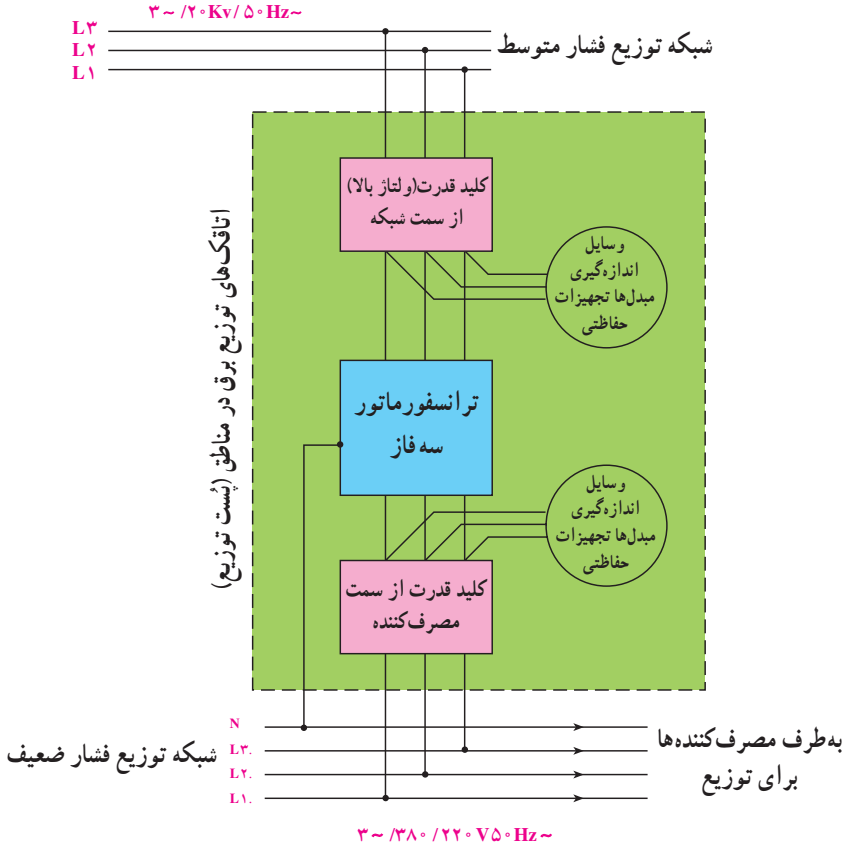
۸ حفاظت الکتریکی

تعریف : حفاظت الکتریکی مجموعه اقداماتی است که باید در تأسیسات الکتریکی انجام گیرد، تا خطرات و خسارات ناشی از جریان برق به افراد و تأسیسات به حداقل برسد. در تمام تأسیسات الکتریکی، حفاظت افراد در مقابل خطر برق گرفتگی باید با دقت هر چه بیش‌تر و مطابق با قوانینی که به این منظور وضع شده، انجام شود.

تابلو و میز کار شما باید مجهز به کلید محافظ جان باشد.

۸ــ۱ اتصال زمین الکتریکی

ولتاژ ۲۰ کیلوولت شبکه‌های توزیع سه فاز، توسط ترانسفورماتور به ولتاژ ۴۰۰ ولت بین دو فاز و ۲۳۱ ولت بین فاز و نول کاسته می‌شود و در اختیار مصرف کننده‌ها قرار می‌گیرد. (از به‌هم وصل شدن یک سر سه سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور نقطه مرکزی N یا نول به‌وجود می‌آید.) در این نوع ترانسفورماتورها نقطه‌ی مرکزی (N) به زمین وصل می‌شود. شکل ۱ــ۸، شبکه‌ی سه فاز توزیع و اتصال نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور به زمین را نشان می‌دهد[1]. اتصال یک



شکل ۱ــ۸ شبکه‌ی توزیع و ترانسفورماتور محلی و چگونگی اتصال نقطه‌ی نول

۱ــ در این قسمت آموزش مدار مطرح نیست و فقط آموزش اتصال سیم زمین مدنظر است.

قسمت از شبکه‌ی الکتریکی، مستقیماً یا توسط امپدانس، را با زمین «اتصال زمین الکتریکی» می‌نامند.

هدف اصلی از اتصال نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور (N) به‌زمین، این است که پتانسیل (N) در مقدار صفر ولت تثبیت شود.

۸ــ۲ ولتاژ تماس

درصورت اتصال یک فاز به بدنه‌ی فلزی دستگاه، اختلاف پتانسیلی بین بدنه و زمین به وجود می‌آید. حال اگر شخصی بدنه‌ی دستگاه را لمس کند، مدار بسته‌ای شامل سیم فاز، بدن شخص، زمین و اتصال بین زمین و نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور تشکیل می‌شود. جریان به وجود آمده در این مدار، از بدن شخص عبور می‌کند و چنان‌چه مقدار این جریان از ۰/۰۵ آمپر بیش‌تر شود، خطرناک خواهد بود و ممکن است سبب برق‌گرفتگی و مرگ آن شخص شود.

شکل ۸ــ۲، مسیر عبور جریان از بدن شخص برق گرفته را نشان می‌دهد.

شکل ۸ــ۲ نحوه‌ی عبور جریان از بدن شخص برق گرفته

هر چه مقدار جریان عبوری از بدن زیادتر شود، خطر مرگ ناشی از برق گرفتگی بیش‌تر می‌شود.

