



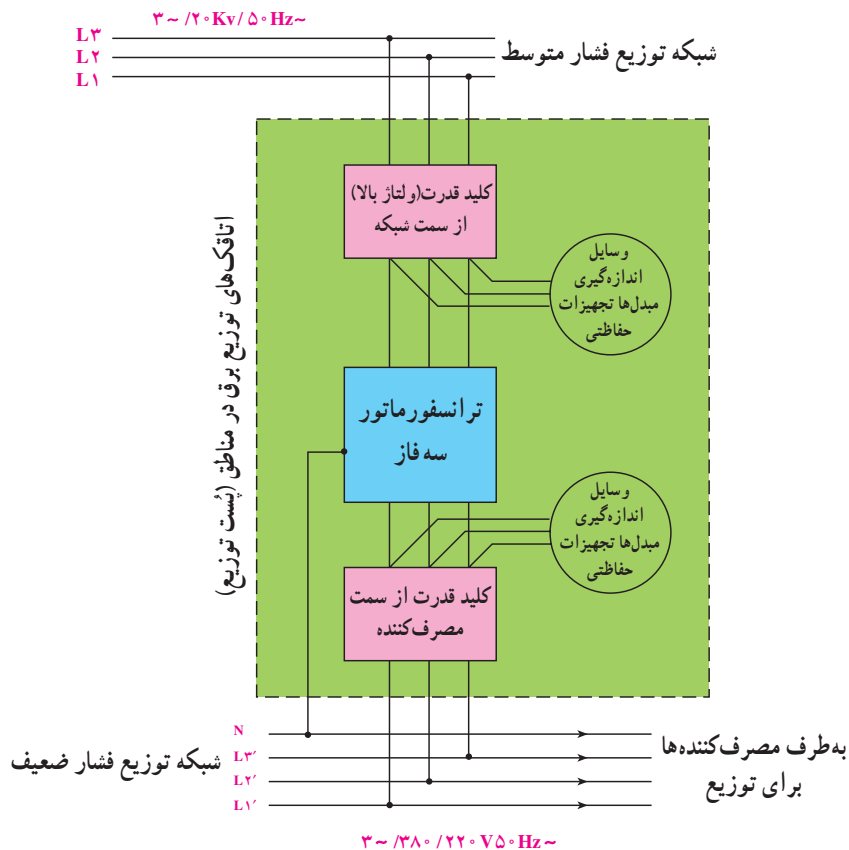
# حفاظت الکتریکی

## ۸-۱ 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 به هم وصل شدن یک سر سه سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور نقطه مرکزی N یا نول به وجود می‌آید.) در این نوع ترانسفورماتورها نقطه مرکزی (N) به زمین وصل می‌شود. شکل ۸-۱، شبکه‌ی سه فاز توزیع و اتصال نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور به زمین را نشان می‌دهد. اتصال یک

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.



شکل ۸-۱ شبکه‌ی توزیع و ترانسفورماتور محلی و چگونگی اتصال نقطه‌ی نول

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

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  $1300$  اهم و حداقل جریان خطرناک  $0.5$  آمپر است، می‌توان گفت حداقل ولتاژ تماس خطرناک برابر است با :

$$U_B = R_B I_B = 1300 \times 0.5 = 650V$$

ولتاژ بیش از  $65$  ولت برای انسان خطرناک می‌باشد.

## ۸-۳ عبور جریان از زمین

کره‌ی زمین متشکل از عناصر و ترکیبات گوناگون، به خصوص 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 بروی 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.

## ۸-۴ 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 ۸-۳).

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

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

## ۸-۲ ولتاژ تماس

در صورت 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  $0.5$  آمپر بیش‌تر شود، خطرناک خواهد بود و ممکن است سبب برق‌گرفتگی و مرگ آن شخص شود.

