

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای هنر آموز

نصب و تنظیم قابلو برق فشار ضعیف

رشته الکتروتکنیک

گروه برق و رایانه

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه دوازدهم دوره دوم متوسطه



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



راهنمای هنرآموز نصب و تنظیم تابلو برق فشار ضعیف - ۲۱۲۸۰۷

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

مجتبی انصاری‌پور، علی‌رضا حجرگشت، فتح‌اله نظریان و احسان پرهیزکار

(اعضای شورای برنامه‌ریزی و تألیف)

اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

جواد صفری (مدیر هنری) - خدیجه محمدی (صفحه‌آرا)

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌گاه: www.irtextbook.ir و www.chap.sch.ir

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج -

خیابان ۶۱ (داروپخش)، تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی:

۳۷۵۱۵-۱۳۹

شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

چاپ اول ۱۳۹۷

نام کتاب:

پدیدآورنده:

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف:

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف:

مدیریت آماده‌سازی هنری:

شناسه افزوده آماده‌سازی:

نشانی سازمان:

ناشر:

چاپخانه:

سال انتشار و نوبت چاپ:

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



دست توانای معلم است که چشم انداز آینده ما را ترسیم می کند.
امام خمینی (قدّس سرّه الشّریف)

بخش اول: کلیات فنون و روش تدریس کتاب نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف

- ۱- آشنایی با کتاب درسی ۱
- ۲- زمان آموزش پودمان‌ها ۲
- ۳- مسیر یادگیری درس طراحی و نصب تابلوهای برق فشار ضعیف ۳
- ۴- استاندارد فضا ۴
- ۵- شایستگی‌ها ۴
- ۶- بودجه‌بندی زمانی پیشنهادی سالانه درس نصب و تنظیم تابلو برق فشار ضعیف ۵
- ۷- جدول ارتباط افقی - عمودی دروس کارگاهی پایه دوازدهم ۸
- ۸- محل پیشنهادی تشکیل کلاس یا کارگاه ۱۱
- ۹- ارزشیابی پودمان‌های درس نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف ۱۱

بخش دوم: دانش‌افزایی واحدهای یادگیری کتاب طراحی و نصب تابلوهای برق فشار ضعیف

به تفکیک واحدهای یادگیری

فصل اول: دانش‌افزایی تابلو برق ساده کارگاهی

- ۱- ایمنی ۱۹
- ۲- شرایط و الزامات نصب تابلو موقت کارگاهی ACS ۲۰
- ۳- کلیدزنی ۲۰
- ۴- کلیدها و جداسازها ۲۲
- ۵- کنتاکتور ۲۶
- ۶- عمر کنتاکتورها ۲۷
- ۷- کنتاکت آینه‌ای و کنتاکت رابط مکانیکی ۲۹
- ۸- تنظیم رله اضافه فاز ۳۹
- ۹- نقشه مسیر جریان ۴۲
- ۱۰- نقشه مونتاژ ۴۴
- ۱۱- نقشه خارجی ۴۵

■ فصل دوم: دانش افزایی تابلو برق تأسیسات کارگاهی

- ۴۷ ۱- نقشه خوانی
- ۴۷ ۲- چیدمان و جانمایی اولیه
- ۴۹ ۳- تعیین ورودی و خروجی تابلو
- ۴۹ ۴- شینه بندی در تابلوهای برق
- ۵۹ ۵- فاصله بین شین ها
- ۶۲ ۶- تأثیر حرارت بر روی شینه ها
- ۶۳ ۷- تجهیزات مدرن مؤثر در مونتاژ تابلو
- ۶۷ ۸- مزایای استفاده از روش باس بار سیستم
- ۶۸ ۹- تست نهایی

■ فصل سوم: دانش افزایی بانک خازنی

- ۷۲ ۱- محاسبه هزینه برق یک مشترک دیماندی

■ فصل چهارم: دانش افزایی درایو فرکانس متغیر اینورتر

- ۷۷ ۱- تعریف اینورتر
- ۷۷ ۲- اصول کار اولیه اینورترها به زبان ساده و واقعی
- ۸۳ ۳- مزایای استفاده از اینورتر
- ۸۵ ۴- روش های روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر
- ۹۳ ۵- روش های تغییر فرکانس خروجی اینورتر
- ۱۰۲ ۶- انواع فرکانس های قابل تعریف در اینورتر
- ۱۰۴ ۷- محدود کردن حد بالا و پایین فرکانس خروجی اینورتر
- ۱۰۵ ۸- شیب افزایشی فرکانس و شیب کاهشی فرکانس
- ۱۰۷ ۹- جلوگیری از گردش روتور موتور متصل به اینورتر در یک جهت مشخص
- ۱۰۹ ۱۰- راه اندازی موتور متصل به اینورتر به روش START/STOP
- ۱۱۰ ۱۱- روش تغییر دور پیوسته موتور متصل به اینورتر به روش Up/Down
- ۱۱۲ ۱۲- روش راه اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان D.C
- ۱۱۳ ۱۳- روش های توقف موتور الکتریکی متصل به اینورتر (Stop Mode)

۱۱۶	۱۴- برنامه‌ریزی رله‌های خروجی
۱۱۸	۱۵- سیگنال آنالوگ خروجی
۱۲۰	۱۶- جبران‌سازی لغزش
۱۲۱	۱۷- فرمان قطع اضطراری خارجی
۱۲۳	۱۸- عملکرد حفاظتی اینورتر
۱۳۰	۱۹- موارد دیگر حفاظت در اینورتر
۱۳۳	۲۰- شروع دوباره اتوماتیک
۱۳۴	۲۱- تنظیمات کارخانه‌ای
۱۳۷	۲۲- ساخت مجموعه آموزشی اینورتر
۱۳۹	۲۳- روش پیشنهادی دیگر برای اجرای کارهای عملی اینورتر
۱۴۶	۲۴- کار با نرم‌افزار ارتباطی اینورتر (درایو اینورتر فرکانسی)
۱۶۳	پاسخ به فعالیت‌های کتاب
۱۹۱	منابع و مآخذ

از الزامات اجرای برنامه درسی، وجود محتوای آموزشی جهت تحقق نیازهای فردی و اجتماعی و اهداف نظام تعلیم و تربیت می‌باشد. با توجه به تغییرات نظام آموزشی که حول محور سند تحول بنیادین آموزش و پرورش انجام شد چرخش‌های جدیدی از وضع موجود به مطلوب صورت پذیرفت. از جمله به نقش معلم از آموزش‌دهنده صرف، به مربی، اسوه و تسهیل‌کننده یادگیری و نقش دانش‌آموز از یادگیرنده منفعل به فراگیرنده فعال، تربیت‌جو و مشارکت‌پذیر و نقش محتوا از کتاب درسی به عنوان تنها رسانه آموزشی به برنامه محوری و بسته یادگیری (آموزشی) نام برد. بسته یادگیری شامل رسانه‌های متنوعی از جمله کتاب درسی دانش‌آموز، کتاب همراه دانش‌آموز/ هنرجو، کتاب راهنمای تدریس معلم/ هنرآموز، نرم‌افزارهای آموزشی، فیلم آموزشی و پوستر و می‌باشد که با هم در تحقق اهداف یادگیری نقش ایفا می‌کنند. کتاب راهنمای هنرآموز جهت ایفای نقش تسهیل‌گری، انتقال‌دهنده و مرجعیت هنرآموز در نظام آموزشی برای هر کتاب درسی طراحی و تدوین شده است. در این رسانه سعی شده روش تدریس کلی و جلسه به جلسه به همراه تجهیزات، ابزارها و مواد مصرفی مورد نیاز هر جلسه، نکات مربوط به ایمنی و بهداشت فردی و محیطی آورده شود. همچنین نمونه طرح درس، تبیین پیچیدگی‌های یادگیری هنرجویان، هدایت و مدیریت کارگاه و کلاس در هنرستان، راهنمایی و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها، بیان شاخص‌های اصلی جهت ارزشیابی شایستگی و ارائه بازخورد، اشاره به اشتباهات و مشکلات رایج در یادگیری هنرجویان و روش سنجش و نمره‌دهی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت و ارگونومی، منابع مطالعاتی، نکات مهم در فرایند اجرا و آموزش در محیط یادگیری، بودجه‌بندی زمانی و صلاحیت‌های حرفه‌ای و تخصصی هنرآموزان و دیگر موارد آورده شده است.

امید است شما هنرآموزان گرامی با دقت و سعه صبر در راستای تحقق اهداف بسته آموزشی که با کوشش و تلاش مؤلفین گرانقدر تدوین و تألیف شده موفق باشید.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

بخش اول

کلیات فنون و روش تدریس کتاب نصب و
تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف

۱- آشنایی با کتاب درسی

نحوه انتخاب این واحد یادگیری مانند دیگر کتاب‌های درسی کارگاهی رشته الکتروتکنیک بر مبنای نیازسنجی دنیای کار بوده است.

پودمان اول کتاب با عنوان تابلو برق ساده کارگاهی با هدف جانمایی و نصب قطعات تابلوهای ساده کارگاهی، سه کار عملی را دنبال می‌کند.

کار عملی اول، چیدمان و سیم‌کشی در تابلوهای توزیع کارگاهی پلاستیکی آماده را آموزش می‌دهد. این تابلوها برای توزیع موقت برق سه فاز و تک فاز ارائه می‌شوند. کار عملی دوم این پودمان مراحل نصب قطعات و سیم‌کشی یک تابلو فلزی کترگاهی را آموزش می‌دهد. در این کار عملی فضا و جانمایی به تابلوهای فلزی در بازار بسیار نزدیک است. در کار عملی سوم هنرجویان ساخت یک تابلو برق مخصوص کنترل روشنایی یک سالن که تعداد زیادی چراغ روشنایی دارد را آموزش می‌بینند.

پودمان دوم این کتاب، جانمایی و نصب قطعات تابلوهای برق تأسیسات کارگاهی را آموزش می‌دهد. در این پودمان مدارهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی از نظر حفاظت و کلیدزنی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

پودمان سوم کتاب، به معرفی و آموزش تابلوهای برق و دستگاه‌های صنعتی می‌پردازد. جابه‌جایی و نصب قطعات الکتریکی در تابلوهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به صورت ستاره - مثلث و چپ‌گرد - راست‌گرد از مهم‌ترین اهداف این پودمان است و همچنین طراحی طولی و عرضی چیدمان قطعات و مقایسه آنها بررسی می‌شود.

پودمان چهارم کتاب، نقشه‌کشی تابلوهای برق صنعتی را در محیط CAD آموزش می‌دهد. انتخاب قطعات در مدارات فرمان و قدرت و ترسیم مدارات هدف این پودمان است.

پودمان پنجم، کتاب دارای دو واحد یادگیری است. این پودمان به دنبال کیفیت‌بخشی به وضعیت شبکه برق و تجهیزات متصل به شبکه است. به همین دلیل عنوان تابلو برق مطلوب شبکه در بر دارد. واحد اول این پودمان تابلو برق بانک خازنی را آموزش می‌دهد و به اهمیت و ضرورت بانک خازنی می‌پردازد. واحد یادگیری دوم کاربرد اینورتر (درایو) به عنوان یک المان بسیار مهم در صنعت برق را دنبال می‌کند. در این واحد یادگیری هنرجویان راه‌اندازی نرم‌افزار را توسط اینورتر آموزش می‌بینند و با مزایای بی‌شمار آن در صنعت آشنا می‌شوند.

آشنایی با دیگر اجزای بسته آموزشی

اجزای بسته آموزشی شامل کتاب درسی، راهنمای هنرآموز، همراه هنرجو و فیلم آموزشی است. کتاب راهنمای هنرآموز با هدف آموزش روش‌ها و فنون تدریس

پودمان‌ها و بهره‌گیری همزمان از اجزای بسته آموزشی همکاران تدوین شده است. بدین منظور این کتاب در دو فصل تألیف شده است. فصل اول شامل جداول کارهای عملی، ارتباط افقی - عمودی محتوا، طرح درس پیشنهادی، نقشه مفهومی و بودجه‌بندی سالانه و ارزشیابی است. فصل دوم با نگاه دانش‌افزایی سعی در بسط و گسترش بیشتر محتوای کتاب درسی دارد و همزمان پرسش‌ها و فعالیت‌های داخل کتاب درسی را پاسخ می‌دهد.

کتاب همراه هنرجو شامل جداول، روابط، نمودارها و نقشه‌ها و واژگان تخصصی است که هنرجو در انجام فعالیت‌ها و کارهای عملی و رسیدن به شایستگی به آنها نیاز دارد. برای اجتناب از به‌خاطر سپردن روابط و استرس ناشی از آن همراه داشتن این کتاب در آزمون‌های کارگاهی بلامانع است. فیلم‌های آموزشی که در محتوای کتاب درسی آدرس‌دهی شده است در قالب یک لوح فشرده ارائه شده است. در فصل دوم این کتاب هدف از ارائه فصل به فصل محتوای کتاب درسی است. البته در این فصل سعی شده است تأکید بیشتر بر محتوایی باشد که تنوع داشته یا از مشخصات فنی بیشتری برخوردار است.

۲- زمان آموزش پودمان‌ها

زمان کل آموزش کتاب طراحی و نصب تابلوهای فشار ضعیف ۳۰۰ ساعت در نظر گرفته شده است. این زمان با توجه و تناسب زمان آموزش آن بودجه‌بندی و فصل‌بندی شده است (جدول ۱).

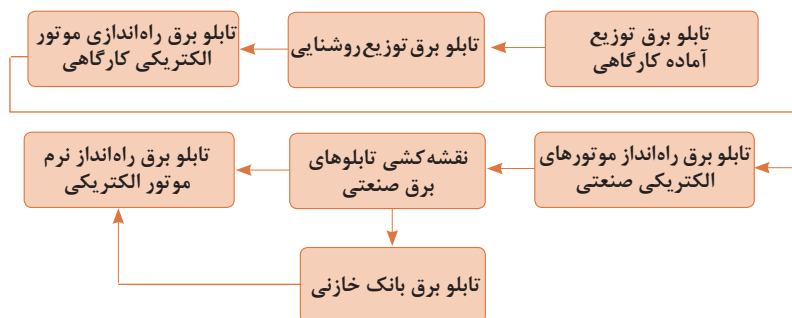
جدول ۱- پودمان‌های کتاب طراحی و نصب تابلوهای برق فشار ضعیف

ردیف	جدول ارائه پودمان	زمان بر حسب ساعت
۱	تابلو برق ساده کارگاهی	۶۰
۲	تابلو برق تأسیسات کارگاهی	۶۰
۳	تابلو برق دستگاه‌های صنعتی	۶۰
۴	نقشه‌کشی تابلو برق	۶۰
۵	تابلو برق مطلوب شبکه	۶۰
	مجموع	۳۰۰

۳- مسیر یادگیری درس طراحی و نصب تابلوهای

برق فشار ضعیف

مسیر یادگیری ارتباط طولی و سازوار پودمان‌های آورده شده در کتاب درسی را نشان می‌دهد.



۴- استاندارد فضا

فضای مورد نیاز برای این درس نیازمند نصب و بهره‌برداری از حداقل ۸ تابلو فلزی با ابعاد ۸۰×۶۰ سانتی متر مربع برای تعداد ۱۶ هنرجو است. نصب و جانمایی قطعات تابلوهای مختلف راه اندازی موتورهای الکتریکی نیازمند فضایی برای ارائه محتوای تکنولوژی است تا ابتدا مفاهیم در این کلاس به صورت نظری ارائه شده و سپس در کارگاه به صورت عملی دنبال شود. توجه به این نکته حائز اهمیت است که کارهای عملی همگی در تابلو ورودی صفحه نصب یا سینی تابلو انجام خواهد شد. برای مدیریت در فضا پیشنهاد می‌شود ابتدا نصب و جانمایی روی سینی تابلو انجام و در نهایت برای تست نهایی در قاب تابلو قرار می‌گیرد.

۵- شایستگی‌ها

شایستگی مجموعه‌ای از دانش، مهارت و نگرش است. شایستگی‌ها به دو شاخه فنی و غیرفنی دسته‌بندی می‌شود. شایستگی‌های درس نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف معرفی شده است.

۵-۱- شایستگی‌های فنی:

شایستگی فنی درس نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف به شاخه مهارت‌های فنی می‌پردازد.

- ۱ نصب و جانمایی و سیم‌کشی قطعات در تابلو توزیع برق آماده (پلاستیکی)
- ۲ نصب و جانمایی و سیم‌کشی قطعات در تابلو توزیع برق فلزی
- ۳ ساخت تابلو برق راه‌اندازی موتورهای الکتریکی کارگاهی
- ۴ ساخت تابلو برق راه‌اندازی موتورهای الکتریکی صنعتی
- ۵ نقشه‌کشی تابلو برق صنعتی
- ۶ تابلو برق بانک خازنی
- ۷ تابلو برق راه‌اندازی نرم موتورهای الکتریکی

۲-۵- شایستگی‌های غیر فنی:

شایستگی غیرفنی درس نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف به شاخه مهارت‌های غیرفنی می‌پردازد.

۱- جمع‌آوری اطلاعات و مذاکره: جست‌وجوی کاتالوگ محصولات و قطعات کلیدزنی و حفاظتی تابلو از تارنمای شرکت‌های سازنده

۲- تفکر منطقی: حل مسائل مرتبط در حین جانمایی سر سیم‌زنی، شماره سیم و نصب قطعات در تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی

۳- مدیریت تجهیزات و مواد: برآورد فضای بهینه تابلو با جانمایی مناسب قطعات الکتریکی در عین رعایت مقدار مجاز جریان خروجی تابلو

۴- مدیریت کیفیت: طراحی و ساخت تابلو مناسب نوع کاربرد مورد نظر مشتری

۵- تفکر سیستمی: ارتباط منطقی بین اجزاء، رعایت توالی نصب قطعات روی سینی از چپ به راست و از بالا به پایین

۶- تفکر اقتصادی: عیب‌یابی و تشخیص قطعی مدار جریان یا عملکرد کنتاکتور و کلیدهای حفاظتی در تابلوی برق

۷- مستندسازی: تهیه گزارش از مراحل تهیه شابلون سینی تابلو، جانمایی، نصب قطعات و تست صحت عملکرد تابلو در قالب کار پوشه

۸- مسئولیت‌پذیری: تعهد در برابر انجام صحیح و کاربست، دقت لازم در همه مراحل نصب و جانمایی قطعات الکتریکی در مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی

۶- بودجه‌بندی زمانی پیشنهادی سالانه درس نصب و تنظیم تابلو برق فشار ضعیف

بودجه‌بندی زمانی پیشنهادی در کتاب درسی یکی از نکات مهم برای اجرای دقیق و به موقع محتوای درسی است. این بودجه‌بندی در جدول ۲ برای هنرآموزان محترم ارائه شده است. در این جدول علاوه بر تقسیم‌بندی زمانی سالانه، اهداف درس و موضوع قابل ارائه آورده شده است. در ضمن فعالیت‌های تکمیلی برای تعمیق فرایند یاددهی - یادگیری به همکاران پیشنهاد شده است.

جدول ۲- بودجه بندی پیشنهادی سالانه درس نصب و تنظیم تابلو برق فشار ضعیف

ردیف	ماه	M	واحد یادگیری	هدف	موضوع	فعالیت های تکمیلی
۱	مهر	۱	تابلوهای ساده و پر کاربرد	ساخت تابلو توزیع موقت کارگاهی (۱)	استاندارد تابلو برق - تابلو موقت کارگاهی	اتصالات صنعتی سه فاز و کد ساعت و...
۲		۱	تابلوهای ساده و پر کاربرد	ساخت تابلو توزیع موقت کارگاهی (۲)	اجزا و سیم کشی تابلو موقت	جدول IP
۳		۱	تابلوهای ساده و پر کاربرد	تابلو برق تغذیه کارگاهی فلزی (۱)	منحنی، فیوز جداکننده، سینی تابلو، انواع نقشه، جانمایی MCB	نصب لامپ سیگنال نشانگر ولتاژ و...
۴		۱	تابلوهای ساده و پر کاربرد	تابلو برق تغذیه کارگاهی فلزی (۲)	جانمایی و نصب قطعات و نکات لازم	شابلون جانمایی و مقایسه آنها- تست تابلو
۵	آبان	۱	تابلوهای ساده و پر کاربرد	تابلو برق روشنایی (۱)	کنتاکتور- کنتاکتورهای روشنایی - شستی ها- خودنگهدار	پرچ کاری داکت - تسمه بافته زمین
۶		۱	تابلوهای ساده و پر کاربرد	تابلو برق روشنایی (۲)	کلیدگردان HOA و مدار قدرت و فرمان - نصب قطعات و ترمینال	شماره زنی سیم - تایمر ۲۴ ساعته و کاتالوگ ساعت
۷		۲	تابلو برق های تأسیسات کارگاهی	راه اندازی یک موتور الکتریکی/دومحل، پرس	انتخاب تجهیزات - نقشه های فرمان و قدرت - تکنیک ها	کلید خشک - ساخت Starter
۸		۲	تابلو برق های تأسیسات کارگاهی	راه اندازی یک موتور الکتریکی لحظه ای دایم	نقش شستی دابل - نقشه های فرمان و قدرت - تکنیک ها	تکمیل نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال
۹	آذر	۲	تابلو برق های تأسیسات کارگاهی	راه اندازی دو یا چند موتور الکتریکی	دو موتور مستقل - یکی پس از دیگری، فرمان و قدرت	تکمیل نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال
۱۰		۲	تابلو برق های تأسیسات کارگاهی	مدار چپ گرد راست گرد با حفاظت کامل	رله اضافه بار و رله کنترل بار، نقشه های فرمان و قدرت	تکمیل نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال
۱۱		۲	تابلو برق های تأسیسات کارگاهی	مدار راه اندازی چپ گرد راست گرد سریع	نقشه های فرمان و قدرت و جانمایی	تکمیل نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال
۱۲			تابلو برق های تأسیسات کارگاهی	مدار چپ گرد راست گرد توقف زمانی	تایمرها، نقشه های فرمان و قدرت و جانمایی	تکمیل نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال
۱۳	دی	۲	تابلو برق های تأسیسات صنعتی	مدار ستاره مثلث معمولی و دوسیمه، پنوماتیکی	شرح نقشه های فرمان و قدرت و جانمایی و شماره زنی سیم	ستاره مثلث حالت گذاری بسته و درایو
۱۴		۲	تابلو برق های تأسیسات صنعتی	ستاره مثلث چپ گرد راست گرد قدرت مشترک ۱	شرح نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال	اندازه کنتاکتورها

۱۵	دی	۳	تابلو برق‌های تأسیسات صنعتی	ستاره مثلث چپ‌گرد راست‌گرد قدرت مشترک ۲	نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال و شماره‌زنی سیم	تأثیر شینه‌کشی در این تابلو
۱۶		۳	تابلو برق‌های تأسیسات صنعتی	ستاره مثلث چپ‌گرد راست‌گرد قدرت مستقل ۱	شرح نقشه‌های فرمان و قدرت و جانمایی	اندازه کنتاکتورها
۱۷	بهمن	۳	تابلو برق‌های تأسیسات صنعتی	ستاره مثلث چپ‌گرد راست‌گرد قدرت مستقل ۲	نقشه مسیر جریان، مونتاژ و ترمینال و شماره‌زنی سیم	تأثیر شینه‌کشی در این تابلو
۱۸		۳	تابلو برق‌های تأسیسات صنعتی	مدار راه‌اندازی موتور دلاندر	شرح نقشه فرمان و قدرت مونتاژ ترمینال و شماره‌زنی سیم	جانمایی کار عملی
۱۹		۳	نقشه‌کشی تابلو برق	ترسیم نقشه فرمان و قدرت (بدون کارخانه)	مراحل کار ترسیم در نرم‌افزار	نقشه‌ها برای سایر مدارها
۲۰		۳	نقشه‌کشی تابلو برق	ترسیم نقشه فرمان و قدرت (با کارخانه)	مراحل کار ترسیم در نرم‌افزار	نقشه‌ها برای سایر مدارها
۲۱	اسفند	۴	نقشه‌کشی تابلو برق	ترسیم نقشه‌ها شامل کانکتور و PLC	مراحل کار ترسیم در نرم‌افزار	نقشه‌ها برای سایر مدارها
۲۲		۴	نقشه‌کشی تابلو برق	جانمایی قطعات برای نقشه‌های شماتیک	مراحل کار ترسیم در نرم‌افزار	نقشه‌ها برای سایر مدارها
۲۳		۴	نقشه‌کشی تابلو برق	نقشه ترمینال و گزارش نقشه‌های شماتیک	مراحل کار ترسیم در نرم‌افزار	نقشه‌ها برای سایر مدارها
۲۴		۴	تابلو برق‌های مطلوب شبکه	جبران‌سازی نقطه‌ای یا محلی	اصلاح ضریب توان مؤثر و محاسبه - قطعات، نقشه و پرکردن مقادیر جدول	قبض برق - برچسب قطعات - کار با جدول - محاسبه
۲۵	فروردین	۴	تابلو برق‌های مطلوب شبکه	جبران‌سازی مرکزی	پله‌بندی رگولاتور - نقشه و نحوه کار	پله‌بندی - تعیین مقادیر هر پله - و تأثیر آن و نقشه
۲۶		۴	تابلو برق‌های مطلوب شبکه	روشن و خاموش کردن اینورتر (۳‌روش)	Command Source تنظیم از راهنما/ یا نرم‌افزار (ACC و DEC)	کار با مقادیر مختلف DEC و ACC
۲۷	اردیبهشت	۵	تابلو برق‌های مطلوب شبکه	تغییر فرکانس خروجی اینورتر (۳‌روش)	Frequency Source تنظیم از روی راهنما/ یا نرم‌افزار	کار با مقادیر مختلف فرکانس
۲۸		۵	تابلو برق‌های مطلوب شبکه	راه‌اندازی JOG و stop/start	مفهوم JOG و ۳‌wire روش تنظیم از روی راهنما/ یا نرم‌افزار	کار با مقادیر مختلف فرکانس و ورودی‌های مختلف
۲۹	-	-	ارزشیابی	ارزشیابی پایان هر پودمان		
۳۰	-	-	ارزشیابی	ارزشیابی پایان هر پودمان		

۷- جدول ارتباط افقی - عمودی دروس کارگاهی پایه دوازدهم

جدول ارتباط افقی - عمودی ارتباط منطقی موضوعات کتاب‌های درسی در یک دوره آموزشی را بیان می‌کند. به عبارت دیگر با رعایت سرفصل‌های آورده شده در جدول ارتباط افقی - عمودی علاوه بر معنادار شدن توالی محتوا، پیش‌نیاز و پس‌نیاز بودن مطالب در نظر گرفته می‌شود. همچنین از همپوشانی و تکرار مطالب جلوگیری خواهد شد. جدول ۳ ارتباط افقی - عمودی مطالب ارائه شده در دو درس کارگاهی سال دوازدهم رشته الکتروتکنیک را به تفکیک هر هفته آموزشی نشان می‌دهد.

جدول ۳- ارتباط افقی - عمودی دروس کارگاهی پایه دوازدهم

تاریخ	نصب و تنظیم تابلو برق فشار ضعیف (۱۲-۱)	طرح و اجرای رله‌های قابل برنامه‌ریزی (۱۲-۲)
هفته ۱	ساخت تابلو توزیع موقت کارگاهی (۱)	برنامه ریزی توسط دکمه PLR
هفته ۲	ساخت تابلو توزیع موقت کارگاهی (۲)	پیاپی‌سازی روشنایی صلیبی و ضربه‌ای
هفته ۳	تابلو برق تغذیه کارگاهی فلزی (۱)	چند روشنایی با شستی قطع و وصل کل
هفته ۴	تابلو برق تغذیه کارگاهی فلزی (۲)	چندکاره کردن شستی‌ها در مدارات روشنایی
هفته ۵	تابلو برق روشنایی (۱)	کار با نرم‌افزار رله قابل برنامه‌ریزی (۱)
هفته ۶	تابلو برق روشنایی (۲)	کار با نرم‌افزار رله قابل برنامه‌ریزی (۲)
هفته ۷	راه‌اندازی یک موتور الکتریکی دومحل	راه‌اندازی یک موتور الکتریکی
هفته ۸	راه‌اندازی یک موتور الکتریکی لحظه‌ای دایم	راه‌اندازی یک موتور الکتریکی با RS
هفته ۹	راه‌اندازی دو یا چند موتور الکتریکی	راه‌اندازی یک موتور الکتریکی لحظه‌ای دایم
هفته ۱۰	مدار چپ‌گرد راست‌گرد با حفاظت کامل	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی یکی پس از دیگری
هفته ۱۱	مدار راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد سریع	کار با نرم‌افزار رله قابل برنامه‌ریزی (۱)
هفته ۱۲	مدار چپ‌گرد راست‌گرد توقف زمانی	کار با نرم‌افزار رله قابل برنامه‌ریزی (۲)

هفته ۱۳	مدار ستاره مثلث معمولی و دوسیمه	پیاپی سازی چپ گرد راست گرد با حفاظت کامل
هفته ۱۴	مدار ستاره مثلث با کمک تایمر پنوماتیکی	پیاپی سازی چپ گرد راست گرد سریع با PLR
هفته ۱۵	ستاره مثلث چپ گرد راست گرد قدرت مشترک ۱	پیاپی سازی مدار چپ گرد راست گرد توقف زمانی
هفته ۱۶	ستاره مثلث چپ گرد راست گرد قدرت مشترک ۲	پیاپی سازی مدار ستاره مثلث با PLR
هفته ۱۷	ستاره مثلث چپ گرد راست گرد قدرت مستقل ۱	پیاپی سازی مدار دالاندر با PLR
هفته ۱۸	ستاره مثلث چپ گرد راست گرد قدرت مستقل ۲	کار با نرم افزار رله قابل برنامه ریزی و شبیه سازی
هفته ۱۹	ترسیم نقشه فرمان و قدرت (بدون کارخانه)	شبیه سازی دو مقدار آنالوگ
هفته ۲۰	ترسیم نقشه فرمان و قدرت (با کارخانه)	کنترل دمای آکواریم با حسگر
هفته ۲۱	ترسیم نقشه ها شامل کانکتور و PLC	کنترل دمای گلخانه
هفته ۲۲	جانمایی قطعات برای نقشه های شماتیک	کنترل دمای اتاق با دو حسگر
هفته ۲۳	نقشه ترمینال و گزارش نقشه های شماتیک	کار با نرم افزار رله قابل برنامه ریزی (۱)
هفته ۲۴	جبران سازی نقطه ای یا محلی	راه اندازی موتور الکتریکی با تلفن همراه
هفته ۲۵	جبران سازی مرکزی	راه اندازی موتور الکتریکی با Webserver
هفته ۲۶	راه اندازی و تغییر جهت توسط دکمه های اینورتر	راه اندازی با Webserver و TD
هفته ۲۷	تغییر فرکانس خروجی اینورتر	راه اندازی موتور الکتریکی با SMS (نیمه تجویزی)
هفته ۲۸	راه اندازی با شستی های stop/start	کاربرد LOGO! در KNX (نیمه تجویزی)
هفته *	زمان ارزشیابی کتاب ۱۲-۱	زمان ارزشیابی کتاب ۱۲-۲
هفته *	زمان ارزشیابی کتاب ۱۲-۱	زمان ارزشیابی کتاب ۱۲-۱
* ارزشیابی هر پودمان در انتهای آن پودمان اجرا می شود. زمان ارزشیابی ممکن است متناسب با موقعیت کارگاهی و تعداد هنرجویان در هر واحد آموزشی متفاوت باشد. تعداد هفته های آموزشی طبق برنامه درسی ملی ۳۷ هفته است.		