ولتاژ تماس عبارت است از اختلاف پتانسیلی که در بدن شخص در هنگام برق گرفتگی ایجاد می‌شود و آن را با U_B نشان می‌دهند و مقدار آن از طریق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است :

$$U_B = R_B \times I_B$$

که در آن :

R_B : مقاومت بدن انسان

I_B : حداقل جریان خطرناک

از آن‌جا که حداقل مقاومت بدن ۱۳۰۰اهم و حداقل جریان خطرناک ۰/۰۵ آمپر است، می‌توان گفت حداقل ولتاژ تماس خطرناک برابر است با :

$$U_B = R_B I_B = ۱۳۰۰ \times ۰/۰۵ = ۶۵V$$

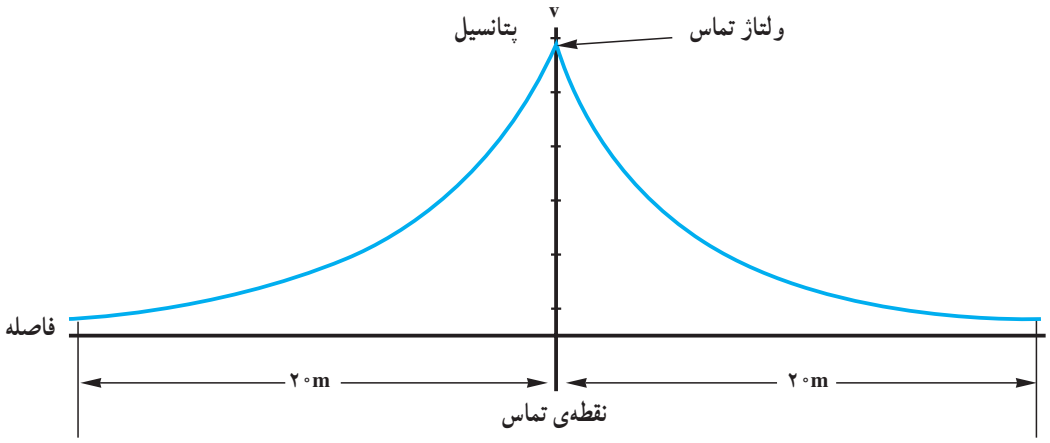
ولتاژ بیش از ۶۵ ولت برای انسان خطرناک می‌باشد.

۸ــ۳ عبور جریان از زمین

کره‌ی زمین متشکل از عناصر و ترکیبات گوناگون، به‌خصوص نمک‌های مختلف و رطوبت، است. حجم کره‌ی زمین بسیار زیاد و بار الکتریکی آن خنثی است. هر چه از سطح زمین به طرف عمق آن بر روی پوسته‌ی زمین پیش رویم، به دلیل افزایش رطوبت، مقاومت زمین کم‌تر و در نتیجه هادی‌تر می‌شود. چنان‌چه به هر علت، یک فاز با زمین ارتباط برقرار کند (مستقیماً و یا توسط شخص)، جریان الکتریکی در زمین برقرار می‌شود. اگر سیم فاز مستقیماً به زمین وصل شود، با توجه به کم شدن مقاومت مدار، شدت جریان بیش‌تری در زمین جاری می‌شود.

۸ــ۴ ولتاژ گام

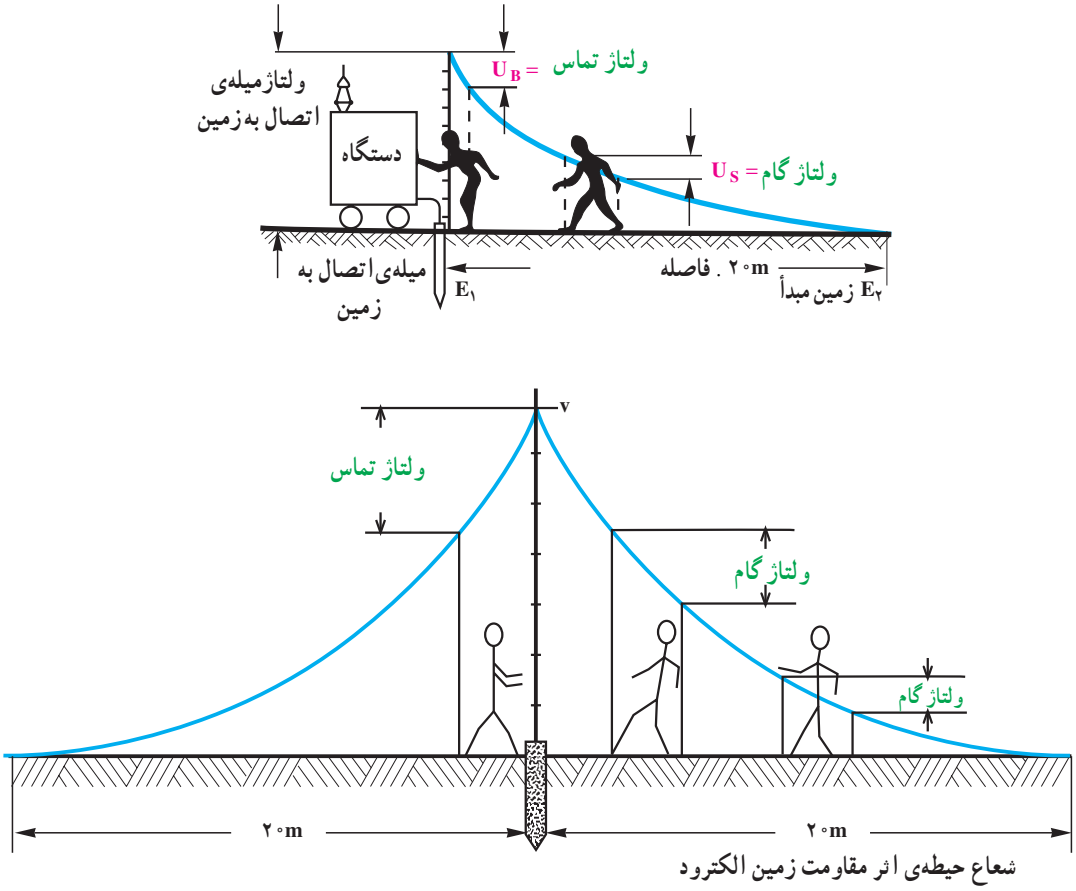
نقطه‌ای که سیم فاز با زمین ارتباط برقرار می‌کند، دارای بیش‌ترین پتانسیل الکتریکی است و هر چه از آن نقطه (در جهات مختلف) دور شویم، افت پتانسیل بیش‌تر و در نتیجه پتانسیل الکتریکی کم‌تر می‌شود (شکل ۸ــ۳).