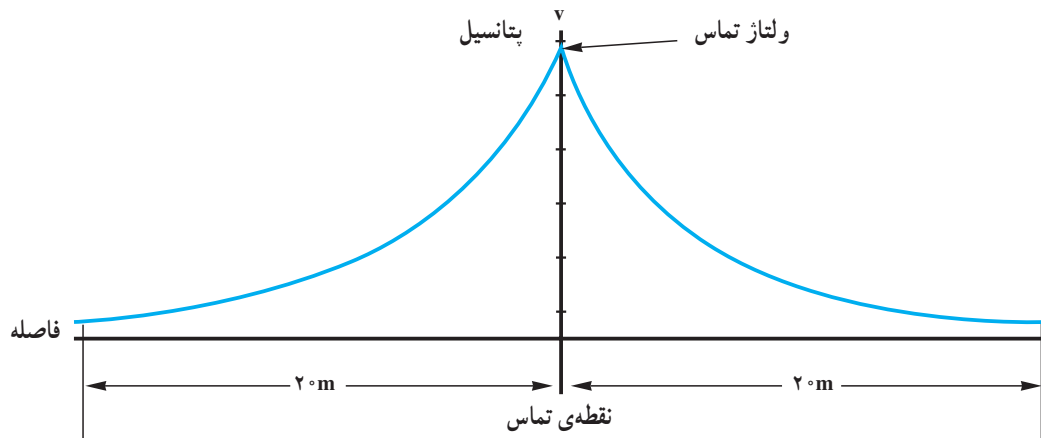
شکل ۸-۲، مسیر عبور جریان از بدن شخص برق‌گرفته را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۲ نحوه‌ی عبور جریان از بدن شخص برق‌گرفته

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

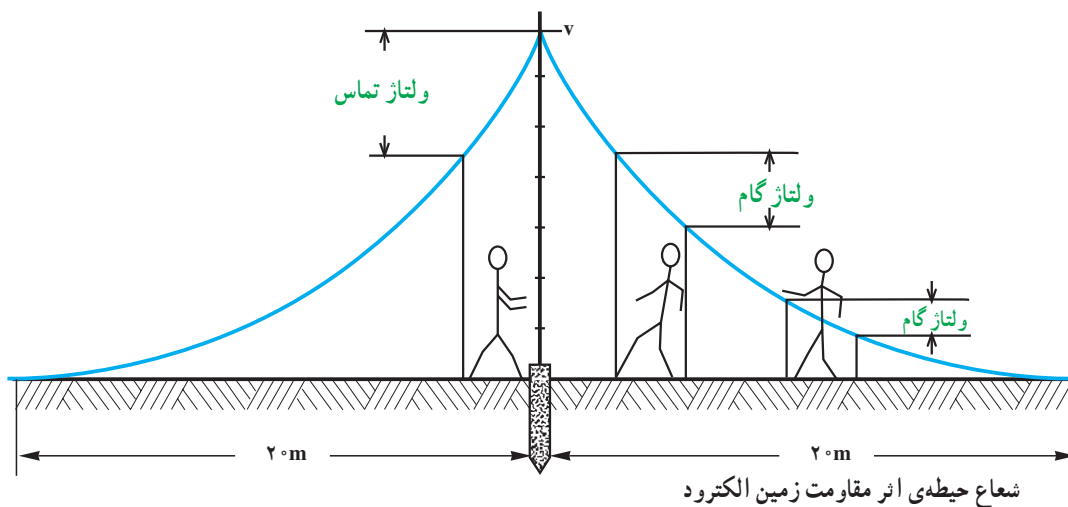
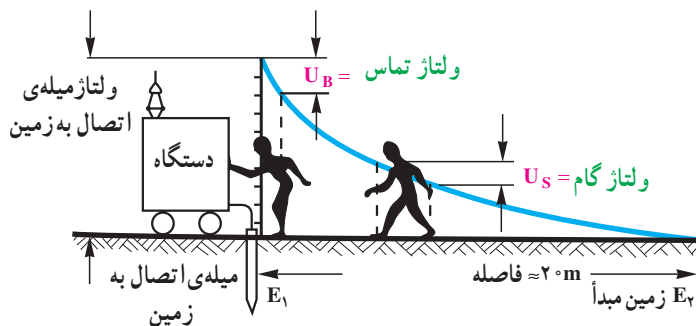
ولتاژ تماس عبارت است از اختلاف پتانسیلی که در بدن شخص در هنگام برق‌گرفتگی ایجاد می‌شود و آن را با  $U_B$  نشان



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

پای این شخص اختلاف پتانسیل  $V = V_1 - V_2$  برقرار می‌شود که جریانی را در داخل بدن شخص عبور می‌دهد. این اختلاف پتانسیل را، ولتاژ گام می‌نامند. چنانچه ولتاژ گام از ۶۵ ولت تجاوز کند، برای شخص خطر برق گرفتگی شدید ایجاد می‌شود. شکل ۸-۴ ولتاژ گام و ولتاژ تماس را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل ۸-۳، هر چه از محل اتصال، دور شویم پتانسیل الکتریکی کم‌تر می‌شود و در فاصله‌ی تقریباً ۲۰ متری به صفر می‌رسد. چنانچه شخصی در داخل دایره‌ای به مرکز نقطه‌ی اتصال سیم فاز به زمین و به شعاع تقریباً ۲۰ متری ایستاده باشد، بین دو



