آموزش نکته به نکته دروس

کنکور الکتروتکنیک

فنی حرفه‌ای ـ کاردانش

۱) کارگاه برق صنعتی

۲) تکنولوژی و کارگاه سیم‌پیچی

۳) ماشین‌های الکتریکی AC

۴) ماشین‌های الکتریکی DC

۵) مدارهای الکتریکی و مبانی برق

۶) الکترونیک کاربردی

کد: ۲۱۸۰۷

کاردانی پیوسته

تهیه و تدوین

مهندس نقی اصغری

سرشناسه	: اصغری، نقی، ۱۳۵۴-
عنوان و پدیدآور	: آموزش نکته به نکته دروس کنکور الکتروتکنیک، فنی‌حرفه‌ای، کاردانش ... کاردانی پیوسته / تهیه و تدوین نقی اصغری
مشخصات نشر	: تهران. چهارخونه، ۱۴۰۱
مشخصات ظاهری	: ۲۱۶ ص . جدول، نمودار
شابک	ISBN ۹۷۸ - ۶۰۰ – ۵۳٤۰ – ٤ - ۵۹
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
موضوع	: دانشگاه‌ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون‌ها
موضوع	: ماشین‌آلات برقی -- راهنمای آموزشی (متوسطه)
موضوع	: ماشین‌آلات برقی-- آزمون‌ها و تمرین‌ها (متوسطه)
رده‌بندی کنگره	: LB۲۳۵۳/الف۶۲۳۱۶آ۸ ۱۳۹۱
رده‌بندی دیویی	: ۳۷۸/۱۶۶۴
شماره کتابخانه ملی	: ۲۸۶۶۱۳۸

آموزش نکته به نکته کنکور الکتروتکنیک

ناشر: انتشارات چهارخونه

نویسنده: مهندس نقی اصغری

ویراستار: روزبه روزبهانی

صفحه‌آرایی: فاطمه مرادی

حروفچینی: محبوبه شریفی

چاپ و صحافی: فتوحی

شمارگان: ۵۰۰ جلد

نوبت چاپ: هفتم ـ زمستان ۱۴۰۱

قیمت: ۱۸۶۰۰۰ تومان

پایگاه اینترنتی: www.٤khooneh.org

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است و هرگونه نسخه‌برداری پیگرد قانونی دارد»

تلفن مرکز پخش: ۲۶ ۰۰۰ ۶۲ ۰۹۱۲ - ۹۱ ۴۵ ۵۹ ۶۶ – ۵۹ ۵۸ ۵۹ ۶۶

جهت دریافت کتاب در تهران از طریق **پیک** و در شهرستان‌ها از طریق **پست** با شماره تلفن: ۷۱ ۸۱ ۹۲ ۶۶ (۰۲۱) تماس حاصل فرمایید.

شابک: ٤ - ۵۹ - ۵۳۴۰ -۶۰۰- ۹۷۸ ٤ - ۵۹ - ۵۳٤۰ - ۶۰۰ - ۹۷۸ **ISBN**

فهرست مطالب

بخش اول «کارگاه برق صنعتی»

فصل اول«اجزای شبکه‌های الکتریکی سه فاز»..... ۷

فصل دوم«کابل و کابل‌کشی»..... ۸

فصل سوم«راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید زبانه‌ای »..... ۱۰

فصل چهارم«راه‌اندازی موتورهای سه فاز با کنتاکتور»..... ۱۳

فصل پنجم«راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز با رله قابل برنامه‌ریزی»..... ۱۹

بخش دوم «تکنولوژی و کارگاه سیم‌پیچی»

فصل اول«اجزای ترانسفورماتور»..... ۲۳

فصل دوم«محاسبه‌ی عملی ترانسفورماتور»..... ۲۳

فصل سوم«سیم‌پیچی ترانسفورماتور با استفاده از جدول‌ها و منحنی‌ها»..... ۲۶

فصل چهارم«محاسبه و طراحی ترانسفورماتور با چند سیم‌پیچ در اولیه یا ثانویه»..... ۲۹

فصل پنجم«اتوترانسفورماتور»..... ۳۰

فصل ششم«تجدید سیم‌پیچی موتورهای جریان متناوب»..... ۳۰

فصل هفتم«ترسیم نقشه‌های سیم‌پیچی موتورها»..... ۳۱

فصل هشتم«تغییر سیم‌پیچی»..... ۳۸

فصل نهم«عیب‌یابی موتورهای الکتریکی»..... ۴۲

بخش سوم«ماشین‌های الکتریکی AC»

