فصل نهم

تجهیزات تابلو

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که :

۱ــ چگونگی قرائت آمپرمتر و ولت‌متر را توضیح دهد.

۲ــ کاربرد کلید ولت‌متر را توضیح دهد.

۳ــ عمل ترانسفورماتور جریان در مدار را توضیح دهد.

۴ــ ساختمان و اصول کار کلید فیوز را توضیح دهد.

۵ــ علت استفاده از شمش مسی و ترمینال‌ها را در تابلو بیان کند.

۶ــ تعرفه را تعریف و روش‌های کاهش مصرف برق را نام ببرد.

۷ــ در مورد کنتورهای دو تعرفه توضیح دهد.

۱ــ ۹ــ مقدمه

همان‌طورکه قبلاً گفته شد در نیروگاه‌های برق، پس از تولید انرژی الکتریکی باید آن را به مصرف کننده انتقال داد. فاصله نیروگاه تا مصرف کننده ممکن است حتی به صدها کیلومتر نیز برسد. این انتقال به وسیله سیم‌های برق که توسط دکل‌های بزرگ نگهداشته می‌شوند، انجام می‌پذیرد. شکل ۱ــ۹ نمونه‌ای از این انتقال و دکل‌ها را نشان می‌دهد.

برای کاهش تلفات انرژی الکتریکی در مسیر تولید تا مصرف، ابتدا در محل تولید ولتاژ را توسط ترانسفورماتور افزایش داده و سپس در نزدیکی محل مصرف ولتاژ را مجدداً کاهش می‌دهند، این ولتاژ کاهش داده شده باید بین مصرف کننده‌ها توزیع شود. نقش تابلوهای برق در واقع توزیع انرژی الکتریکی بین مصرف کننده‌ها است. شکل ۲ــ۹ نمونه‌ای از تابلو برق را نشان می‌دهد.

تابلوهای توزیع بستگی به نیاز در ابعاد مختلف و همچنین از نظر تجهیزات برای کاربردهای خاصی ساخته می‌شوند مثلاً تابلوهای توزیع برق در یک منزل مسکونی در ابعاد نسبتاً کوچکی

شکل ۱ــ۹ــ نمونه‌ای از خطوط انتقال

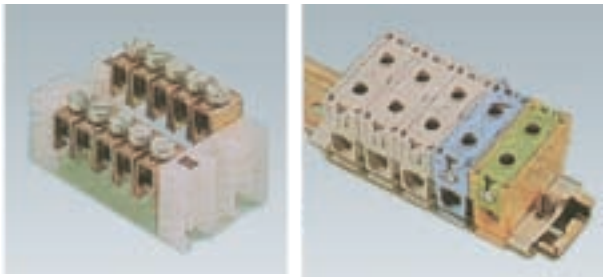
شکل ۲ــ۹ــ نمونه‌ای از تابلو توزیع برق

ساخته می‌شود. شکل ۳ــ۹ نمونه‌ای از تابلو برق که در منازل استفاده می‌شود را نشان می‌دهد.

شکل ۳ــ۹ــ نمونه‌ای از تابلو کوچک برق که در منازل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

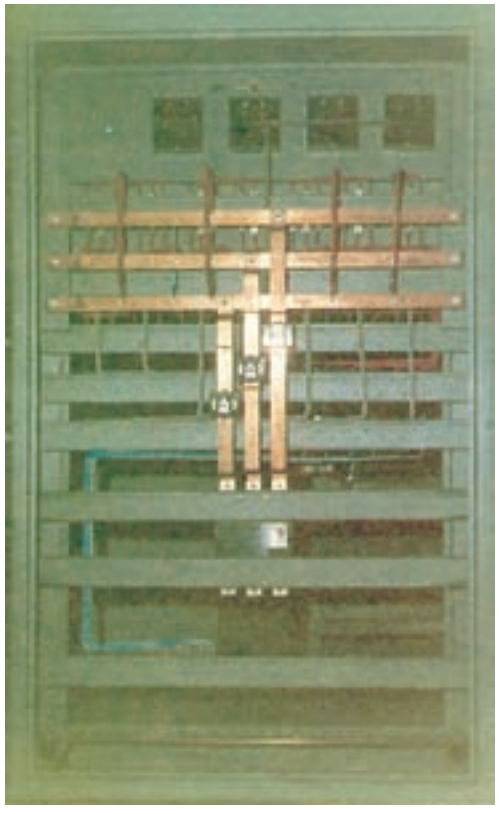
در تابلوهای کوچک که جریان مصرف کننده‌ها محدود است بین اجزای تابلو (مانند کلیدها، فیوزها و ...) به وسیله سیم‌های معمولی پلاستیکی (ترجیحاً مفتولی) سیم‌کشی می‌شود.