شکل ۸-۴ ولتاژ گام، ولتاژ تماس

باشد که جریان خطا، در کم‌تر از ۵/۰ 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 ارت تستر استفاده می‌شود (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸ میگر

شکل ۶-۸ 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 ۱۳۰۰ اهم است، بنابراین جریان از طریق مقاومت کم‌تر، یعنی زمین عبور می‌کند و نهایتاً باعث قطع سریع فیوز می‌شود. اتصال زمین

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 - چنان که می‌دانیم - 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.

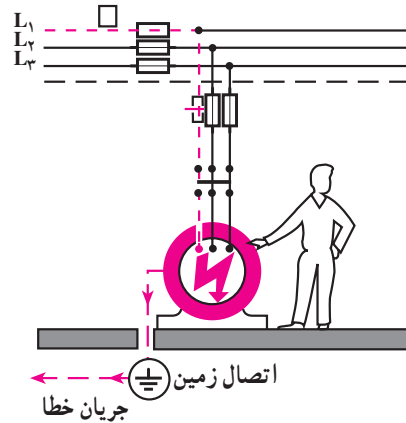
## ۸-۵-۱ انواع روش‌های حفاظت الکتریکی

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

### ۸-۵-۱-۱ 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، سیم دارای ولتاژ متصل نشده باشد، پتانسیل بدنه‌ی این وسیله، با پتانسیل زمین برابر است. اگر در اثر پیدا شدن عیب، سیم 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

می تواند توسط لوله یا میله فلزی، نوار، سیم فلزی و صفحه ای فلزی انجام پذیرد که معمولاً توسط یک رشته سیم با مقطع مناسب (با توجه به جریان نامی مصرف کننده) به اتصال زمین وصل می شود. انواع عامل های زمین عبارتند از:



شکل ۶-۸ اتصال زمین حفاظتی

یا سیمی می توان از یکی از موارد زیر استفاده کرد:  
 - تسمه ی فولادی قلع اندود با سطح مقطع،  
 ۱۰۰ میلی متر مربع  
 - سیم فولادی به هم تابیده شده ی قلع اندود با سطح مقطع  
 کل، ۹۵ میلی متر مربع

- تسمه ی مسی با سطح مقطع، حداقل ۵۰ میلی متر مربع  
 - سیم مسی با سطح مقطع، حداقل ۳۵ میلی متر مربع  
 این عوامل نواری می توانند به شکل شعاعی یا حلقوی و یا شبکه ای، در عمق حداقل ۰/۵ متری سطح زمین قرار گیرند.  
**اتصال زمین صفحه ای:** در اتصال زمین صفحه ای، از صفحه ی آهنی قلع اندود به ابعاد حداقل ۰/۵ متر و ضخامت ۳ میلی متر و یا از صفحه ی مسی به ابعاد ۰/۵ متر و ضخامت ۲ میلی متر استفاده می شود. این صفحه باید به صورت عمودی و طوری نصب شود که لبه ی بالایی صفحه حداقل یک متر از سطح زمین فاصله داشته باشد.

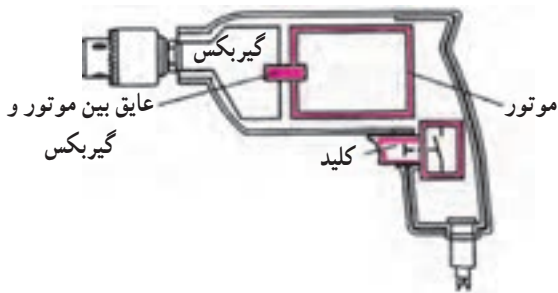
**اتصال زمین لوله ای یا میله ای:** در اتصال زمین لوله ای یا میله ای، می توان از لوله یا میله های فلزی، به قطر یک تا دو اینچ و به طول یک تا ۶ متر، که قلع اندود باشند و به صورت عمودی در زمین کوبیده شوند، استفاده کرد. در صورتی که امکان کوبیدن لوله ها نباشد، می توان از چند لوله که مجموع طول آن ها برابر طول مورد نیاز باشد استفاده کرد. در این حالت باید لوله ها را با فاصله ی بیش تر از طول هر لوله از یکدیگر کوبید و سر آن ها را به یکدیگر وصل کرد (اتصال موازی).