شکل ۳ــ ۸ نحوه‌ی توزیع پتانسیل الکتریکی در اطراف نقطه‌ی تماس سیم فاز با زمین

با توجه به شکل۳ــ۸، هر چه از محل اتصال، دور شویم پتانسیل الکتریکی کم‌تر می‌شود و در فاصله‌ی تقریباً ۲۰ متری به‌صفر می‌رسد.

چنان‌چه شخصی در داخل دایره‌ای به مرکز نقطه‌ی اتصال سیم فاز به زمین و به شعاع تقریباً ۲۰ متری ایستاده باشد، بین دو پای این شخص اختلاف پتانسیل $V_۲$. $V_۱$ = V برقرار می‌شود که جریانی را در داخل بدن شخص عبور می‌دهد. این اختلاف پتانسیل را، ولتاژ گام می‌نامند. چنان‌چه ولتاژ گام از ۶۵ولت تجاوز کند، برای شخص خطر برق گرفتگی شدید ایجاد می‌شود. شکل ۴ــ۸ ولتاژ گام و ولتاژ تماس را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۸ ولتاژ گام، ولتاژ تماس

برخی مواقع بدون ارتباط شخص با سیم فاز شبکه‌ی الکتریکی، خطر برق‌گرفتگی ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، می‌توان از اصابت صاعقه به زمین نام برد. هنگام اصابت صاعقه به زمین مقدار بسیار زیادی بار الکتریکی، در جهات مختلف و با سرعت بسیار زیاد، در زمین جاری می‌شود و ــ چنان که می‌دانیم ــ حرکت بار همان جریان الکتریکی است. در نتیجه محل وقوع صاعقه بیش‌ترین پتانسیل را داراست و نقاط زمین، به تدریج که از محل وقوع صاعقه دور شویم، در اثر افت پتانسیل (در زمین) دارای پتانسیل الکتریکی کم‌تری می‌شوند. در این حالت، چنان‌چه شخصی مستقیماً در محل اصابت صاعقه قرار گیرد، مرگ او حتمی خواهد بود و چنان‌چه در دایره‌ی خطر محل اصابت صاعقه قرار گیرد، ولتاژ گام به وی اعمال می‌شود.

حال با توجه به مطالب ذکر شده به شرح سیستم‌های متداولی که انسان را در مقابل ولتاژهای بیش از ۶۵ ولت حفاظت می‌کند می‌پردازیم.

تماس دستگاه‌های برقی باید دارای سیستم ارت (سیم اتصال به زمین) باشند.

۵ــ۸ــ انواع روش‌های حفاظت الکتریکی

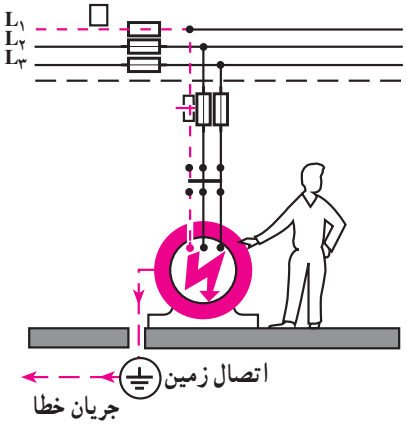
برای محافظت افراد در مقابل برق گرفتگی روش‌های مختلفی وجود دارد که آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱ــ۵ــ۸ حفاظت توسط سیم زمین: در این سیستم قسمت‌های فلزی وسایل الکتریکی، که ارتباطی به شبکه‌ی تغذیه ندارند، توسط سیم به زمین اتصال می‌یابند. چنان‌چه به بدنه‌ی وسیله‌ی الکتریکی، سیمِ دارای ولتاژ متصل نشده باشد، پتانسیل بدنه‌ی این وسیله، با پتانسیل زمین برابر است. اگر در اثر پیدا شدن عیب، سیمِ دارای ولتاژ (فاز) به بدنه وصل شود، جریانی از طریق زمین و سیم متصل به زمین و نقطه‌ی MP ترانسفورماتور و سیم فاز جاری می‌شود. مقدار این جریان باید به اندازه‌ای باشد که جریان خطا، در کم‌تر از ۰/۵ ثانیه وسیله‌ی حفاظتی (مثلاً فیوز) را قطع کند. مقاومت اتصال زمین باید تا حد امکان کم باشد (حداکثر بین ۱ تا ۲ اهم) مقاومت زمین بستگی به نوع زمین دارد و هرچه زمین مرطوب‌تر باشد مقاومت زمین کم‌تر است. برای کاهش مقاومت زمین و حفظ رطوبت و جلوگیری از خوردگی عامل‌های زمین از محلول‌های مخصوص که در محل اتصال زمین (چاه ارت) ریخته می‌شود، استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری مقاومت زمین از دستگاه میگر و یا اِرت تستر استفاده می‌شود (شکل ۵ــ۸).