ورودی تابلو معمولاً برق شبکه سراسری است و خروجی آن مصرف کننده می‌باشد. برای اتصال تابلو به ورودی و خروجی‌ها معمولاً از ترمینال استفاده می‌کنند. در شکل ۴ــ۹ تعدادی از انواع ترمینال‌ها که بدین منظور به‌کار می‌روند نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ــ۹ــ نمونه‌هایی از انواع ترمینال‌ها که در تابلوهای توزیع به کار می‌روند.

در تابلوهای بزرگ که جریان مصرف کننده‌ها زیاد است به‌جای سیم‌کشی داخل تابلو، شمش کشی می‌کنند. شمش‌ها سطح مقطع نسبتاً بزرگی دارند و می‌توانند جریان‌های بسیار زیاد را از خود عبور دهند بدون این که افت ولتاژ قابل ملاحظه‌ای را ایجاد کنند. شکل ۵ــ۹ نمونه‌ای از شمش‌کشی درون یک تابلو را نشان می‌دهد.

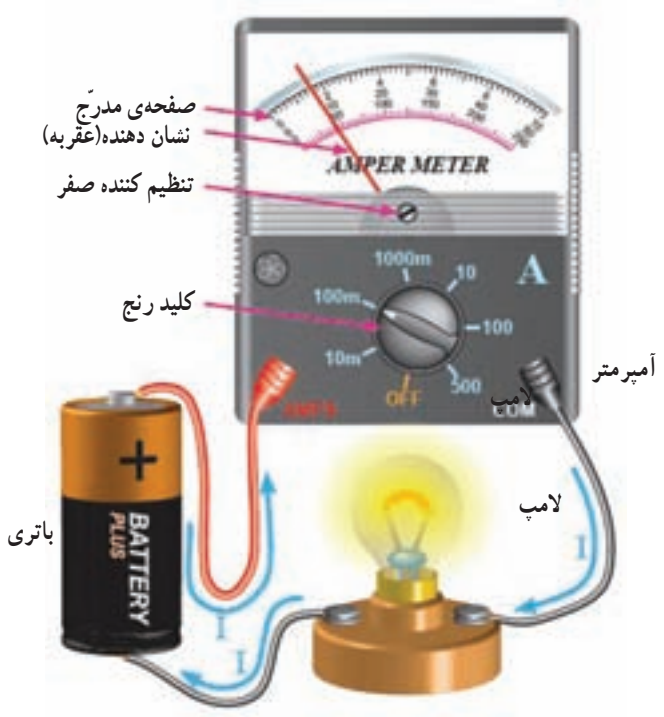


شکل ۵ ــ۹ــ شمش‌کشی داخل یک تابلو توزیع

در تابلوهای توزیع، وسایلی جهت نشان دادن پارامترهای الکتریکی مانند توان مصرفی، ولتاژ، جریان، انرژی و ... همچنین وسایل حفاظتی مانند رله‌های جریان اضافی و فیوزها نصب می‌کنند.

۲ــ۹ــ آمپرمتر

آمپرمتر برای اندازه‌گیری جریان مصرف کننده‌ها به کار می‌رود. آمپرمترهایی که در تابلوهای برق به کار می‌روند معمولاً حساسیت کم‌تری نسبت به آمپرمترهای آزمایشگاهی دارند. آمپرمترها با توجه به نیاز، در رنج‌های مختلف جریان ساخته می‌شوند. شکل ۶ ــ۹ چگونگی قرار گرفتن آمپرمتر در مدار را نشان می‌دهد.



شکل ۶ ــ۹ــ آمپرمتر با مصرف کننده به طور سری در مدار قرار می‌گیرند.

شکل ۷ ــ۹ چند نمونه از آمپرمتر تابلویی را نشان می‌دهد.