**اتصال زمین نواری یا سیمی:** در اتصال زمین نواری

در این حالت نیز می توان به جای استفاده از یک صفحه با ابعاد زیاد، از چند صفحه با ابعاد کم تر استفاده کرد، به شرط آن که فاصله ی صفحه ها از یکدیگر حداقل ۳ متر باشد و آن ها را بتوان به صورت موازی به یکدیگر متصل کرد.  
 شکل ۷-۸ روش های مختلف اتصال زمین را نشان می دهد.  
 محل نصب عامل زمین باید هر چند ماه یک بار مورد بازرسی قرار گیرد و مقاومت آن اندازه گیری شود. در صورت زیاد شدن مقاومت زمین، می توان با اضافه کردن آب یا محلول آب نمک، یا تدابیر دیگر، مقاومت آن را کم کرد.

عامل زمین نواری			عامل زمین لوله ای	عامل زمین صفحه ای
شعاعی	حلقوی	شبکه ای		

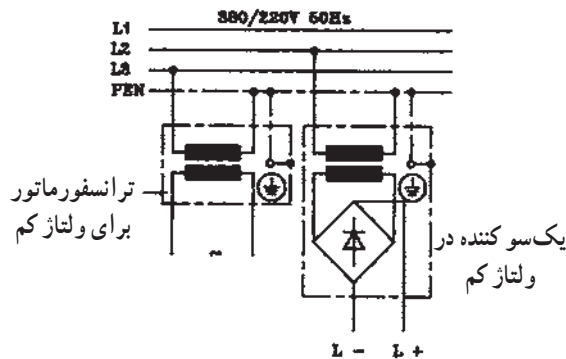
شکل ۷-۸ انواع عامل های زمین



شکل ۸-۸

### ۸-۵-۲ حفاظت توسط عایق کاری: در این نوع

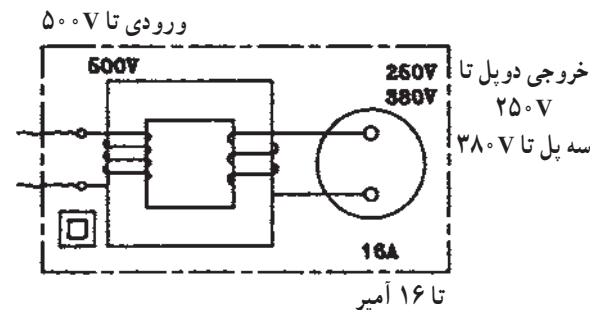
حفاظت تمام قسمت‌های دستگاه که امکان تماس با آنها وجود دارد عایق کاری می‌شود. در مورد دستگاه‌هایی که ساکن هستند می‌توان کف زمین و یا دیوارها را عایق کاری کرد. علامت مشخصه حفاظت توسط عایق می‌باشد.



شکل ۸-۹ ترانس کاهنده با دو سیم پیچ مجزا

### ۸-۵-۳ حفاظت توسط ولتاژ کم: در حفاظت

توسط ولتاژ کم از ترانسفورماتور کاهنده با دو سیم پیچ مجزا استفاده می‌شود ولتاژ ثانویه ترانسفورماتور باید کم‌تر از ۴۲ ولت باشد. استفاده از اتوترانسفورماتور در این نوع حفاظت مجاز نیست.