شکل ۵ ــ۸ میگر

شکل ۶ ــ۸ طریقه‌ی استفاده از سیستم حفاظت زمین را برای مصرف کننده نشان می‌دهد. اگر شخصی با بدنه‌ی دستگاه تماس داشته باشد و همزمان سیم فاز به طریقی به بدنه‌ی دستگاه وصل شود، جریان اتصالی جاری شده در بدنه‌ی دستگاه، دو مسیر برای عبور پیدا می‌کند، یکی عبور از بدن شخص و زمین و دیگری مستقیماً به زمین. چون مقاومت بدن اشخاص به طور متوسط حدود ۱۳۰۰اهم است، بنابراین جریان از طریق مقاومت کم‌تر، یعنی زمین عبور می‌کند و نهایتاً باعث قطع سریع فیوز می‌شود. اتصال زمین

می‌تواند توسط لوله یا میله‌ی فلزی، نوار، سیم فلزی و صفحه‌ی فلزی انجام پذیرد که معمولاً توسط یک رشته سیم با مقطع مناسب (با توجه به جریان نامی مصرف‌کننده) به اتصال زمین وصل می‌شود. انواع عامل‌های زمین عبارتند از :



شکل ۶ــ۸ اتصال زمین حفاظتی

اتصال زمین لوله‌ای یا میله‌ای: در اتصال زمین لوله‌ای یا میله‌ای، می‌توان از لوله یا میله‌های فلزی، به قطر یک تا دو اینچ و به طول یک تا ۶ متر، که قلع‌اندود باشند و به صورت عمودی در زمین کوبیده شوند، استفاده کرد. درصورتی که امکان کوبیدن لوله‌ها نباشد، می‌توان از چند لوله که مجموع طول آن‌ها برابر طول مورد نیاز باشد استفاده کرد. در این حالت باید لوله‌ها را با فاصله‌ی بیش‌تر از طول هر لوله از یکدیگر کوبید و سر آن‌ها را به یکدیگر وصل کرد (اتصال موازی).

اتصال زمین نواری یا سیمی: در اتصال زمین نواری یا سیمی می‌توان از یکی از موارد زیر استفاده کرد :

ــ تسمه‌ی فولادی قلع‌اندود با سطح مقطع، ۱۰۰ میلی‌مترمربع

ــ سیم فولادی به هم تابیده شده‌ی قلع اندود با سطح مقطع کل، ۹۵ میلی‌مترمربع

ــ تسمه‌ی مسی با سطح مقطع، حداقل ۵۰ میلی‌مترمربع

ــ سیم مسی با سطح مقطع، حداقل ۳۵ میلی‌مترمربع

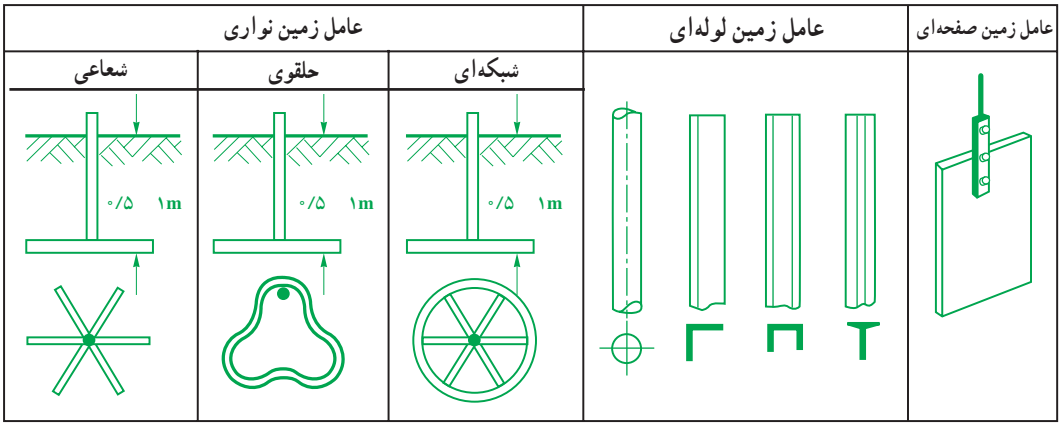
این عوامل نواری می‌توانند به شکل شعاعی یا حلقوی و یا شبکه‌ای، در عمق حداقل ۰/۵ متری سطح زمین قرار گیرند.

اتصال زمین صفحه‌ای: در اتصال زمین صفحه‌ای، از صفحه‌ی آهنی قلع‌اندود به ابعاد حداقل ۰/۵ متر و ضخامت ۳ میلی‌متر و یا از صفحه‌ی مسی به ابعاد ۰/۵ متر و ضخامت ۲ میلی‌متر استفاده می‌شود. این صفحه باید به صورت عمودی و طوری نصب شود که لبه‌ی بالایی صفحه حداقل یک‌متر از سطح زمین فاصله داشته باشد.

در این حالت نیز می‌توان به جای استفاده از یک صفحه با ابعاد زیاد، از چند صفحه با ابعاد کم‌تر استفاده کرد، به شرط آن که فاصله‌ی صفحه‌ها از یکدیگر حداقل ۳ متر باشد و آن‌ها را بتوان به صورت موازی به یکدیگر متصل کرد.