فصل اول «ترانسفورماتور تک فاز»..... ۴۳

فصل دوم «ترانسفورماتور سه فاز»..... ۵۸

فصل سوم «موتورهای الکتریکی سه فاز»..... ۶۴

فصل چهارم «ماشین‌های سنکرون»..... ۷۳

فصل پنجم «موتورهای الکتریکی تکفاز»..... ۷۶

بخش چهارم«ماشین‌های الکتریکی DC»

فصل اول«مبانی الکترومغناطیس»..... ۸۱

فصل دوم «مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم»..... ۸۸

فصل سوم«مولدهای جریان مستقیم (DC)»..... ۱۰۲

فصل چهارم«موتورهای جریان مستقیم »..... ۱۱۱

بخش پنجم«مدارهای الکتریکی و مبانی برق»

فصل اول«مدارهای الکتریکی جریان مستقیم »..... ۱۱۹

فصل دوم«بردار و توان »..... ۱۴۱

فصل سوم«مدارهای R-L جریان متناوب»..... ۱۵۱

فصل چهارم«مدارهای R-C جریان متناوب»..... ۱۵۹

فصل پنجم«مدارL-C »..... ۱۶۵

فصل ششم«مدار R-L-C »..... ۱۷۲

فصل هفتم«جریان‌های سه فازه»..... ۱۸۲

بخش ششم «الکترونیک کاربردی»

فصل اول«اجزای ساده‌ی مدار (PLC)»..... ۱۸۹

فصل دوم«آشنایی با مدارهای منطقی »..... ۱۹۵

فصل سوم«دیود نیمه هادی»..... ۲۰۱

فصل چهارم«ترانزیستور BJT»..... ۲۰۶

فصل پنجم«عناصر نیمه هادی خاص»..... ۲۱۰

پیش‌گفتار

کتاب حاضر مجموعه‌ای است که شامل شش کتاب تخصصی رشته برق می‌باشد. مطالب به صورت نکته‌به نکته و کاملاً به صورت آموزشی مطرح شده است. سعی نگارنده بر این بوده است که تجربه ۱۵ سال تدریس رشته برق را از کلاس درس به کتاب منتقل کند تا برای همه دانش‌آموزان اعم از فنی‌حرفه‌ای و کاردانش مفید باشد تلاش بر این بوده است که این کتاب به گونه‌ای تألیف شود که دانش‌آموز با مطالعه آن به سراغ تست‌های کنکور برود و توانایی لازم را جهت تست‌زدن کسب کند در مورد دروس کارگاه برق صنعتی و سیم‌پیچی مطالب تئوری موردنیاز آورده شده است این کتاب در رسیدن به اهداف موردنیازش موفق باشد از شما دوستان دانش‌آموز و همکاران محترم تقاضا دارم که خطاهای احتمالی بنده را یادآوری کنید تا در چاپ‌های بعدی برطرف کنیم. از دوستان عزیز مهندس روزبه‌یگانه و جناب آقای روزبه روزبهانی که پیگیری مجدانه ایشان در ثمررسیدن این اثر قابل ستایش است، تشکر می‌کنم و تشکر ویژه‌ام از جناب آقای مهندس تویسرکانی و نیز آقای مهندس یگانه ریاست محترم انتشارات فارابی است که این فرصت را به بنده دارند تا بتوانم در خدمت شما عزیزان باشم.

با تشکر اصغری

بخش اول

تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی

فصل اول

«اجزای شبکه‌های الکتریکی سه فاز»

نکته۱: انرژی الکتریکی در نیروگاه‌ها به صورت سه فاز و به وسیله مولدهای سه فاز (ژنراتور) تولید می‌شود.

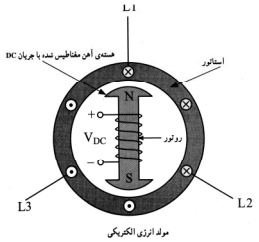
نکته ۲: مولدهای سه فاز از دو قسمت استاتور و رتور تشکیل می‌شوند.

نکته ۳: استاتور از یک هسته آهنی شیاردار به صورت ثابت ساخته می‌شود و داخل شیارها سه گروه کلاف که با هم 120° الکتریکی اختلاف فاز دارند قرار می‌گیرند.