الف ــ دیجیتالی

ب ــ عقربه‌ای

شکل ۷ــ۹ــ نمونه آمپرمتر تابلویی

چگونگی قرائت آمپرمتر: آمپرمترهای تابلویی معمولاً یک رنج دارند و عقربه آن هر عددی را که نشان دهد مقدار جریان عبوری از آمپرمتر است. اگر عقربه روی درجه‌ای ایستاد که عددی مقابل آن نوشته نشده بود می‌توان به صورت زیر مقدار دقیق جریان را به دست آورد.

$$\frac{\text{اختلاف دو عدد متوالی}}{\text{تعداد تقسیمات بین دو عدد متوالی}} = \text{مقدار جریان هر یک از کوچکترین تقسیمات}$$

+مقدار جریان عدد کوچکتر = مقدار جریان قرائت شده

مقدارجریان هر تقسیم × تعداد تقسیمات

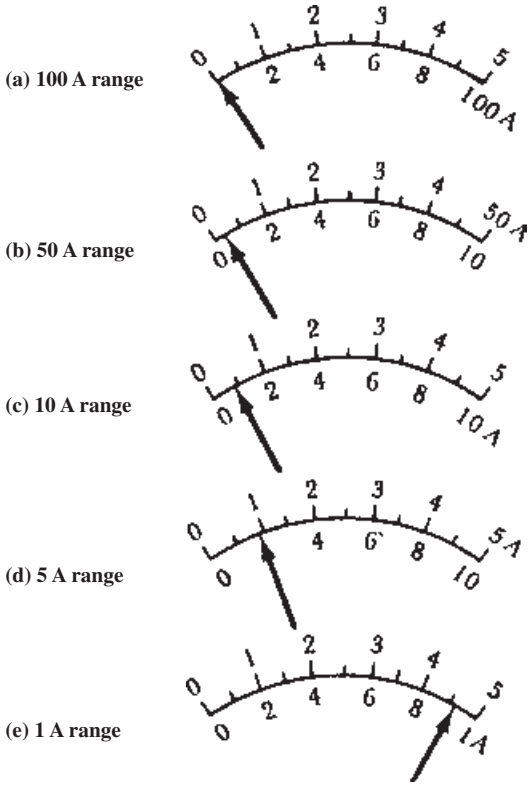
اگر آمپرمتر دارای چند رنج مختلف باشد برای قرائت مقدار جریان باید به طریقه زیر عمل کرد :

$$\text{مقدار جریان قرائت شده توسط آمپرمتر} = \frac{\text{رنج آمپرمتر}}{\text{تعداد تقسیمات}} \times$$

تعداد تقسیماتی که عقربه نشان می‌دهد

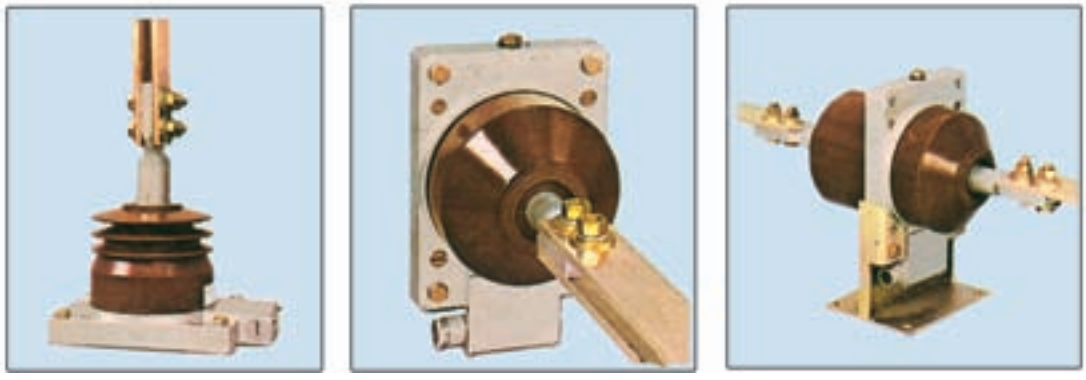
توصیه می‌شود چنانچه آمپرمتر دارای چندین رنج مختلف است برای اندازه‌گیری جریان، رنجی را انتخاب کنیم که عقربه حداکثر انحراف را داشته باشد. مثلاً اگر جریان ما ۰/۹۲ میلی‌آمپر باشد بهترین رنج برای اندازه‌گیری آن رنج ۱A است در شکل ۸ــ۹ جریان ورودی میلی‌آمپرمتر ۰/۹۲A است. اگر خوب دقت شود مشخص می‌شود که فقط در رنج ۱A است که می‌توان دقیقاً مقدار ۰/۹۲A را قرائت کرد و در بقیه رنج‌ها قرائت صدم آمپر تقریباً امکان‌پذیر نیست.