شکل ۷ــ۸ روش‌های مختلف اتصال زمین را نشان می‌دهد.

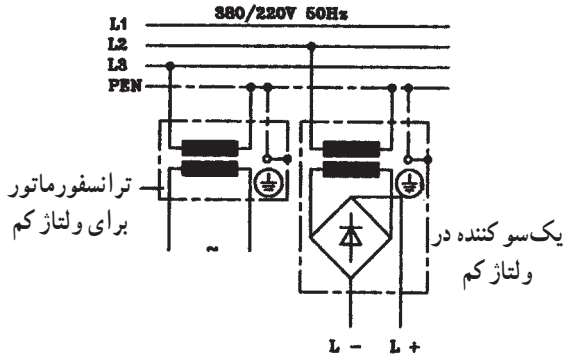
محل نصب عامل زمین باید هر چند ماه یک‌بار مورد بازرسی قرار گیرد و مقاومت آن اندازه‌گیری شود. درصورت زیاد شدن مقاومت زمین، می‌توان با اضافه کردن آب یا محلول آب‌نمک، یا تدابیر دیگر، مقاومت آن را کم کرد.



شکل ۷ــ۸ انواع عامل‌های زمین

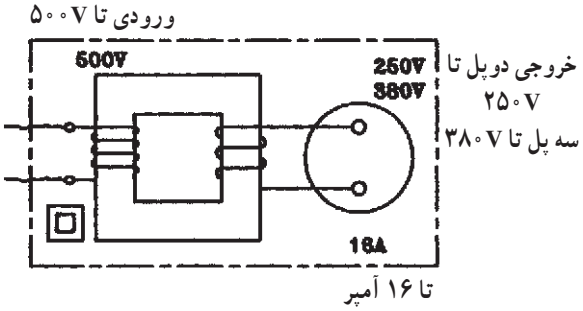
شکل ۸ ــ ۸

۲ــ۵ ــ ۸ حفاظت توسط عایق‌کاری: در این نوع حفاظت تمام قسمت‌های دستگاه که امکان تماس با آن‌ها وجود دارد عایق‌کاری می‌شود. در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند می‌توان کف زمین و یا دیوارها را عایق کاری کرد. علامت مشخصه حفاظت توسط عایق ⌐ ¬ ⌙ ⌜ می‌باشد.



شکل ۹ــ۸ ترانس کاهنده با دو سیم‌پیچ مجزا

۳ــ ۵ ــ ۸ حفاظت توسط ولتاژ کم: در حفاظت توسط ولتاژ کم از ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم‌پیچ مجزا استفاده می‌شود ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور باید کم‌تر از ۴۲ ولت باشد. استفاده از اتوترانسفورماتور در این نوع حفاظت مجاز نیست.



شکل ۱۰ــ۸ ترانس ایزوله

۴ــ ۵ ــ ۸ حفاظت توسط ترانسفورماتور جداکننده (ایزوله): در این نوع حفاظت از یک ترانسفورماتور یک به یک استفاده می‌شود. در این نوع ترانسفورماتور ولتاژ اولیه با ثانویه برابر است. بدین ترتیب ولتاژ تغذیه مصرف‌کننده از نظر الکتریکی از شبکه جدا می‌شود. بنابراین چنانچه در سمت ثانویه، کاربر تنها یکی از سیم‌های خروجی را لمس کند خطر برق‌گرفتگی وجود نخواهد داشت. ثانویه این نوع ترانسفورماتور نباید اتصال زمین داشته باشد.

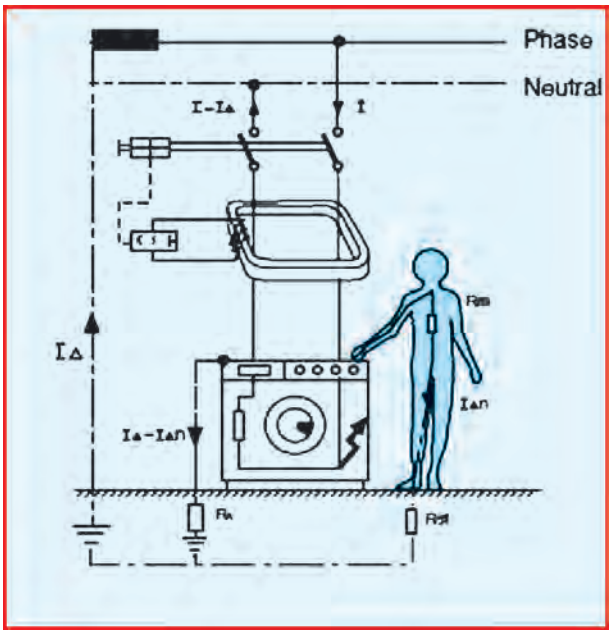
۵ــ۵ــ۸ حفاظت توسط کلید خطای جریان (FI): همان‌طوری‌که در فصل پنجم توضیح داده شد، از این کلید یا رله که به رله حافظ جان نیز معروف است برای محافظت اشخاص

در مقابل تماس بدن با یکی از سیم‌های فاز به‌کار می‌رود و در دو نوع تک فاز (دوپل) و سه فاز (چهار پل) وجود دارد. در صورتی‌که سیم فاز به بدنه دستگاه یا شخص اتصال یابد، دراین‌صورت مجموع جریان‌های ورودی با جریان‌های خروجی برابر نمی‌شود و این مسئله باعث تحریک یک رله گردیده که مدار را قطع می‌کند. بر روی این رله یک دکمه تست نیز وجود دارد که در صورت فشار برروی آن رله برق مدار را قطع خواهد کرد.