نکته ۴: انرژی الکتریکی تولیدی به صورت سه فاز از طریق استاتور به مدارهای خارج منتقل می‌گردد. (در مولدهای کوچک انرژی برق در قسمت رتور ایجاد می‌شود)

نکته ۵: قسمت گردنده مولد از هسته آهنی شیاردار ساخته می‌شود و نام آن رتور می‌باشد داخل شیارهای رتور سیم مسی برای تولید فوران مغناطیسی قرار می‌گیرد.

نکته ۶: فوران مورد نیاز در مولد سه فاز از طریق ولتاژ DC تولید می‌شود.



مولد انرژی الکتریکی

نکته۷: قسمتی از مولد که در آن انرژی الکتریکی تولید می‌شود. (رتور باشد یا مولد) آرمیچر نام دارد.

نکته ۸: انرژی الکتریکی به صورت سه فاز تولید می‌شود زیرا نسبت به تک‌فاز چند برتری دارد.

الف) اقتصادی‌تر است و در توان برابر نسبت به تک‌فاز حجم کوچک‌تری دارد. ب) در مصرف‌کننده‌های سه فاز توان هیچگاه صفر نمی‌شود.

ج) موتورهای سه فاز نیاز به سیم‌پیچ راه‌انداز ندارند. د) ولتاژ یکسو شده در سه فاز به DC نزدیک‌تر می‌باشد.

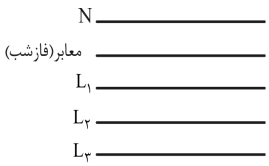
نکته ۹: جابه‌جایی انرژی الکتریکی با ولتاژهای ۴۰۰ یا ۲۳۰ کیلوولتی را در اصطلاح انتقال نیرو می‌گویند.

نکته ۱۰: خطوط انتقال برق با ولتاژهای ۶۳، ۶۶ و ۱۳۲ کیلوولتی را فوق توزیع می‌نامند.

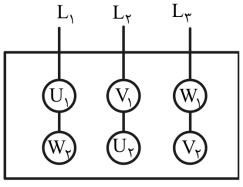
نکته ۱۱: انتقال برق با ولتاژهای ۲۰، ۳۳ و ۱۱ کیلوولتی را خطوط فشار متوسط می‌نامند.

نکته ۱۲: برق مصرف‌کنندگان با ولتاژ ۲۲۰ و ۳۸۰ ولت تامین می‌شود که به آن فشار ضعیف گفته می‌شود.

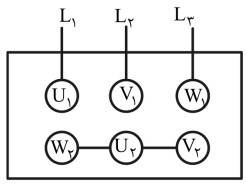
نکته ۱۳: خطوط فشار ضعیف به صورت ۵ سیمه می‌باشد.



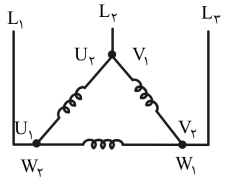
نکته ۱۴: یک موتور سه فاز به دو صورت ستاره و مثلث به شبکه برق وصل می‌شوند.



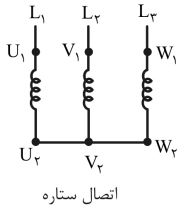
اتصال مثلث (تخته کلم)



اتصال ستاره (تخته کلم)



اتصال مثلث
(مداری)



اتصال ستاره
(مداری)

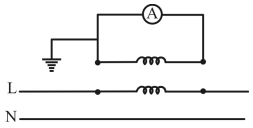
نکته ۱۵: دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی مانند ولتمتر و آمپرمتر به صورت‌های تابلویی- پرتابل و آزمایشگاهی می‌باشد.

- دستگاه‌های اندازه‌گیری تابلویی یک رنج دارند و دقت آن‌ها پایین است.
- دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتابل کاربرد وسیعی دارند به صورت آنالوگ و دیجیتال ساخته می‌شوند مالتی‌متر نوعی از این دستگاه‌هاست.
- دستگاه‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی از کیفیت و دقت بالاتری برخوردار هستند برای کالیبره کردن (تنظیم) دستگاه‌های اندازه‌گیری موسسات استاندارد به کار می‌روند.

نکته ۱۶: اگر جریانی که می‌خواهیم اندازه بگیریم مقدار زیادی داشته باشد به دو صورت اندازه‌گیری می‌شود.