جدول ۴- ارتباط افقی دروس کارگاهی پایه دوازدهم

تاریخ	درس نصب و تنظیم تابلو	ساعت(زنگ)	درس طراحی و اجرای PLR	ساعت(زنگ)
هفته ۱	تابلو موقت کارگاهی آماده		ساختمان - FBD,LAD و....(کار ۱ با دکمه‌ها)	
هفته ۲	ساخت تابلو موقت کارگاهی ۱		مدارات روشنایی، سیم‌کشی (کار ۲ با دکمه)	
هفته ۳	ساخت تابلو موقت کارگاهی ۲		کار عملی ۳ (روشنایی با وصل و قطع کل)	
هفته ۴	تابلو روشنایی کنتاکتوری اتوماتیک/دستی ۱		کار عملی ۴ (چندکاره کردن شستی)	
هفته ۵	تابلو روشنایی کنتاکتوری اتوماتیک/دستی ۲		کارهای عملی ۵ و ۶	
هفته ۶	تابلو راه‌اندازی دایم کار و دو محل		کارهای عملی ۷ و ۸ و ۹	
هفته ۷	تابلو راه‌اندازی دایم کار و دو محل		کار عملی ۱ (راه‌اندازی دایم)	
هفته ۸	تابلو راه‌اندازی یکی پس از دیگری		کار عملی ۲ (راه‌اندازی دایم RS)	
هفته ۹	تابلو راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد		کار عملی ۳ (راه‌اندازی دائم - لحظه‌ای)	
هفته ۱۰	تابلو راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد		کار عملی ۵ و ۸ (یکی پس از دیگری)	
هفته ۱۱	تابلو راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد با توقف زمانی		کار عملی ۵ و ۶ و ۷	
هفته ۱۲	تابلو راه‌اندازی ستاره مثلث اتوماتیک		کار عملی ۱ (چپ‌گرد راست‌گرد)	
هفته ۱۳	تابلو راه‌اندازی ستاره مثلث با تایمر پنوماتیک		کار عملی ۲ (چپ‌گرد راست‌گرد)	
هفته ۱۴	تابلو راه‌اندازی ستاره مثلث و چپ‌گرد راست‌گرد		کار عملی ۳ (چپ‌گرد راست‌گرد)	
هفته ۱۵	تابلو راه‌اندازی ستاره مثلث و چپ‌گرد راست‌گرد		کار عملی ۴ و ۵ (ستاره مثلث و دالاندر)	
هفته ۱۶	تابلو راه‌اندازی دالاندر		کار عملی ۶ و ۷	
هفته ۱۷	نقشه‌کشی بدون انتخاب قطعات کارخانه ۱		کار عملی ۱ و ۲ (آنالوگ)	
هفته ۱۸	نقشه‌کشی بدون انتخاب قطعات کارخانه ۲		کار عملی ۳ (آنالوگ)	
هفته ۱۹	نقشه‌کشی با انتخاب قطعات کارخانه ۱		کار عملی ۴ (آنالوگ)	
هفته ۲۰	نقشه‌کشی با انتخاب قطعات کارخانه ۲		کار عملی شبیه‌سازی... و ۵ و ۶	
هفته ۲۱	تابلو جبران‌سازی انفرادی		کار عملی ۱	
هفته ۲۲	تابلو جبران‌سازی اتوماتیک		کار عملی ۲	
هفته ۲۳	اینورتر کار عملی ۱ و ۲		کار عملی ۳	
هفته ۲۴	اینورتر ۳ و ۴ و ۵		کار عملی ۴	
هفته ۲۵	اینورتر ۶ و ۷ و ۸		کار عملی ۵	

۸- محل پیشنهادی تشکیل کلاس یا کارگاه

محل اجرا به عنوان یکی از شرایط انجام کار، پیشنهادی و مطابق کتاب در جدول ۴ و با رنگ‌بندی نشان داده شده مشخص شده است.

کلاس کارگاهی

اجرای کارگاهی

اجرا در سایت رایانه

کلاس کارگاهی در زمانی به مراتب کمتر از یک زنگ هنرستان می‌تواند برگزار شود یا با توجه به شرایط کارگاهی بخشی از آن به ساعت آخر و پس از تست مدارها واگذار شود.

۹- ارزشیابی پودمان‌های درس نصب و تنظیم

تابلوهای برق فشار ضعیف

ارزشیابی دروس کارگاهی سال دوازدهم بر مبنای شرایط انجام کار و به بیان دیگر، استاندارد عملکرد پودمان‌ها صورت می‌گیرد و ارزشیابی آنها، براساس سه شاخص فرایندی، دروندادی و محصول، امتیازدهی می‌شوند.

۱- شاخص فرایندی: در صورتی که فرایند انجام کار مورد نظر باشد و تأکید بر نحوه انجام کار و مراحل آن مدنظر قرار گیرد و همچنین این فعالیت‌ها در پایان کار به سادگی قابل مشاهده و سنجش نباشد در این صورت شاخص فرایندی مدنظر قرار می‌گیرد مثل: کلیه ریز فعالیت‌های عملی که در حین انجام کار عملی برای رسیدن به محصول نهایی کار انجام می‌شود مانند سر سیم‌زدن به شماره سیم، نصب داکت در تابلو و نصب قطعات.

۲- شاخص دروندادی: اگر در یک جزء از فرایندکار انتخاب شده، انتخاب و کار با ابزار و تجهیزات و انتخاب‌ها و تنظیمات درست روی آنها و کیفیت آنها مدنظر باشد، شاخص دروندادی مدنظر قرار می‌گیرد مثل: انتخاب قطعات الکتریکی در تابلوسازی، صحت عملکرد ابزار و نظایر آن را می‌توان نام برد.

۳- شاخص محصول: در صورتی که کار عملی دارای خروجی یا یک محصول مشخص باشد شاخص مورد ارزیابی خروجی نهایی است. مثل تراز نصب شدن قطعات تابلو و صحت خروجی تابلو با توجه به آنکه معمولاً محصول کار به صورت مشاهده ارزشیابی می‌شود و فرایند انجام کار دیده نمی‌شود، محدودیت‌هایی در این شاخص وجود دارد. توجه داشته باشید در یک کار کارگاهی کل فرایند را می‌توان به بخش‌های فرایندی جداگانه‌ای تقسیم نمود که ممکن است هر بخش محصول هم داشته باشد. مثلاً در مونتاژ تابلوهای برق فشار ضعیف، نصب قطعات،

سیم‌کشی و درستی کار مدار فرمان و قدرت، هر کدام یک بخش از فرایند مونتاژ تابلو برق هستند.

سعی شده است کارهای عملی کتاب‌های کارگاهی دوازدهم، در هر جلسه هفتگی کار کارگاهی، محصولی داشته باشد اما در برخی موارد یک کارعملی زمانی بیش از یک و حتی دو جلسه را به خود اختصاص می‌دهد، در این حالت نمره آن جلسه ارزشیابی از محصول نهایی کارعملی هنرجویان نخواهد بود بلکه نمره فرایندکار و محصول بخشی از فرایند و درون داده‌های آن جلسه مدنظر خواهد بود. این ارزشیابی‌ها در هر جلسه، بخش بزرگی از نمره ارزشیابی پایانی پودمان را مشخص می‌کند. باید توجه داشت در کارگروهی نیز هر هنرجو نمره جداگانه‌ای دارد و آزمون صحت کار مدار نیز به‌طور جداگانه مراحل انجام این کار را با هنرآموز محترم دنبال می‌کند. در فرایند کار نیز هنرجو به‌صورت فردی مورد ارزشیابی قرار می‌گیرد. اما پرسش و مستندسازی (گزارش کار) جلسات قبل در هر جلسه نیز نمره ارزشیابی مستمر را تشکیل می‌دهند. برای مستندسازی تکالیف، می‌توان در جلسه آخر، فرصتی به هنرجویان داد تا مستندات اصلاح شده خود را ارائه دهند و می‌توان نمره این مستندات را تا حدودی مورد بازنگری قرار داد. در انتهای پودمان آخر می‌توان، ارزشیابی پایانی را به‌صورت فردی از هر هنرجو به عمل آورد. در مواردی که برای هنرجویان نمره ارزشیابی پایانی هر جلسه وجود ندارد فرصت آزمون عملی در دفعات بعدی به او داده شود، در مواردی که پودمانی قابلیت آزمون کتبی عملکردی دارد این آزمون می‌تواند برگزار شده و جزء مستندات ارزشیابی پایانی قرار گیرد.

آزمون کتبی عملکرد، مهارت‌ها و شایستگی‌های انجام کارهای مختلف کارگاهی را به‌صورت کتبی ارزیابی می‌کند. بدیهی است پاسخ به این سؤالات فقط برای هنرجویانی میسر است که در کار عملی نیز قادر به انجام مهارتی آن فعالیت باشند و در این آزمون مراحل انجام آن را دقیقاً توصیف یا ترسیم می‌کنند.

ارزشیابی پودمان‌های درس نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف

پودمان ۱: کارهای عملی پودمان اول تا حدود زیادی، منظور از استاندارد عملکرد کار را «اجرای دقیق مراحل تکمیل تابلو برق مطابق نقشه» بیان کرده است. فرم ارزشیابی آورده شده در انتهای پودمان نیز موضوع ارزشیابی از استاندارد عملکرد را دنبال می‌کند. اما سؤال اینجاست که زمانی که هنرجو تابلو را مطابق نقشه مونتاژ کرده است یعنی نقشه را می‌خواند و تابلو را مونتاژ می‌کند، چگونه می‌توان فعالیت او را مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار داد؟ پاسخ این است که نحوه نقشه‌خوانی در کار ساخت تابلوهای برق قابل آموزش است اما ارزشیابی آن در فرایند کار، حالت کیفی دارد. به همین دلیل معیار و متر دقیقی ندارد و فقط در محصول کار خود



را نشان می‌دهد، یعنی پس از اتمام کار مونتاز تابلو برق، معلوم می‌شود هنرجو چقدر به نقشه‌خوانی وفادار بوده است. در کنار این موضوع که کار هنرجو «اجرای دقیق مراحل تکمیل تابلو مطابق نقشه است» انتظار می‌رود که هنرجو طرز کار مدارهای تابلو و چرایی برخی از موضوعاتی که به کار او مربوط است را نیز بداند به عنوان مثال اینکه چرا این قطعه در این قسمت جانمایی شده است و فاصله‌های جانبی آن با دیگر قطعات چقدر باید باشد و یا اینکه در نقشه‌ای بتواند مسیر جریان را دنبال کند و تشخیص دهد که مدار

بسته نشده و ایرادی در کار است. بدین صورت یادگیری کورکورانه و کوتاه مدت نیز نداده و تفکر سیستمی و انتقادی هنرجو تقویت می‌شود. این موارد را می‌توان در قالب آزمون کتبی عملکردی فارغ از موضوع نقشه ارزشیابی کرد. اجرای کارهای عملی در تابلو این موارد را شامل می‌شود: ۱- برآورد جانمایی و نصب قطعات ۲- سیم‌کشی قطعات ۳- صحت و درستی کار مدار تابلو.

۱- نصب قطعات: برآورد قطعات صفحه نصب و تابلو - نصب قطعات به لحاظ تراز بودن - محکم بودن و عدم ایجاد شکستگی حین نصب، قابل ارزشیابی است. اندازه ابعاد صفحه نصب با مشاهده فضاهای خالی قابل ارزیابی است. تراز بودن، نصب داکت و ریل فلزی در کارهای عملی این پودمان، کلید عبور به مرحله بعد کار عملی خواهد بود. زیرا در صورت اشکال در نصب آنها، قطعات نصب شده نهایی (محصول) دچار اشکال ظاهری خواهند بود که پس از نصب قطعات قابل برطرف شدن نخواهد بود. ایجاد شکستگی ضمن نصب قطعه هم از مواردی است که زیبایی جانمایی را در تابلو خدشه‌دار می‌کند و محصول نهایی را دچار اشکال خواهد کرد.

۲- سیم‌کشی قطعات: منظور از عیب‌یابی سیم‌کشی بین قطعات، عدم همخوانی آن با نقشه نیست در اینجا شیوه صحیح سرسیم زدن، قرار گرفتن درست سرسیم زیر پیچ و محکم بسته شدن آن، شماره سیم، از مواردی است که باید در ارزشیابی بدان توجه داشت.

۳- صحت و درستی کار مدار: ارزشیابی این مرحله فرایندی نیست و آخرین مرحله ارزشیابی است که برقرار کردن تابلو را در بر می‌گیرد. در اینجا انتظار می‌رود هنرجو، هیچ گاه بدون حضور هنرآموز اقدام به برقرار کردن تابلو نکند (این کار

باید با حضور هنرآموز صورت گیرد) و در صورت وجود ایراد در تابلو هنرجو اجازه برطرف کردن عیب تابلو برقرار را ندارد. هنرآموزان محترم، ارزیابی ایمنی را در این مرحله باید مورد توجه قرار دهند. ممکن است به دلیل خستگی در مونتاژ تابلو، هنرجویان دقت لازم در تست نهایی تابلو را نداشته باشند. بنابراین انجام تست صحت نهایی حتماً باید توسط هنرآموزان محترم انجام شود. منظور از آزمون درستی مدار با حضور هنرآموز آن است که هنرجو آگاهی کامل از روال و توالی آزمون دارد اما نمی‌تواند به تنهایی روال کار آزمون درستی مدار را دنبال کند. همان‌طور که قبلاً گفته شد فقط بخشی از این پودمان دارای قابلیت آزمون کتبی عملکردی یعنی «آزمون عملی روی کاغذ» است. در این پودمان انتخاب قطعات و جانمایی آنها به‌صورت کتبی عملکردی قابل ارزشیابی است. در متن کتاب درسی فعالیت‌هایی برای این منظور آورده شده و قابل ارزشیابی است. نقشه جانمایی که برخی از اندازه‌ها روی آن مشخص نیست یا نقشه مونتاژی که سیم‌کشی نداشته و می‌خواهیم سیم‌کشی در آن ترسیم یا تکمیل شود یا طرح سؤالی که از هنرجو می‌خواهد، با توجه به میزان مصارف، و شرایط نصب و... اندازه و سائز قطعات را پیدا کند.

پودمان ۲: اجرای کار عملی پودمان دو همراه با ساخت تابلو برق فشار ضعیف قابل قبول در بازار کار است. به همین دلیل از روز اول همه موضوعات مورد نظر با هم مطرح می‌شود. خواندن نقشه - جانمایی - نصب قطعات و شماره سیم‌زدن و... در یک تابلو دیده شده است و هیچ‌کدام از این موارد به پودمان بعدی واگذار نشده است. پودمان‌های بعدی هر چند، مستقل‌اند و به تابلو با کاربری متفاوتی پرداخته می‌شود و هنرجویان با تکرار و تمرین مهارت‌های قبلی در فضای جدید به شایستگی

می‌رسند اما ارتقای بابت شیوه اجرا در کل رخ نمی‌دهد. مثلاً شماره سیم‌زدن از پودمان دوم شروع نمی‌شود و یادگیری جانمایی در پودمان بعدی بلکه همه کارها یکجا دیده شده است، هنرآموزان باید توجه داشته باشند این موضوع کمی زمان و فرایند انجام کار را طولانی کرده است و از روز اول تمام موارد لازم برای یک تابلو قابل ارائه و واقعی بازار با هم دیده شده است. این موضوع باعث خواهد شد یک کار عملی زمانی بیشتر از یک جلسه کار را به خود اختصاص دهد و تکرار تمامی این



موارد از ابتدای یادگیری منجر به بالا رفتن مهارت در پودمان‌های بعدی شود. در پودمان ۲ آزمون درستی و صحت مدار به صورت سه فاز (با موتور الکتریکی) صورت می‌گیرد و تست مدار فرمان تابلو به تنهایی مورد انتظار نیست اما با توجه به اینکه موضوع مدارات فرمان و قدرت برای راه‌اندازی‌ها به طور جدی مطرح شده است و تکنیک‌های راه‌اندازی اشاره شده است، توانایی نقشه‌کشی مدارهای فرمان و قدرت در دستور کار قرار دارد و باید انتظار داشت هنرجویان در پایان پودمان و در پایان هر کار عملی توانایی ترسیم نقشه‌ها و تشخیص آنها و نحوه و شرایط کار آنها را بدانند. در این پودمان هر چند نقشه‌های مسیجریان و مونتاژ و نقشه خارجی در کنار هر کار عملی ارائه شده است اما اینکه هنرجویان توانایی ترسیم آنها را داشته باشند در هر حد انتظار نیست و به خاطر اینکه در تمامی کارهای عملی شماره زدن سیم لازم است صرفاً برای تکمیل و تعمیق یادگیری آورده شده است. هنرجویان با مقایسه‌ای که بین نقشه مونتاژ و مدارهای فرمان و قدرت انجام می‌دهند، این توانایی را پیدا می‌کنند که با آدرس‌دهی قطعات نقشه را در قالب یک فعالیت در کارگاه یا منزل کامل کنند. انتظار دیگری بابت درک و طرح این نوع نقشه وجود ندارد علاوه بر این موضوعات همچنان توانایی انتخاب قطعات برای یک راه‌اندازی مطابق نقشه SLD (تک خطی) و جانمایی تابلو برق همچنان از انتظاراتی است که در این پودمان و شیوه ارزشیابی دنبال می‌شود. یکی از موارد مهمی که در ارزشیابی کارهای عملی تابلو مدنظر است ترسیم شابلون صفحه نصب روی کاغذ قبل از چیدمان قطعات است. این شابلون باید به تأیید هنرآموز محترم برسد.

پودمان ۳: با توجه به مطالبی که در مورد اجرای کار عملی پودمان‌ها و استاندارد



عملکرد آن گفته شد، کار عملی در داخل تابلو شامل نصب و سیم‌کشی قطعات الکتریکی (مونتاژ قطعات در تابلو برق) صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که در فرایند کارهای عملی تابلوسازی، ابتدا مدار مورد نظر روی سینی تابلو یا صفحه نصب مونتاژ می‌شود و قبل از نصب سینی کابل برای آزمون صحت و درستی آن صفحه نصب در داخل تابلو پیچ شده و ثابت می‌شود. ارزشیابی عیب‌یابی تابلو در این پودمان آورده شده است و منظور این است که در صورت وجود خطایی در نقشه‌خوانی

و یا قرار دادن عیبی در تابلو هنرجو با دنبال کردن نقشه عیب را پیدا کرده و آن را اعلام کند و بتواند نسبت به رفع آن اقدام کند. در ارزشیابی پایانی این پودمان حتماً این موضوع باید در نظر گرفته شود. پس در مقایسه این پودمان با پودمان اول و دوم باید گفت در پودمان ۱ و ۲ انتظار عیب یابی وجود ندارد اما در پودمان ۳ چنین انتظاری وجود دارد. در پودمان ۳ نیز آزمون درستی مدار به صورت سه فاز (با موتور الکتریکی) صورت می گیرد و تست مدار فرمان تابلو به تنهایی قابل قبول نیست.

خلاصه موارد اشاره شده در مورد ارزشیابی پودمان های اول تا سوم در قالب جدول ۵ اشاره شده است. در این جدول سه پودمان اول را با هم مقایسه کرده و ارزشیابی آنها را از هم متمایز می کند. جدول ۵ یک الگوی کلی است. توصیه می شود هنرآموزان جدولی دیگر تهیه کنند و هر ستون این جدول چند قسمت شده و بارم ارزشیابی به آن تعلق گیرد و نوع نمره دهی در این قسمت از دقت بالایی برخوردار است و توصیه می شود که به شکل صفر و یک باشد، به عبارت دیگر یا کامل نمره دریافت شده است یا نمره ای تعلق نگرفته است. جمع این بارم ها نمره کار عملی او را تشکیل می دهد.

جدول ۵- ارزشیابی پودمان های کتاب ۱۲-۱ (نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف)

شماره پودمان	مشاهده	دارای قابلیت آزمون کتبی عملکردی				فقط دارای قابلیت آزمون اجرایی (عملکردی)		
		انتخاب قطعات	جانمایی	نقشه فرمان / قدرت	مسیر جریان / مونتاژ / خارجی	نصب قطعات	سیم کشی قطعات	درستی کار مدار عیب یابی
۱	*	*	*	-	-	*	*	*
۲	*	*	*	*	-	*	*	*
۳	*	*	*	*	*	*	*	*
پودمان	نقشه خوانی	انجام تنظیمات	مسیر ترسیم	-	-	رسم مدار قدرت ساده	رسم مدار فرمان ساده	رسم از نقشه جانمایی
۴	*	*	*	*	*	*	*	*
پودمان	نقشه خوانی	نقشه کشی بانک خازنی	محاسبه Q	اصلاح pf نقطه ای	اصلاح pf مرکزی	تشخیص مدارکاری	سیم کشی VFD	نرم افزار VFD کار با دکمه VFD
۵	*	*	*	*	*	*	*	*



پودمان ۴: پودمان چهارم کتاب نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف، به موضوع نقشه کشی رایانه ای با AutoCAD Electrical پرداخته است. کارهای عملی در این پودمان به تدریج تکمیل شده است. توانایی ترسیم مدار قدرت ساده یا فرمان، به تنهایی دارای شایستگی زیر حد انتظار خواهد بود. توانایی ترسیم مدار فرمان و قدرت توأمان حداقل انتظار است. در کار عملی ۲ با انتخاب قطعات کارخانه ای این کار صورت می گیرد و با پیش فرض اینکه از ابتدا هدف آن بوده که یک

پروژه کامل پیش برده شود، این شایستگی در حد انتظار خواهد بود اما در کارهای عملی بعدی که به نقشه Panel Layout و Footprint ها اشاره شده است، این ترسیم بالاتر از حد انتظار است. در این قسمت هم آزمون کتبی عملکردی دیده شده است ولی این آزمون صرفاً به عنوان مکمل آزمون عملی و کار با AutoCAD Electrical دیده شده است. سؤالات آن در حد تنظیمات نرم افزار یا مسیر ترسیم از منوها و پنجره ها محدود می شود. توجه داشته باشید در هیچ پودمانی بالاترین نمره آزمون

کتبی عملکردی هم نمی تواند منجر به احراز نمره ای در حد انتظار برای هنرجویان شود.



پودمان ۵: پودمان پنجم کتاب نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف، شامل دو واحد یادگیری است. واحد یادگیری اول نصب خازن و بانک خازنی و واحد یادگیری دوم کاربرد اینورتر را شامل می شود. ارزشیابی واحد یادگیری اول با توجه به اینکه اندازه توان غیر مؤثر خازن، اصلاح نقطه ای ضریب توان و اصلاح مرکزی و نقشه بانک خازنی قابلیت خوبی برای آزمون های عملکردی

دارند و نوشتار و متن کتاب هم مونتاژ (نصب و سیم کشی) یک تابلو خازن واقعی به صورت واقعی (برخلاف پودمان های اول) مستندسازی نشده است و انتظار اجرای آن هم در سطح کتاب به صورت اجرای کارگاهی مد نظر می باشد. از طرفی تهیه بار آزمون (راکتور) مناسب برای آزمون رگولاتور در صحت کار تابلو نیامده است و به کارهای عملی محدودی منجر می شود. این شیوه کتبی عملکردی بر خلاف سایر پودمان و بر خلاف واحد یادگیری دوم این پودمان است یعنی موضوع اینورتر در قالب کار عملی و کارگاهی دیده شده است. ارزشیابی تئوری کارگاهی اینورتر که می تواند در قالب آزمون کتبی عملکردی در کتاب دانش فنی تخصصی مورد آزمون قرار گیرد، پس این پودمان فقط باید به صورت اجرای دستی و کار روی اینورتر محقق شود حتی موضوع تشخیص مد کاری اینورتر که در مورد فرایند به کارگیری یک اینورتر است، هم به صورت غیرکتبی و حین کار عملی معمول باید اتفاق بیفتد.

بخش دوم

دانش‌افزایی واحدهای یادگیری کتاب طراحی و نصب
تابلوهای برق فشار ضعیف به تفکیک واحدهای یادگیری

۱- ایمنی



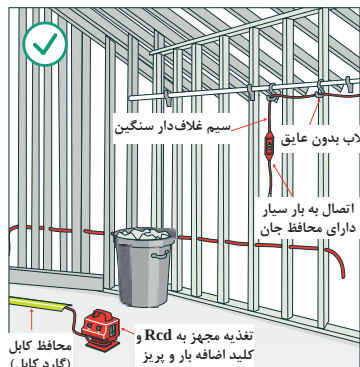
شکل ۱- کلید RCD سیار

ایمنی در کارگاه‌های تأسیسات الکتریکی مهم‌ترین موضوع در همه مراحل فرایند انجام کار است. یکی از این موارد نامرتب بودن کابل‌های ارتباطی و وسایل و تجهیزات در محوطه کارگاه است.

پخش بودن سیم و کابل‌های وسایل در کف کارگاه، باعث گیرکردن پای افراد و ایجاد خطرات بعدی خواهد شد. همچنین عبور از روی آنها باعث آسیب به آن سیم و کابل‌ها خواهد شد. برای جلوگیری از ازدیاد و پراکندگی سیم‌های متحرک، باید در نقاط مختلف کارگاه به تعداد کافی پریز در محل‌های مناسب نصب شود^۱. بهتر است این کابل‌ها از نوع PRCD (کلید

جریان باقیمانده سیار (Portable RCD) باشد (شکل ۱).

سیم‌کشی برای کاربرد موقت در صورت امکان باید در ارتفاع ۲/۵ متر از کف انجام شود. این کار با سیم‌کشی روی دیوار توسط قلاب‌هایی که در فواصل یکسان قرار دارند صورت می‌گیرد. در غیر این صورت باید سیم‌ها طوری نصب شوند که از آسیب‌های احتمالی محفوظ بمانند^۲. این کار توسط گارد کابل در کف زمین یا توسط استند یا پل کابل قابل پیاده‌سازی است (شکل ۲).



شکل ۲- ایمنی سیم و کابل

۱- مبحث ۱۲ مقررات ملی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا) ۱۲-۱۱-۴ الف

۲- مبحث ۱۲ مقررات ملی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا) ۱۲-۱۱-۴ ب

کابل های برقداری که از تابلو موقت کارگاهی تا مصرف کننده در مسیرهای مختلف کارگاه گسترده هستند به این روش ها باید مهار شوند:

۱ گارد کابل

۲ استند کابل

۳ قلاب کابل

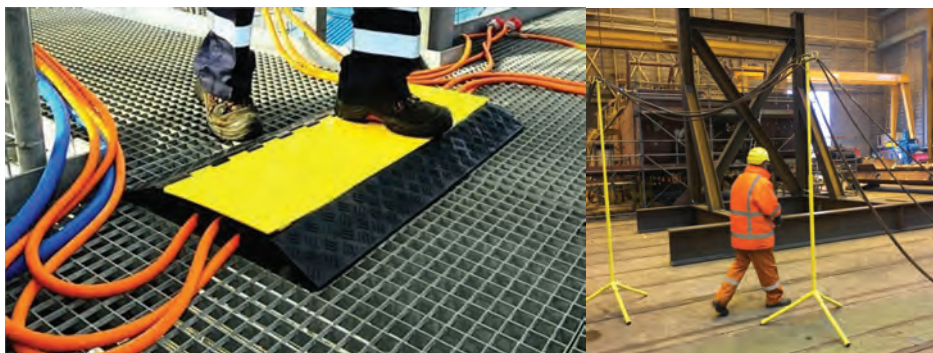
۴ پل کابل

شکل ۳ قلاب و گارد کابل را قبل و بعد از اجرا نشان می دهد.



شکل ۳- قلاب و گارد کابل

در شکل ۴ قلاب کابل واستند برای عبور کابل در ارتفاع نشان داده شده است.



گارد کابل

استند کابل

شکل ۴- استند و گارد

قلاب های مورد استفاده روی دیوار برای نگهداری و نصب کابل در کارگاه ها باید از نوع غیرفلزی باشند. در شکل ۵ نمونه های دیگری از آنها نشان داده شده است.

۲- شرایط و الزامات نصب تابلو موقت کارگاهی ACS

۱ تابلوی موقت باید به وسیله محفظه‌ای با درپوش قفل دار مسدود شود و پیرامون آن روی زمین یا کف، فرش و یا سکوی عایق ایجاد شود. در شکل ۶ نمونه‌ای از کفپوش عایق و مشخصات فنی دو نمونه از این عایق‌ها نشان داده شده است. تهیه تابلوی موقت کارگاهی که فقط شامل وسایل حفاظتی و پریز بر روی یک تخته و بدون کفپوش عایق باشد به تنهایی نمی‌تواند شرایط ایمن تابلو موقت کارگاهی محسوب شود. برای اطلاع از انواع مختلف کف پوش‌های الکتریکی کارگاهی و دسته‌بندی آنها از جدول ۱ می‌توان استفاده کرد.