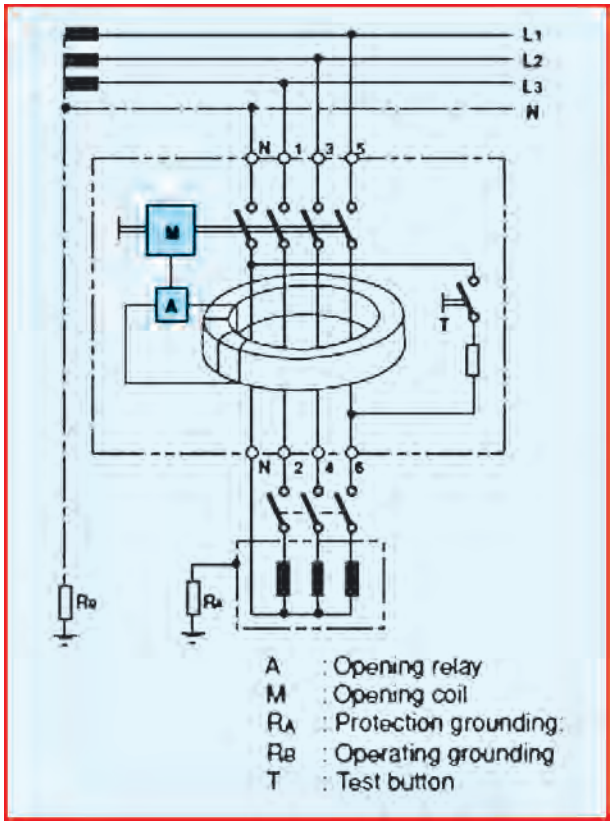
ــ هنگام خرید رله FI مراقب باشید تا نوع کلید مرغوب و قابل اعتماد باشد.

ــ در صورت عدم وجود سیستم اتصال زمین، اتصال بدنه موجب قطع رله نخواهد شد و این امر موجب بروز حادثه می‌شود.

ــ حداکثر جریان خطا برای محافظت در مقابل برق‌گرفتگی، برای این رله ۳۰mA در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۱۱ــ۸ عملکرد رله FI دو پل



شکل ۱۲ــ۸ عملکرد رله FI چهار پل

مقررات ملی ساختمان (مبحث سیزدهم ۱۳ـ۹ـ۰ـ۷)

کلیه مدارهای نهایی، اعم از روشنایی و پریز، باید برای وصل به بدنه‌های هادی چراغ‌ها یا کنتاکت پریزها (برحسب مورد) شامل هادی حفاظتی باشند.

یادآوری: چنانچه بدنه چراغی از جنس عایق باشد، هادی حفاظتی در محل آن به دقت عایق‌بندی و رها می‌شود تا اگر احتمالاً در آینده در محل آن چراغ عایق چراغی با بدنه هادی نصب شود، از آن هادی حفاظتی استفاده شود.

به سؤالات زیر پاسخ دهید

۱ـ هدف از حفاظت الکتریکی چیست؟

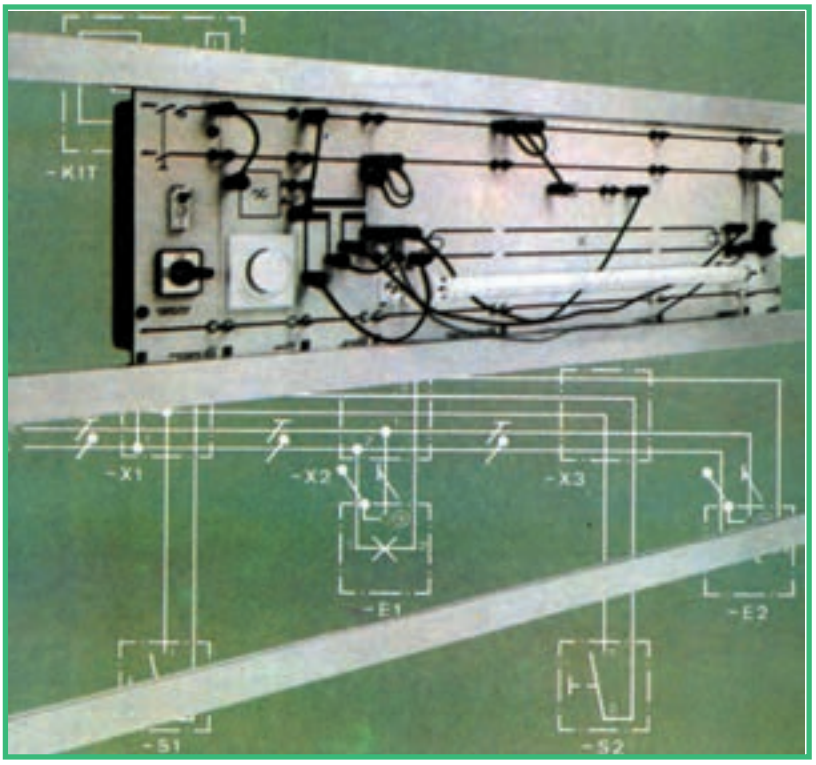
۲ـ ولتاژ تماس و ولتاژ گام را تعریف کنید.