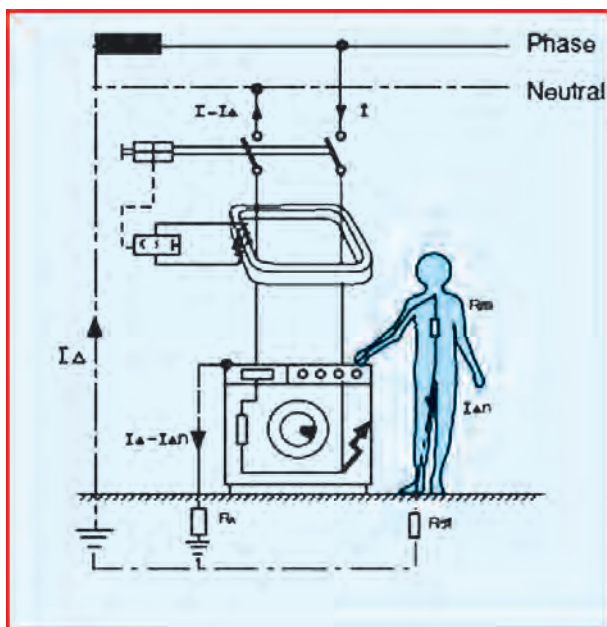
شکل ۸-۱۰ ترانس ایزوله

### ۸-۵-۴ حفاظت توسط ترانسفورماتور جداکننده

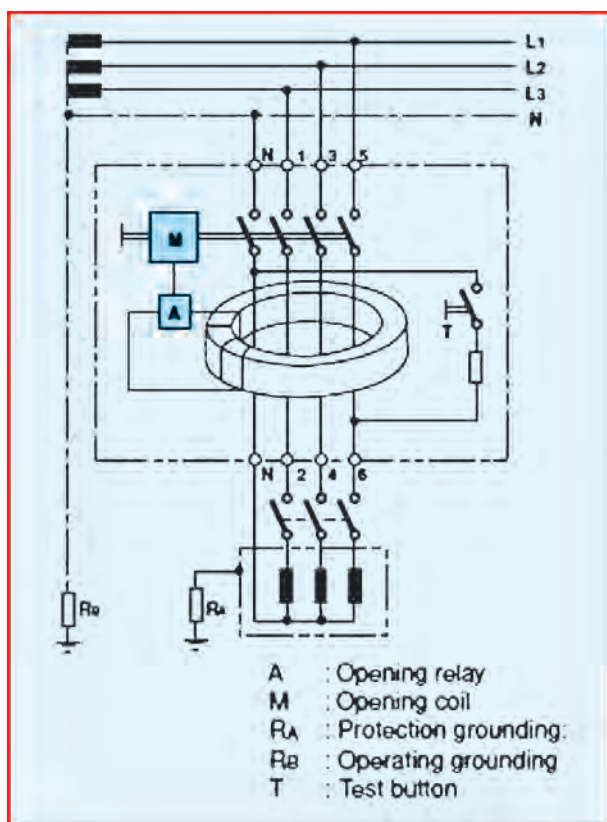
(ایزوله): در این نوع حفاظت از یک ترانسفورماتور یک به یک استفاده می‌شود. در این نوع ترانسفورماتور ولتاژ اولیه با ثانویه برابر است. بدین ترتیب ولتاژ تغذیه مصرف کننده از نظر الکتریکی از شبکه جدا می‌شود. بنابراین چنانچه در سمت ثانویه، کاربر تنها یکی از سیم‌های خروجی را لمس کند خطر برق‌گرفتگی وجود نخواهد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

### ۸-۵-۵ حفاظت توسط کلید خطای جریان (FI):

همان طوری که در فصل پنجم توضیح داده شد، از این کلید یا رله که به رله حافظ جان نیز معروف است برای محافظت اشخاص



شکل ۱۱-۸ عملکرد رله FI دو پل



شکل ۱۲-۸ عملکرد رله FI چهار پل

در مقابل تماس بدن با یکی از سیم‌های فاز به کار می‌رود و در دو نوع تک فاز (دوپل) و سه فاز (چهار پل) وجود دارد. در صورتی که سیم فاز به بدنه دستگاه یا شخص اتصال یابد، در این صورت 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 بر روی آن رله برق مدار را قطع خواهد کرد.

- هنگام خرید رله FI مراقب باشید تا نوع کلید مرغوب و قابل اعتماد باشد.
- در صورت عدم وجود سیستم اتصال زمین، اتصال بدنه موجب قطع رله نخواهد شد و این امر موجب بروز حادثه می‌شود.
- حداکثر جریان خطا برای محافظت در مقابل برق‌گرفتگی، برای این رله  $30\text{ mA}$  در نظر گرفته می‌شود.

### مقررات ملی ساختمان (مبحث سیزدهم ۱۳-۹-۷)

کلیه مدارهای نهایی، اعم از روشنایی و پرز، باید برای وصل به بدنه‌های هادی چراغ‌ها یا کنتاکت پرزها (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