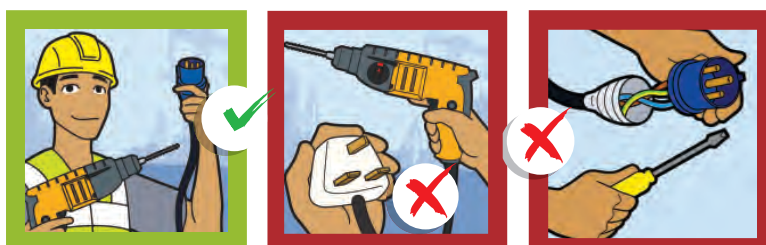
شکل ۵- شرایط نصب

جدول ۱

CLASS IDENTIFICATION								
All our Switchboard Matting classes are TEXT color coded on outer carton boxes as per table below.								
MODEL No.	Material Type	Thickness (mm) x Width (mm) x Length (mm) / (pc) Roll	Color	Anti Slip Surface	Matting Class, IEC 61111: 2009 Withstand Voltage	Dielectric Test Voltage	Nominal Maximum Use Voltage	Colour Coding
GS - LV (Low Voltage)	Natural Rubber	2.5mm x 915mm (3ft) x 10,000mm	Grey	Yes, Corrugated	CLASS 0	10,000 V	1,000 V AC	RED
GS - SL	Natural Rubber	3mm x 915mm (3ft) x 10,000mm	Black	Yes, Corrugated	CLASS 1	20,000 V	7,500 V AC	WHITE
GS - SM	Natural Rubber	5mm x 1,000mm x 6,000mm	Black	Yes, Diamond Plate	CLASS 2	30,000 V	17,000 V AC	YELLOW
GS - SMG	Natural Rubber	5mm x 1,000mm x 6,000mm	Grey	Yes, Diamond Plate	CLASS 3	40,000 V	26,500 V AC	GREEN
GS - SLG	Natural Rubber	6mm x 1,000mm x 6,000mm	Grey	Yes, Corrugated	CLASS 4	50,000 V	36,000 V AC	ORANGE

۱- مبحث ۱۲ مقررات ملی ساختمان (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا) ۱۲-۱۱-۴ پ

۲ در کارگاه‌های ساخت‌وساز توصیه می‌شود که دو شاخه‌های معمولی دستگاه‌ها از نوع صنعتی باشد زیرا این نوع دو شاخه‌ها استحکام و ایمنی بالایی دارند. پس دستگاه‌هایی با این نوع دوشاخه (تک‌فاز) یا چندشاخه (برای سه فاز) را باید خریداری کرد. دستگاه‌های قبلی باید توسط افراد مجرب بررسی و دوشاخه آنها تعویض و دارای دوشاخه یا چند شاخه‌ای مناسب شود. پریزهای روی تابلوها نیز باید متناسب با این دوشاخه یا چند شاخه‌ها تعویض شود (شکل ۶). البته قرار دادن پریزهای شوکو درپوش دار که دوشاخه‌های معمولی به آنها وصل می‌شود در حد محدود روی بدنه تابلو برای کاربردهای خیلی کوتاه مدت بلامانع است.



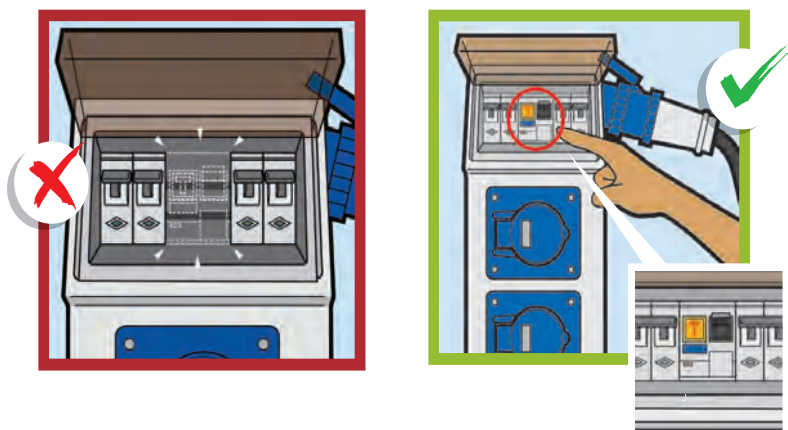
شکل ۶- پریز ایمن

۳ در تابلوهای موقت کارگاهی باید از کلیدهای جریان باقیمانده ۳۰mA استفاده نمود (شکل ۷).



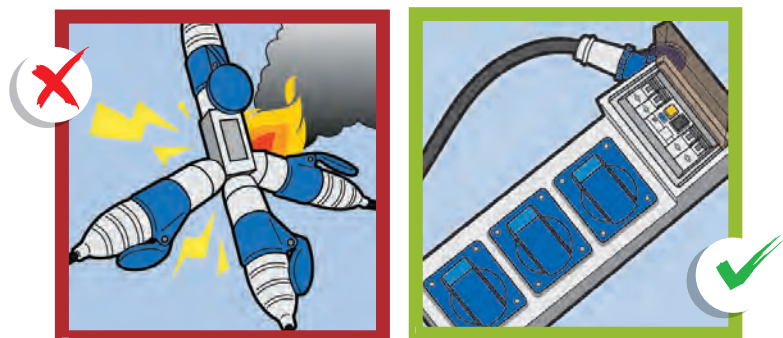
شکل ۷- پریز صنعتی

برای تأکید بیشتر در استفاده از تابلو موقت کارگاهی می‌توان پوسترهایی شبیه شکل ۸ تهیه و در مکان و زاویه مناسب در کارگاه آن را نصب کرد تا هنجریان بیشتر به اهمیت استفاده از آن توجه نمایند. تصاویر کامل این پوسترها در پیوست ۱ انتهای کتاب راهنمای هنرآموز نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف آورده شده است.



شکل ۸- کلید جریان نشستی در تابلو

۴ استفاده از سیم سیارهای معمول و چند راهه‌ها برای اتصال به تابلو موقت کارگاهی مجاز نیست. جعبه‌های سیار شامل کلید جریان باقیمانده 30mA و چند پریز (PSOA) بلامانع هستند. در صورتی که کابل ورودی PSOA از کف عبور کند باید دارای محافظ (گارد) نیز باشد (شکل ۹).

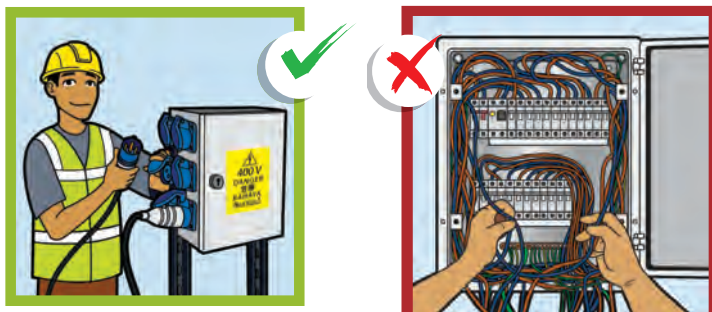


شکل ۹- انشعاب ایمن

۵ تابلوهای کارگاهی باید قابلیت جداسازی ایمن را داشته باشند به همین خاطر وسیله‌ای مشابه یک کلید کل بعد از برق ورودی باید تعریف شود که الزامات جداسازی ایمن روی آن قابلیت اجرا داشته باشد تا ضمن تعمیرات احتمالی بتوان آن را به کار گرفت.

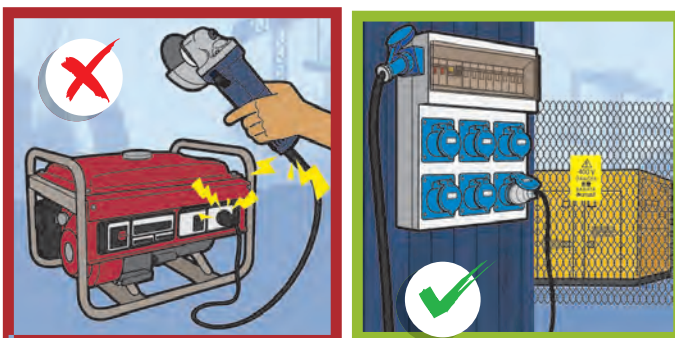
۶ تابلوی موقت کارگاهی باید دارای شینه یا ترمینال چند خانه جداگانه برای نول (خنثی) و هادی حفاظتی (PE) باشد و با توجه به این شینه باید یک الکتروود زمین احداث نمود و آن را به این شینه متصل نمود تا کلید جریان باقیمانده در سیستم TN-S ایجاد شده کارایی لازم را داشته باشد.

۷ هیچ‌گاه برای انشعاب گرفتن برای مصارف موقت در کارگاه از ترمینال‌های ریلی در میانه راه استفاده نکنید. تابلو موقت کارگاهی برای همین منظور طراحی شده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- انشعاب ایمن

۸ موتور برق‌هایی سیار و بدون حفاظت زمین مناسب، برای اتصال مصرف‌کننده‌های برق متناوب با بدنه فلزی می‌توانند خطرناک باشند (شکل ۱۱). بهتر است از تابلو برق موقت کارگاهی برای هرگونه مصرف در محل‌های دور از تابلو اصلی برق استفاده کرد.



شکل ۱۱- کاربرد ایمن تابلو برق کارگاهی

۳- کلیدزنی

در ابتدای پودمان دوم کتاب درسی از وسایل «کلید زنی» صحبت به میان آمده است. هر چند این عبارت چندان مرسوم نیست و در نگاه اول می‌توان آن را معادل وسایل قطع و وصل تعریف کرد اما در قسمت ۱-Part تعاریف استاندارد IEC ۶۰۹۴۷ وسایل «کلیدزنی» چنین تعریف می‌شود: «وسیله‌ای که قطع یا وصل یا هر دوی این کارها را انجام می‌دهد». ممکن است جایگزینی عبارت، «وسایل قطع و وصل» به جای عبارت «کلیدزنی» مناسب نباشد. برای مثال وسیله کلیدزنی به عنوان جداساز (جداکننده) Disconnector نامیده می‌شود که گاهی آن را مجزاکننده (Isolator) نیز می‌نامند. در کتاب درسی این وسیله آورده شده است که فقط توانایی قطع مدار را دارد پس تعریف وسایل قطع و وصل برای آن مناسب نیست. به همین خاطر در کتاب‌های درسی هنرستان برای بار اول از اصطلاح وسایل کلید زنی استفاده شد البته «وسایل قطع و وصل» هم در کتاب آورده شده است. توصیه می‌شود در مورد تعاریف این قسمت از کتاب درسی پابندی به استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۱ حفظ شود البته تعاریف استانداردها را نمی‌توان مستقیماً در کتاب آورد زیرا مفاهیم و تعاریف این متن‌ها، برای روشن کردن ذهن متخصصین ارائه می‌شود و برای هنرجویان رشته برق با ابهاماتی همراه است که ممکن است نیاز به تفسیر داشته باشد. یکی از موضوعات مهم این پودمان تعریف کنتاکتور است. کنتاکتور در استاندارد چنین تعریف می‌شود: «یک وسیله کلیدزنی که فقط یک وضعیت Reset دارد و در سایر وضعیت‌ها با دست به کار انداخته می‌شود و قادر به وصل و عبور و قطع جریان در شرایط عادی از جمله شرایط اضافه بار بهره‌برداری است» ابتدا و انتهای تعریف مشخص می‌کند که کنتاکتور مشابه کلید است. اینکه گفته شود کنتاکتور یک نوع رله است، درست نیست. جدول ۲ تفاوت رله و کنتاکتور را بیان می‌کند.

جدول ۲- تفاوت کنتاکتورها و رله‌ها

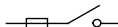
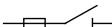
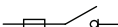
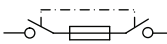
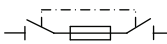
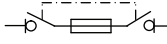
رله‌ها	کنتاکتور
برای فرمان طراحی شده است	برای مدار قدرت طراحی شده است
دارای ورودی و خروجی است	دارای مدار فرمان و مدار قدرت است

رله‌ها همگی دارای ورودی و خروجی هستند. ورودی اشاره به تغذیه رله دارد. حتی یک عامل فیزیکی (نظیر حسگر) مثل زمان، نور، حرارت می‌تواند باعث تحریک رله شود. به همین دلیل، رله زمانی - رله نوری (فتورله) و... تعریف می‌شود. حتی کنتاکتور کمکی را کنتاکتور رله‌ای می‌توان نام‌گذاری کرد و رله‌های مشهور به Finder هم کنتاکتور نیستند. جدول ۲ توجیهی است که SSR (Solid State Relay) هم رله است و مدار قدرت جداگانه ندارد. شرکت‌های سازنده این رله، تغذیه A1 و A2 را ورودی و تغذیه اصلی متصل به موتور الکتریکی را خروجی رله می‌نامند. حتی زمانی که راجع به رله اضافه بار صحبت می‌شود این رله را برای مدار فرمان در نظر گرفته و آن را قابلیت قطع در مدار قدرت نمی‌دانند. تغذیه موتور و عامل فیزیکی حرارت، باعث تغییر وضعیت تیغه‌های ۹۵ و ۹۶ رله می‌شود. تفاوت‌های نشان داده شده در جدول ۲، در مورد رله‌های قابل برنامه‌ریزی نیز صادق است و این وسیله را باید رله نامید. برای درک بهتر مفهوم رله علاوه بر استاندارد اصلی در تعاریف این پودمان می‌توان به استانداردهای IEC ۶۱۸۱۰ مراجعه کرد. این استاندارد به طور خاص فقط به رله‌ها و انواع آن پرداخته است. در انتها باید گفت رله‌ها در دسته وسایل کلید زنی قرار نمی‌گیرند اما می‌توانند جزئی از آن وسایل باشند. برای مثال مدار راه‌انداز معادل کنتاکتور + رله اضافه بار است. رله اضافه بار در اینجا وسیله کلیدزنی نیست اما جزئی از مدار راه‌انداز است که وسیله کلیدزنی دارد. تعریف راه‌انداز هم جزء تعاریفی است که در این کتاب برای اولین بار در کتب هنرستان آورده شده است.

۴- کلیدها و جداسازها

کلیدها و جداسازها در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۳ آورده شده است. جدول ۳ علائم و نام‌گذاری و یک نمای کلی از تمام وسایل کلیدزنی شامل جداساز و قطع و وصل‌کننده جریان را نشان می‌دهد. این جدول در کتاب درسی نیست. در عوض کتاب درسی بحث جداسازها به نحو دیگری اشاره شده است. موضوع جدا کردن وسایل به لحاظ حفاظت (Protection) و کلیدزنی (Switching) دنبال می‌شود و جدولی برای آن آورده شده است. در کتاب درسی پرسشی در رابطه با دو وسیله که تصویری به ظاهر مشابه دارند مطرح شده است. با توجه به علامت درج شده روی یکی از آنها، آن وسیله کلید جداساز نام‌گذاری شده است. کلید دیگر MCB است. کلید جداساز هیچ حفاظتی ندارد و از آن برای حفاظت مدار به هیچ عنوان نباید استفاده کرد.

جدول ۳- شمای فنی انواع جداسازها

Functions		
Making and breaking current	Isolating	Making, breaking and isolating
Switch 	Disconnecter 	Switch-disconnector 
Fuse-combination units		
Switch-fuse single break 	Disconnecter-fuse single break^b 	Switch-disconnector-fuse single break^b 
Switch-fuse double break 	Disconnecter-fuse double break^b 	Switch-disconnector-fuse double break^b 
Fuse-switch single break 	Fuse-disconnector single break^b 	Fuse-switch-disconnector single break^b 
Fuse-switch double break 	Fuse-disconnector double break^b 	Fuse-switch-disconnector double break^b 
NOTE 1 Equipment shown as single break may be double break.		
NOTE 2 Symbols are based on IEC 60617-7.		
^a The fuse may be on either side of the contacts of the equipment or in a stationary position between these contacts. ^b Disconnection between line and load terminals only is verified by test.		

در این پودمان مقدمات اولیه و تعاریف برای رسیدن به پنج روش راه‌اندازی طرح شده است. کتاب پس از مطرح کردن این پنج روش پرسشی دارد که پاسخ آن برای هنرجو ممکن است سخت باشد. به همین دلیل او را راهنمایی کرده است.

چرا استاندارد در هر دو روش ۱ و ۳ استفاده از بی متال را ضروری دانسته است در حالی که در روش اول راه‌اندازی، MCCB خود دارای قسمت حرارتی است؟ MCCB در روش اول، حفاظت اضافه بار برای موتور را در صورت تنظیم داراست اما به طور معمول حفاظت آن روی مدار قدرت است در صورتی که رله اضافه بار از طریق مدار فرمان حفاظت را به عهده دارد، به همین دلیل استفاده از آن با وجود قسمت حرارتی در MCCB در روش اول هم لازم است.

پرسش



پنج روش راه‌اندازی در پودمان دوم کتاب پایه‌ای برای آموزش جانمایی است. هر چند این پنج روش مستقیماً به موضوعات جانمایی و اندازه‌گذاری‌ها و فواصل که موضوع اصلی درس جانمایی است مربوط نمی‌شود اما جانمایی بر قالب این ۵ روش تا انتهای کتاب نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف پیش می‌رود. این پنج روش به صراحت استفاده از کلید فیوز به همراه کنتاکتور و رله اضافه بار (بی مثال) را ظاهراً قبول ندارد. در صورتی که ترکیب فیوز کلید دار به همراه کنتاکتور و رله اضافه بار (بی مثال) را می‌پذیرد.

در این پنج روش راه‌اندازی مطابق استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۱ اشاره‌ای به استفاده از MCB در مدارهای راه‌اندازی نشده است. این ممکن است جای سؤال باشد. MCBها تحت استاندارد IEC ۶۰۸۹۸-۱ با عنوان قطع‌کننده‌ها (کلیدهای خودکار) برای مصارف خانگی و تأسیسات مشابه معرفی می‌شوند این استاندارد مناسب نبودن کاربرد MCB را برای مصارف صنعتی (که به وسایل حفاظتی با قدرت قطع بالا نیاز دارند) قوت می‌بخشد. هرچند این حرف درستی است اما باید توجه کرد که تابلوهای LV معرفی شده در این کتاب، صرفاً برای مصارف صنعتی نیست. لذا در ادامه MCB را استثنا کرده و آن را در آموزش این بخش کتاب آورده است. در این بخش سعی شده است تصور اشتباهی که در تعریف MCB نوع B و C در ذهن برخی از برقکاران پیش آمده را اصلاح کند. این تصور نوع B را صرفاً برای مصارف روشنایی و نوع C برای مصارف موتوری مناسب می‌داند. در حالی که باید تعریف درست نوع B و C را براساس استاندارد و جداول و منحنی‌ها پیش برد.

۵- کنتاکتور

کنتاکتورها از نظر ساختار مکانیکی و الکتریکی متنوع هستند. ظرفیت کتاب درسی تکافوی اشاره به این تنوع کنتاکتورها را ندارد. بنابراین برای اطلاع بیشتر همکاران در این قسمت به دانش‌افزایی بیشتری در مورد کنتاکتور پرداخته شده است.

۱- **ولتاژ کار نامی (Rated Operational Voltage (U_e):** ولتاژ کار نامی مقدار ولتاژی است که همراه با جریان نامی، در شرایط کاربرد (درده‌بندی) تعیین می‌شود. مقدار این ولتاژ به ترمینال‌های قدرت کنتاکتور اشاره دارد.

۲- **ولتاژ عایقی (U_i):** مقدار ولتاژی که کنتاکتور با آن تست عایقی شده است، ولتاژ عایقی نام دارد. در این ولتاژ شکست عایقی اتفاق نیفتاده (کنتاکتور آسیب ندیده) است. هیچ‌گاه کنتاکتور نباید با ولتاژ عایقی مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۳- **ولتاژ ایستادگی ضربه‌ای (U_{imp}):** مقدار ولتاژ پیک با شکل موج مشخص گفته می‌شود که کنتاکتور، بدون آسیب می‌تواند آن را تحمل کند و براساس آن فاصله هوایی بین قطعات مشخص می‌شود. مقدار این ولتاژ از ولتاژهای گذرهای شبکه

که ممکن است در مدار آن ایجاد شود، بیشتر است.

جریان نامی (I_e) rated operational Current: جریان کار نامی کنتاکتور توسط کارخانه سازنده تعیین می‌شود و ولتاژ کارنامی، فرکانس نامی، وظیفه نامی، رسته (رده) بهره‌برداری و در صورت لزوم نوع محفظه محصور، در آن در نظر گرفته می‌شود. معمولاً روی برچسب کنتاکتور جریان $I_e AC1$ برای رده بارهای اهمی بیان می‌شود. برای سایر رده‌ها مثل $AC3$ به جای جریان نامی، توان مجاز به صورت زیر بیان می‌شود.

۲- وظیفه نامی Rated duty

الف) وظیفه هشت ساعته: وظیفه هشت ساعته زمانی است که در آن کنتاکت‌های قدرت کنتاکتور وصل باقی می‌ماند: در این زمان (هشت ساعت) با جریان ثابت و بدون ترمز فعال است به طوری که در خصوصیات کار کنتاکتور هیچ‌گونه تغییری پیش نیاید.

ب) کار بدون وقفه: مدت زمان کاری است که در آن کنتاکت‌های قدرت بدون بار، در حالت وصل باقی می‌ماند و در یک بازه زمان نامحدود (هفته‌ها، ماه‌ها یا حتی سال‌ها) فعال است. به طوری که هیچ‌گونه تعمیر و سرویس و تمیزکاری یا تعویض نیاز نداشته باشد. مدل‌های دیگر مثل کار متناوب، موقت کنتاکتور نیز تعریف شده است که از تعریف آنها صرف نظر می‌شود. برای پیگیری آنها می‌توان در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۱ این نوع تعاریف را دنبال کرد.

۳- جریان حرارتی فضای آزاد و محصور

Conventional free air & enclosed thermal current (I_{th} و I_{th})

کارخانجات سازنده کنتاکتور برای شرایط محیطی و کاربردهای خاص، گاهی کنتاکتورهای خود را در محفظه‌ای عرضه می‌کنند. این کنتاکتورها با توجه به این موضوع جریان حرارتی (I_{th}) خواهند داشت. این جریان حرارتی در فضای محصور از I_{th} کنتاکتوری مشابه که در فضای آزاد قرار دارد کمتر خواهد بود و در انتخاب کنتاکتورها به این موضوع هم باید توجه شود.

جریان هشت ساعته (I_{th}): حداکثر جریانی که فقط تأثیر حرارتی روی تیغه‌ها دارد. یعنی در شرایط متعارف کاری ($AC1$) و در یک شیفت کاری (۸ ساعت) و با یکبار قطع و وصل از تیغه‌های کنتاکتور عبور کرده و کنتاکتور می‌تواند تحمل کند. حداکثر جریانی که می‌تواند در شرایط متعارف ($AC1$) و سایر شرایط نامی مثل ولتاژ، فرکانس نامی تحمل شود این جریان برابر و یا نزدیک به یکی از جریان‌های گفته شده، می‌تواند باشد. با این حال، جریان دائمی با توجه به عدم قطع و وصل از بقیه جریان‌های کنتاکتور بزرگ‌تر است. به سه جریان اشاره شده جریان‌های بارمقاومتی نیز گفته می‌شود و در برچسب برخی از کنتاکتورها با RES نشان داده می‌شود.

در ادامه رده‌بندی کنتاکتورها که در کتاب درسی نیز آورده شده است به واسطه اهمیت در اینجا نیز اشاره شده است.

جدول ۴- رده بندی بهره برداری از کنتاکتورها مطابق استاندارد ۱-۴-۶۰۹۴۷ IEC

نوع بار	کنتاکتور	نوع کاربرد
AC	AC-1	بارهای غیرالقایی یا اندکی القایی - کوره مقاومتی
	AC-2	موتور روتور سیم‌پیچی: راه‌اندازی - خاموش کردن
	AC-3	موتور روتور قفسی: راه‌اندازی - خاموش کردن حین کار
	AC-4	موتور روتور قفسی: راه‌اندازی - قطع و وصل زیاد در زمان کم - تغییر جهت - ترمز
	AC-5a	قطع و وصل لامپ‌های تخلیه در گاز
	AC-5b	قطع و وصل لامپ‌های رشته‌ای
	AC-6a	قطع و وصل بانک‌های خازنی
	AC-6b	قطع و وصل برای ترانسفورماتورها
	AC-7a	بارهای کم القایی لوازم خانگی مثل همزن و مخلوط‌کن
	AC-7b	بارهای موتوری لوازم خانگی مثل هواکش‌ها و جاروبرقی مرکزی
	AC-8a	فرمان موتور کمپرسورهای تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد دستی رهاساز اضافه بار
	AC-8b	فرمان موتور کمپرسورهای تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد خودکار رهاساز اضافه بار
DC	DC-1	بارهای غیرالقایی یا اندکی القایی - کوره مقاومتی
	DC-3	موتورهای شنت: راه‌اندازی - قطع و وصل زیاد در زمان کم - تغییر جهت - ترمز دینامیکی
	DC-5	موتورهای سری: راه‌اندازی - قطع و وصل زیاد در زمان کم - تغییر جهت - ترمز دینامیکی
	DC-6	قطع و وصل برای لامپ‌های رشته‌ای

جدول رده‌بندی کنتاکتورها مطابق نوع بار، شرایط کارکرد و استاندارد IEC 60947-4 است. البته یادآور می‌شود این جدول رده‌بندی فراتر از کنتاکتورها بوده و همه کلیدها و حتی کنتاکت‌های کمکی را در بر می‌گیرد. برخی از سازندگان کنتاکتور در برچسب یا کاتالوگ آن، مدعی هستند که کنتاکتور آنها چند نوع رده (رسته) کاری را شامل می‌شود. بنابراین جریان کار نامی کنتاکتورها معمولاً شامل چند عدد است (شکل ۱۲). مثلاً جریان I_e همیشه مربوط به AC-1 می‌شود و همین‌طور برای راه‌اندازی کنتاکتور در شرایط کاری AC2 یا AC3 معمولاً جدولی داده شود تا با توجه به ولتاژ شبکه، توان موتور بر حسب کیلووات (Kw) یا آمپر (A) در آن بیان شود که طبقاً میزان جریان در این حالت از I_e کمتر است و ممکن است این کنتاکتور برای شرایط ترمزی و تغییر جهت موتور الکتریکی یعنی AC-4 هم استفاده شود. در این صورت برای آن حالت نیز جریان یا توانی اعلام می‌شود که مقدار آن از دو حالت قبل کمتر خواهد بود.

KLOCKNER-MOELLER		DIL2v-22		CEBEC		D S	
VDE 0680	220/240	380/440	500	660	V~		
AC 2/AC 3	15	22	30	15	kW		
AC 4	9	17	22	9	kW		
AC 1	$I_e = I_{th2} = 80 \text{ A}$						open IEC 158 BS 775 JEM

شکل ۱۲- برچسب یک کنتاکتور

در شکل ۱۳ کنتاکتور دیگری نیز که چند منظوره است دیده می‌شود. در شرایط AC1/ACyA تا میزان ۲۷/۵Kw بار الکتریکی و در شرایط موتوری AC3/ACyb مقدار ۱۲/۵Kw اعلام می‌شود و همین‌طور برای بارهای روشنایی اگر فلورسنت باشند با توجه به AC-5a و ضریب توان‌های مختلف، توان مناسب اعلام شده است. برای روشنایی رشته‌ای یعنی AC-5b مقدار جریان نامی ۲۵A یا توان ۵/۷Kw مشخص شده است.

برچسب کنتاکتور بانک خازنی و یک کنتاکتور کمپرسور تبرید در شکل ۱۴ نشان داده شده است که رده‌بندی آن آمده است.



در کنتاکتورهای نشان داده شده در شکل ۱۵ جریان FLA و LRA و RES مقادیری از جریان حداکثر بار - جریان رتور قفل شده و جریان بار مقاومتی را نشان می‌دهند.



۳۳

کنتاکتورهای معمول بازار معمولاً با یک جریان کار نامی عرضه می‌شوند که به راحتی بعد از نام تجاری کنتاکتور قابل تشخیص است. ضمناً گاهی در ادامه آن تعداد تیغه‌های باز و بسته کمکی روی کنتاکتور نیز آورده می‌شود مثلاً کنتاکتور ۰۱ LC۱-D۱۲ بعد از نام تجاری جریان نامی (در اینجا ۱۲A) مربوط به رسته کاری AC-۳ است و ۰۱ به این معنا است که تعداد کنتاکت‌های باز کمکی صفر عدد و کنتاکت‌های بسته کمکی ۱ عدد می‌باشد. البته در این روش که از نام تجاری کنتاکتور اطلاعات برداشت می‌شود بین سازندگان مختلف، وحدت رویه‌ای وجود ندارد. در جدول ۵ به مقایسه جریان و ولتاژ و ضریب توان $\cos\phi$ کنتاکتورها در بهره‌برداری‌های مختلف پرداخته می‌شود.

جدول ۵- شرایط کاری قطع و وصل در چند رده بندی کنتاکتورها

رده بهره‌برداری	وصل (Make)			قطع (Break)		
	$\frac{I}{I_e}$	$\frac{U}{U_e}$	$\cos\phi$	$\frac{I_c}{I_e}$	$\frac{U_r}{U_e}$	$\cos\phi$
AC-۱	۱	۱	۰/۹۵	۱	۱	۰/۹۵
AC-۲	۲/۵	۱	۰/۶۵	۲/۵	۱	۰/۶۵
AC-۳	۶	۱	۰/۳۵	۱	۱/۷	۰/۳۵
AC-۴	۶	۱	۰/۳۵	۶	۱	۰/۳۵

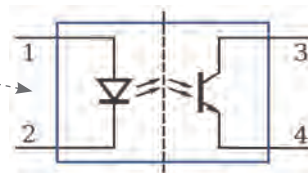
همان‌طور که ملاحظه می‌شود در قسمت سمت چپ جدول ۵، نسبت جریان وصل به جریان نامی در ستون اول و ولتاژ وصل به ولتاژ نامی در ستون دوم مشخص می‌شود. در قسمت سمت راست جدول نسبت جریان قطع به جریان نامی و در ستون آخر ضریب توان $\cos\phi$ مشخص می‌شود.

رده بهره‌برداری وسایل کلیدزنی از جدول ۵ قابل استفاده است و در استاندارد IEC۶۰۹۴۷-۳ و IEC۶۰۹۴۷-۵ به آنها پرداخته شده است و به موضوع کنتاکت‌های کمکی و رده‌بندی بهره‌برداری اشاره شده است. رده‌بندی بهره‌برداری کنتاکتورهای کمکی (فرمان) در جدول ۵ بسیار مفصل‌تر از کتاب درسی آورده شده است.