الف) به وسیله ترانس C.T ب) به وسیله آمپرمترهای انبری

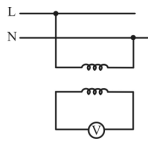
نکته ۱۷: ترانسفورماتور مبدل جریان یا CT به اسم ترانس کوران شناخته می‌شود.



مبدل جریان در برق تک‌فاز

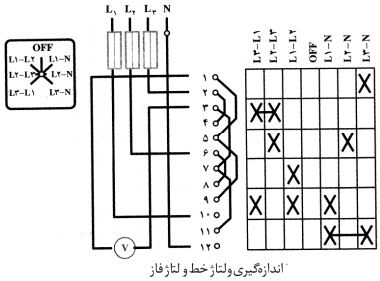
نکته ۱۸: اساس کار آمپرمترهای انبری القای الکترومغناطیس می‌باشد.

نکته ۱۹: برای اندازه‌گیری ولتاژهای زیاد از مبدل ولتاژ یا P.T استفاده می‌شود.



مبدل ولتاژ در برق تک‌فاز

نکته ۲۰: با استفاده از یک کلید ولتمتر می‌توان ولتاژ بین L_1-L_2 و L_2-L_3 و L_3-L_1 و L_1-N و L_2-N و L_3-N را اندازه گرفت.



اندازه‌گیری ولتاژ خط و لتاژ فاز

نکته ۲۱: روی موتور ولتاژ کار آن‌ها نوشته می‌شود توجه کنید چون ولتاژ برق ایران در سه فاز ۳۸۰ ولت می‌باشد هر موتور که روی آن عددی کمتر از ۳۸۰ نوشته بود نباید به صورت مثلث در ایران استفاده شود زیرا می‌سوزد.

نکته ۲۲: وقتی روی موتور شکل λ (ستاره) وجود دارد و کنار آن ولتاژ اشاره شده است اگر آن را به $\sqrt{3}$ تقسیم کنیم ولتاژ به‌دست آمده ولتاژ قابل تحمل هر سیم‌پیچ است.

مثال: اگر روی پلاک موتوری عبارت $220/380V$ نوشته شده باشد با چه اتصالی می‌توان آن را به شبکه برق ایران وصل کرد؟

پاسخ: عدد کوچک‌تر ۲۲۰ ولت است یعنی تحمل هر سیم‌پیچ ۲۲۰ ولت می‌باشد پس در ایران به صورت مثلث نمی‌تواند باشد و به صورت ستاره می‌تواند متصل شود.

تشخیص نوع اتصال موتور به شبکه‌ی برق ایران

نحوه‌ی اتصال موتور به شبکه‌ی برق ایران	مشخصات پلاک موتور
نمی‌توان با شبکه سه فاز ایران راه‌اندازی کرد	۲۳۰ Y
به صورت ستاره	۲۳۰ Δ
به صورت ستاره	۴۰۰ Y
به صورت ستاره مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد	۴۰۰ Δ
به صورت ستاره	۴۰۰/۲۳۰ Y/Δ
به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود و در نهایت باید مثلث بسته شود	۶۸۰/۴۰۰ Y/Δ

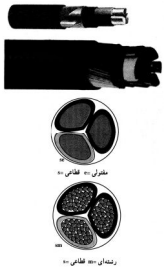
فصل دوم

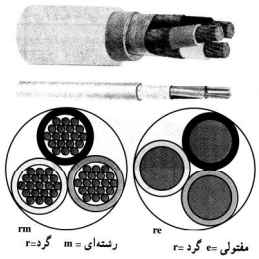
«کابل و کابل‌کشی»

نکته ۱: هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود دهد و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد به طوری که ولتاژ روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر و در روی سطح سیم نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد کابل نامیده می‌شود.

نکته۲: هادی‌های کابل اگر تک رشته یا مفتولی باشند با حرف اختصاری "e" و اگر چند رشته یا افشان باشند با حرف m مشخص می‌شوند.

نکته ۳: هادی‌های کابل اگر به صورت گرد باشند با حرف اختصاری r و اگر به صورت مثلثی باشند با حرف اختصاری "s" مشخص می‌شوند.





نکته ۴: کابل‌هایی که تحت تحمل ضربه – فشار- نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظاند کابل مسلح نام دارند.