اگر جریان مصرف‌کننده کم باشد آمپرمتر مستقیماً در مسیر جریان مصرف کننده قرار می‌گیرد و مقدار جریان مصرفی را نشان می‌دهد. اگر جریان مصرف کننده زیاد باشد دیگر نمی‌توان



شکل ۸ ــ۹ــ چگونگی قرائت آمپرمتر به طریقه صحیح

آمپرمتر را مستقیماً با مصرف کننده سری کرد، بلکه باید از ترانسفورماتور جریان استفاده شود. در حقیقت ترانسفورماتور جریان، جریان مصرف کننده را با یک نسبت به آمپرمتر منتقل می‌کند. مثلاً ترانس جریان (۱۰۰/۵) اگر در اولیه ترانسفورماتور جریان ۱۰۰ آمپر عبور کند در ثانویه‌ی ترانسفورماتور ۵A جریان خواهیم داشت. زمانی که ترانسفورماتور جریان در مدار وجود دارد معمولاً صفحه مدرج آمپرمتر را بر حسب جریان مصرف کننده اولیه ترانسفورماتور درجه‌بندی می‌کنند. شکل ۹ــ۹ نمونه‌هایی از ترانسفورماتور جریان را نشان می‌دهد.



شکل ۹ــ۹ــ نمونه‌هایی از ترانسفورماتور جریان

۳ــ۹ــ ولت‌متر

ولت‌متر در مدارات مقدار ولتاژ را اندازه‌می‌گیرد و به‌صورت موازی با مصرف کننده قرار می‌گیرد. شکل ۱۰ــ۹ چگونگی اتصال ولت‌متر به یک مصرف کننده را نشان می‌دهد.

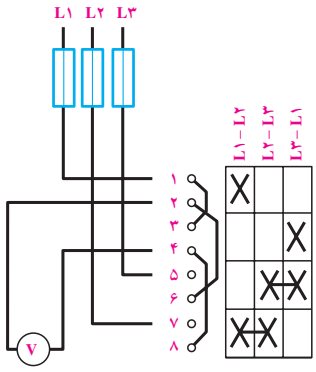
شکل ۱۰ــ۹ــ ولت‌متر در مدارات به صورت موازی با مصرف کننده قرار می‌گیرد.

شکل ۱۱ــ۹ دو نمونه از ولت‌مترهای تابلویی را نشان می‌دهد. نحوه قرائت ولت‌متر همانند آمپرمتر می‌باشد.

شکل ۱۱ــ۹ــ نمونه ولت‌متر تابلویی

۴ــ۹ــ کلید ولت‌متر

در یک تابلوی برق، اگر بخواهند ولتاژهای بین فازهای مختلف و همچنین ولتاژهای هر فاز نسبت به سیم صفر را بخوانند، باید شش ولت‌متر در تابلو نصب کنند. برای اجتناب از نصب شش ولت‌متر، یک ولت‌متر را نصب می‌کنند و سپس توسط یک کلید به نام کلید ولت‌متر، ولتاژهای مختلف را به ولت‌متر اعمال و مقدار آن را قرائت می‌کنند (شکل ۱۲ــ۹).



(الف)

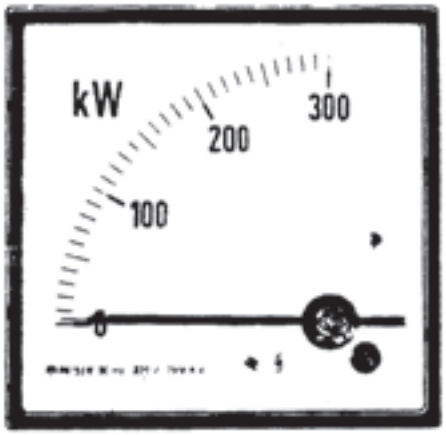
(ب)

شکل ۱۲ــ۹ الف) مدار داخلی کلید ولت‌متر ب) شکل ظاهری کلید ولت‌متر

۵ ــ۹ــ وات متر

وات‌متر دستگاهی است که مقدار توان مصرفی مصرف کننده را نشان می‌دهد. شکل ۱۳ ــ ۹ یک وات‌متر با رنج ۳۰۰kW ــ ۰ را نشان می‌دهد.