جدول ۶- رده بندی بهره برداری مدارات فرمان مطابق استاندارد IEC ۶۰۹۴۷

استاندارد	وسیله	نوع کاربرد
۶۰۹۴۷-۵	AC-12	کنترل بارهای مقاومتی و بارهای حالت جامد با جداسازی اپتوکوپلری
	AC-13	کنترل بارهای حالت جامد با ترانسفورماتور ایزوله
	AC-14	کنترل بارهای الکترومغناطیسی ($\leq 72VA$)
	AC-15	کنترل بارهای الکترومغناطیسی ($\geq 72VA$)
۶۰۹۴۷-۳	AC-20	اتصال و جداسازی در شرایط بی باری
	AC-21	قطع و وصل بارهای مقاومتی شامل اضافه بارهای در حد معمول
	AC-22	قطع و وصل بارهای مقاومتی و القایی شامل اضافه بارهای در حد معمول
	AC-23	قطع و وصل بارهای موتوری یا سایر بارهای شدت القایی
۶۰۹۴۷-۵	DC-12	کنترل بارهای مقاومتی و بارهای حالت جامد با جداسازی اپتوکوپلری
	DC-13	کنترل بارهای حالت جامد با ترانسفورماتور ایزوله
	DC-14	کنترل بارهای الکترومغناطیسی و دارای مقاومت های اقتصادی در مدار
۶۰۹۴۷-۳	DC-20	اتصال و جداسازی در شرایط بی باری
	DC-21	قطع و وصل بارهای مقاومتی شامل اضافه بارهای در حد معمول
	DC-22	قطع و وصل بارهای مقاومتی و القایی شامل اضافه بارهای در حد معمول (مثل موتور شنت)
	DC-23	قطع و وصل بارهای موتوری یا سایر بارهای شدت القایی (مثل موتور سری)

بار کنتاکت های کمکی به طور معمول می تواند بوبین کنتاکتورهای الکترومکانیکی باشد که بار الکترومغناطیسی محسوب می شوند. یا کنتاکت کمکی قسمت (A۲) و (A۱) یعنی ورودی SSR را تحریک می کند که این بار حالت جامد با جداسازی اپتوکوپلری یا حالت جامد بار ترانسفورماتور ایزوله خواهد بود. این رده بندی ها روی برچسب کنتاکت های کمکی است که جداگانه ارائه می شود (شکل ۱۶).



کنتاکت‌های
کمکی

شکل ۱۶- جداسازی اپتوکوپلری

کنتاکتورها را به گونه‌ای می‌سازند که در رده‌های مختلف قابل استفاده باشند. در مورد کنتاکت‌های کمکی نیز این موضوع صادق است. برچسب کنتاکت کمکی شکل ۱۷، آن را برای سه رده کاری مختلف و برای AC-۱۲ برابر ۱۰A و DC-۱۳ برابر ۳A و برای AC-۱۵ برابر ۶A در ولتاژ ۲۳۰V می‌تواند فعال باشد. علت تفاوت مقادیر در جدول ۷ استاندارد و مشابه آنکه قبلاً برای کنتاکت‌های اصلی نشان داده شد، قابل ملاحظه است.



شکل ۱۷- برچسب یک کنتاکتور کمکی

جدول ۷- محدوده کار کنتاکتور و رده‌بندی آنها

AC Control Circuit Utilization Categories per IEC 947-5-1	Make		Break	
	I_{th}	U/U_n	I_{th}	U/U_n
AC-12	1	1	1	1
AC-13	2	1	1	1
AC-14	6	1	1	1
AC-15	10	1	1	1

DC Control Circuit Utilization Categories per IEC 947-5-1	Make		Break	
	I_{th}	U/U_n	I_{th}	U/U_n
DC-12	1	1	1	1
DC-13	1	1	1	1
DC-14	10	1	1	1

جدول ۸ - استاندارد NEMA

AC-Control Circuit Classification-NEMA

NEMA designates Control Circuit Rating with a code letter (for current) and a voltage code.

Ratings & Test Values for AC Control Circuit Contacts at 50 or 60Hz

Contact Rating Designation	Thermal Continuous Test Current, Amperes	Maximum Current, Amperes						Voltagereper	
		120 Volts		240 Volts		480 Volts		600 Volts	
		Make	Break	Make	Break	Make	Break	Make	Break
A150	10	60	6	—	—	—	—	—	—
A300	10	60	6	30	3	—	—	—	—
A600	10	60	6	30	3	15	1.5	12	1.2
B150	5	30	3	—	—	—	—	—	—
B300	5	30	3	15	1.5	—	—	—	—
B600	5	30	3	15	1.5	7.5	0.75	6	0.6
C150	2.5	15	1.5	—	—	—	—	—	—
C300	2.5	15	1.5	7.5	0.75	—	—	—	—
C600	2.5	15	1.5	7.5	0.75	3.75	0.375	3	0.3
D150	1	3.6	0.6	—	—	—	—	—	—
D300	1	3.6	0.6	1.8	0.3	—	—	—	—
E150	0.5	1.8	0.3	—	—	—	—	—	—
								216	36

DC-Control Circuit Classification-NEMA

Rating codes for DC Control Circuit Contacts

Contact Rating Designation ¹⁾	Thermal Continuous Test Current, Amperes	Maximum Make or Break ²⁾ Current, Amperes			Maximum Make or Break Voltagereper at 300 Volts or Less
		125 Volt	250 Volt	301 to 600 Volt	
N150	10	2.2	—	—	275
N300	10	2.2	1.1	—	275
N600	10	2.2	1.1	0.4	275
P150	5	1.1	—	—	138
P300	5	1.1	0.55	—	138
P600	5	1.1	0.55	0.2	138
Q150	2.5	0.55	—	—	69
Q300	2.5	0.55	0.27	—	69
Q600	2.5	0.55	0.27	0.1	69
R150	1	0.22	—	—	28
R300	1	0.22	0.11	—	28

طبقه‌بندی کنتاکت‌های فرمان در استاندارد NEMA براساس رده کاری نیست و این کار براساس حروف و اعداد دیگری مشخص می‌شود مثلاً در برجسب شکل ۱۷ در گوشه سمت راست در کادری نوشته شده $A600/Q600$

قسمت اول $A600$ مربوط به ولتاژ AC است و قسمت دوم $Q600$ مربوط به ولتاژ DC است. با توجه به جدول ۸ در قسمت اول تا $10A$ تحمل جریان تعریف شده است که با $AC-12$ روی برجسب از استاندارد IEC یکسان است. اما کنتاکت‌های فرمان ممکن است یک لامپ، آژیر یا موتور کوچک را قطع و وصل نماید. بر این اساس هم طبقه‌بندی دیگری در استاندارد $IEC 60947-3$ صورت گرفته است. این طبقه‌بندی به صورت $AC-20$ تا $AC-23$ در جداول قبلی مشاهده شد. البته استفاده از این طبقه‌بندی به صورت رده در استاندارد NEMA مجاز نیست و معادلی برای آن ندارد. به همین خاطر نوشتن آن روی کنتاکتورها نادر است. با توجه به اینکه $IEC 60947-3$ به کلیدها و جداسازها می‌پردازد و رده‌بندی $AC-20$ تا $AC-23$ محدود به کنتاکت‌های کمکی نشده، روی کلیدهای گردان، کلید فیوزها و جداسازها می‌توان این نمونه طبقه‌بندی را ملاحظه کرد (شکل ۱۸ و ۱۹).



شکل ۱۸- کلید گردان

رده بهره‌برداری SSR ها و Soft starter ها در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۴ آمده که تقریباً مشابه جدول اصلی رده بهره‌برداری است اما رقم سمت چپ یک عدد ۵ اضافه می‌شود (شکل ۲۰ و ۲۱). در شکل ۲۱، SSR در رده AC۵۳a جریان A۱/۱ و در AC۵۱ جریان A۲۰ خواهد بود. در برجسب Soft Starter نیز عبارت AC۵۳b و A۹ قابل مشاهده است.



شکل ۱۹- فیوز سکسیونر

SOFT STARTER	
CAT.	SER.
150-C9NBD	A
IEC/EN 60947-4-2	FRN 2.03
9A: AC-53b: 3.5-15: 3585	
3 PHASE ONLY	
Line Voltage 200V~480V, 50/60Hz	
Control Voltage 100V~240V	
V	230 380 400 415 500
Hz	2 2 4 4 4
MAX CONT CURRENT	15.5S



شکل ۲۱- برجسب یک SSR

شکل ۲۰- برجسب یک سافت استارتر

رده بهره‌برداری سافت استارترها (Soft Starter) و اس اس آرها (SSR) در جدول ۹ به‌طور مفصل آورده شده است.

جدول ۹- رده بندی بهره برداری از SSR و soft starter مطابق استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۴

استاندارد	رده	نوع کاربرد
۶۰۹۴۷-۴-۱	AC-51	بارهای غیرالقایی یا اندکی القایی - کوره مقاومتی
	AC-55a	قطع و وصل لامپهای تخلیه در گاز
	AC-55b	قطع و وصل لامپهای رشته‌ای
	AC-56a	قطع و وصل بانکهای خازنی
	AC-56b	قطع و وصل برای ترانسفورماتورها
۶۰۹۴۷-۴-۲	AC-52a	موتور روتور سیم‌پیچی: کار ۸ ساعته با جریان زیر بار برای راه‌اندازی، شتاب، کار
	AC-52b	موتور روتور سیم‌پیچی: کار متناوب
	AC-53a	موتور روتور قفسی: کار ۸ ساعته با جریان زیر بار برای راه‌اندازی، شتاب، کار
	AC-53b	موتور روتور قفسی: کار متناوب
	AC-58a	فرمان موتور کمپرسورهای تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد خودکار رهاساز اضافه بار- کار ۸ ساعته با جریان زیر بار برای راه‌اندازی، شتاب، کار
	AC-58b	فرمان موتور کمپرسورهای تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد خودکار رهاساز اضافه بار- کار متناوب

۶- عمر کنتاکتورها

در گذشته عمر کنتاکتورها با ترکیب حروف و اعداد مشخص می‌شد. این کد ترکیبی از یک حرف A تا F در کنار یک عدد، A تا F اشاره به 10^3 تا 10^8 داشت مثلاً E3 تعداد دفعات قطع و وصل مفید را 3×10^7 بار مشخص می‌کرد. فاکتور عمر را امروزه روی برچسب در نظر نمی‌گیرند اما به این موضوع به شکل دیگری اهمیت داده می‌شود. Electrical Life یا Electrical Durability در یک کنتاکتور تعداد دوره‌های عمل در شرایط تحت بار، با توجه به رده بهره‌برداری و بدون تعویض یا تعمیر محاسبه می‌شود و به نمودارهایی که سازندگان ارائه می‌دهند بستگی دارد. در این نمودارها محور افقی جریان قطع IC می‌باشد و محور قائم تعداد دفعات عمل کردن کنتاکتور در رده‌های AC-1 و AC-3 است. این جریان

IC مطابق جدول ۷ همان جریان نامی است. این جریان در مورد رده AC-۴ به مقدار ۶ برابر جریان نامی خواهد بود که روی محور افقی نمودار باید انتخاب شود. محل برخورد مقدار روی محور جریان و محور قائم کنتاکتور مورد نیاز را مشخص می کند و یا در صورت مشخص بودن کنتاکتور، دفعات عملکرد کنتاکتور که همان عمر کنتاکتور است را به ما خواهد داد.

توجه



محور عمودی از 10^3 شروع می شود و اعداد بالای اعداد توان دار با پایه ۱۰ ضریب عدد توان دار خواهد بود مثلاً عدد ۲ بالای 10^4 به معنی 2×10^4 بار خواهد بود.

مثال ۱



عمر (دوام) الکتریکی کنتاکتور (SIEMENS) ۳TF۴۸ که بار آن، موتور الکتریکی ۳۷ کیلو وات و در بهره برداری AC-۳ است را محاسبه کنید؟ پاسخ: با توجه به اینکه جریان قطع در شرایط AC-۳ برابر $I_c = I_e = 75A$ است مطابق نمودار طول عمر کنتاکتور، عمر کارکرد آن $1/3 \times 10^6$ بار کلیدزنی خواهد بود.

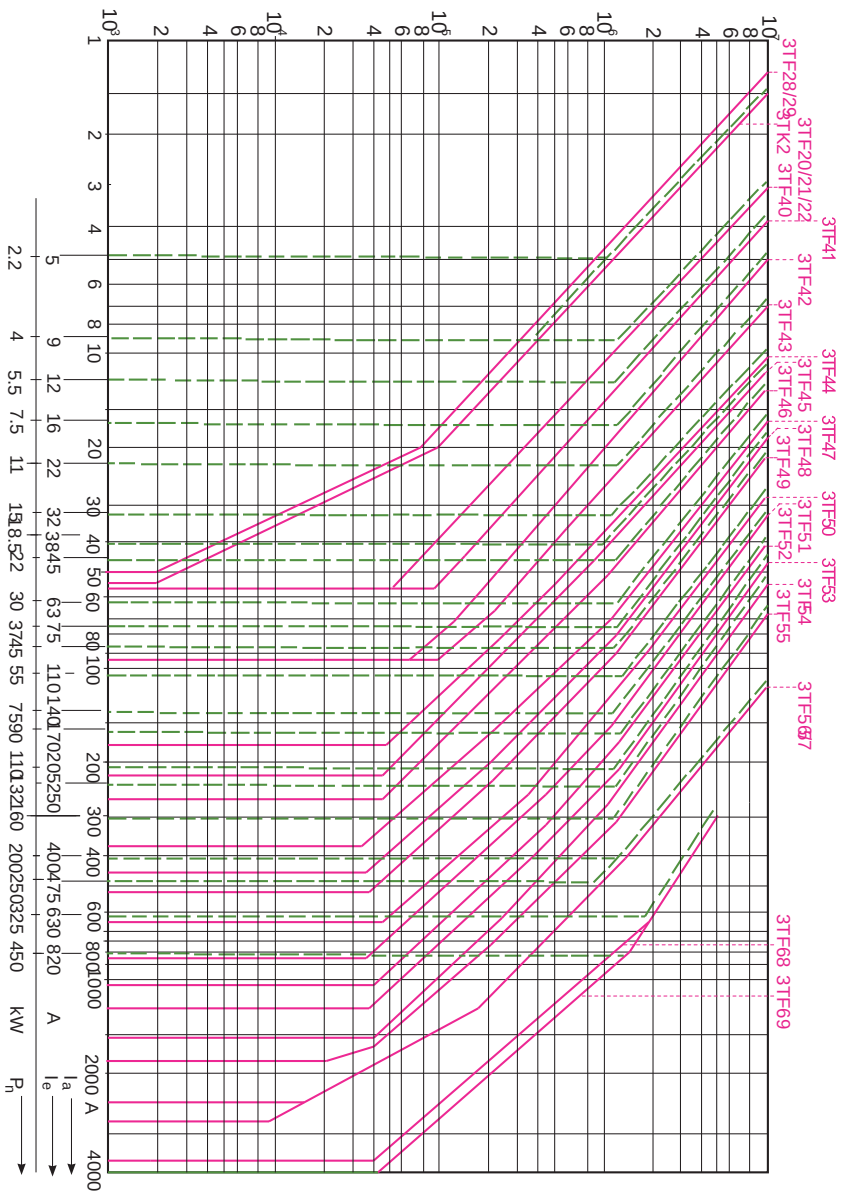
مثال ۲



عمر (دوام) الکتریکی کنتاکتور (SIEMENS) ۳TF۵۲ که بار آن، موتور الکتریکی ۴۰ کیلو وات و در بهره برداری AC-۴ است را محاسبه کنید؟ پاسخ: با توجه به اینکه جریان قطع در شرایط AC-۴ برابر $I_c = I_e = 46A$ است مطابق منحنی جدول شکل ۲۲ عمر خدمت آن 2×10^5 عمل کلیدزنی خواهد بود.

با توجه به اینکه کنتاکتورها در شرایط بهره برداری مختلف به کار گرفته می شوند و اکثر مواقع در مورد موتورهای القایی در ترکیبی از شرایط کاری AC-3 و AC-4 (Mixed Operation) کار خواهند کرد، رابطه ای به صورت زیر مطرح می شود که در آن X: نماینده عمر کنتاکتور در کار ترکیبی AC-۳ و AC-۴ است و حرف A: نشان دهنده عمر در شرایط کار AC-3 و حرف B نیز عمر در شرایط کار AC-4 و C، درصد AC-4 از کل دوره عملکرد کنتاکتور را نشان می دهد.

$$X = \frac{A}{1 + \frac{C}{100} \left(\frac{A}{B} - 1 \right)}$$



شکل ۲۲- منحنی عمر کنتاکتور



عمر الکتریکی کنتاکتور (SIEMENS) ۳TF۴۸ که بار آن، موتور الکتریکی القایی ۳۷ کیلو وات است و در کل دوره بهره‌برداری از این کنتاکتور فقط ۳۰ درصد آن در شرایط AC-۴ بوده را محاسبه کنید؟
 مقدار جریان در رده AC-۳ برابر است با: $I_C = I_E = 75A$ و مطابق نمودار $A = 1/3 \times 10^6$ خواهد بود.
 مقدار جریان در رده AC-۴ برابر است با: $I_C = I_E = 450A$ و مطابق نمودار $B = 5 \times 10^4$ خواهد بود.

$$X = \frac{1/3 \times 10^6}{1 + \frac{30}{100} \left(\frac{1/3 \times 10^6}{5 \times 10^4} - 1 \right)} = 15/2 \times 10^4$$

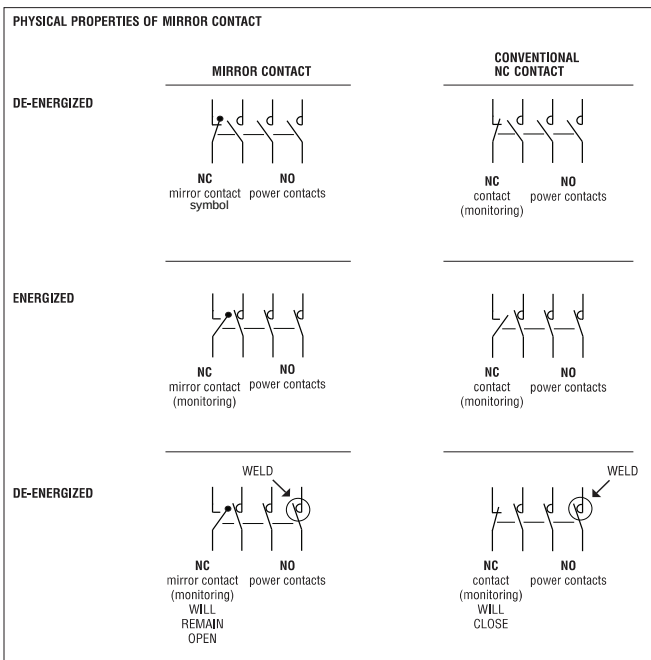
پس عمر خدمت این کنتاکتور $15/2 \times 10^4$ عمل کلیدزنی خواهد بود.

۷- کنتاکت آینه‌ای و کنتاکت رابط مکانیکی

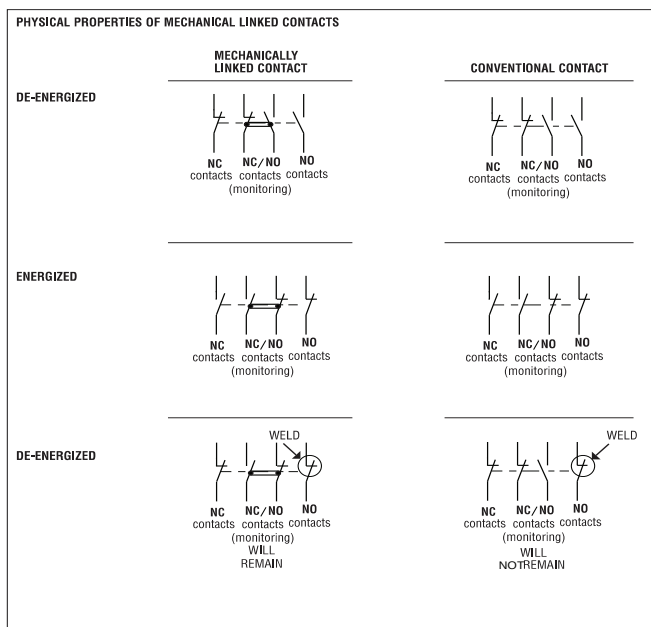
کنتاکت آینه‌ای در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۴-۱ و کنتاکت رابط مکانیکی در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۵-۱ آمده است و هر کدام صفحاتی را به خود اختصاص داده‌اند. کنتاکت آینه‌ای Mirror Contact کنتاکت کمکی است که عملکرد آن در رابطه با بسته شدن کنتاکت قدرت تعریف می‌شود. ولی کنتاکت رابط مکانیکی کنتاکت کمکی است که بسته شدن آن در رابطه با کنتاکت کمکی دیگری تعریف می‌شود. هر دو آنها در مقابل کنتاکت‌های معمول Conventional مطرح می‌شوند. خاصیتی که این کنتاکت‌ها دارند این است که بعد از برقرار شدن اگر یکی از کنتاکت‌های مجاورشان جوش بخورد و تیغه به هم بچسبد با قطع برق، کنتاکت‌های کمکی معمول هم‌زمان به حال اولیه خود برمی‌گردند اما کنتاکت‌های فوق به حالت قبلی برگشت نکرده و در وضعیت عملکرد خود باقی می‌مانند. هرچند برق مدار قطع شده باشد (شکل ۲۳ و ۲۴).



شکل ۲۳- کنتاکت های آینه ای



شکل ۲۴- کنتاکت رابط مکانیکی



انتخاب و تنظیم رله اضافه بار: رله اضافه بار معمولاً از روی جریان نامی موتور الکتریکی انتخاب می‌شود اما با توجه به محدوده تنظیم شده و کلاس قطع صورت می‌گیرد. همیشه برای تنظیم رله اضافه بار به جریان واقعی موتور الکتریکی (که هیچگاه از جریان نامی، نباید بیشتر باشد) توجه شود. همچنین دمای محیط که در این تنظیم بسیار حائز اهمیت است.

۸- تنظیم رله اضافه فاز

الف) تنظیم رله اضافه بار (زمان راه‌اندازی کمتر از زمان قطع رله): تنظیم این رله در راه‌اندازی موتورهایی که زمان راه‌اندازی آنها کمتر از زمان قطع رله اضافه بار در جریان راه‌اندازی است. به این شکل است که اگر جریان کشیده شده به هر دلیل از جریان نامی موتور بیشتر شده باشد ابتدا علت را باید بررسی کرد زیرا مطابق جدول ۱۰ در صورتی که ۵ درصد اضافه بار وجود داشته باشد در زمان بیشتر از دو ساعت رله حرارتی اضافه بار قطع خواهد کرد البته این موضوع و مقادیر جدول تابع سرد بودن و گرم بودن نیز هست. به طوری که مقدار سطر اول جدول مربوط به دمای تا ۲۰ درجه است و در دمای ۴۰ درجه در جریان نامی هم ممکن است رله اضافه بار بعد از ۲ ساعت قطع کند. بنابراین در تنظیم رله به منحنی دما - زمان ارائه شده توسط سازنده باید توجه داشت.

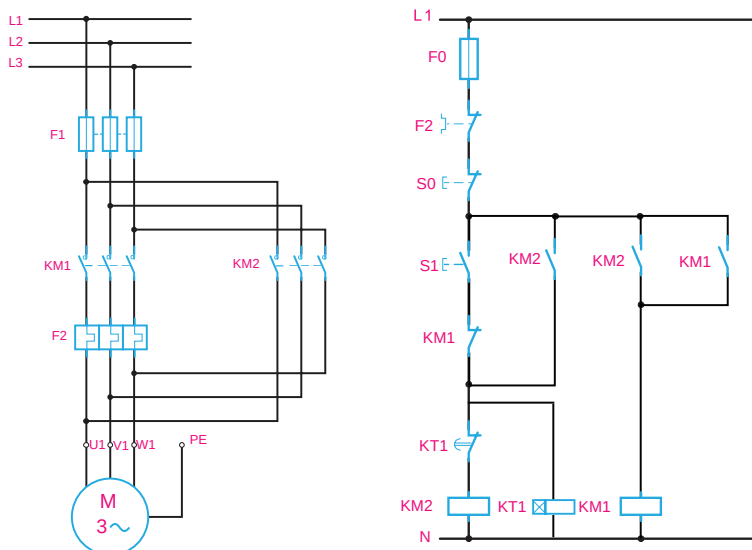
جدول ۱۰- تنظیم رله اضافه بار

ضریب تنظیم جریان	همه رله‌های اضافه بار با کلاس آنها			
	زمان قطع			
۵٪ افزایش جریان نامی ۱/۰۵	(بیشتر از دو ساعت) $\geq 2h$			
۲۰٪ افزایش جریان نامی ۱/۲	(کمتر از دو ساعت) $\leq 2h$			
	۱۰ A Class	۱۰ Class	۲۰ Class	۳۰ Class
۵۰٪ افزایش جریان نامی ۱/۵	$< 2min.$	$< 4min$	$< 8min$	$< 12min$
۷/۲	۲-۱۰sec	۴-۱۰sec	۶-۲۰sec	۹-۳۰sec

ب) تنظیم رله اضافه بار (زمان راه‌اندازی پیش از زمان قطع رله): انتخاب و تنظیم رله اضافه بار برای موتورهایی که زمان راه‌اندازی آنها بیشتر از زمان قطع رله بی مثال در جریان راه‌اندازی است به این شکل است که انتخاب رله مانند حالت قبل است اما باید توجه داشت که معمولاً جریان راه‌اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی است. **۱** برای تنظیم رله به سطر آخر جدول ۱۰ توجه شود. رله اضافه بار از روی کلاس قطع آن انتخاب شود و اطمینان حاصل شود که زمان قطع رله در جریان ماندگار راه‌اندازی از زمان راه‌اندازی موتور بیشتر است. یعنی اگر زمان راه‌اندازی ۲Sec باشد

می‌توان از رله اضافه بار کلاس $10A$ استفاده کرد. اگر زمان راه‌اندازی $6Sec$ باشد هرچند می‌توان از رله اضافه بار کلاس 20 استفاده کرد. در این صورت $6Sec$ در بازه زمان قطع قرار ندارد ولی اگر از کلاس 10 استفاده می‌شود چون $6Sec$ بازه کلاس قبلی قرار دارد هنگام راه‌اندازی اضافه بار رخ داده و موتور قطع می‌شود.

۲ انتخاب و تنظیم رله اضافه بار مانند حالت اول انجام شود. برای گذر از راه‌اندازی زیر بار چون مانند قبل، زمان راه‌اندازی موتور بیشتر از زمان قطع رله است، یک مسیر کنار گذر (bypass) برای رله در نظر می‌گیرند و با یک کنتاکتورپل (Bridge) این کار مطابق شکل ۲۵ انجام می‌شود.



شکل ۲۵- روش راه‌اندازی توسط مسیر کنار گذر

۹- نقشه مسیر جریان

در این نقشه با دنبال کردن جریان بین‌هادی‌های برقدار می‌توان درک بهتری از کار مدار پیدا کرد، در این نقشه موارد زیر در نظر گرفته می‌شود چرا که در نقشه‌های فرمان و قدرت تمام اتصالات الکتریکی بین قطعات موجود در طرح مشخص نمی‌شود.

۱ برای آنکه هنگام سیم‌کشی در تابلو برق مغایرتی با پنج حالت راه‌اندازی مطابق IEC 60947-4-1 نداشته باشیم، در نقشه مسیر جریان ابتدا تغذیه اصلی به عنوان اولین مسیر جریان شامل یک جداساز و یا MCCB، در سمت چپ رسم و نشان داده می‌شود.

۲ در ادامه از چپ به راست ابتدا مدار قدرت و بعد در کنار آن مدار فرمان رسم می‌شود، تغذیه مدار فرمان از فاز مربوط و همچنین نول در مدار قدرت مشخص

و نشان داده می‌شود.

۲ در قطعاتی مثل کنتاکتورها در مدار قدرت که زیر هم قرار دارند مسیرهای عمودی جریان به ترتیب مشخص و پشت سرهم شماره‌گذاری می‌شوند تا به مدار فرمان می‌رسیم.

۳ هر کدام از پله‌های نردبان افقی که مدار فرمان را تشکیل می‌دهند، به ترتیب شماره‌ای به خود اختصاص می‌دهد. (در ادامه به آن عدد پتانسیل نیز خواهیم گفت) به این ترتیب تمام شماره مسیرهای جریان مشخص می‌شود.

۴ علاوه بر این در نقشه‌های مدار فرمان موقعیت هادی باید با شماره سیم (wire Number) مشخص شود در اینجا با دو رقم (البته ۹۰ درجه چرخیده به چپ) مشخص و نشان داده شود. رقم اول شماره پله نردبان مربوط یا عدد پتانسیل آن است اما رقم دوم محل قرار گرفتن هادی اتصالی بین دو قطعه در آن پله نردبان است هر مرحله که سیمی قطع می‌شود شماره به سیم جدید تعلق می‌گیرد البته شماره‌ای ثبت می‌شود که به واسطه آن سیمی از داخل به خارج یا در تابلو رفته باشد در این روش از پایین به بالا شماره‌گذاری صورت گیرد.

۱۰- نقشه مونتاز

برای مونتاز قطعات الکتریکی در تابلو برق و سیم‌کشی آنها از این نقشه استفاده می‌شود هر چند این نقشه شبیه نقشه جانمایی تابلو است اما علاوه بر موقعیت مکانی برای شماره سیم‌ها، ترمینال و تمامی اتصالات سیم‌ها روی قطعات را به ترمینال‌ها آدرس‌دهی و نشان می‌دهند. در این نقشه سیم زمین، اتصالات و ترمینال‌های مورد نیاز آنکه در نقشه مسیر جریان نشان داده نشده را نیز باید حتماً نشان داد.

۱۱- نقشه خارجی

قطعاتی که روی در تابلو نصب می‌شوند و یا خارج از تابلو قرار می‌گیرند و نحوه اتصال آنها به ترمینال‌های تابلو که جهت سربندی لازم است در این نقشه مشخص می‌شود البته در اینجا تمام اتصالات مربوط به قطعات خارجی مثل شستی‌ها، ترمینال تعلق نمی‌گیرد بلکه آنها ابتدا روی در تابلو یا جعبه مربوط، به هم سیم‌کشی شده و خروجی آنها به تابلو آمده و ترمینال به آنها تعلق می‌گیرد. در این نقشه باید توجه داشت که ترمینال‌ها از چپ به راست شماره‌گذاری شده و در قسمت پایینی هر ترمینال نوشته می‌شود، در قسمت بالایی هر ترمینال نیز شماره سیم آن (برای مدارهای قدرت همان شماره‌های تک رقمی مسیر جریان درج و برای نول N و برای هادی حفاظتی PE) نوشته می‌شود و نباید تفاوتی بین شماره‌ها و نوشته‌های روی ترمینال‌ها در نقشه‌های مونتاز و خارجی داشته باشیم.