نکته۵: از مواد مختلفی به عنوان عایق کابل استفاده می‌شود:

۱- کاغذهای آغشته به روغن مخصوص ۲- مواد لاستیکی ۳- مواد پی‌وی‌سی (PVC) یا پروتودور ۴- عایق از جنس پلی‌اتیلن XLPE

نکته ۶: غلاف کابل یا زره اصطلاحا به لایه‌هایی گفته می‌شوند که عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی و نفوذ رطوبت محافظت می‌کنند و اگر کابل برای دفن در خاک و در زیر معابر و خیابان‌ها اجرا شود حتما غلاف فولاد گالوانیزه یا آلومینیومی دارند.

نکته ۷: مهمترین عوامل جهت تعیین سطح مقطع کابل، جریان مورد نیاز مصرف‌کننده و افت ولتاژ مجاز می‌باشد.

نکته۸: جریان مجاز کابل‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که در هر نقطه از کابل گرمای ایجاد شده به خوبی به محیط اطراف منتقل شود طوری که درجه حرارت عایق در سطح هادی‌ها از $۷۰^{\circ}C$ بیشتر نشود.

نکته ۹: علاوه بر جریان مجاز، طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است نیز عامل تعیین‌کننده‌ای می‌باشد و در مصرف‌کننده‌های موتوری سه فازه افت ولتاژ نباید از ۳ درصد ولتاژ نامی تجاوز کند که در ایران $۱۱/۴V$ می‌باشد.

فرمول: محاسبه سطح مقطع کابل یک مصرف‌کننده برای یک مصرف‌کننده تک فاز:

$$A=\frac{۲\times L\times I\times\cos\varphi}{\kappa\times\%\Delta V\times V} \qquad A=\frac{\sqrt{۳}\times L\times I\times\cos\varphi}{\kappa\times\%\Delta V\times V_L}$$

A: سطح مقطع کابل $(mm^۲)$ I: جریان مصرف‌کننده (در سه فاز جریان خط)

L: طول کابل V: ولتاژ (در سه فازه ولتاژ خط)

$\%\Delta V$: در صد افت ولتاژ (اگر داده نشده برای موتورها ۳٪ می‌باشد) κ : قابلیت هدایت مخصوص $\frac{m}{\Omega.mm^۲}$

مثال: سطح مقطع کابل را برای یک مصرف‌کننده تک فاز که فاصله‌اش با تابلو ۴۰ متر است و جریان ۷/۵ آمپر دریافت می‌کند محاسبه کنید.

$(\cos\varphi=۰/۶\ ,\%\Delta V=\%۳)$

$$\kappa=۵۶\frac{m}{\Omega.mm^۲}\ ,V=۲۲۰v$$

حل:

$$A=\frac{۲\times L\times I\times\cos\varphi}{\kappa\times\%\Delta V\times V}$$

باید موقع جاگذاری $\%\Delta V$ برحسب صدم جاگذاری کنیم.

$$A=\frac{۲\times۴۰\times۷/۵\times۰/۶۰}{۵۶\times۰/۰۳\times۲۲۰}=۰/۹۷\Rightarrow A=۱mm^۲$$

مثال: جریان نامی یک موتور سه فاز $۱۰A$ و ضریب توان آن ۰/۷۵ می‌باشد اگر فاصله آن با تابلوی برق ۱۰۰ متر باشد سطح مقطع کابل موردنیاز را به دست آورید.

$(\kappa=۵۶\frac{m}{\Omega.mm^۲}\ ,\%\Delta V=\%۲/۵\ ,V_L=۳۸۰V)$

حل:

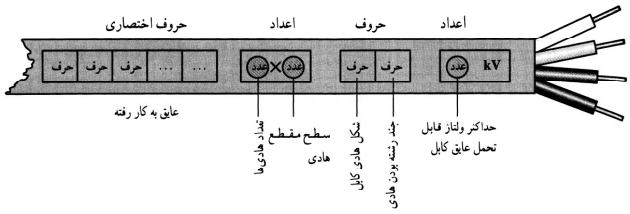
$$A=\frac{\sqrt{۳}L\times I\times\cos\varphi}{\kappa\times\%\Delta V\times V_L} \qquad A=\frac{۱/۷۳\times۱۰۰\times۱۰\times۰/۷۵}{۵۶\times۰/۰۲۵\times۳۸۰}=۲/۴۳\Rightarrow A=۲/۵mm^۲$$

نکته ۱۰: عمده‌ترین سیم‌های مورد استفاده در تاسیسات برقی و کارهای ساختمانی:

۱- سیم‌های مفتولی ۲- سیم‌های نیمه‌افشان ۳- سیم‌افشان می‌باشند.