نحوه اتصال وات‌متر به مدار بدین صورت است که باید جریان مصرف کننده و ولتاژ دو سر مصرف کننده را به وات‌متر اعمال نمود تا وات‌متر توان مصرفی مصرف کننده را نشان دهد.



شکل ۱۳ــ۹ــ وات‌متر تابلویی

۶ــ۹ــ کنتور

کنتور دستگاهی است که انرژی مصرفی کل مصرف کننده‌ها را اندازه می‌گیرد و بر حسب کیلووات ــ ساعت به صورت یک سری اعداد در جلوی دستگاه نمایش می‌دهد.

کنتورها به صورت یکفازه و سه‌فازه ساخته می‌شوند. شکل ۱۴ــ۹ یک نمونه کنتور سه فاز و یک نمونه کنتور یکفاز دیجیتالی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۴ــ۹ ــ کنتور سه فاز و تکفاز دیجیتالی

تعرفه: قیمت برق مصرفی علاوه بر میزان مصرف برق (برحسب کیلووات ساعت) به عامل مهم دیگری ارتباط دارد. این عامل قیمت واحد انرژی الکتریکی است که تعرفه نامیده می‌شود.

کنتور دو تعرفه: به دلیل این‌که مقدار مصرف برق در ساعات مختلف شبانه‌روز با یکدیگر متفاوت است، (مثلاً در اوایل شب اوج مصرف و درساعات دیگر مصرف برق کم است) این موضوع مشکلات زیادی را برای نیروگاه‌های برق به‌وجود می‌آورد. لذا برای تشویق مشترکان به تغییر زمان مصرف از ساعات اوج مصرف به ساعات دیگر، قیمت برق در دو زمان مختلف، متفاوت محاسبه می‌شود یعنی مشترکی که در ساعات اوج مصرف برق مصرف کند، بهای بیش‌تری و در ساعات دیگر بهای کم‌تری می‌پردازد. به همین منظور به کنتوری نیاز است که دو زمانه باشد. به چنین کنتوری، کنتور دو تعرفه می‌گویند.

توجه: کنتورهای سه تعرفه نیز وجود دارند که برای آن سه زمان تعریف شده است.

۱ــ اوج بار (ساعات ۱۹ تا ۲۳)

۲ــ میان باری (۷ صبح تا ۱۹)

۳ــ کم‌باری (۲۳ تا ۷ صبح) با وجود این کنتورها، مشترکین می‌توانند با مدیریت صحیح بر مصرف خود، سبب کاهش بهای برق مصرفی، کاهش هزینه‌های تأمین برق و استفاده بهتراز منابع انرژی کشور شوند.

توجه: بهای برق مصرفی در ساعات کم‌باری با $\frac{۱}{۴}$ قیمت در ساعات میان‌باری و در ساعات اوج مصرف با ۲/۵ برابر قیمت در ساعات میان باری محاسبه می‌گردد.

روش‌های کاهش مصرف برق

همان‌گونه که گفته شد برای کاهش مبلغ بهای پرداختی لازم است مصرف برق در ساعات اوج کاهش یابد. برای این

منظور سه فعالیت مهم می‌تواند انجام گردد که عبارتند از :

الف :صرفه‌جویی در مصرف برق مهم‌ترین اقدام برای کاهش بهای برق و استفاده بهتر از این نعمت است.

ب :جابه‌جایی زمان استفاده از تجهیزات غیرضروری همچون ماشین لباسشویی، اتو، سشوار و جاروبرقی از ساعات اوج بار به ساعات کم‌باری.

ج :استفاده از لامپ‌های کم‌مصرف به جای لامپ‌های رشته‌ای یکی از عوامل مهم در کاهش بهای برق مصرفی است.