فصل دوم

دانش افزایی تابلو برق تأسیسات کارگاهی

مقدمه

نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف شامل وظایفی است که مونتاژکار تابلو برای عملکرد بخش الکتریکی تابلو باید انجام دهد. وظیفه مونتاژکار این است که با دراختیار داشتن نقشه قدرت، فرمان و جانمایی و نیز فریم (قالب) و صفحه نصب (سینی تابلو) و ارائه یک سری جزئیات (details) که معمولاً به صورت تشریحی به تابلوساز اعلام می شود، بتواند تابلو را مطابق نقشه مونتاژ نماید. بنابراین اولین مرحله برای مونتاژ تابلو برق، آگاهی کامل از نقشه های قدرت، تک خطی و مدارات فرمان می باشد. مراحل نصب و تنظیم تابلو فشار ضعیف به این شرح است:

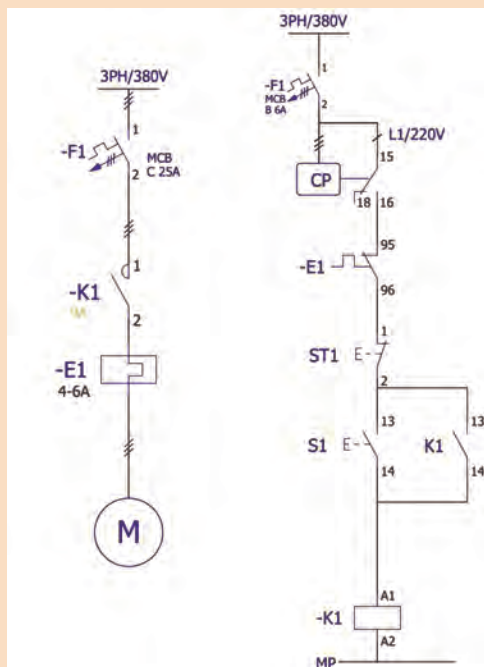
- نقشه خوانی
- تهیه قطعات و تجهیزات تابلو
- چیدمان و جانمایی اولیه
- تعیین ورودی و خروجی تابلو
- اصلاح و بازنگری
- چیدمان و جانمایی نهایی
- تست نهایی تابلو

۱- نقشه خوانی

اولین مرحله برای شروع مونتاژ تابلو برق، نقشه خوانی است. زیرا قبل از هر چیز باید دانست که تجهیزات داخلی تابلو شامل چه مواردی و چه تعدادی است و با توجه به مدار قدرت در کدام قسمت به کار گرفته می شود. الف) تهیه لیست لوازم PART LIST به همراه تیپ، نرخ جریان و تعداد قطعات باید مشخص شود. در نقشه های تک خطی به خوبی تجهیزات، تعداد و محدوده عملکرد آنها مشخص شده اند. ب) پس از اینکه لوازم و قطعات کل تابلو مشخص شد، باید چیدمان اولیه و جانمایی را طراحی کرد و محل تجهیزات را مشخص کرد. در مرحله اول شاید نیازی نباشد جزئیات را کاملاً دقیق وارد کرد بلکه منظور نزدیک شدن طرح ذهنی، روی کاغذ است تا سازنده تابلو را به هدف نزدیک تر نماید و در مراحل بعدی چیدمان را دقیق تر تنظیم نماید.



یک نمونه مدار قدرت و فرمان تابلو برق در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مدار فرمان و مدار تک خطی راه اندازی در موتور الکتریکی

از نقشه‌های تک خطی و مدار فرمان شکل ۱ می‌توان تجهیزات جدول ۱ را استخراج کرد.

جدول ۱- تجهیزات مورد نیاز برای مونتاژ تابلو

ردیف	تجهیزات مورد نیاز	جریان به آمپر	تعداد
۱	کلید مینیاتوری ۳P-MCB	C-۲۵A	۱
۲	کنتاکتور	۹A	۱
۳	بی متال	۴-۶A	۱
۴	کنترل فاز	-	۱
۵	شستی استارت و استوپ	-	۱
۶	کلید مینیاتوری سه فاز محافظ کنترل فاز و مدار فرمان	B-۶A	۱

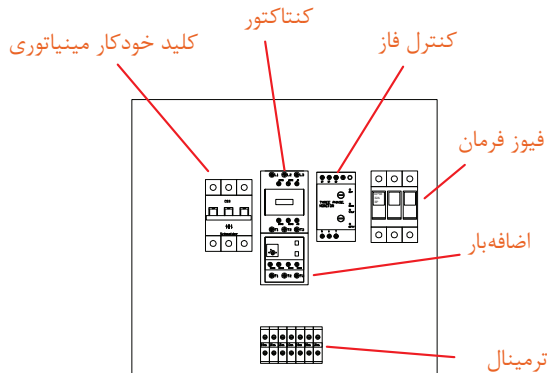
* حرف C به عنوان تیپ موتوری و حرف B به عنوان تیپ روشنایی بر روی کلیدهای مینیاتوری حک می‌شود.

بنابراین کلیه قطعات و تجهیزات را مشخص نموده و محل نصب آنها را نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. به عنوان مثال شستی استارت و استوپ، بر روی در تابلو نصب می‌شود ولی بقیه قطعات روی سینی تابلو قرار می‌گیرند.

پس از این مرحله می‌توان جانمایی قطعات را داخل تابلو فرضی ترسیم کرد. همان طور که گفته شد شمایی کلی از کار قابل مشاهده است. در کتاب درسی این مرحله تحت عنوان ترسیم شابلون چیدمان و نصب قطعات معرفی شده است. این کار اولین مهارت برای هنر جویان در اندازه‌گیری و جانمایی قطعات است. در این قسمت محاسبه ابعاد صفحه نصب (سینی تابلو) و در ادامه محاسبه ابعاد تابلو اصلی نیز قابل بررسی است.

۲- چیدمان و جانمایی اولیه

منظور از چیدمان اولیه چیدمانی است که فقط نمایی از قرار گرفتن قطعات در کل کار ارائه می‌شود. (شکل ۲).



شکل ۲- یک نمونه چیدمان اولیه عرضی

۳- تعیین ورودی و خروجی تابلو

تعیین ورودی و خروجی تابلو یعنی مسیر ورود کابل‌های ورودی و خروجی به داخل تابلو تعیین شود. کابل ورودی بعضی از تابلوها از پایین تابلو و بعضی از تابلوها از بالای تابلو وارد می‌شود. ممکن است مسیر ورود و خروج کابل از دو طرف تابلو و در مقابل همدیگر باشد.

این مسئله معمولاً قبل از ساخت تابلو از طرف گروه مهندسی طراحی مشخص می‌شود. بنابراین تابلوساز و مونتاژ کار محل ورودی - خروجی کابل‌های مختلف را باید با توجه به طراحی اولیه تعیین نماید. چون در برخی موارد ورودی - خروجی از بالا تا پایین تابلو می‌باشد. گاهی ورودی کابل از طرف بالا و خروجی از طرف پایین تابلو است. این موارد باعث می‌شود که در چیدمان و ساخت تابلو تأثیر بسزایی داشته باشد. در شکل ۳ یک نمونه تابلو با ورودی از بالا نشان داده شده است.



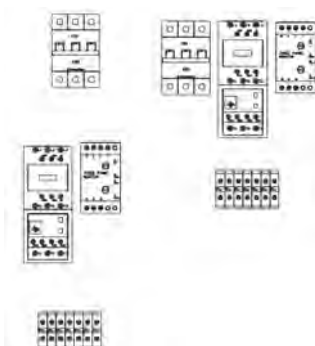
شکل ۳- ورودی از بالای تابلو

الف) نصب شینه اتصال زمین (ارت) و شینه نول: شینه‌های ارت و نول معمولاً نزدیک ورودی تابلو قرار می‌گیرد و معمولاً دو طرف ورودی و خروجی‌های ترمینال‌ها و نزدیک‌ترین مسیر به کابل‌ها قرار می‌گیرند.

ب) باس بار: باس بار، شینه‌ای است که بعد از کلید ورودی برای تقسیم بار و سیم‌ها در تابلو قرار می‌گیرد انتخاب شینه به مقدار جریان بستگی دارد.

بعد از چیدمان اولیه مقدار جریان کلیدها، مخصوصاً کلید اصلی را باید بررسی کرد. این بررسی تکلیف سیم‌کشی یا شینه‌بندی تابلو را تعیین می‌کند. شینه‌بندی می‌تواند در چیدمان و محل نصب قطعات تأثیر بگذارد و حتی ابعاد تابلو را بزرگ‌تر نماید.

در این مثال شینه‌بندی نیاز نیست. البته اگر تعداد خط‌های خروجی زیاد باشد باید از شینه به‌عنوان باس بار استفاده کرد. پس از اینکه جزئیات قطعات داخل تابلو مشخص شد می‌توان مشخصات خارجی و بدنه تابلو را مورد بررسی قرار داد.

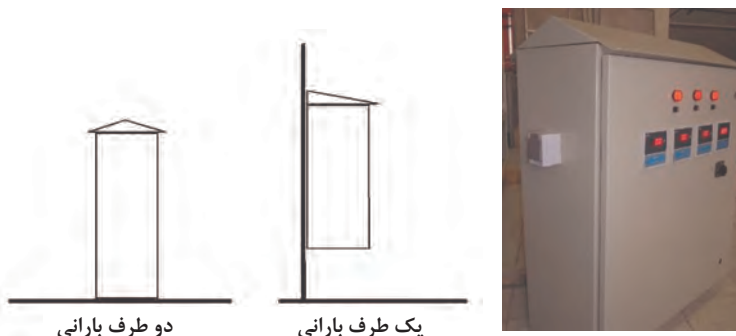


شکل ۴- چیدمان عرضی و طولی

پ) محل و موقعیت مکانی نصب تابلو: قبل از محاسبه دقیق ابعاد تابلو و جانمایی، ابتدا باید بررسی اولیه محل نصب تابلو انجام گیرد تا محدودیت‌های احتمالی تعیین شود. شاید در یک محل در عرض یا ارتفاع محدودیت وجود داشته باشد. مثلاً اگر در عرض تابلو محدودیت وجود دارد باید قطعات را به نحوی چیدمان کرد که تابلو از حالت عرضی به صورت طولی ساخته شود. (شکل ۴).

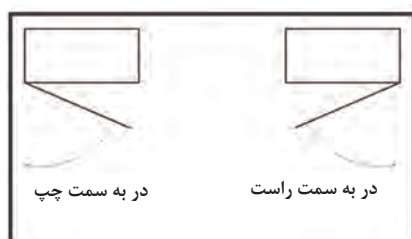
محل نصب تابلو باید از نظر ریزش آب و ورود گرد و غبار و قرار گرفتن در فضای بسته و مسقف یا فضای باز بررسی شود.

- اگر تابلو در فضای باز قرار دارد بدنه تابلو باید بارانی دو طرفه طراحی شود و اگر تابلو چسبیده با دیوار باشد باید به صورت یک طرف بارانی ساخته شود. (شکل ۵)



شکل ۵- تابلو دو طرف بارانی و یک طرف بارانی در فضای باز

ت) محل باز و بسته شدن در تابلو - از چپ یا از راست: معمولاً باز شدن در تابلوها از سمت چپ به راست باز می‌شود این طراحی با کمی بررسی (در صورت نیاز) به نوع از راست به چپ قابل تغییر است. (شکل ۶).



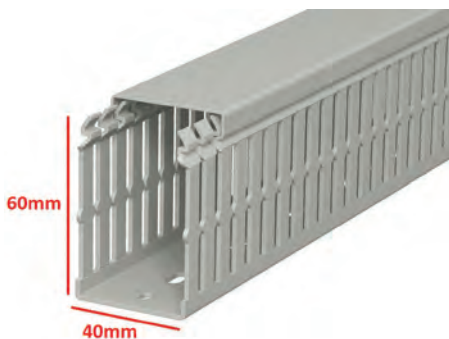
شکل ۶- باز و بسته شدن در تابلو

مطابق شکل ۶ چون بدنه کناری تابلو از یک طرف به دیوار منتهی می‌شود بهتر است برای تابلو درهای متفاوت ساخته شود تا فضای کاربری در داخل تابلو با مشکل مواجه نشود.

تذکر

همیشه باید سعی شود فضای تابلو نسبت به نیاز کمی بازتر و بزرگ‌تر در نظر گرفته شود. به عنوان مثال باید فضاهایی برای فرم‌دهی سیم‌ها، فضا برای کابل‌های ورودی و خروجی، فضا برای نصب داکت روی سینی و نظایر آن در نظر گرفته شود.

ث) مشخصات داکت کشی در تابلو: انتخاب داکت و اندازه آن، بسیار مهم است. نباید اندازه و سایز داکت را به گونه‌ای انتخاب کرد که سیم‌ها در داخل آن فشرده باشند. نوع داکت حتماً از نوع شیاردار باشد. برای بازدهی مناسب در عبور جریان و تهویه دمای سیم‌ها، حدوداً ۳۰٪ یا یک سوم داکت باید خالی باشد تا هوا در داخل داکت در گردش باشد. بنابراین انتخاب داکت عریض‌تر می‌تواند بهتر باشد یا در مواردی که برای این کار در تابلو و ابعاد آن فضای محدودی وجود دارد، از داکت با ارتفاع بیشتر استفاده شود. مثلاً اگر داکت با عرض ۶۰ و ارتفاع ۴۰ میلی‌متر را نصب کرده است به جای آن از داکت عرض ۴۰ و ارتفاع ۶۰ استفاده کند تا فضای کافی برای عبور سیم‌ها در داکت وجود داشته باشد (شکل ۷).



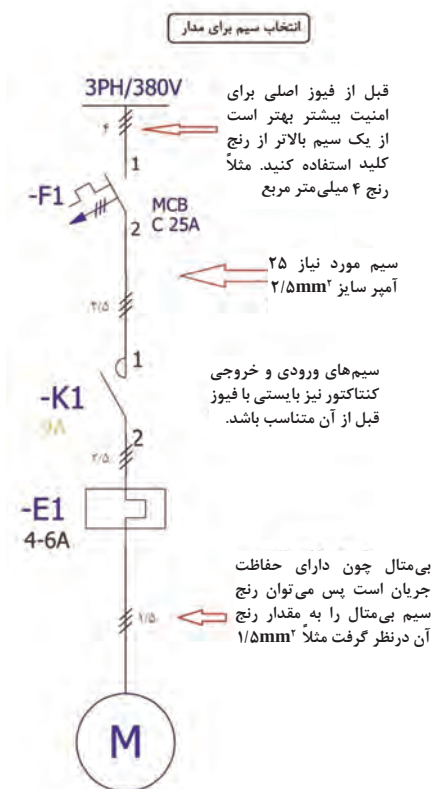
شکل ۷- داکت پلاستیکی شیاردار

ابعاد داکت‌ها بسیار متنوع است و می‌توان از آنها در سیم‌کشی تابلو استفاده کرد. در جدول ۲ ابعاد برخی از آنها اشاره شده است.

جدول ۲- ابعاد داکت

ارتفاع mm	۲۰	۲۵	۲۵	۳۰	۴۰	۴۰	۶۰	۴۰	۴۰	۶۰	۸۰	۶۰	۶۰
عرض mm	۲۰	۲۵	۲۰	۳۰	۳۰	۴۰	۴۰	۶۰	۸۰	۸۰	۸۰	۹۰	۱۰۰

ج) مونتاژ الکتریکی: برای مونتاژ قطعات الکتریکی باید به نقشه و قواعد جانمایی قطعات دقت کرد. برای بررسی روش این کار مثال اشاره شده قبلی دنبال می شود. پس از چیدمان، نوع سیم مورد مصرف باید مشخص شود این سیم برای هر قطعه را با توجه به مقدار جریان هر قطعه مطابق نقشه تک خطی شکل ۸ تعیین می کنند. دقت به مقدار توان موتور الکتریکی در تعیین جریان مصرفی و تعیین قطعات بسیار اهمیت دارد.



شکل ۸ - نقشه تک خطی مدار الکتریکی تابلو

چ) تعیین سطح مقطع سیم ها در تابلو: تعیین سطح مقطع سیم در تابلوها می تواند در هر قسمت از مدار نسبت به فیوز تعیین شود به عبارت دیگر نیازی نیست سیم های یک خط، از ابتدا تا انتها با یک مقطع سیم در نظر گرفته شود بلکه می توان هر قسمت پایین دست کلید یا فیوز را کمتر از بالا دست در نظر گرفت (مانند شکل ۸) به این روش سیم کشی، اصطلاحاً سیم کشی پله ای گفته می شود. یعنی در هر قسمت سطح مقطع سیم نسبت به جریان فیوز قبل از خود تعیین می شود که روش بسیار اقتصادی است.

تذکر



در نقشه تک خطی یک رله اضافه جریان (بی متال) ۴-۶ آمپر وجود دارد. طبق جدول ۳ سیم شماره ۱ را برای رله اضافه جریان می توان در نظر گرفت ولی به دلیل جریان حرارتی موتور و استحکام مکانیکی بالاتر سیم، بهتر است از اندازه ۱/۵ برای این موتور الکتریکی استفاده شود.

برای تعیین نوع سیم نسبت به جریان نیز می توانید از جدول ۳ استفاده کنید.

جدول ۳- تعیین شماره سیم تابلو برق

سطح مقطع سیم		جریان نامی فیوز حفاظت کننده سیم		
مسی	آلومینیومی	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
mm ^۲	mm ^۲	(A)	(A)	(A)
۰/۷۵	-	-	۱۰(۱۰)	۱۰(۱۵)
۱	-	۶(۱۰)	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)
۱/۵	۲/۵	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)
۲/۵	۴	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)
۴	۶	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)
۶	۱۰	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)
۱۰	۱۶	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)	۶۰(۸۰)
۱۶	۲۵	۵۰(۶۰)	۶۰(۸۰)	۸۰(۱۰۰)
۲۵	۳۵	۶۰(۸۰)	۸۰(۱۰۰)	۱۰۰(۱۲۵)
۳۵	۵۰	۸۰(۱۰۰)	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵(۱۶۰)
۵۰	-	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۶۰(۲۰۰)
-	۷۰	۱۰۰()	۱۲۵(۱۶۰)	۱۶۰(۲۰۰)
۷۰	-	-	۱۶۰(۲۲۵)	۲۰۰(۲۶۰)
-	۹۵	-	۱۶۰(۲۰۰)	۲۰۰(۲۲۵)
۹۵	-	-	۲۰۰(۲۶۰)	۲۲۵(۳۰۰)
-	۱۲۰	-	۲۲۵(۳۰۰)	۲۲۵(۲۶۰)
۱۲۰	-	-	۲۲۵(۳۰۰)	۲۶۰(۳۵۰)
-	۱۵۰	-	۲۲۵(۲۰۰)	۲۶۰(۳۰۰)
۱۵۰	-	-	۲۶۰(۳۵۰)	۳۰۰(۴۳۰)
-	۱۸۵	-	۲۶۰(۳۰۰)	۳۰۰(۳۵۰)
۱۰۵	۲۴۰	-	۳۰۰(۳۵۰)	۳۵۰(۴۳۰)
۲۴۰	-	-	۳۵۰(۴۳۰)	۴۳۰(۵۰۰)
-	۳۰۰	-	۳۵۰(-)	۴۳۰(-)
۳۰۰	۴۰۰	-	۴۳۰(-)	۵۰۰(-)
۴۰۰	۵۰۰	-	-	۶۰۰(-)
۵۰۰	-	-	-	۷۰۰(-)

گروه ۱: سیم‌های تک رشته تا سه سیم در یک لوله سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله.

گروه ۲: سیم‌های رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله، سیم‌های متحرک.

گروه ۳: سیم‌های تک لا در فضای آزاد (حداقل فاصله سیم‌ها، به اندازه قطر سیم).

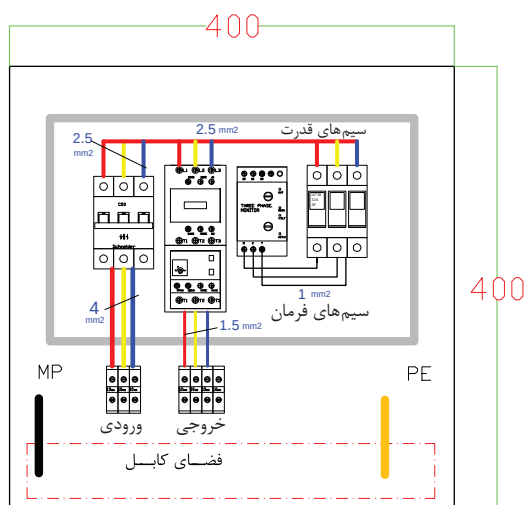
* اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده‌اند، حداکثر جریان نامی فیوز می‌باشند.

تذکر



انتخاب گروه ۲ در جدول ۳، برای سیم‌کشی تابلو مناسب تر است.

برای سیم‌کشی تابلو مرحله به مرحله از ورودی تا خروجی تابلو سیم‌کشی انجام می‌شود باید توجه داشت اندازه سیم انتخاب شده با محدود فعالیت فیوز قبل از سیم همخوانی داشته باشد. (شکل ۹).



شکل ۹- سیم‌کشی قطعات تابلو

تذکر



بهتر است سیم‌های فاز ورودی مدار فرمان (قسمت بالای فیوز استوانه‌ای) نیز ۲/۵ میلی‌متر مربع در نظر گرفته شود. زیرا فیوز قبل این قسمت از سیم‌ها، به کلید خودکار مینیاتوری ۲۵ آمپر متصل است، بنابراین باید سیم‌ها تحمل ۲۵ آمپر را داشته باشند. ولی بعد از فیوز استوانه ۶ آمپر می‌توان برای مدار فرمان از سیم ۱ mm^۲ استفاده کرد.

پس از اتمام سیم‌کشی و یا هم‌زمان، باید سیم‌ها با شماره سیم شماره‌گذاری شوند و فازها با رنگ‌بندی متمایز شوند. این کار در نگهداری تابلو و تشخیص ایراد و تعمیر الکتریکی احتمالی تابلو بسیار مهم است.

ح) زیبایی ساختار و چیدمان قطعات تابلو: زیبایی و چشم‌نوازی تابلو برق از اهمیت بالایی برخوردار است. این مورد حتی در مباحث فنی نیز خود را نشان می‌دهد. زیبایی تابلو صرفاً برای ظاهر آن نیست بلکه در بسیاری از موارد فنی فرد

سازنده تابلو را در ساخت بهتر تابلو یاری می دهد. در این قسمت به چند نمونه از موارد زیبایی تابلو اشاره می شود:

■ پس از چیدمان لوازم و نصب قطعات در مرحله بعد داکت کشی اجرا می شود. نوع داکت شیاردار، اندازه و تناسب آن و برش و فارسی بر شدن گوشه ها، جلوه بسیار خوبی به تابلو می دهد.

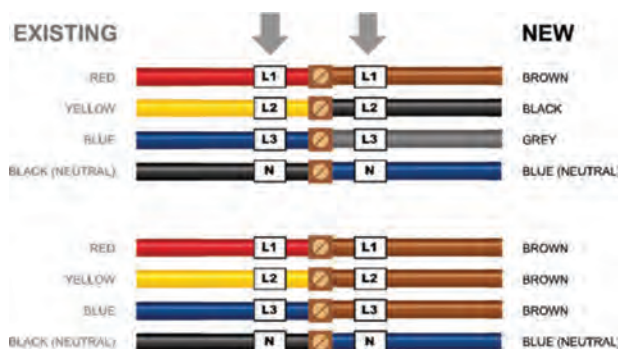
■ عبور سیم ها در کوتاه ترین فاصله مسیر در صورت نیاز، به زیبایی تابلو کمک می کند.

■ رنگ بندی سیم های هرفاز با رنگ قرمز - زرد - مشکی یا آبی یا نول / آبی و ارت زرد - سبز - قرمز - قهوه ای - مشکی مهم است (جدول ۴).

جدول ۴- رنگ بندی سیم ها در تابلو

	Pre-1977 IEE	Pre-2004 IEE	Current IEC
Protective earth (PE)			
Neutral (N)			
Single phase: Line (L)			
Three-phase	L1 	L1 	L1 
	L2 	L2 	L2 
	L3 	L3 	L3 

در شکل ۱۰ رنگ بندی سیم ها در وضع موجود و مدل جدید در تابلوهای برق نشان داده شده است.



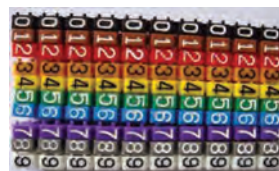
شکل ۱۰- رنگ بندی سیم ها در وضع موجود و جدید

سر سیم مورد نظر برای محکم کردن سیم‌ها زیر ترمینال قطعات الکتریکی نیز مطابق جدول ۵ معرفی شده است.

جدول ۵- رنگ‌بندی سرسیم‌ها

رنگ	آبی	قرمز	مشکی	طوسی	نارنجی	سبز	قهوه‌ای	سفید	مشکی بزرگ
اندازه سیم mm^2	۰/۵	۱/۰	۱/۵	۲/۵	۴/۰	۶/۰	۱۰	۱۶	۲۵
حدود جریان	۶A	۱۰A	۱۶A	۲۰A	۳۲A	۳۸A	۴۵A	۶۳A	۸۰A

خ) شماره سیم: شماره سیم یکی از ملزوماتی است که باید روی هر سر سیم مشخص شود و در انتهای ساخت تابلو، با نقشه تطابق داشته باشد. رعایت و شماره سیم‌گذاری در تابلو به شدت در تعمیر و نگهداری از تابلوهای برق به تعمیرکار کمک می‌کند. در شکل ۱۱ چند نمونه شماره سیم نشان داده شده است



شکل ۱۱- کاربرد شماره سیم در تابلو خیلی اهمیت دارد.

د) نحوه شماره‌گذاری روی تجهیزات (tag number)

اصولاً برای هر قطعه در تابلو با توجه به حروف قراردادی اسم تعیین می‌کنند تا ارتباط کلیدها و فیدها با یکدیگر با نظم خاصی برقرار باشد و آنها را در نقشه بتوان متمایز کرد. در جدول ۶ به چند نمونه نام‌گذاری قطعات پرکاربرد اشاره شده است.

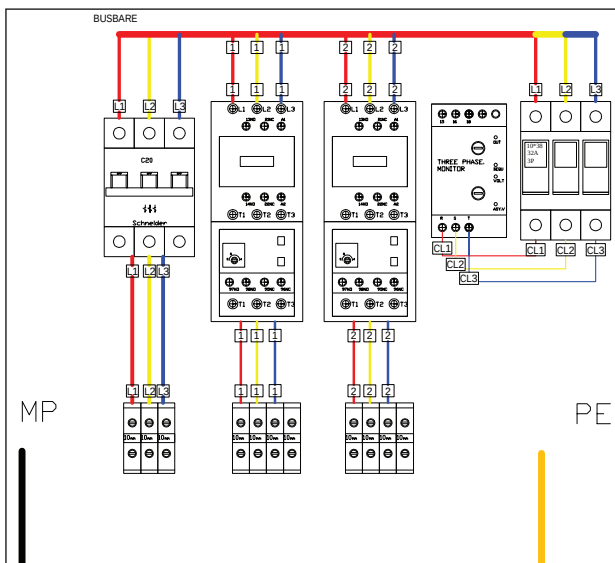
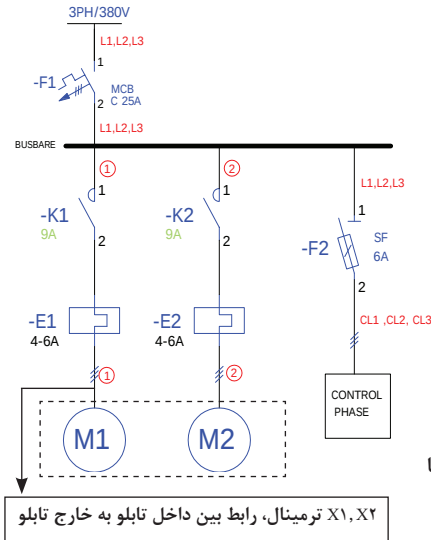
جدول ۶- نام‌گذاری قطعات در تابلو

نوع وسیله	حروف شناسایی	نوع وسیله	حروف شناسایی	نوع وسیله	حروف شناسایی
وسایل اندازه‌گیری	P	خازن	C	موتور	M
کلید نیرو	Q	فیوز	F	ژنراتور	G
کلید فرمان	S	هشداردهنده	H	گرمایش	E



نحوه شماره گذاری در مواردی با هم تفاوت دارند و می توانند تا حدودی سلیقه ای باشد ولی مهم این است که شماره روی سیم با نقشه مطابقت داشته باشند تا بتوان در زمان ایراد و اشکال احتمالی، عیب یابی و تشخیص مسیرها را ساده تر انجام داد. در نقشه های فرمان شماره ها باید با رعایت اصول و نظم بالاتری تعیین شوند.

برای مثال، دیاگرام تک خطی و شماره گذاری شده سیم های تابلو اشاره شده قبلی، در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



۴- شینه‌بندی در تابلوهای برق

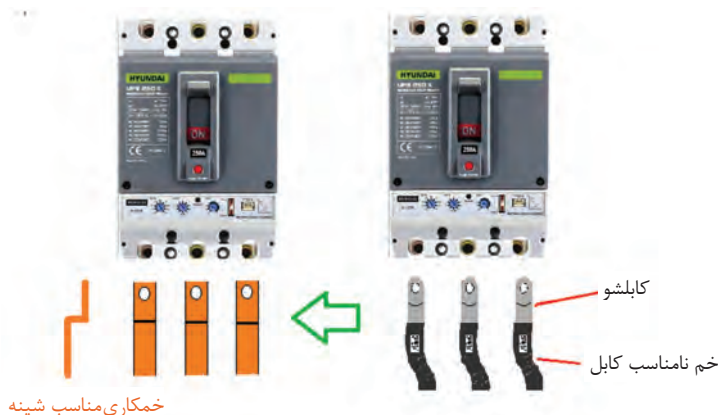
شینه در تابلو زمانی استفاده می‌شود که جریان الکتریکی عبوری از سیم‌ها از حدود ۱۰۰ آمپر بیشتر باشد.