۳ـ اگر شخصی که با زمین تماس دارد با دستکش عایق‌دار به سیم فاز دست بزند، ولتاژ تماس چه مقدار است؟

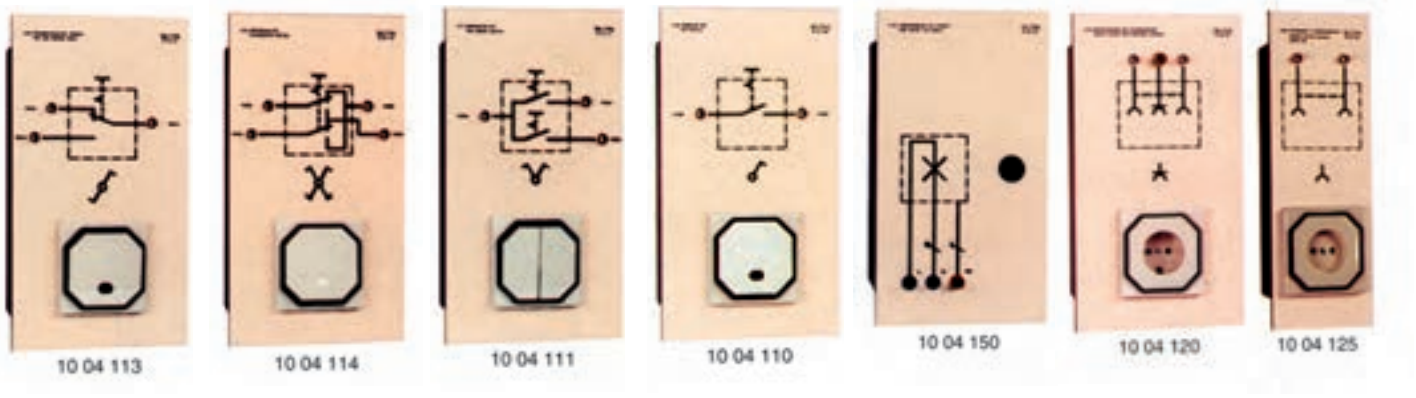
۴ـ انواع سیستم‌های حفاظت الکتریکی را نام ببرید و توضیح دهید که چگونه خطر برق‌گرفتگی، با استفاده از این سیستم‌ها، برطرف می‌شود.

ضمیمه ـ طرح های پیش‌نهادی تابلوهای آموزشی و کمک‌آموزشی کارگاه

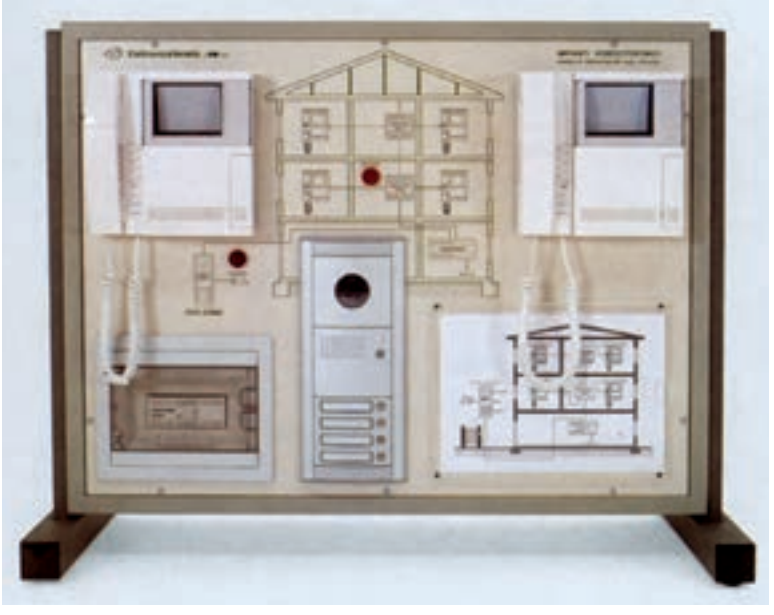
در این قسمت برای آموزش بهتر و استفاده‌ی بیش‌تر هنرجویان از امکانات و وسایل کارگاه، طرح‌هایی پیش‌نهاد شده است. همکاران عزیز می‌توانند با ساخت نمونه از وسایلی که نقشه و شکل آن‌ها ارائه گردیده است و با استفاده از آن‌ها در موقع تدریس به یادگیری بیش‌تر هنرجویان و صرفه‌جویی در وقت تدریس و آموزش کمک قابل ملاحظه‌ای به آنان بنمایند. هم‌چنین کارگاه هنرستان را با این‌گونه وسایل تجهیز نمایند تا بازده آموزش بالاتر رود.