آیا می‌دانید؟

یک کیلو وات ساعت معادل است با :

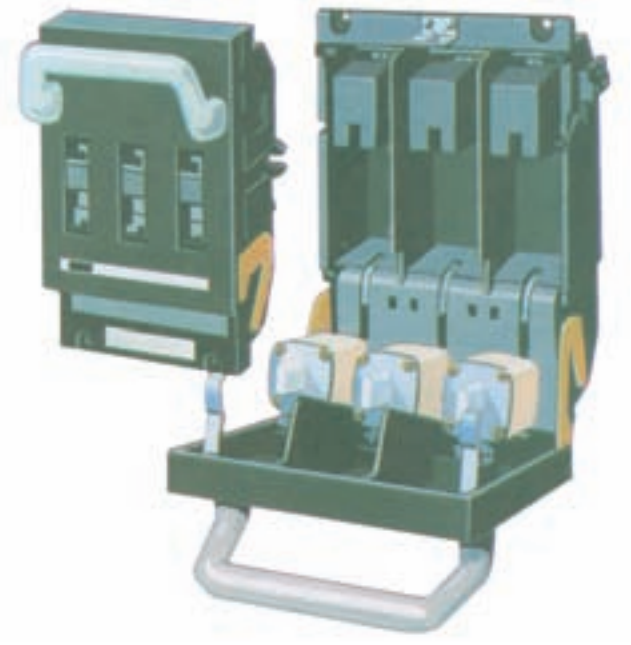
ـ مصرف یک لامپ رشته‌ای معمولی ۱۰۰ وات و در ۱۰ ساعت

ـ مصرف یک لامپ فلوئرسنت در ۲۰ ساعت

ـ مصرف یک لامپ کم‌مصرف در ۴۰ ساعت

۷ــ۹ــ کلید فیوز

کلید فیوز در حقیقت نوعی کلید است که همراه با فیوزها قطع و وصل می‌شود. و قطع و وصل اکثر کلید فیوزها با دست انجام می‌گیرد. فیوزهای این کلید با باز کردن کلید، قابل تعویض هستند. شکل ۱۵ــ۹ نمونه‌ای از این کلید را نشان می‌دهد. این کلید معمولاً در جریان‌های کم کاربرد ندارد و در اکثر تابلوهای توزیع به عنوان کلید اصلی قطع و وصل به‌کار می‌رود.



شکل ۱۵ــ۹ــ نمونه‌ای از کلید فیوز

در کلید فیوز چون فیوزها در روی کلید قرار می‌گیرند اولاً تعویض فیوزها به آسانی صورت می‌گیرد و ثانیاً نیازی نیست که برای تعویض فیوز در تابلو را باز کنیم (که البته خطراتی هم ممکن است در برداشته باشد) و این دو مورد از مزایای مهم کلید فیوز است.

۸ــ۹ــ کلید اتوماتیک

کلید اتوماتیک نیز نوعی کلید همراه با یک فیوز است و در موقع اتصال کوتاه مدار، کلید قطع می‌شود و برای وصل مجدد آن باید اهرم آن را به سمت بالا بزنیم. شکل ۱۶ــ۹ نمونه‌هایی از کلید اتوماتیک را نشان می‌دهد.

شکل ۱۶ــ۹ــ نمونه‌هایی از کلید اتوماتیک

کلیدهای اتوماتیک به صورت تکی، دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی در بازار یافت می‌شوند. در کلیدهای اتوماتیک دوتایی یا سه‌تایی و یا چهارتایی، اگر اتصال کوتاه در مسیر یکی از کلیدها رخ دهد تمامی کلیدها با هم قطع می‌شوند.

از کلیدهای اتوماتیک بیش‌تر در تابلوهای برق خانگی و یا در جاهایی که مصرف کم است استفاده می‌شود در ساختمان داخلی این نوع کلیدها، یک رله وجود دارد که جریان مصرف‌کننده مستقیماً از سیم پیچ این رله عبور می‌کند در صورتی که جریان از مقدار مشخصی بیش‌تر شد، رله جذب نموده و اهرم نگهدارنده کلید اصلی را رها می‌کند و به کمک فنر کنتاکت‌های کلید اصلی قطع می‌گردند و بدینوسیله کلید قطع می‌شود.

شکل ۱۷ــ۹ چند تابلوی الکتریکی را در حال مونتاژ و تست نشان می‌دهد.

شکل ۱۸ــ۹ دو تابلوی آماده شده را نشان می‌دهد.

شکل ۱۷ــ۹ــ مونتاژ و تست تابلو

شکل ۱۸ــ۹

سؤالات

۱ــ چرا در داخل بعضی از تابلوهای برق شمش کشی می‌نمایند؟

۲ــ نقش مقره‌ها در تابلوهای برق کدام است؟

۳ــ آمپرمتر چگونه در یک مدار الکتریکی وصل می‌شود؟ شکل یک مدار را همراه با آمپرمتر رسم کنید.