شینه یا تسمه مسی استانداردهای مختلفی دارد و در ابعاد و اندازه‌های مختلف ساخته می‌شوند که هر کدام از آنها مقدار جریان محدودی را از خود عبور می‌دهد. هر شمش مس دارای طول، عرض و قطر یا ضخامت است. معمولاً در تابلوهای برق از ضخامت ۳، ۵ و ۱۰ میلی‌متر استفاده می‌شود.

عرض شینه در تابلو برق معمولاً با مقادیر ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میلی‌متر استفاده می‌شود.

به‌طور کلی در جریان‌های بالای ۱۰۰ و ۱۲۵ آمپر بهتر است از شینه مسی استفاده شود. شینه مسی به دلیل قابلیت مکانیکی و استحکام امکان خم کردن به صورت ۹۰ درجه در فواصل کوتاه نیز امکان‌پذیر است. برای استحکام بیشتر و عدم جابه‌جایی و تغییر حالت، به جای سیم می‌توان از شینه استفاده کرد.

به‌عنوان مثال اگر کلید ۱۶۰ آمپر در تابلو وجود داشته باشد به ارتباط الکتریکی ورودی شمش‌ها و خروجی نیاز است و ابعاد مورد نیاز شمش ۳×۲۰ میلی‌متر خواهد بود. حالا اگر قرار باشد کابل استفاده شود کابل موردنظر برای جریان ۱۶۰ آمپر سطح مقطعی برابر با سطح مقطع ۷۵ میلی‌متر مربع خواهد داشت. به دلیل قطر زیاد این کابل را نمی‌توان در فواصل کوتاه به راحتی خم کرد و باید حتماً دارای خمش مناسب باشد و سپس کابلشو شود. در صورتی که شینه، به راحتی می‌تواند خمکاری شود و به جای کابلشو، پانچ شود و به راحتی می‌توان از پیچ و مهره استفاده کرد. (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- مقایسه خمکاری شینه مسی و کابل

در برخی از کلیدها و سوئیچها، ترمینال مخصوصی قرار داده شده است که امکان اتصال شینه مسی را فراهم می‌کند ولی امکان بستن کابل برای آن وجود ندارد. البته در برخی از مدل‌های این کلیدها از هر دو مورد (شینه یا کابل)، نسبت به شرایط و جریان می‌توان استفاده کرد. (شکل ۱۵).

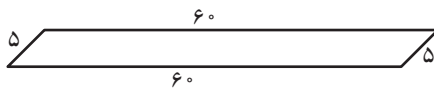


شکل ۱۵- محل اتصال ترمینال کنتاکتور

انتخاب سطح مقطع هادی در عبور جریان الکتریکی بسیار حائز اهمیت است، به‌طوری‌که مقدار جریان هادی با سطح مقطع سیم یا شینه بیان می‌شود. ولی باید این نکته را نیز مدنظر داشته باشید که مقدار سطح شینه هم می‌تواند در مقدار جریان عبوری آن تأثیر داشته باشد.

برای مثال می‌توان دو نوع شینه مسی به ابعاد 30×10 با جریان استاندارد ۶۷۶ آمپر و دیگری، شینه 60×5 با جریان استاندارد ۸۲۶ آمپر را مقایسه کرد. این دوشینه سطح مقطع یکسان دارند ولی جریان مجاز آنها با هم فرق می‌کند. علت تفاوت در مقدار سطح مؤثر شینه است. سطح مقطع هر دو شینه یکسان و برابر 300 میلی‌متر مربع است ولی سطح مؤثر شینه 60×5 بیشتر است. سطح مؤثر شینه برای عبور جریان برابر است با:

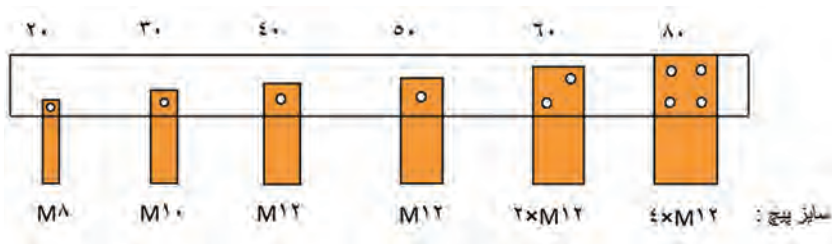
$$(60 \times 5) \Rightarrow (60 + 5) \times 2 = 130 \text{ mm}$$



$$(30 \times 10) \Rightarrow (30 + 10) \times 2 = 80 \text{ mm}$$

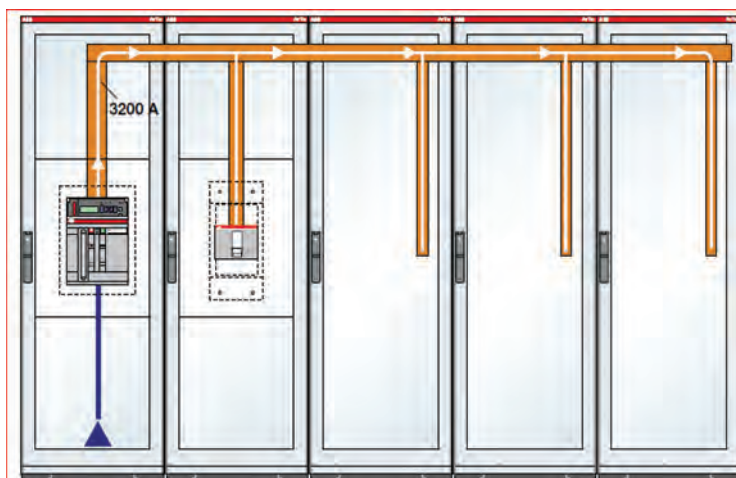


بنابراین به‌دلیل تهویه مناسب شینه 60×5 مناسب‌تر است. برای اتصال شینه‌های مسی و تعداد سوراخکاری لازم می‌توان مطابق شکل ۱۶ عمل نمود.



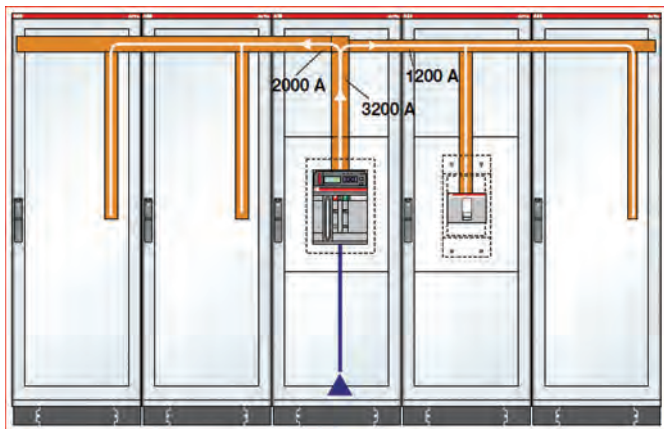
شکل ۱۶- تعداد سوراخ و تعداد پیچ برای اتصال کامل دو شمش به یکدیگر با باس بار

محل قرارگیری کلید اصلی (که ورودی بار اصلی تابلو نیز هست) می‌تواند در نوع شیشه باس بار تأثیر بگذارد. برای مثال اگر همانند شکل ۱۷ کلید اصلی در یک سمت تابلو قرار بگیرد، شیشه باس بار باید طبق کل جریان عبوری از کلید اصلی (در شکل کلید اصلی سمت چپ قرار دارد) اگر فرض شود کلید اصلی ۳۲۰۰ آمپر باشد، شیشه‌ها نیز باید طبق این جریان انتخاب شوند زیرا بار مصرفی، از این مسیر عبور می‌کند.



شکل ۱۷- نصب کلید اصلی در سمت چپ تابلو

ولی چنانچه کلید در وسط و بین تابلوها قرار گیرد، ابعاد باس بار می‌تواند نسبت به مقدار جریان عبوری از هرطرف، انتخاب شود تا در مصرف شیشه صرفه‌جویی شود. یعنی مانند شکل ۱۶، شیشه سمت راست تابلو نسبت به بار مصرفی همان طرف یعنی ۱۲۰۰ آمپر انتخاب شود و شیشه سمت چپ کلید اصلی طبق بار آن قسمت نسبت به مقدار ۲۰۰۰ آمپر تعیین شود. (جمع این دو جریان برابر جریان کلید اصلی خواهد بود).



شکل ۱۸- نصب کلید اصلی در وسط تابلو

توجه



انتخاب شینه متناسب با محل کلید اصلی فقط در قسمت باس بار اصلی (شینه افقی) صادق و قابل انجام است و شینه عمودی بالای کلید باید همیشه طبق جریان کلید انتخاب شود، زیرا در هر صورت، کل بار مصرفی از این قسمت عبور می‌کند. جریان مجاز باس بار (شینه اصلی) که برای انشعاب دادن به لوازم دیگر انتخاب می‌شود، باید حدود $1/5$ برابر جریان کلید اصلی باشد. علت این است که بر روی باس بار معمولاً تعداد سوراخ‌های زیادی برای انشعاب و اتصال به دیگر شمش‌ها، ایجاد می‌شود، بنابراین سوراخ کاری باعث کم شدن سطح مقطع شمش می‌شود.

۵- فاصله بین شین‌ها

- فاصله بین دوفاز غیرهمنام، با مقدار ولتاژ شینه، رابطه دارد. فاصله کمتر از حدمجاز، باعث می‌شود که بین دو شینه، آرک یا قوس الکتریکی پدید آید. البته این موضوع در ولتاژهای بالاتر، اهمیت بیشتری دارد.

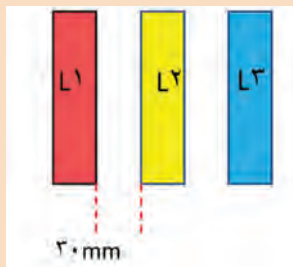
تذکر



فاصله مجاز بین فازها باید با ولتاژ هر فاز تناسب داشته باشد و این فاصله، حدوداً به ازای هریک کیلوولت، ۱ cm می‌باشد.

بنابراین در سیستم‌های فشار ضعیف (۳۸۰V)، فاصله از لحاظ قوس الکتریکی بسیار ناچیز خواهد بود. ولی برای ایمنی و حفاظت بیشتر در مقابل آرک و اتصال کوتاه، در صورت امکان، فاصله‌ها به این صورت باید باشد.

مثال



شکل ۱۹- فاصله شمش‌ها

فاصله دو شمش غیر همنام با عرض ۳۰ mm چقدر است؟ اگر شمش‌ها از طرف ضخیم شمش کنار هم قرار گیرند؟ (شکل ۱۹)
پاسخ: فاصله بین دو شمش غیرهمنام باید به اندازه عرض شمش باشد. البته در صورتی که دو شمش، موازی و احتمال اتصال دوشمش با یکدیگر، صفر باشد می‌توانند به یکدیگر نزدیک‌تر باشند.

۶- تأثیر حرارت بر روی شیشه‌ها

دما و حرارت هریک از شیشه‌های سه فاز، بر روی شیشه‌های مجاور، تأثیر می‌گذارد، مخصوصاً در مواردی مانند شکل ۲۰ که سطح قسمت عریض شیشه روبه‌روی یکدیگر باشند. (عرض شیشه‌ها مجاور همدیگر باشد).

شیشه‌های باس بار که به‌صورت شکل ۲۰ بسته می‌شوند و سطح عرض آنها روبه‌روی یکدیگر است، تأثیر دمایی و حرارتی بیشتری روی هم می‌گذارند. برای مثال در نمونه نشان داده شده باس بار دابل مشخص شده یعنی برای هر فاز، دو عدد شیشه انتخاب شده که با یک فاصله استاندارد به هم پیچ شده‌اند.

بنابراین فاصله بین شیشه‌های باس بار سه فاز به‌صورت عمودی باید به صورت زیر تعیین شود:

۱) معدل افزایش حرارت برابر ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، مشروط بر آنکه فاصله بین مجموع شیشه‌های دو فاز (D)، از ۱۰ برابر قطر مجموعه شیشه‌های یکی از فازها کمتر نباشد.

به عبارتی: $D \geq 10 \times C$

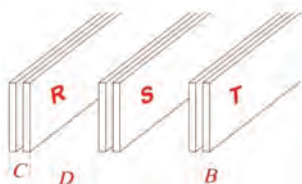
یعنی طبق شکل ۲۰، فاصله بین فازها (D)، برای شیشه دابل به قطر ۱۰ mm، برابر با:

$$D \geq 10 \times 30 = 300 \text{ mm}$$

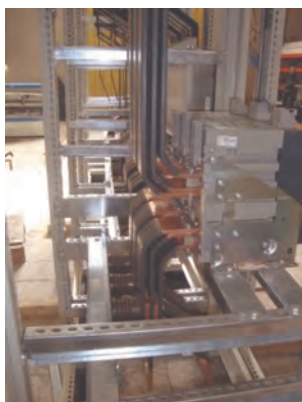
که در این رابطه قطر حاصل ضخامت دو شیشه به‌علاوه یک فاصله ۱۰ میلی‌متری است.

بنابراین فاصله بین دو فاز نباید کمتر از ۳۰ cm باشد.

۲) فاصله بین دو فاز همنام نیز باید به اندازه قطر شیشه باشد یعنی: $B = 10 \text{ mm}$
در شکل ۲۱ تعدادی شیشه دابل و سه تایی و حدود فاصله مجاز آن نشان داده شده است.



شکل ۲۰- شیشه‌های دابل



پاس بار با شینه دویل
 $10 \times 120 \text{ mm}^2$

شینه اتصال از کلید اصلی
 سوئل (سه تایی)
 $80 \times 10 \text{ mm}^2$

شکل ۲۱- شینه دو تایی و سه تایی ورودی و خروجی کلید هوایی

رعایت این نکته فنی می تواند عمق تابلو را بیشتر کند. در مواردی که محدودیت ابعاد تابلو وجود دارد چاره ای نیست جز اینکه فاصله بین شینه ها را کمتر از حد مجاز در نظر گرفت. در این صورت باید نسبت به جریان عبوری، سطح مقطع شینه را بیشتر در نظر گرفته شود.

تذکر



در صورتی که فاصله D، کمتر از مقدار فوق باشد، مقادیر ظرفیت بار طبق ضرایب جدول ۵ کاهش می یابد.

جدول ۷- کاهش ظرفیت بار شینه ها

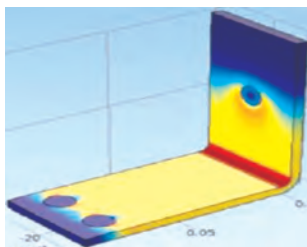
نسبت D به C	۸ برابر	۶ برابر	۴ برابر	۲ برابر
ضریب کاهش	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹	۰/۸

۲ خم شینه نباید از زاویه ۹۰ درجه کمتر باشد. زیرا در قسمت خم شده، مقاومت بالا رفته و باعث می شود، در آن نقطه جریان مجاز، کاهش می یابد. زاویه خم بهتر است ۹۰ درجه و یا بیشتر باشد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- خم شینه ها

در شکل ۲۳ میزان حرارت ایجاد شده در قسمت‌های مختلف شینه که بادستگاه اندازه‌گیری شده، نشان داده شده است. حرارت ایجاد شده بر اثر عبور جریان، روی شینه مسی در قسمت‌های مختلف متفاوت و قابل مشاهده است.



شکل ۲۳- حرارت ایجاد شده در شینه با عبور جریان الکتریکی

در قسمت خم شده، بیشترین تراکم بار و حرارت ایجاد می‌شود. رنگ قرمز بیشترین تراکم بار و به ترتیب زرد و آبی، کمترین تراکم بار و حرارت کمتر را نشان می‌دهد.

بنابراین هرچه میزان خم شینه کمتر باشد، جریان، بهتر از آن عبور می‌کند. **۴** جلوگیری از هرگونه خراشیدگی و خط و خش روی سطح اتصال شمش و سنباده زدن و سنگ گرفتن روی پلیسه‌هایی (ضایعات محیط سوراخ‌کاری) که در اثر سوراخ‌کاری ایجاد می‌شود ضروری است. خراشیدگی باعث می‌شود تا سطح اتصال شینه، ناهموار شود و در نهایت جریان به‌خوبی عبور نمی‌کند و به ایجاد حرارت زیاد در آن نقطه منتهی می‌شود.

۵ محل اتصال دو شمش با مواد چربی گیر مانند تینر کاملاً تمیز شود و می‌توان آن را با گریس‌های مخصوص آغشته کرد تا از سولفاته شدن و چرب شدن بین دوشمش به مرور زمان، جلوگیری شود.

۶ لبه‌های تیز شینه‌ها، که در اثر برشکاری ایجاد می‌شوند، باید با سوهان، پرداخت شوند. لبه‌های تیز از جمله قسمت‌هایی هستند که باعث ایجاد آرک یا قوس الکتریکی خواهند شد.

۷ ابعاد شینه‌ای که بر روی خود کلیدها نصب شده‌اند نسبت به جریان عبوری معمولاً در هر نوعی از استاندارد مشابهی استفاده می‌شوند. برای مثال شینه داخل کلید ۲۵۰ آمپر با ابعاد حدود ۲۰×۵، یا شینه کلید ۴۰۰ آمپر با ابعاد ۳۰×۵ ساخته می‌شود که در جدول ۸ به برخی ابعاد اشاره شده که نسبت به جریان کلید انتخاب می‌شوند.

جدول ۸- ابعاد شینه متناسب با جریان و ابعاد شینه‌ها برای کلیدهای کمپکت MCCB

ابعاد شینه (mm)	جریان نامی کلید
۱۵×۳	۱۰۰A
۲۰×۵	۱۶۰A و ۲۵۰A
۳۰×۵	۴۰۰A
۳۰×۱۰	۶۳۰A
۴۰×۱۰ - ۵۰×۱۰	۸۰۰A
۵۰×۱۰	۱۰۰۰A
۶۰×۱۰ - ۲(۶۰×۵)	۱۲۵۰A
۲(۵۰×۱۰)	۱۶۰۰A

این ابعاد می‌تواند در برخی مدل‌ها متفاوت باشد یعنی ابعاد شینه روی کلید با هم تفاوت داشته باشد.

تذکره ۱



اغلب شینه‌هایی که سازنده کلید استفاده می‌کند، آبکاری می‌شوند مانند آبکاری قلع، نقره و غیره. این عمل باعث می‌شود که شینه جریان بیشتری را از خود عبور دهد. جدول ۹، ابعاد و وزن شینه را بر اساس استاندارد DIN نشان می‌دهد.

تذکره ۲



جدول ۹- جدول انتخاب شینه مسی تابلو (DIN ۴۳۶۷۱)

ابعاد mm	سطح مقطع مفید ^۲ mm ^۲	وزن Kg/m	شمش تک رنگی I	شمش دوبل رنگی II
۱۵×۳	۴۴/۵	۰/۳۹۶	۱۷۰ A	۳۰۰ A
۲۰×۳	۵۹/۵	۰/۵۲۹	۲۲۰ A	۳۸۰ A
۲۰×۵	۹۹/۱	۰/۸۸۲	۳۱۹ A	۵۶۰ A
۲۵×۵	۱۲۴	۱/۱۱	۳۵۰ A	۶۰۰ A
۳۰×۵	۱۴۹	۱/۳۳	۴۴۷ A	۷۶۰ A
۳۰×۱۰	۲۹۹	۲/۶۶	۶۷۶ A	۱۲۰۰ A
۴۰×۵	۱۹۹	۱/۷۷	۵۷۳ A	۹۵۲ A
۴۰×۱۰	۳۹۹	۳/۵۵	۸۵۰ A	۱۴۷۰ A
۵۰×۵	۲۴۹	۲/۲۲	۶۷۶ A	۱۱۴۰ A
۵۰×۱۰	۴۹۹	۴/۴۴	۱۰۲۰ A	۱۷۲۰ A
۶۰×۵	۲۹۹	۲/۶۶	۸۲۶ A	۱۳۳۰ A
۶۰×۱۰	۵۹۹	۵/۳۳	۱۱۸۰ A	۱۹۶۰ A
۸۰×۵	۳۹۹	۳/۵۵	۱۰۷۰ A	۱۶۸۰ A
۸۰×۱۰	۷۹۹	۷/۱۱	۱۵۰۰ A	۲۴۱۰ A
۱۰۰×۱۰	۹۹۹	۸/۸۹	۱۸۱۰ A	۲۸۵۰ A
۱۲۰×۱۰	۱۲۰۰	۱۰/۷	۲۱۱۰ A	۳۲۸۰ A

۷- تجهیزات مدرن مؤثر در مونتاژ تابلو

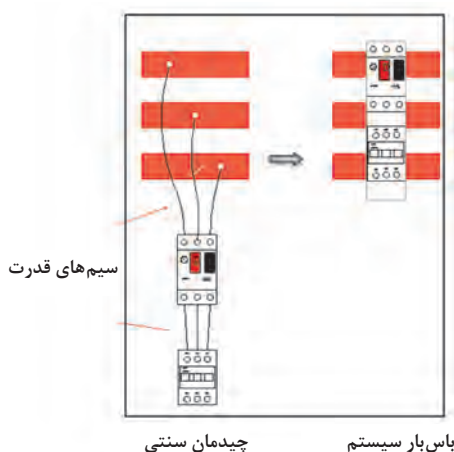
– برخی تجهیزات و قطعات وجود دارند که حجم تابلوها را کمتر می کنند و به علاوه باعث می شوند تا در زمان مونتاژ تابلو، در تعویض و نصب قطعات صرفه جویی شود و سرعت بیشتری به کار بدهند.

تجهیزات باس بار سیستم از این جمله لوازم هستند که در چیدمان و مونتاژ تابلو برق استفاده می شوند. به این صورت که قطعات الکتریکی، به صورت کشویی روی باس بار نصب و قفل می شوند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- باس بار سیستم

برای مقایسه چیدمان و فضا سازی دو روش مونتاژ سنتی و معمولی را با روش باس بار سیستم در شکل ۲۵ مقایسه کنید.



شکل ۲۵- مقایسه چیدمان باس بار و چیدمان معمولی

۸- مزایای استفاده از روش باس بار سیستم

- ۱ باس بار سیستم در فشرده سازی و کم حجم تر کردن تابلو بسیار مؤثر است. بنابراین قطعات بیشتری را با این روش می توان جاسازی کرد.
- ۲ نصب بسیار راحت و سریعی دارد.
- ۳ به راحتی می توان قطعه ای را حذف یا اضافه کرد.
- ۴ سیم کشی قدرت، حذف خواهد شد و این مسئله باعث می شود که حجم بسیار زیادی از سیم و هزینه ها کم شود و گرمایی که در اثر عبور جریان از سیم ها تولید می شود حذف نشود.
- ۵ تعمیرات و عیب یابی آسان و سریع دارد.
- ۶ زیبایی منحصر به فرد و ایمنی بالا دارد.
- ۷ صرفه جویی در مدت زمان مونتاژ و نصب به همراه دارد.
- ۸ از آنجا که سوراخ کردن شینه، برای گرفتن انشعاب از آن، امری مرسوم است. این کار باعث می شود تا سطح مقطع شینه در نقاط سوراخ شده کاهش پیدا کند لیکن در این روش به سوراخ کاری نیاز ندارد.

در شکل ۲۶ یک نمونه تابلو مونتاژ شده با شیوه باس بار سیستم نشان داده شده است.



کلید قطعات روی پاس بار قرار گرفته شده اند

شکل ۲۶- یک نمونه تابلو مونتاژ شده به روش باس بار سیستم

تست نهایی تابلو شامل ارزیابی و بررسی بخش‌های الکتریکی و مکانیکی تابلو خواهد بود. تست‌های الکتریکی به شرح زیر است.

۹- تست نهایی

برای تست نهایی ابتدا باید بازرسی‌هایی روی تابلو صورت گیرد. بازرسی مونتاژ تابلو شامل بازرسی سیم‌کشی و در صورت لزوم تست عملکرد الکتریکی تابلو است. کنتاکتورها و کابل‌ها باید از لحاظ قرارگیری و تجهیزات برای داشتن آرایش مناسب بررسی شوند. بازرسی چشمی نیز برای اطمینان از درجه حفاظت تعیین شده و حفظ شدن فاصله مجاز ضروری است. اتصالات، خصوصاً اتصالات پیچ دار باید به‌منظور مناسب بودن اتصال به‌صورت تصادفی بررسی شوند. انطباق مونتاژ تابلو با مدار فرمان قدرت و سیم‌کشی مطابق نقشه بررسی شود. همچنین ضروری است که سیم‌کشی از نظر تست عملکرد استحکام مکانیکی بررسی شود.

الف) تست مقاومت عایقی تابلو برق

تست مقاومت عایقی به منظور اندازه‌گیری مجموع مقاومت الکتریکی عایق تابلو انجام می‌شود. انجام این تست معمولاً به‌عنوان یک بررسی سریع پس از تولید، نصب یا تعمیر تابلو است. این نیز یک تست مفید برای انجام به‌هنگام تعمیر و نگهداری پیشگیرانه در مدت زمان طولانی است. تغییرات در اندازه‌گیری مقاومت عایق می‌تواند به پیش‌بینی (تعمیر یا تعویض) کمک کند.

ب) معرفی دستگاه اندازه‌گیری (تست مقاومت عایقی)

اندازه‌گیری یا تست مقاومت عایقی توسط دستگاهی به نام میگر (Megger) انجام می‌شود. میگر دستگاهی است که برای اندازه‌گیری مقاومت‌های عایقی بسیار زیاد استفاده می‌شود. روش عملکرد این دستگاه شبیه به اهم متر بوده با این تفاوت که به جای چند ولت، چند کیلو ولت بر روی قطعه مورد آزمایش اعمال می‌کند و با محدوده ۱ تا ۱۰ کیلو ولت DC بنابر نیاز قابل استفاده و موجود است و بر این اساس قادر است مقاومت‌های بسیار بالاتر (گیگا اهم) را با دقت بهتر نشان دهد. (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- دستگاه میگر

این دستگاه با تبدیل ولتاژ ۱۲ ولت (باتری داخلی دستگاه) به حداقل ۱ و حداکثر ۱۰ کیلوولت DC ولتاژ تست خود را تولید می‌نماید. این ولتاژ توسط مدارهای کنترل جریان به سرعت کنترل می‌شود به‌طوری‌که به محض افزایش جریان از حد مجاز و یا اتصال کوتاه به سرعت ولتاژ مورد نظر واحد مورد اطمینان کاهش می‌یابد. این عمل برای حفاظت سیستم‌های درونی و همچنین قطعات مورد آزمایش می‌باشد.

دستگاه‌های قدیمی به‌صورت دستی (هندلی) شارژ می‌شدند و نیاز به دشارژ دستگاه نیز بود ولی دستگاه‌های جدید با باتری داخلی شارژ شده و به‌صورت اتوماتیک بعد از انجام تست دشارژ نیز می‌شوند.

تذکر



– کاربردها و توانمندی های میگر در تابلو و دیگر تجهیزات عبارت اند از:

- ۱) اندازه گیری مجموع مقاومت عایقی در تابلوهای برق، انواع تجهیزات برقی، انواع ترانسفورماتورها، موتورها و کابل ها
- ۲) برای تست و ارزیابی سریع یک محصول بعد از تولید، نصب و یا نیازمند تعمیر می باشد و همچنین تجهیزاتی که از عمر مفید آنها گذشته است که در این صورت با نشان دادن تغییر در مقدار مقاومت عایقی از به وجود آمدن خطا جلوگیری می نماید.
- ۳) بالا بردن عمر مفید تجهیزات الکتریکی
- ۴) آزمایشات مفصل بندی و سرکابل ها
- ۵) امکان بازیابی و تست های نظارتی هنگام تحویل و دریافت کالا از انبار تجهیزات

ج) دستورالعمل تعیین مقدار تزریق ولتاژ تست مقاومت عایقی توسط دستگاه Megger در تابلوهای فشار ضعیف

در تابلوهای فشار ضعیف با اعمال ولتاژ ۱ kv DC به مدار اصلی توسط دستگاه میگر در مدت زمان ۱ دقیقه که البته با استفاده از دستگاه های با تکنولوژی جدید اپراتور زمان را ثبت نمی کند. این خود دستگاه است که به صورت هوشمند زمان مناسب را برای محاسبه مقاومت به صورت اتوماتیک محاسبه و نشان می دهد. براساس استاندارد جدید IEC 61439 مقدار مقاومت عایقی برای هر مدار می بایست حداقل $1000 \text{ V}/\Omega$ و به صورت تجربی باید بیشتر از 5 Mohm ($5 \text{ M}\Omega$) باشد. ضمناً این تست باید بین خطوط فاز، نول و ارت در ۵ حالت اتصال مطابق جدول ۱۰ انجام شود.

جدول ۱۰ – تست های عایقی فازها در تابلو

	تست عایقی فاز	L _۱	L _۲	L _۳	N	PE
۱) L _۱ with L _۲ , L _۳ , N, PE	L _۱	*				
۲) L _۲ with L _۱ , L _۳ , N, PE	L _۲		*			
۳) L _۳ with L _۱ , L _۲ , N, PE	L _۳			*		
۴) N with L _۱ , L _۲ , L _۳ , PE	N				*	
۵) PE with L _۱ , L _۲ , L _۳ , N	PE					*

دانش افزایی بانک خازنی

۱- محاسبه هزینه برق یک مشترک دیماندی

با توجه به آنکه در کتاب درسی که نمونه قبض برق یک مشترک دیماندی آمده داریم:

بهای جریمه توان راکتیو + بهای دیماند + بهای توان راکتیو = بهای برق مشترک دیماندی

B = بهای توان اکتیو مصرفی A = بهای دیماند

$$C(A+B) = \text{بهای جریمه توان راکتیو و } \cos \varphi < 0.9 \quad \text{و} \quad \begin{cases} \frac{0.9}{\cos \varphi} - 1 \\ 0 \end{cases} \quad \cos \varphi \geq 0.9$$

C = زبان ضریب

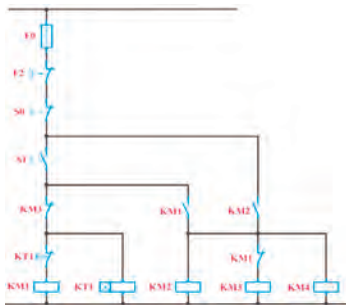
بهای کل مصرفی $= A+B+C(A+B)$

$A = \text{Max}(0.9 P_d, P_{\text{Max}}) \times \text{نرخ} \times \frac{\text{تعداد روز دیماند}}{30}$

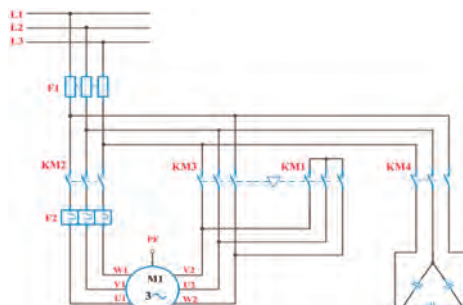
با توجه به فرمول‌های فوق برای ضریب توان‌های بیشتر از ۰/۹ فقط هزینه توان مصرفی و دیماند اخذ شده $(A+B)$ و اگر ضریب توان کمتر از ۰/۹ باشد، بهای جریمه به صورت درصدی از قیمت کل برق مصرفی $C(A+B)$ دریافت می‌شود. این هزینه به قدری زیاد است که مشترکان ترغیب به خازن‌گذاری و آزاد کردن ظرفیت شبکه برق می‌شوند.