بیشترین انعطاف برای نوع افشان سپس نیمه‌افشان می‌باشد و استفاده از آن‌ها در داخل دیوار به طور مستقیم مجاز نیست.

نکته ۱۱: روی کابل‌ها یک‌سری اعداد و حروف نوشته می‌شود که به کمک آن‌ها می‌توان نوع عایق- تعداد رشته و سطح مقطع و ولتاژ قابل تحمل را استخراج کرد.



حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل‌های نُرم شده براساس استاندارد VDE
Y(اولین Y در ردیف حروف)	عایق پرونودور
Y(دومین Y در ردیف حروف)	روپوش پرونودور
A(اولین حرف)	نوع هادی از جنس آلومینیم
A(دومین حرف)	غلاف خارجی دوبل
B	کابل مسلح با نوار فلزی(بانداژ فولادی)
K	غلاف سربی

مثال: روی کابلی عبارت NYYA۳×۲۵ Sm۶ kV نوشته شد است مفهوم آن چیست؟

پاسخ: کابل استاندارد با عایق و روپوش پروتودور و هادی آلومینیومی و سه هادی با سطح مقطع $۲۵mm^۲$ و شکل مثلثی و چند رشته می‌باشد و حداکثر ولتاژ قابل تحمل عایق کابل ۶KV می‌باشد.

فصل سوم

«راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلید زبانه‌ای»

نکته ۱: براساس کاربردهای مختلف زیر کلید زبانه‌ای در انواع مختلفی تولید می‌شود.

الف) قطع و وصل $(I-o)$

ب) تغییر اتصال موتورهای الکتریکی (ستاره- مثلث- $\Delta-Y-o$)

ج) تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی (چپ‌گرد، راست‌گرد، $۲-o-۱$ یا ROL)

د) تغییر سرعت موتورهای الکتریکی (کند- تند- $۲-۱-o$)

هـ) ترکیبی از مراحل فوق (چپ‌گرد، راست‌گرد، ستاره، مثلث $(\Delta-Y-o-Y-\Delta$

و) انتخاب‌کننده‌های فاز (کلید ولت‌متر)

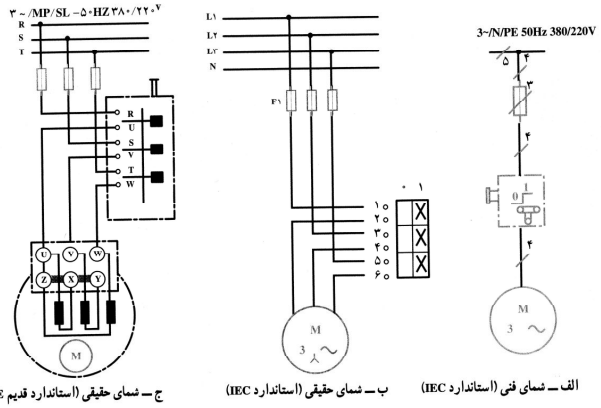
نام کلید	تصویر
قطع و وصل ساده (۱ ـ ۰)	
معکوس کننده‌ی جهت گردش موتور (چپ‌گرد، راست‌گرد) (۲ ـ ۰ ـ ۱)	
ستاره ـ مثلث (Δ ـ ⅄ ـ ۰)	
ستاره ـ مثلث، چپ‌گرد، راست‌گرد (Δ ـ ⅄ ـ 0 ـ ⅄ ـ Δ)	
چند سرعته (۲ ـ ۱ ـ ۰) و (۳ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۰)	
راه‌اندازی موتورهای تک فاز	
انتخاب کننده‌ی فاز (برای دستگاه‌های اندازه‌گیری) (ماندکلید ولت‌متر)	

نکته۲: از نظر ساختمان علاوه بر کلید زبانه‌ای، کلیدهای غلتکی و اهرمی نیز وجود دارد که مهمترین آن‌ها کلید زبانه‌ای می‌باشد.

مدار شماره ۱: راه‌اندازی $I-o$

فرمول کار $\begin{cases} L_۱ \rightarrow U_۱ \\ L_۲ \rightarrow V_۱ \\ L_۳ \rightarrow W_۱ \end{cases}$

تعداد پیچ = تعداد فلش ×۲ $= ۳\times۲ = ۶$ پیچ



ج ـ شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE) ب ـ شمای حقیقی (استاندارد IEC) الف ـ شمای فنی (استاندارد IEC)