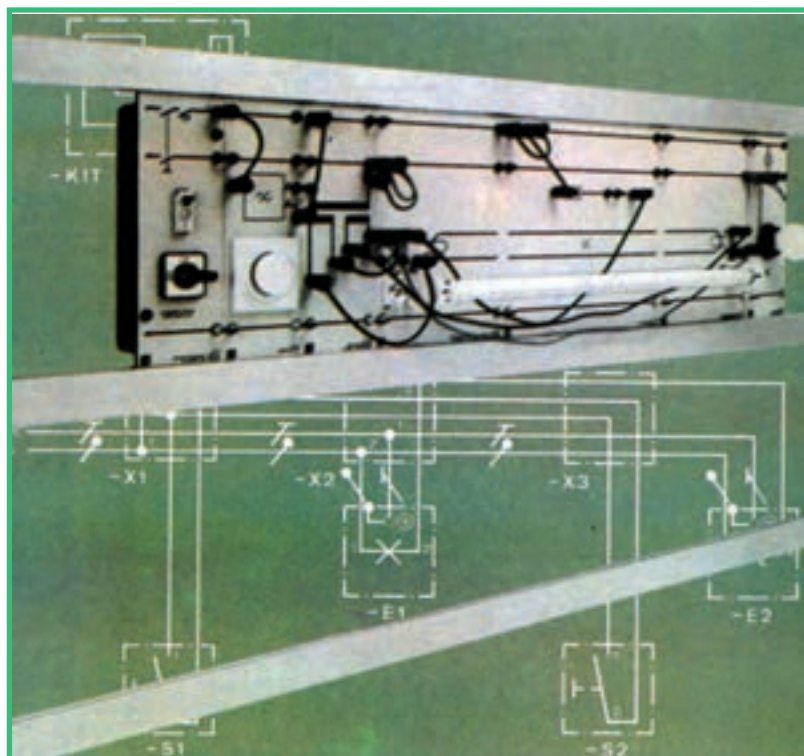


- ۱- هدف از حفاظت الکتریکی چیست؟
- ۲- ولتاژ تماس و ولتاژ گام را تعریف کنید.
- ۳- اگر شخصی که با زمین تماس دارد با دستکش عایق‌دار به سیم فاز دست بزند، ولتاژ تماس چه مقدار است؟
- ۴- انواع سیستم‌های حفاظت الکتریکی را نام ببرید و توضیح دهید که چگونه خطر برق‌گرفتگی، با استفاده از این سیستم‌ها، برطرف می‌شود.

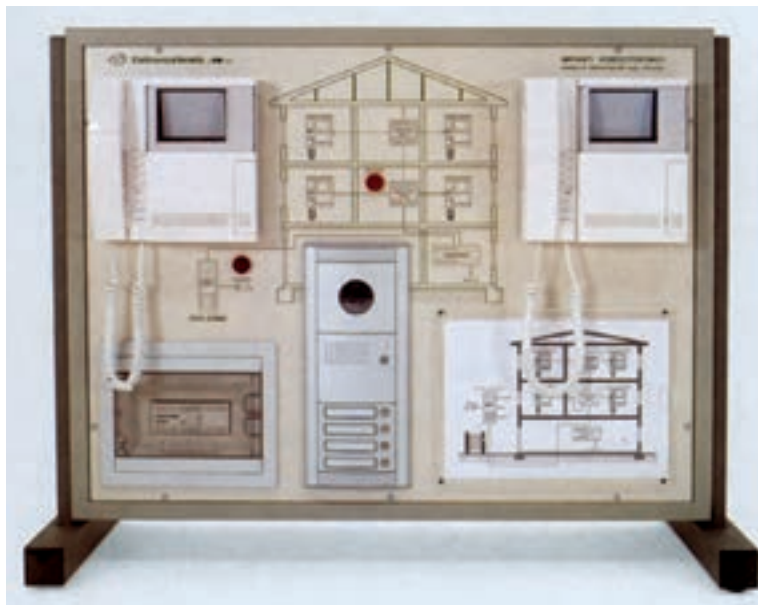
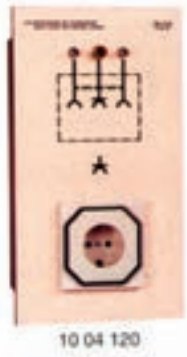
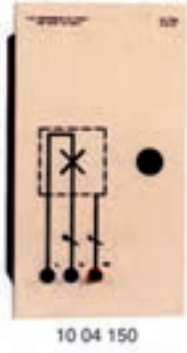
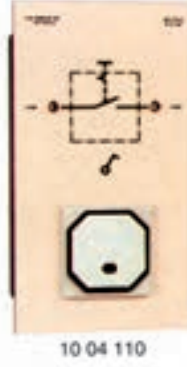
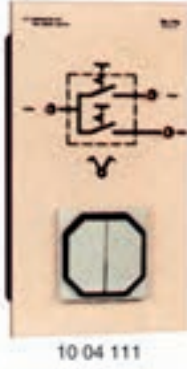
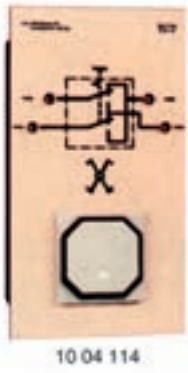
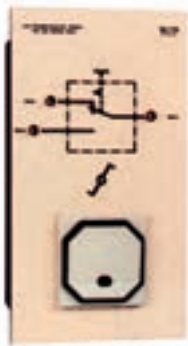