الف) خازن‌گذاری انفرادی برای مدار ستاره - مثلث

توجه داشته باشید در مدار قدرت، خازن، به سر اول کلاف‌های موتور یعنی U_1 و V_1 متصل باشد تا در این صورت حالت ستاره، خازن، اتصال کوتاه نشود و در مدار فرمان نیز با وصل شدن کنتاکتور برق‌رسان به موتور که پس از کنتاکتور ستاره وارد مدار می‌شود کنتاکتور خازن وارد مدار شود. البته در برخی موارد از کنتاکتور برای خازن صرف‌نظر می‌شود که در این صورت مدار فرمان همان مدار فرمان راه‌اندازی ستاره - مثلث اتوماتیک خواهد بود (شکل ۱).



ب - مدار فرمان خازن‌گذاری



الف - مدار قدرت خازن‌گذاری

ب) مقایسه جریان در کنتاکتور AC-6b (کنتاکتور بانک های خازنی) و AC-3 مقایسه جریان در کنتاکتور مناسب برای بانک خازنی و کنتاکتور AC-3 مطابق جدول ۱ نشان داده شده است.

$$2012 : A1 + 2009 : IEC C 1-4-60947$$

جریان بهره برداری تعیین شده برای رده های بهره برداری AC-6a و AC-6b وقتی که از مقادیر اسمی رده بهره برداری AC-3 به دست آمده باشد.

جدول ۱- مقایسه دو نوع کنتاکتور

جریان بهره برداری اسمی	محاسبه براساس جریان وصل مربوط به رده بهره برداری AC-3
I_e مربوط به رده بهره برداری (AC-6a) برای قطع و وصل ترانسفورماتورهای دارای قله جریان هجومی که از ۳۰ برابر قله جریان اسمی بیشتر نباشد	$0.45/e (AC-3)$
I_e مربوط به رده برداری (AC-6a) برای قطع و وصل بانک های خازنی منفرد در مدارهای دارای جریان اتصال کوتاه محتمل J_k در وضعیت بانک خازنی	$i_k \frac{x^2}{(x-1)^2}$ with $X = 13 / 3 \times \frac{I_e (AC-3)}{J_k}$ andfor $j_k > 20 \Delta I_e (AC-3)$
جریان بهره برداری I_e مربوط به رده بهره برداری (AC-6a) با استفاده از فرمول برای بیشترین مقدار قله جریان هجومی عبارت است از: $I_{pmax} = \frac{U_e \times \sqrt{r}}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + \sqrt{\frac{X_C}{X_L}}}{X_L - X_C}$ که U_e ولتاژ بهره برداری اسمی X_L امپدانس اتصال کوتاه مدار X_C راکتانس بانک خازنی این فرمول در شرایطی که کاپاسیتانس (ظرفیت خازنی) طرف منبع تغذیه کنتاکتور یا راه انداز قابل صرف نظر کردن باشد و شارژ اولیه در خازن وجود نداشته باشد، معتبر است.	

ج) نمونه مثال طراحی بانک خازنی

مصرف کننده‌ای توسط شبکه ۲۰KV شهری تغذیه می‌شود. این تغذیه توسط مبدل ۲۰/۰٫۴ کیلوولت تأمین می‌شود. مقدار قدرت مورد نیاز در این پروژه ۱۰۰۰KW می‌باشد (ولتاژ در سمت مصرف کننده با در نظر گرفتن ۵ درصد افت ولتاژ ۳۸۰۷ است). مقدار خازن مورد نیاز برای تأمین توان راکتیو را برآورد نمایید.
حل: مراحل برآورد بانک خازنی مورد نظر در ۷ مرحله ارائه می‌شود.

۱ با چشم‌پوشی از ضرایب مربوط به کاهش قدرت ترانسفورماتور، اگر قرار باشد دو ترانسفورماتور هم ظرفیت موازی برای این پروژه در نظر گرفته شود ظرفیت آنها برابر خواهد بود با (با فرض $\cos\phi = 0/8$):

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{1000}{0/8} = 1250 \text{ KVA} \approx 2 \times 630 \text{ KVA}$$

۲ با فرض آنکه $\cos\phi$ سیستم برابر با ۰/۷ باشد حداقل خازن مورد نیاز جهت اینکه ضریب توان به ۰/۹ برسد برابر است با:

$$Q = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) = 1000 [\tan(\cos^{-1} 0/7) - \tan(\cos^{-1} 0/9)] = 1000 (1/0.202 - 0/4843)$$

$$Q = 1000 (0/539) = 539 \text{ Kvar}$$

۳ اگر برای هر ترانسفورماتور یک مجموعه بانک خازنی پیش‌بینی شود، ظرفیت آن برابر است با: (با فرض اینکه بانک خازن پله ثابت ندارد و دیگر اینکه توالی رگولاتور به صورت ۱:۲:۲:۲:۲ می‌باشد).

حل: اگر فرض کنیم بار به نسبت مساوی بین ترانسفورماتورها تقسیم شده است مطابق جدول ۲ داریم:

$$Q_{\text{bank}} = \frac{539}{2} = 269/5 \approx 275 = 1 \times 25 + 5 \times 50 \text{ KVar}$$

جدول ۲- ظرفیت خازن گذاری در هر مرحله

ردیف	ظرفیت خازن گذاری	Step ۱	Step ۲	Step ۳	Step ۴	Step ۵	Step ۶
		۲۵Kvar	۵۰ Kvar	۵۰ Kvar	۵۰ Kvar	۵۰ Kvar	۵۰ Kvar
۱	۲۵	×					
۲	۵۰		×				
۳	۷۵	×	×				
۴	۱۰۰		×	×			
۵	۱۲۵	×	×	×			
۶	۱۵۰		×	×	×	×	
۷	۱۷۵	×	×	×	×	×	
۸	۲۰۰		×	×	×	×	×
۹	۲۲۵	×	×	×	×	×	×
۱۰	۲۵۰		×	×	×	×	×
۱۱	۲۷۵	×	×	×	×	×	×

۴ نسبت C/K (رگولاتور) هر مجموعه بانک خازنی به این صورت به دست می‌آید. این نسبت در واقع تعیین کننده دقت و خطای رگولاتور است. معمولاً میزان خطا $۰/۶۵$ کوچک ترین پله خازنی است که در ادامه آورده شده است:

$$I_N = \frac{۶۳۰}{\sqrt{۳} \times ۰/۳۸} = ۹۵۷ \Rightarrow K = \frac{۱۰۰۰}{۵} = ۲۰۰$$

$$C/K = ۰/۶۵ \times \frac{Q}{\sqrt{۳} \cdot U \cdot K} = ۰/۶۵ \times \frac{۲۵}{\sqrt{۳} \times ۰/۳۸ \times ۲۰۰} \approx \frac{Q}{K} = \frac{۲۵}{۲۰۰} = ۰/۱۲۵$$

۵ رگولاتور استفاده شده برای این بانک برای افزایش یا کاهش خازن دارای شش پله است که در ۱۱ مرحله می‌توانند وارد مدار شوند و برابر ۲۵Kvar است.

۶ مرحله کاهش یا افزایش خازن در هر بانک خازنی به‌دست آمده شامل سه خازن مثلی بسته شده است. ظرفیت هر کدام از آن خازن‌ها به میکروفاراد برابر است با:

$$I_1 = \frac{Q}{\sqrt{3}V_1} = \frac{25}{\sqrt{3} \times 0.38} = 37/9A \Rightarrow I_p = \frac{37/9}{\sqrt{3}} = 21/9A$$

$$X_C = \frac{V_1}{I_p} = \frac{380}{21/9} = 17/37\Omega$$

$$C = \frac{10^6}{\omega X_C} = \frac{10^6}{314 \times 17/37} = 183/5\mu F$$

۷ حداقل اندازه فیوز و کنتاکتور پله اول بانک خازنی چقدر است؟ (با فرض استفاده از کنتاکتور AC۶b؛ کنتاکتورهای مورد استفاده در مدار موتوری) و شین تابلو برابر خواهد بود با:

$$I_1 = 37/9 \times 1/3 = 49/27 \approx 50A$$

شین باید تحمل: ۴۵A با توجه به آمپر استاندارد کنتاکتورها

۸ تنظیم رله پریمر نصب شده برای ترانسفورماتور برابر با محاسبه گفته شده است. رله پرایمر، براساس جریان اولیه ترانسفورماتور تنظیم می‌شود در صورتی که جریان اولیه ترانسفورماتور بیش از مقدار مجاز باشد این رله به ترانسفورماتور فرمان قطع می‌دهد.

$$I_1 = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{630k}{\sqrt{3} \times 20k} = 18/18A$$

فصل
چهارم

دانش افزایی درایو فرکانس متغیر اینورتر

مقدمه

یکی از موارد مهمی که در یک فرایند صنعتی مطرح و مورد ارزیابی مستمر قرار می‌گیرد، بالا بردن بهره‌وری است.

از یک دیدگاه و به زبان ساده، برای اینکه بهره‌وری بالا رود، باید کیفیت محصول تولیدی افزایش یابد و هزینه تمام شده پایین بیاید برای اینکه افزایش کیفیت و کاهش هزینه تمام شده اتفاق بیفتد بهتر است:

۱ سرعت تولید افزایش یابد.

۲ ضایعات به حداقل برسد.

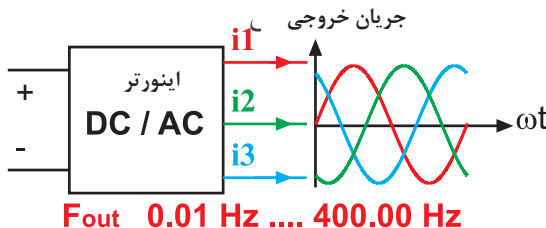
۳ انرژی مصرف شده به حداقل برسد.

۴ تا حد امکان سیستم‌ها و فرایندهای تولیدی به صورت خودکار درآیند.
برای محقق شدن موارد گفته شده ناگزیر به استفاده از فناوری جدید هستیم.

کاربرد اینورتریکی از مواردی است که می‌تواند در تحقق موارد گفته شده نقش بسیار مهمی داشته باشد.

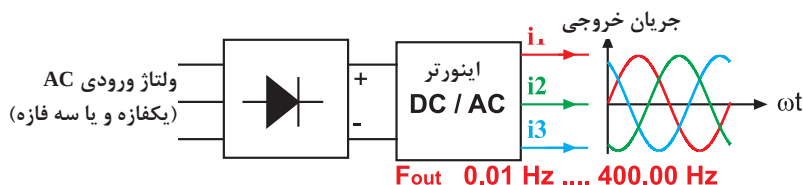
۱- تعریف اینورتر

اینورتر به دستگاهی اطلاق می‌شود که بتواند ولتاژ DC را به AC تبدیل نماید. آنچه در صنعت به عنوان اینورتر مطرح می‌شود منظور مبدل برق DC به AC سه فاز با فرکانس متغیر معمولاً ۰/۰۱ هرتز الی ۴۰۰ هرتز است. شکل (۱) تبدیل ولتاژ DC را به AC نشان می‌دهد.



شکل ۱- بلاک دیاگرام یک اینورتر به زبان ساده

برای تأمین برق DC ورودی اینورترها، معمولاً از برق شهر استفاده می‌کنند. بدین منظور برق شهر را (AC-50 Hz) یکسو نموده و به ورودی مدارات الکترونیکی اینورتر اعمال می‌کنند شکل (۲).



شکل ۲- برای تأمین برق DC ورودی اینورترها معمولاً از برق شهر استفاده می‌شود

هنرموزان گرمای توجه داشته باشند که در صنعت بخش یکسو ساز نیز به همراه اینورتر ارائه می‌شود. چنانچه اشاره شد اینورتر بخشی از سخت‌افزار است که ولتاژ DC را به AC تبدیل می‌کند.

توجه

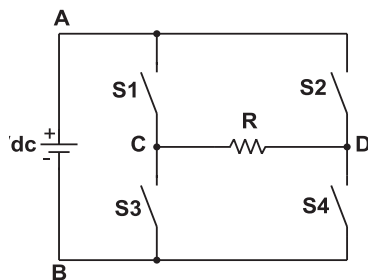
حدود ۳/۷ Kw معمولاً به صورت ورودی ۲۲۰ ولت ساخته می‌شود و از توان ۱۰۰ وات الی ۱۰ MW (ده مگاوات) با ورودی برق سه فاز ساخته می‌شوند. ولتاژ ورودی سه فاز اینورترها معمولاً ۳۸۰ ولت (در بعضی صنایع سه فاز ۲۲۰ ولت نیز وجود دارد) و در توان‌های بالاتر مقدار ولتاژ بیشتر است.

اینورتر هیچ‌گاه ولتاژ ورودی را افزایش نمی‌دهد یعنی در خروجی اینورتر حداکثر دامنه ولتاژ خروجی، برابر دامنه ولتاژ ورودی است. اگر ولتاژ ورودی اینورتر ۲۲۰ ولت (مثلاً برق یکفاز خانگی) باشد در خروجی آن برق سه فاز با فرکانس متغیر و با دامنه صفر ولت الی حداکثر ۲۲۰ ولت ظاهر خواهد شد. اگر ولتاژ ورودی اینورتر سه فاز ۳۸۰ ولت باشد در خروجی آن سه فاز با فرکانس متغیر با دامنه صفر ولت الی حداکثر ۳۸۰ ولت ظاهر خواهد شد.

نکته مهم

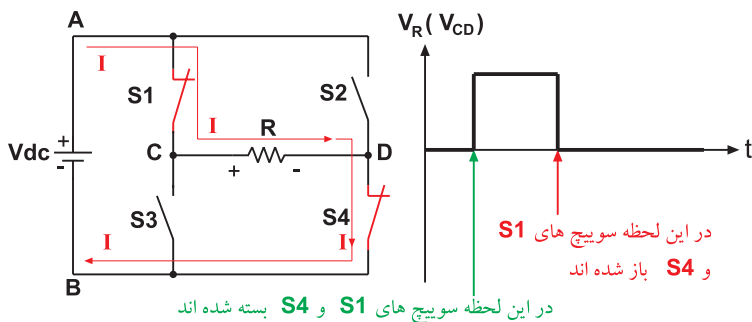
۲- اصول کار اولیه اینورترها به زبان ساده و واقعی

ابتدا نحوه و چگونگی تبدیل ولتاژ DC به ولتاژ AC در اینورتر بررسی می‌شود. برای این منظور از مدار نشان داده شده در شکل (۳) استفاده شده است.



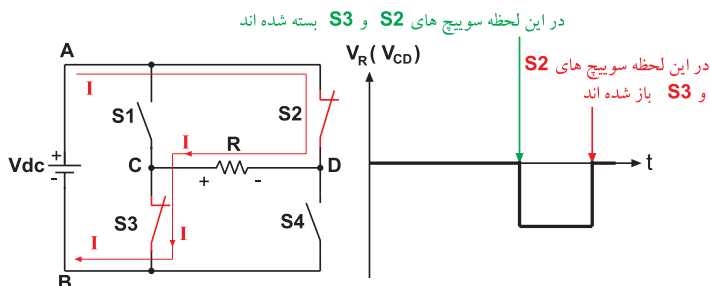
شکل ۳- مدار پایه تولید برق AC در اینورترها

در شکل ۳ اگر سوئیچ‌های $S1$ و $S4$ بسته شوند، ولتاژ DC بین نقاط A و B ، در دو سر مقاومت قرار می‌گیرد (در حقیقت مقاومت با منبع موازی می‌شود (شکل ۴) این شکل موج خروجی به شکل مربعی است.



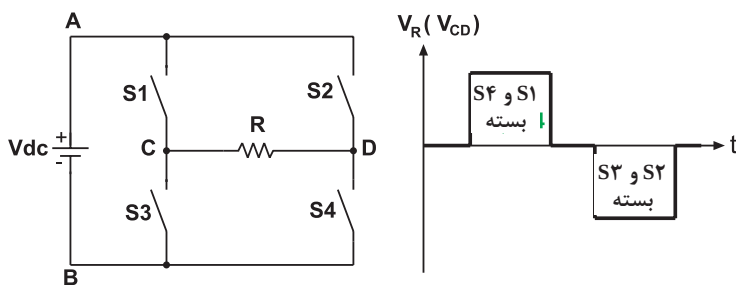
شکل ۴- نحوه تولید نیم سیکل مثبت برق AC تولیدی

اگر در حالی که کلیدهای $S1$ و $S4$ باز هستند کلیدهای $S2$ و $S3$ بسته شوند شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی به صورت شکل ۵ خواهد شد.



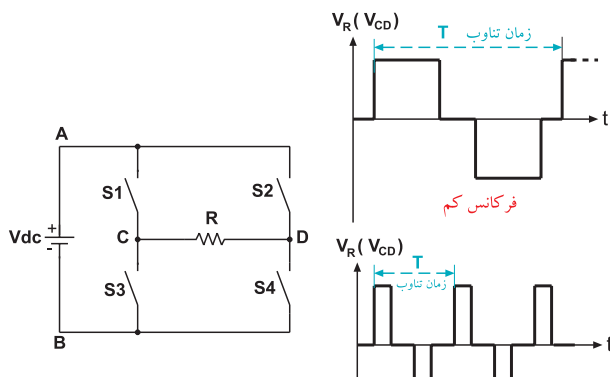
شکل ۵- نحوه تولید نیم سیکل منفی برق AC تولیدی

چنانچه به تناوب کلیدهای $S1$ و $S4$ و همچنین کلیدهای $S2$ و $S3$ باز و بسته شود، شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی به صورت شکل ۶ خواهد شد.



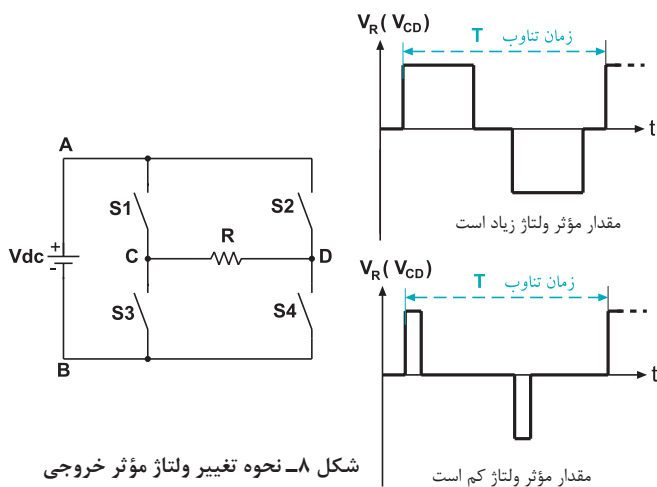
شکل ۶- نحوه تولید ولتاژ AC

در اینورترها ولتاژ متناوب AC را عملاً به صورت شکل ۶ تولید می‌کنند. اکنون با تنظیم مدت زمان وصل و قطع بودن کلیدهای $S1$ تا $S4$ به سادگی می‌توان فرکانس ولتاژ خروجی متناوب را تغییر داد. در شکل ۷ با تغییرات زمان تناوب کلیدزنی، فرکانس ولتاژ خروجی تغییر کرده است.

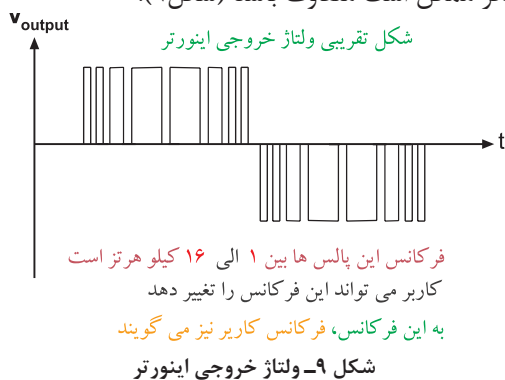


شکل ۷- نحوه تغییر فرکانس تولیدی در خروجی اینورتر

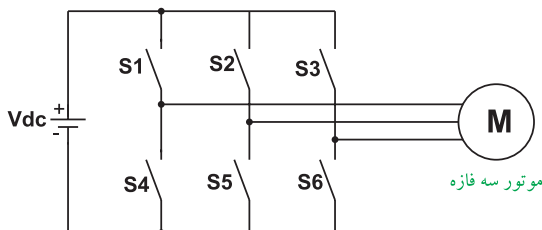
همچنین می‌توان با تنظیم مدت زمان وصل و قطع بودن کلیدهای $S1$ الی $S4$ ، ولتاژ مؤثر خروجی را نیز تغییر داد بنابراین با تنظیم مدت زمان وصل بودن و قطع بودن کلیدها می‌توان ولتاژ را تغییر داد (شکل ۸).



شکل ولتاژ و فرکانس دو سر خروجی اینورتر (VFD) عملاً مربعی است فقط یک تفاوت خیلی کوچک با شکل‌های نشان داده شده دارد و آن اینکه عرض مربع شکل موج‌ها با یکدیگر ممکن است متفاوت باشد (شکل ۹).



دلیل این امر این است که اگر ولتاژ شکل ۹ به یک بار اهمی القایی اعمال شود. شکل موج جریان گذرنده از بار اهمی - القایی (مثلاً موتور) الکتریکی تقریباً سینوسی خواهد بود.



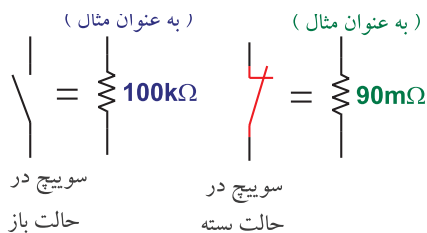
شکل ۱۰- با باز و بسته شدن مناسب کلیدهای S۱ الی S۶، ولتاژ سه فاز در خروجی اینورتر تولید می‌شود

برای تولید ولتاژ سه فازه در خروجی اینورتر، از ۶ کلید به صورت شکل ۱۰ استفاده می کنند.

توجه

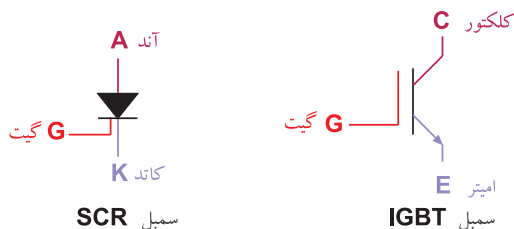
در خروجی اینورتر علی رغم داشتن ولتاژ سه فاز شکل ولتاژ همچنان به صورت پالس های مربعی است. با ولت متر معمولی نمی توان ولتاژ خروجی اینورتر را اندازه گرفت، زیرا ولت مترهای معمولی برای شکل ولتاژ سینوسی ساخته شده اند.

فرکانس سوئیچ زنی در اینورترها معمولاً بین ۱/۵ کیلوهرتز الی ۱۶ کیلوهرتز است و در اکثر اینورترهای ساخته شده کاربر می تواند آن را تغییر دهد. سوئیچ های به کار برده شده در تبدیل ولتاژ DC به AC، همگی از نوع الکترونیکی هستند. در حقیقت یک سوئیچ الکترونیکی یک مقاومت اهمی است که هنگام باز بودن سوئیچ مقاومت آن زیاد است و هنگام بسته بودن سوئیچ مقاومت اهمی آن بسیار کم است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مفهوم سوئیچ الکترونیکی و مقایسه آن با سوئیچ مکانیکی

سوئیچ های الکترونیکی برای نوع ولتاژ DC, AC متفاوت هستند. سوئیچ هایی که برای ولتاژ AC مورد استفاده قرار می گیرد همان ترایستورها (SCR) هستند و سوئیچ هایی که برای ولتاژ DC مورد استفاده قرار می گیرند IGBT نام دارند. در شکل ۱۲ سمبل ترایستور و ترانزیستور IGBT نشان داده شده است.



شکل ۱۲- سمبل SCR و IGBT

۳- مزایای استفاده از اینورتر

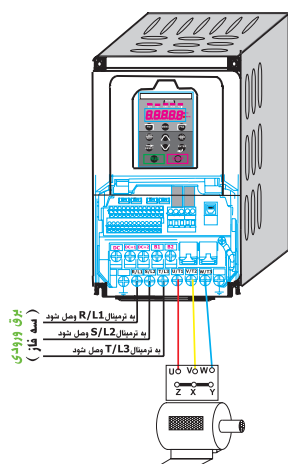
سوئیچ‌های الکترونیکی دارای مزایای زیر هستند:

- ۱ سرعت قطع و وصل بالا در جریان‌های زیاد
 - ۲ هنگام قطع و وصل ایجاد جرقه نمی‌کنند.
 - ۳ ابعاد کوچک
 - ۴ طول عمر بسیار بالا (چون قطعه مکانیکی متحرک ندارند)
 - ۵ عدم ایجاد نویز
 - ۶ عدم ایجاد لرزش
 - ۷ عدم حساسیت به گرد و خاک محیط
- استفاده از اینورتر برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی دارای مزایای زیر است:
- ۱ صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌طوری که ظرف مدت یک الی یک و نیم سال، هزینه تهیه اینورتر از محل بابت صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران می‌شود.
 - ۲ کاهش توان راکتیو مصرفی (به دلیل داشتن بانک خازنی در اینورتر)
 - ۳ حذف جریان راه‌اندازی زیاد
 - ۴ رفع ناهنجاری‌های مکانیکی (عدم ایجاد ضربه و به دنبال آن عدم خرابی فونداسیون نصب موتورهای الکتریکی)
 - ۵ عدم خرابی تکیه‌گاه‌ها (مانند یاتاقان‌ها، بیرینگ‌ها، بلبرینگ‌ها و...)
 - ۶ عدم خرابی سیستم انتقال نیرو از موتور به بار مکانیکی (مانند تسمه‌ها، چرخ زنجیرها و...)
 - ۷ عدم خرابی گیربکس‌های تبدیل دور
 - ۸ محدود کردن جریان راه‌اندازی
 - ۹ عدم نیاز به خازن‌های اصلاح کسینوس فی
 - ۱۰ عدم نیاز به حالت ستاره و مثلث هنگام راه‌اندازی موتور الکتریکی
 - ۱۱ امکان قطع و وصل اضطراری از راه دور
 - ۱۲ عدم نیاز به کلیدهای قطع و وصل قدرت
 - ۱۳ امکان تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در زمان کوتاه
 - ۱۴ امکان داشتن دور ثابت و مستقل از بار (شبیه موتور سنکرون)
 - ۱۵ به سادگی و بدون هیچ‌گونه تجهیزاتی اینورتر می‌تواند جهت گردش محور موتور را عوض کند.
 - ۱۶ امکان غیر فعال یک جهت گردش موتور در اینورتر وجود دارد.
 - ۱۷ در اینورتر می‌توان محدوده فرکانسی را به صورت حد پایین و حد بالا تنظیم کرد (مثلاً تنظیمی صورت گیرد که هیچ‌گاه دور موتور از ۱۲۵۰ دور در دقیقه کمتر نشود و از ۱۸۵۰ دور در دقیقه نیز بیشتر نشود).

به طور کلی می توان در اینورتر تمامی پارامترهای نامی و واقعی موتور را وارد کرد. اینورتر هنگام کار موتور، به طور مستمر تمامی پارامترها را کنترل می کند. فرض کنید در اینورتر جریان نامی موتور 20 A تعریف شود و همچنین در اینورتر مشخص شود که اگر جریان موتور الکتریکی از مقدار تعریف شده 30% بیشتر شد و این اضافه جریان بیش از 60 ثانیه طول کشید اینورتر، موتور الکتریکی را خاموش کند. یا اگر یکی از فازهای ورودی موتور الکتریکی قطع شد (به هر دلیلی) موتور را خاموش کند و یا اگر اختلاف دامنه جریان های سه فاز موتور از مقدار مشخصی بیشتر شد موتور را خاموش کند. بنابراین اینورتر می تواند یک عملکرد حفاظتی بسیار خوب برای مصرف کننده های موتوری باشد. یکی از نکاتی که ممکن است هنرجویان در مورد آن سؤال داشته باشند، مقایسه اصلاح ضریب قدرت توسط اینورتر و بانک خازنی است. اشاره به این نکته اهمیت دارد که کنتاکت های بانک خازنی در اثر گذشت زمان و جرقه زنی دچار استهلاک می شود در حالی که این استهلاک در اینورتر رخ نمی دهد.

به طور کلی می توان گفت:

وقتی یک موتور الکتریکی از طریق اینورتر راه اندازی می شود اگر پارامترهای اینورتر درست تنظیم شده باشند، سیم پیچ های موتور هرگز نمی سوزد. یعنی اینورتر ضمن داشتن مزایای زیاد در راه اندازی و توقف موتور الکتریکی و سایر موارد ذکر شده، محافظ بسیار خوب و مطمئن موتور الکتریکی است. ضمن اینکه اینورتر تا حدود زیادی خود مواظبتی نیز دارد. مثلاً اگر از خروجی اینورتر جریانی بیش از حد تحمل اینورتر عبور کند بلافاصله اینورتر انتقال توان به موتور را قطع می کند و پیغام جریان اضافی اینورتر را صادر می کند.