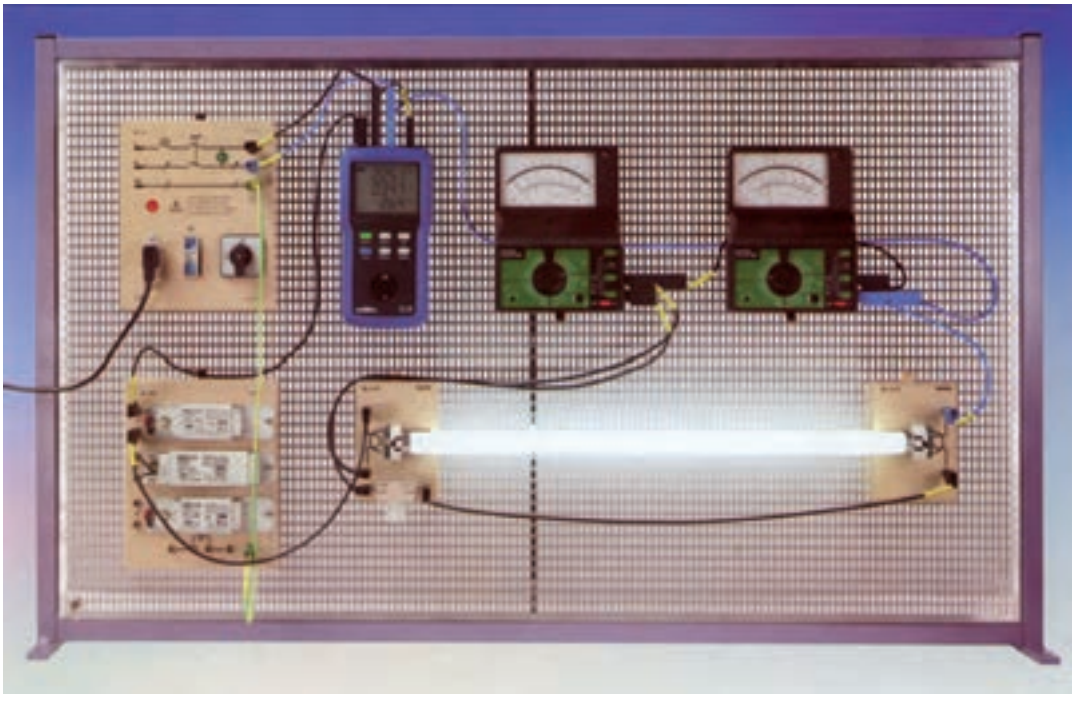


اسکلت تابلوی کمک‌آموزشی


10 04 113
10 04 114
10 04 111
10 04 110
10 04 150
10 04 120
10 04 125

FIRE





واژه‌نامه

Ammeter	آمپرمتر
Amplifier	تقویت‌کننده
Antenna	آنتن
Bimetal	دو فلزی
Button	دگمه ــ شستی
Cable	کابل
Change over switch	کلید تبدیل
Conductor	هادی
Counter	کنتور (شماره‌انداز)
Cross switch	کلید صلیبی
Detector	آشکار ساز
Dimmer	دیمر ــ کنترل‌کننده شدت نور
Door opener	درب بازکن
Earthing System	سیستم اتصال زمین
Electrical energy	انرژی الکتریکی
Energy losses	تلفات انرژی
Fault	عیب
Fluorescent	فلورسنت
Fuse	فیوز
Heat sink	گرماگیر
High voltage	ولتاژ زیاد
Hose pipe	لوله خرطومی
Impulse relay	رله ضربه‌ای
Joint	اتصال
Junction box	جعبه تقسیم
Lampholder	سرپیچ
Maine switch	کلید اصلی
Multimeter	مولتی‌متر
Null	نول ــ سیم نول
Noise	نویز ــ پارازیت
Over load	اضافه بار
One pole switch	کلید یک پل
photo relay	رله نوری
phase Indicator	فازمتر
plug	دوشاخه
Residual current device (Rcd)	رله حافظ جان ــ رله محافظ جریان نشتی
Selector	سلکتور ــ انتخاب‌گر
Short cicuit	اتصال کوتاه
Soldering	لحیم‌کاری
Socket - outlet	پریز
Terminal	محل اتصال
Time relay	رله زمانی
Two - pole switch	کلید دوپل
Transmission lines	خطوط انتقال
Video phone	آیفون تصویری
wire	سیم

معرفی سایت‌های مفید

آموزش الکترونیکی دروس	www. elearning.roshd.ir
فرهنگ واژگان یادگیری الکترونیکی	www. glossary.roshd.ir
سایت تخصصی علوم	www. oloom.ir
نشریات علمی	www. journals.Iran science.net
دانشنامه آزاد	www. wikipedia.com
	www. How stuff works.com
	www. answers.com
	www. all about circuits.com
	www. troubleshooter.com
	www. eas.asu.edu
	www. physics.sjsu.edu
	www. tools potting.net
	www. tools station.com

منابع

۱ــ الکتریسیته‌ی مقدماتی، مرکز آموزش نیروی دریایی، ۱۳۵۶.

۲ــ رحمتی‌زاده، علوی، نیکزاد، (۱۳۷۱)، کار کارگاهی سال سوم رشته‌ی برق هنرستان، وزارت آموزش و پرورش.

۳ــ صموتی، خاور، شفق، کمالی، (۱۳۷۱)، کار کارگاهی سال دوم رشته‌ی برق هنرستان، وزارت آموزش و پرورش.

۴ــ کار کارگاهی سال دومِ برق (نظام قدیم) کد ۵۱۶/۱، وزارت آموزش و پرورش.

۵ــ گلستانی داریانی، نادر، رسم فنی، وسترمان، اندیشمند، ۱۳۶۴.

۶ــ نیکزاد، مسلم، رادمهر، مرتضی، مجموعه‌ی آموزشی برق جلد اول، نشر شرکت صنایع آموزشی.

۷ــ شایقی، غلامرضا، (۱۳۸۵)، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های ایمنی و حفاظتی، (انتشارات عبادی).

۸ــ مالکی، قاسم (مترجم) (۱۳۸۵). تکنولوژی برق صنعتی، (انتشارات طراح).

۹ــ جهاندیده، احمد، (۱۳۸۳). لوله کاری و اتصالات سیم و کابل، (انتشارات شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش).

۱۰ــ حیدری، محمد، (۱۳۸۴)، تعمیر لوازم خانگی گردنده، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش).

۱۱ــ کاتالوگ‌های مختلف وسایل روشنایی و خبری کارخانجات ایران.

۱۲ــ کاتالوگ و جداول سیم و کابل، کارخانجات ایران.

یاد داشت