۴ــ نقش ترانسفورماتور جریان در تابلوهای توزیع کدام است؟

۵ــ ولت‌متر در مدار چگونه قرار می‌گیرد؟ مداری رسم کنید که ولت‌متر در حال نشان‌دادن ولتاژ دو سر بار است.

۶ــ کلید ولت‌متر چیست و کجا کاربرد دارد؟

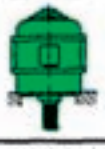
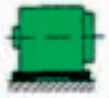
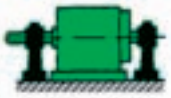
۷ــ نقش وات‌متر در تابلو کدام است؟

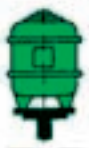
۸ــ کنتور برق چه پارامتری را اندازه می‌گیرد؟

۹ــ فرق کلید معمولی با کلید فیوز کدام است؟

۱۰ــ کنتور دو تعرفه چه وظیفه‌ای دارد؟

شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی

شرح	شکل	علایم کد – IEC
ماشین برای وضعیت عمودی		
مانند V3، اما سرآزاد محور در سمت پایین		V4 IM 3211
با دو یاتاقان نمونه، پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین		V5 IM 1011
با دو یاتاقان سپری، طوق نصب و سرآزاد محور در سمت پایین		V10 IM 4011
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18 IM 3611
ماشین بدون یاتاقان و با یاتاقان مجزا		
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2 IM 5510
با دو یاتاقان سپری و یک یاتاقان مجزا		C2 IM 6010
با یک یاتاقان مجزا و محور طوق‌دار		D1 IM 7005
با دو یاتاقان مجزا، سر محور آزاد		D9 IM 7201
یاتاقان عرضی در بالا، طوق اتصال در پایین . نصب بر روی ستون حامل، الوارجویی، حلقه چاه .		W1 IM 8015

شرح	شکل	علایم کد – IEC
ماشین با یاتاقان سپری		
با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B5 IM 3001
با دو یاتاقان سپری و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار		B6 IM 1051
مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7 IM 1061
مانند B6، اما برای نصب از سقف		B8 IM 1071
با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B10 IM 4001
با دو یاتاقان سپری و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)		B14 IM 3601
ماشین برای وضعیت عمودی		
با دو یاتاقان نمونه و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین		V1 IM 3011
مانند V1، اما سر آزاد محور در سمت بالا		V2 IM 3231
مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور درسمت بالا		V3 IM 3031

ضمیمه‌ی ۲

بر روی پلاک برخی موتورهای الکتریکی در یک ردیف با نوشتن حروف IP[1]، که دو رقم را به دنبال خود دارند، نوع حفاظت به‌کار رفته در موتور، از نظر حفاظت در مقابل تماس (ضربه) و نفوذ اجسام خارجی و آب، نشان داده می‌شود. در جدول زیر مفهوم هریک از اعداد به‌کار رفته بیان شده است.

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
	ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی	
–	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP0X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅50 mm	IP1X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅12 mm	IP2X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅2.5 mm	IP3X
–	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ∅1 mm	IP4X
1	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP5X
2	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP6X
	ایمنی آب	
–	بدون ایمنی آب	IPX0
3	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IPX1
3	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (150° نسبت به عمود)	IPX2
4	ایمنی در مقابل بخش آب	IPX3
5	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IPX4
6	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IPX5
7	ایمنی در مقابل جریان آب	IPX6
7	ایمنی در مقابل غوطه‌ورشدن	IPX7
8	ایمنی در مقابل غوطه‌ور کامل	IPX8

نشانه‌ی انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

۱ــ International Protection (ایمنی بین‌المللی)

منابع

1. Lee, R, W Death for Electrical Shock
2. Occupational Health and Safety (inter national labour office Geneva)
3. Soldering for Reliability (Honeywell)
4. Fundamentals of Electrical Engineering (M.Kuznetsov)
5. Electricity 1 - 7 (Harry Mileaf)
6. Transistor Funamentals (Robert J: Brite)

۷ــ اعتضادی، محمود. ساعتچی، ناصر. یوسفی، عباس. تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی. (۱۳۸۷). شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۸ ــ رحیمیان پرور، علی. جاهد بزرگان، هادی. کارگاه سیم‌کشی (۱) (۱۳۸۷). شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.