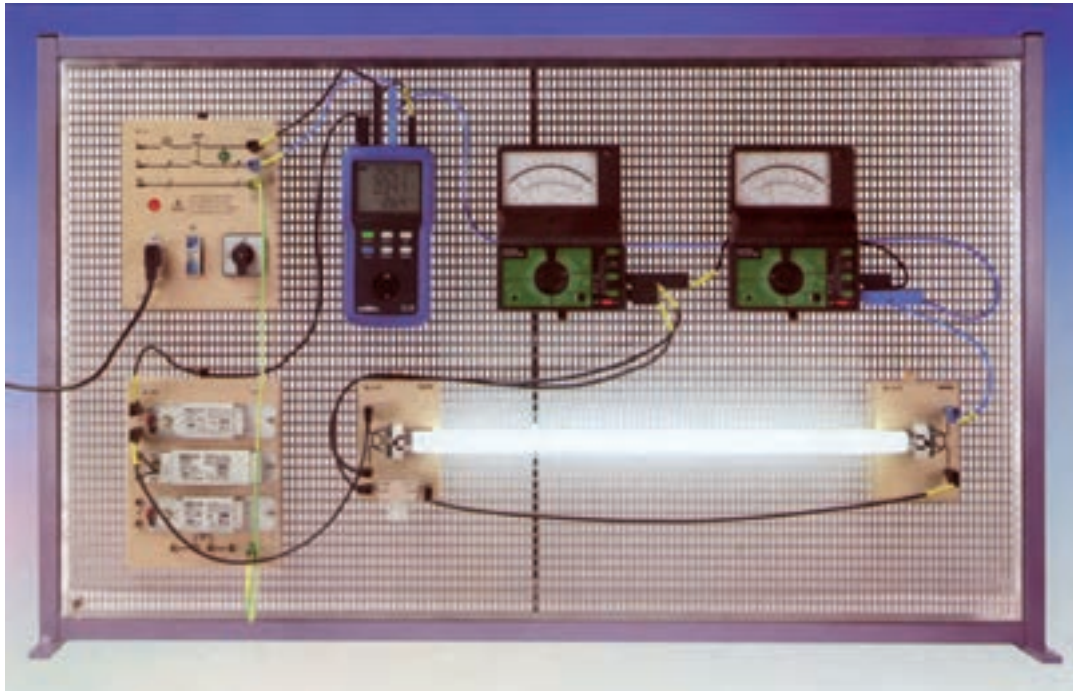
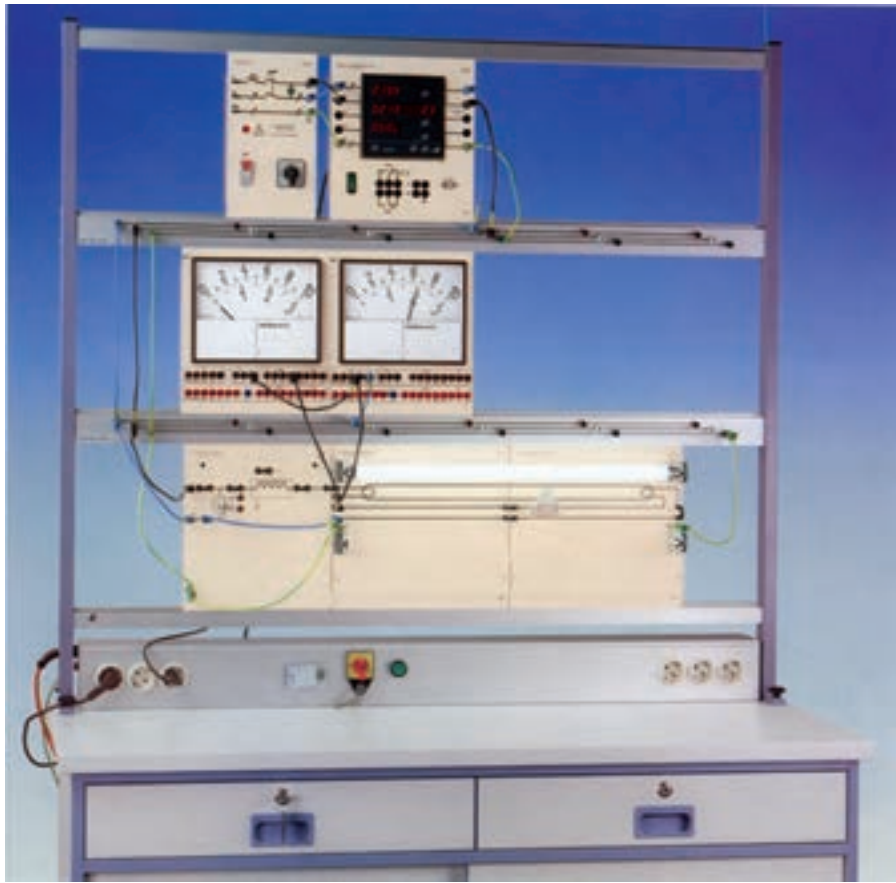
## ضمیمه – طرح های پیش نهادی تابلوهای آموزشی و کمک آموزشی کارگاه

