps	8 feet	6 feet	
<i>Electronics</i>			
Most computer hardware (non-wireless)	4 feet	6 feet	
LED and LCD computer monitors	2 feet	6 feet	
LED, LCD, Plasma televisions	4 feet	6 feet	
Stereo equipment, other small electronics	4 feet	6 feet	
<i>Wireless Technologies</i>			

<i>Wireless Technologies</i>			
Cell phones			40 feet
Cordless phones			40 feet
Cordless phone base	4 feet		40 feet
Wireless routers, Wi-Fi routers	4 feet	6 feet	40 feet
Wireless keyboards and mice			10 feet
Baby monitors			40 feet