در این قسمت برای آموزش بهتر و استفاده ی بیشتر هنرجویان از امکانات و وسایل کارگاه، طرح هایی پیش نهاد شده است. همکاران عزیز می توانند با ساخت نمونه از وسایلی که نقشه و شکل آن ها ارائه گردیده است و با استفاده از آن ها در موقع تدریس به یادگیری بیشتر هنرجویان و صرفه جویی در وقت تدریس و آموزش کمک قابل ملاحظه ای به آنان بنمایند. هم چنین کارگاه هنرستان را با این گونه وسایل تجهیز نمایند تا بازده آموزش بالاتر رود.



اسکلت تابلوی کمک آموزشی







## واژه‌نامه

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

## معرفی سایت های مفید

[www.elearning.roshd.ir](http://www.elearning.roshd.ir)  
[www.glossary.roshd.ir](http://www.glossary.roshd.ir)  
[www.oloom.ir](http://www.oloom.ir)  
[www.journals.Iran science.net](http://www.journals.Iran science.net)  
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)  
[www.How stuff works.com](http://www.How stuff works.com)  
[www.answers.com](http://www.answers.com)  
[www.all about circuits.com](http://www.all about circuits.com)  
[www.troubleshooter.com](http://www.troubleshooter.com)  
[www.eas.asu.edu](http://www.eas.asu.edu)  
[www.physics.sjsu.edu](http://www.physics.sjsu.edu)  
[www.tools potting.net](http://www.tools potting.net)  
[www.tools station.com](http://www.tools station.com)

آموزش الکترونیکی دروس  
فرهنگ واژگان یادگیری الکترونیکی  
سایت تخصصی علوم  
نشریات علمی  
دانشنامه آزاد

## منابع

- ۱- الکتربسیته‌ی مقدماتی، مرکز آموزش نیروی دریایی، ۱۳۵۶.
- ۲- رحمتی‌زاده، علوی، نیکزاد، (۱۳۷۱)، کار کارگاهی سال سوم رشته‌ی برق هنرستان، وزارت آموزش و پرورش.
- ۳- صموتی، خاور، شفق، کمالی، (۱۳۷۱)، کار کارگاهی سال دوم رشته‌ی برق هنرستان، وزارت آموزش و پرورش.
- ۴- کار کارگاهی سال دوم برق (نظام قدیم) کد ۵۱۶/۱، وزارت آموزش و پرورش.
- ۵- گلستانی داریانی، نادر، رسم فنی، وسترمان، اندیشمند، ۱۳۶۴.
- ۶- نیکزاد، مسلم، رادمهر، مرتضی، مجموعه‌ی آموزشی برق جلد اول، نشر شرکت صنایع آموزشی.
- ۷- شایقی، غلامرضا، (۱۳۸۵)، نصب و راه‌اندازی سیستم‌های ایمنی و حفاظتی، (انتشارات عبادی).
- ۸- مالکی، قاسم (مترجم) (۱۳۸۵). تکنولوژی برق صنعتی، (انتشارات طراح).
- ۹- جهان‌نیده، احمد، (۱۳۸۳). لوله کاری و اتصالات سیم و کابل، (انتشارات شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش).
- ۱۰- حیدری، محمد، (۱۳۸۴)، تعمیر لوازم خانگی گردنده، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش).
- ۱۱- کاتالوگ‌های مختلف وسایل روشنایی و خبری کارخانجات ایران.
- ۱۲- کاتالوگ و جداول سیم و کابل، کارخانجات ایران.



# یادداشت

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