شکل ۱۳- نحوه اتصال اینورتر به یک موتور الکتریکی و شبکه برق سه فاز

برای اینکه بتوانیم از مزایای اینورتر در راه اندازی موتورهای الکتریکی بهره ببریم، اولین مرحله شناخت دقیق پارامترهای اینورتر است. تعداد پارامترهای یک اینورتر، در بعضی از اینورترهای ساخته شده، شاید به مراتب بیش از 200 پارامتر باشد. بررسی و نحوه تنظیم و کاربرد همه پارامترها در اینجا ممکن نیست لذا تعدادی از پارامترهای عمومی و پر کاربرد همراه با تعریف و نحوه تنظیم و کاربرد آنها اشاره می شود. شکل ۱۳ نحوه اتصال یک موتور الکتریکی به یک اینورتر و شبکه برق سه فاز را نشان می دهد.

۴- روش های روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر

برای روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر از سه روش متداول در تمامی اینورترها استفاده می شود.

۱ از طریق صفحه کلید (Keypad) روی اینورتر

۲ از طریق ترمینال های ورودی دیجیتال

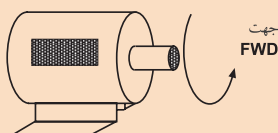
۳ از طریق کارت شبکه

در ادامه هر یک از روش های راه اندازی به طور خلاصه بررسی می شود.

۱- راه اندازی موتور الکتریکی متصل به اینورتر از طریق صفحه کلید

تمامی اینورترها دارای یک صفحه کلید، همراه با یک نمایشگر هستند. نمایشگرهای روی صفحه کلید اینورتر ممکن است به صورت چند عدد سون سگمنت باشند یا به صورت صفحه نمایش LCD چند سطری باشد که توانایی نمایش اعداد و حروف را دارند. مثلاً وقتی یک خطایی در اینورتر رخ می دهد، این نوع LCD قادر است نوع خطا یا در حالت عادی تعدادی از پارامترهای اینورتر و یا موتور را (هر کدام در یک سطر جداگانه) به صورت متن روی صفحه نمایش نشان دهد. از جمله این موارد می توان به جریان خروجی اینورتر (جریان موتور) و یا گشتاور موتور و یا ولتاژ دو سر موتور اشاره کرد. البته خیلی از اینورترهایی که دارای صفحه نمایش ۷-Segment هستند نیز قادرند حداقل یک پارامتر را نشان دهند ولی عموماً مقدار فرکانس خروجی اینورتر را با دقت 0.1 Hz نمایش می دهند. روی صفحه کلید اینورترها علاوه بر صفحه نمایش، تعدادی شستی نیز وجود دارد. طراحی تعداد شستی ها و کاربرد آنها به مدل اینورتر و کارخانه سازنده بستگی دارد. معمولاً وقتی توان اینورتر کم باشد امکانات صفحه کلید آن نیز محدود می شود و هر قدر توان اینورتر بیشتر باشد صفحه کلیدهای بزرگ تر و متنی همراه با تعداد بیشتری شستی برای آن در نظر می گیرند. معمولاً روی همه صفحه کلیدها (اعم از اینورترهای توان کم و یا زیاد) یک شستی برای روشن کردن موتور متصل به اینورتر (RUN/FWD) و شستی دیگری برای خاموش کردن موتور متصل به اینورتر (STOP) حتماً وجود دارد و در بسیاری اینورترها، علاوه بر دو شستی فوق، شستی سومی نیز برای معکوس کردن جهت گردش دور موتور به نام (RUN/REV) نیز وجود دارد.

توجه



شکل ۱۴- جهت گردش forward

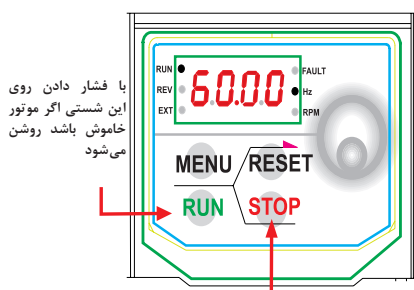
جهت گردش دور موتور در اینورتر را به صورت FORWARD و Reverse تعریف می کنند (نه چپگرد/راستگرد). جهت گردش Forward به صورت زیر است:

اگر ناظر به شفت موتور نگاه کند موتور در جهت عکس عقربه های ساعت می چرخد.

بنابراین اگر ترمینال‌های U,V,W اینورتر به ترمینال‌های U,V,W موتور به صورت نظیر به نظیر وصل شود (U به U و V به V و W به W) و از روی صفحه کلید، شستی FWD/RUN (فشار داده شود و مقابل شفت موتور ایستاده باشد مشاهده می‌کنید که موتور در جهت عکس عقربه‌های ساعت می‌چرخد و اگر شستی REV (REV/RUN) را فشار دهد، مشاهده می‌کنید که شفت موتور در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.

چند نمونه صفحه کلید مربوط به اینورترهای مختلف در شکل ۱۵ نشان داده شده است. روی صفحه کلید این مدل اینورتر، کلید مجزا Forward , Reverse وجود ندارد. اگر جهت گردش روتور موتور REV باشد LED مربوط به REV در قسمت بالای این صفحه کلید روشن می‌شود.

این امر باعث می‌شود که کاربر قبل از روشن کردن موتور، از جهت گردش آن آگاهی داشته باشد.



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور خاموش باشد روشن می‌شود

با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود

روی صفحه کلید این مدل اینورتر کلید مجزا برای حالت Forward و Reverse وجود ندارد.



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور خاموش باشد روشن می‌شود

با فشار دادن روی این شستی جهت گردش موتور عوض می‌شود و چراغ LED قسمت زیر REV روشن می‌شود

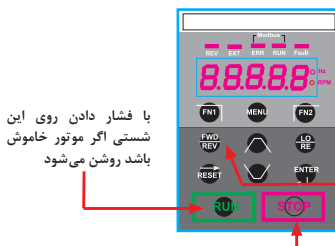
با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور خاموش باشد در جهت Reverse روشن می‌شود البته اگر موتور در جهت Forward هم در حال کار باشد با فشردن روی این شستی ابتدا موتور متوقف شده و سپس در جهت Reverse روشن می‌شود.

با فشار دادن روی این شستی اگر موتور خاموش باشد در جهت Forward روشن می‌شود. البته اگر موتور در جهت Reverse هم در حال کار باشد با فشردن روی این شستی ابتدا موتور متوقف شده و سپس در جهت Forward روشن می‌شود.

با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود



با فشار دادن روی این شستی اگر موتور خاموش باشد روشن می‌شود

با فشار دادن روی این شستی جهت گردش موتور عوض می‌شود و چراغ LED قسمت زیر REV روشن می‌شود

با فشار دادن روی این شستی اگر موتور روشن باشد خاموش می‌شود

شکل ۱۵- نمونه‌هایی از صفحه کلید اینورترها

در همه صفحه کلیدهایی که شستی‌های مربوط به راه اندازی موتورالکتریکی در جهت Forward و Reverse وجود دارد، اگر موتور الکتریکی در یک جهت در حال کار باشد و کاربر شستی جهت دیگر را فشار دهد، ابتدا موتور متوقف می‌شود و سپس در جهت دیگر شروع به دوران می‌کند و هیچ اتفاق خاص دیگری نمی‌افتد.

توجه



برای اینکه بتوان از روی صفحه کلید موتورالکتریکی را خاموش و یا روشن کرد. باید در نرم افزار اینورتر آن، حتماً روشن و خاموش کردن موتور الکتریکی را از طریق صفحه کلید، تنظیم کنیم.

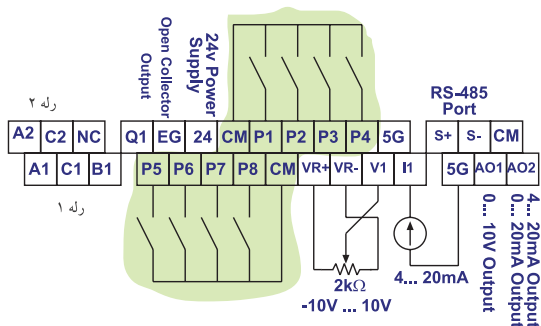
۲- راه اندازی موتور متصل به اینورتر از طریق ترمینال‌های ورودی

گاهی لازم می‌شود که در یک فرایند صنعتی، مثلاً با وصل یک لیمیت سوئیچ، موتور الکتریکی متصل به اینورتر روشن شود و با قطع آن موتور خاموش شود یعنی با یک قطع و وصل یک کلید ساده بتوان موتور الکتریکی متصل به اینورتر را روشن و خاموش کرد یا حتی ممکن است نیاز باشد جهت گردش موتور را نیز به کمک یک لیمیت سوئیچ عوض کنیم. در اینورتر هر دو امکان فوق پیش‌بینی شده است یعنی می‌توان با قطع و وصل یک کلید ساده یا وسایل مشابه دیگر، به راحتی موتور را روشن یا خاموش کرد یا جهت گردش آن را نیز تغییر داد.

در اینورترها معمولاً تعدادی ترمینال به عنوان ورودی دیجیتال در نظر می‌گیرند. در اینورترها عموماً بین ۴ الی ۸ ورودی دیجیتال در نظر می‌گیرند و اگر کاربر به ورودی‌های دیجیتال بیشتری نیز نیاز داشته باشد، در بعضی از مدل‌های اینورتر یک کارت اضافی (Expansion) در آن قرار می‌دهند تا تعداد ورودی‌های دیجیتال^۱ آن اضافه شود.

ورودی‌های دیجیتال در اینورترها را معمولاً با حروف و اعداد P۱ الی P۸ و یا M۱ الی M۸ و یا S۱ الی S۸ نشان می‌دهند. البته ممکن است سازنده‌ای از حروف دیگری نیز استفاده کند در این مورد، قاعده خاصی برای نام‌گذاری ورودی‌های دیجیتال وجود ندارد. در شکل ۱۶ که مربوط به نقشه ترمینالی یک مدل اینورتر است، پایه‌های P۱ الی P۸ و پایه مشترک CM (Common) مربوط به ورودی‌های دیجیتال نشان داده شده است.

۱- منظور از ورودی‌های دیجیتال، ورودی‌هایی هستند که فقط قطع و وصل ولتاژ را تشخیص می‌دهند (وجود و یا عدم وجود ولتاژ مثلاً ۲۴ ولت)

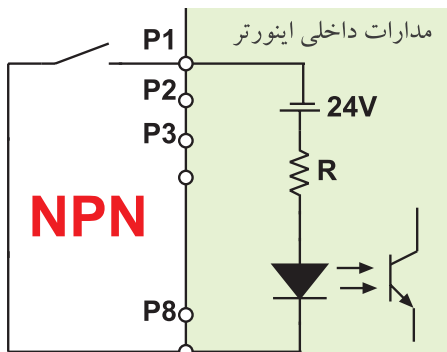


شکل ۱۶- ورودی‌های دیجیتال

هر پایه دیجیتال ورودی به طور مجزا و مستقل از سایر ورودی‌ها باید در نرم‌افزار اینورتر برنامه‌ریزی شود (در حقیقت باید تعریف شود که وقتی کلید متصل به ورودی دیجیتال وصل شد، اینورتر چه عملی باید انجام دهد. در این مورد، سازندگان یک لیست از عملکرد پایه‌ها را به کاربر اعلام می‌کنند و کاربر متناسب با نیاز یک مورد را در نرم‌افزار اینورتر انتخاب می‌کند).

اگر قرار باشد با وصل کلید متصل به ترمینال S1، موتورالکتریکی متصل به اینورتر روشن و رتور آن در جهت Forward بچرخد، برای ترمینال S1 باید (FX – Forward Run) انتخاب شود و همچنین اگر قرار است با وصل کلید متصل به ترمینال S2، موتور الکتریکی متصل به اینورتر روشن و رتور آن در جهت Reverse بچرخد، برای ترمینال S2 باید (RX – Reverse Run) را انتخاب کرد.

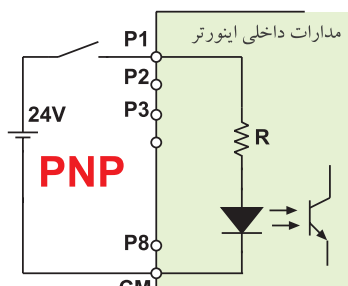
ورودی‌های دیجیتال NPN, PNP در اینورتر: ورودی‌های دیجیتال اینورتر برای تحریک شدن نیاز به ولتاژ دارند (معمولاً ۲۴ ولت). این ولتاژ باید از داخل اینورتر تأمین شود یا اینکه کاربر اینورتر از بیرون به آن اعمال کند.



شکل ۱۷- ورودی‌های نوع NPN

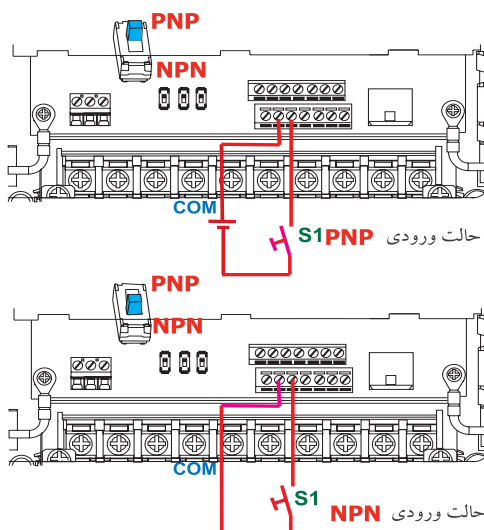
اگر این ولتاژ از داخل اینورتر تأمین شود به ورودی‌های اینورتر نوع NPN می‌گویند در این صورت کاربر فقط دو پایه را به هم وصل می‌کند تا عمل مورد نظر آن پایه که قبلاً در نرم‌افزار اینورتر مشخص شده است را اینورتر انجام دهد (شکل ۱۷).

اگر ولتاژ ورودی‌های دیجیتال از بیرون توسط کاربر تأمین شود، به ورودی‌های دیجیتال اینورتر نوع PNP می‌نامند. شکل ۱۸ عملکرد ورودی‌های دیجیتال نوع PNP را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸- ورودی‌های نوع PNP

برای انتخاب نوع ورودی (PNP یا NPN) یک کلید معمولاً کوچک روی اینورتر وجود دارد که کاربر می‌تواند به کمک آن نوع PNP یا NPN بودن ورودی‌ها را مشخص کند (شکل ۱۹).

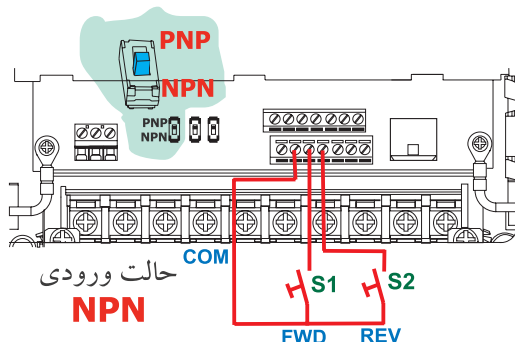


شکل ۱۹- نحوه تعیین PNP و NPN بودن ورودی‌های دیجیتال اینورتر

توجه داشته باشید که همه ورودی‌های دیجیتال اینورتر همیشه باید از یک نوع باشند (همه PNP یا همه NPN) هر چند که به نظر می‌رسد کار با ورودی‌های دیجیتال اینورتر از نوع NPN ساده‌تر است. (فقط اتصال دو پایه به یکدیگر بدون ولتاژ) و نیازی به منبع تغذیه ۲۴ ولت خارجی ندارد. اما گاهی فرمان به ورودی‌های

دیجیتال اینورتر ممکن است از طریق حسگرها (سنسورها) باشد. مثلاً حسگرهای سه سیمه القایی، وقتی فلزی را حس می‌کنند (بدون تماس فیزیکی) در خروجی خود یک ولتاژ ۲۴ ولت (در سیم برگشتی خود) را برمی‌گردانند و اگر قرار باشد این حسگر به ورودی دیجیتال اینورتر وصل شود در چنین حالتی باید ورودی‌های دیجیتال اینورتر در حالت PNP قرار گیرند. پس در عمل هم به ورودی‌های دیجیتال اینورتر از نوع NPN (وصل لیمیت سوئیچ‌ها یا وسایل مشابه دیگر) و هم از نوع PNP (عمل کردن سنسورهای القایی سه سیمه یا موارد مشابه دیگر) نیاز است. تعیین ورودی دیجیتال از نوع PNP یا NPN نیاز به تنظیم نرم‌افزاری ندارد و فقط تنظیم کلید NPN/PNP روی حالت دلخواه کافی است و فقط عملکرد هر ورودی را باید در نرم‌افزار اینورتر تعیین کرد.

اگر در شکل ۲۰ کلید S1 بسته شود جهت گردش روتور موتور به صورت Forward خواهد بود و اگر کلید S2 بسته شود جهت گردش موتور به صورت Reverse خواهد بود (فرض کنید قبلاً در نرم‌افزار اینورتر تنظیمات لازم انجام شده است).



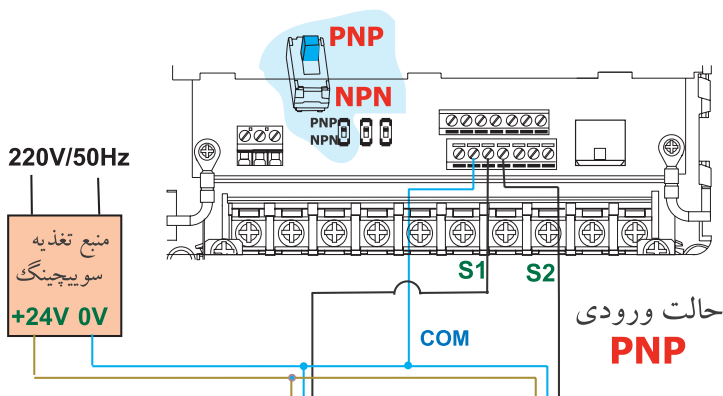
شکل ۲۰ - نحوه راه‌اندازی موتور در کلید ساده به صورت Forward (FWD) و Reverse (REV)

نمونه‌ای از کاربرد حالت ورودی PNP در شکل ۲۱ نشان داده شده است. اگر حسگر شماره ۱ عمل کند (مثلاً فلزی را حس کند) در خروجی خود یک ولتاژ ۲۴ ولت تحویل می‌دهد و در نتیجه روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Forward می‌چرخد و اگر سنسور شماره (۲) عمل کند مانند حسگر شماره ۱ در خروجی یک ولتاژ ۲۴ ولت تحویل می‌دهد و در نتیجه محور موتور متصل به اینورتر در جهت Reverse می‌چرخد.

اگر هر دو کلید مربوط به REV, FWD در حالت NPN بسته شوند و یا در حالت PNP به هر دو ورودی FWD و REV ولتاژ وصل شود اینورتر هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد و هیچ اتفاقی هم نمی‌افتد.

توجه





شکل ۲۱ - نمونه‌ای از کاربرد حالت PNP ورودی‌های دیجیتال اینورتر

توجه



اگر هر دو حسگر به طور هم‌زمان عمل کنند، اینورتر هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد و موتورالکتریکی متصل به اینورتر روشن نمی‌شود و هیچ اتفاقی هم نمی‌افتد (مثلاً اینورتر خراب نمی‌شود)

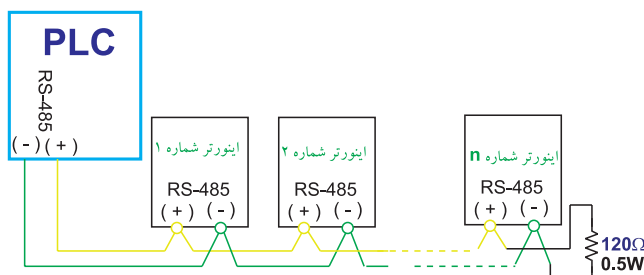
۳- روشن و خاموش کردن موتورالکتریکی متصل به اینورتر از طریق کارت شبکه

تقریباً امروزه اکثر سازندگان اینورتر در دنیا، یک کارت شبکه ارتباطی در اینورتر قرار می‌دهند تا کاربر بتواند از طریق سایر وسایل مانند PLC و یا مانیتورهای صنعتی (HMI) و یا کارت‌های GSM و یا اینترنت همراه با تجهیزات مورد نیاز و... با اینورتر ارتباط برقرار کند و عملیات مورد نظر را انجام دهد. یکی از این عملیات‌ها، روشن و خاموش کردن اینورتر است بنابراین از راه دور و نزدیک می‌توان به کمک کارت شبکه عملکرد اینورتر را تحت نظر داشت.

بستر سخت‌افزاری مناسب در اینورترها، عموماً RS-۴۸۵ واز پروتکل ارتباطی Modbus RTU استفاده می‌شود.

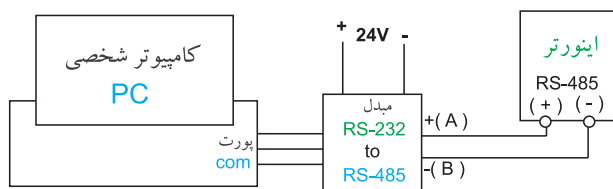
بستر سخت‌افزاری RS-۴۲۲ در بعضی از اینورترها استفاده می‌شود. در ضمن می‌توان تعدادی اینورتر را با یکدیگر از همین بستر سخت‌افزاری و پروتکل ارتباطی شبکه کرد.

همچنین می‌توان از همین بستر اینورتر را به یک رایانه شخصی (PC) نیز متصل و تنظیمات را از طریق رایانه انجام داد. شکل ۲۲ نحوه ارتباط چند اینورتر را به یک PLC نشان می‌دهد.

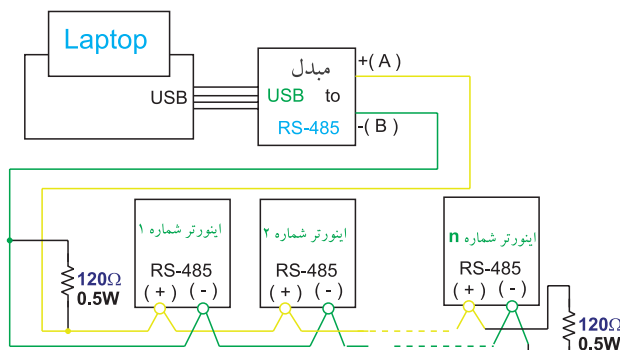


شکل ۲۲- نحوه شبکه کردن اینورترها با PLC

شکل ۲۳ نیز نحوه ارتباط یک رایانه (PC) ولپ تاپ را به یک اینورتر نشان می‌دهد.



شکل ۲۳- الف) نحوه ارتباط یک دستگاه رایانه شخصی به یک عدد اینورتر

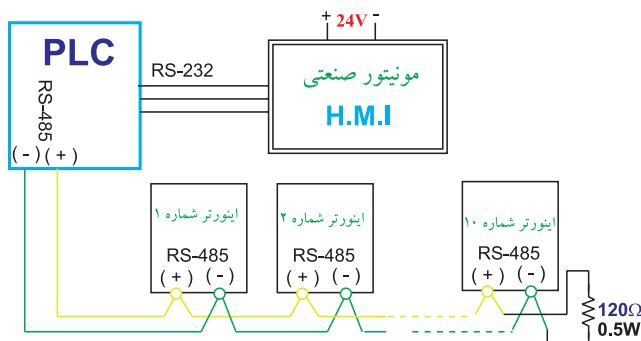


شکل ۲۳- ب) نحوه ارتباط یک لپ تاپ به چندین اینورتر

کارخانجات سازنده اینورترها معمولاً یک نرم‌افزار برای نصب در رایانه‌های شخصی تولید و به کاربران ارائه می‌نمایند. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان تنظیمات لازم نرم‌افزاری در اینورتر را انجام داد و همچنین اینورتر را روشن و یا خاموش کرد یا فرکانس آن را تغییر داد یا موارد مشابه دیگر و در ضمن تنظیمات را می‌توان در یک فایل ذخیره کرد.

نمونه‌هایی از این نرم افزارها مانند VFDSOFT (شرکت دلتا)، DRIVE VIEW (شرکت ال اس) و DRIVE WIZARD (شرکت یاسکوا) است.

در ضمن به کمک PLC و سیستم‌های مانیتورینگ نیز می‌توان از راه دور، موتورالکتریکی متصل به اینورتر را روشن یا خاموش کرد و تمامی پارامترهای الکتریکی موتور و اینورتر مانند دامنه ولتاژ خروجی، جریان خروجی، توان خروجی، گشتاور خروجی و سایر پارامترها را قرائت کرد (اینورتر همه پارامترهای الکتریکی را اندازه گرفته و در اختیار کاربر قرار می‌دهد یعنی نیازی نیست که کاربر مثلاً یک آمپر متر در خروجی اینورتر قرار دهد و جریان خروجی را اندازه بگیرد) در شکل ۲۴ تعداد ۱۰ عدد اینورتر به کمک PLC شبکه شده‌اند و کاربر قادر است از طریق H.M.I هر اینورتر را دلخواه روشن یا خاموش کند.



شکل ۲۴- از طریق مونیتور می‌توان تک تک اینورترها را روشن و یا خاموش کرد.

۵- روش‌های تغییر فرکانس خروجی اینورتر

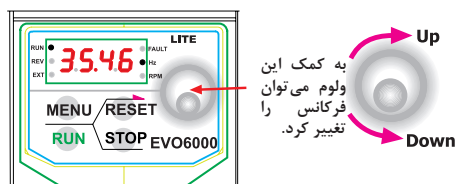
برای تغییر فرکانس خروجی اینورتر معمولاً از ۵ روش استفاده می‌شود.

- ۱ از طریق صفحه کلید (Keypad) روی خود اینورتر
- ۲ از طریق ولتاژ یا جریان آنالوگ که به ترمینال‌های ورودی آنالوگ اعمال می‌شود.
- ۳ از طریق پایه‌های ورودی دیجیتال اینورتر
- ۴ از طریق کارت شبکه
- ۵ از طریق پالس‌های ورودی به اینورتر

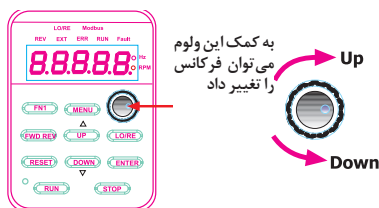
در ادامه به طور خلاصه هر یک از روش‌های گفته شده شرح داده می‌شود.

۱ **تغییر فرکانس از طریق صفحه کلید اینورتر:** بر روی صفحه کلید تمامی اینورترهای ساخته شده، امکان تغییر فرکانس وجود دارد. در بعضی از اینورترها، روی صفحه کلید آن ولومی به همین منظور نصب شده است که به کمک آن می‌توان فرکانس را تغییر داد. در شکل ۲۵ دو نمونه صفحه کلید نشان داده شده‌اند که روی آنها ولومی نصب است که به کمک آن می‌توان فرکانس را تغییر

داد (البته ولوم‌ها ممکن است علاوه بر تغییر فرکانس عمل دیگری نیز انجام دهند) نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که در هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک‌زدن است و با چرخاندن ولوم مقدار آن تغییر می‌کند و با زدن کلید دیگری روی صفحه کلید رقم چشمک‌زن جابه‌جا شده و قابل تغییر خواهد بود.

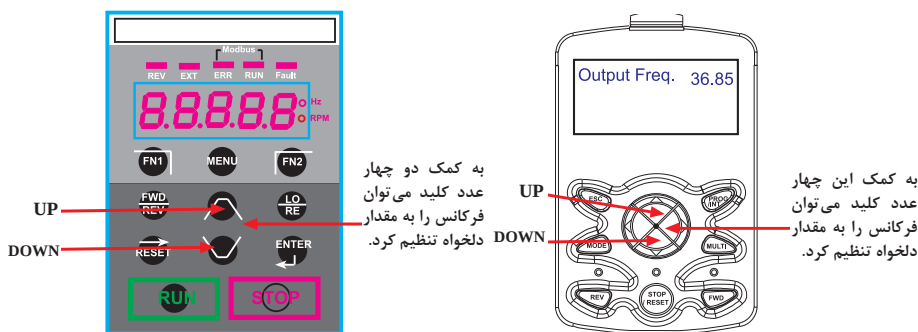


نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که در هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک‌زدن است و با چرخاندن ولوم مقدار آن تغییر می‌کند و با فشردن کلید دیگری روی صفحه کلید رقم چشمک‌زن جابه‌جا شده و قابل تغییر خواهد بود.



شکل ۲۵- نمونه‌هایی از صفحه کلید اینورترها که به کمک ولوم نصب شده روی آنها، می‌توان فرکانس را تغییر داد.

در شکل ۲۶ صفحه کلیدی نشان داده شده است که ولوم ندارد ولی دو عدد کلید روی آن نصب شده است که به کمک آنها می‌توان فرکانس دلخواه را تنظیم کرد.

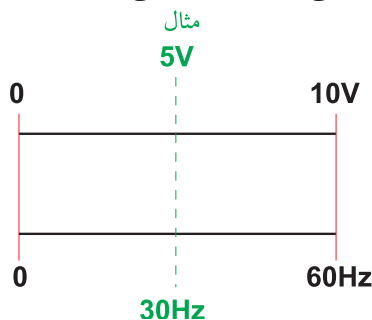


نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که در هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک‌زدن است رقمی که در حال چشمک‌زدن است با کلیدهای UP و DOWN می‌توان مقدار آن را تغییر داد و سپس برای تنظیم رقم بعدی روی کی پدها یک کلید به عنوان شیفت وجود دارد که به کمک آن می‌توان رقم‌هایی که باید تنظیم شوند را جابه‌جا کرد.

شکل ۲۶- دو نمونه صفحه کلید که از روی آنها می‌توان فرکانس را تغییر داد.

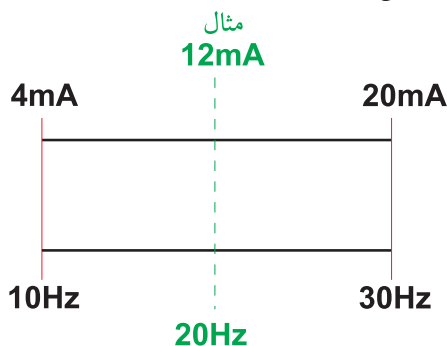
۲ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق ولتاژ یا جریان آنالوگ ورودی:

یکی دیگر از روش‌های تغییر فرکانس خروجی اینورتر و به دنبال آن تغییر دور روتور موتور الکتریکی متصل به آن، استفاده از ولتاژ DC (معمولاً $10V$ - یا $10V \sim 10V$) و یا جریان DC (معمولاً $4-20mA$) است. به عنوان مثال می‌توان در اینورتر تعریف کرد که به ازای اعمال ولتاژ صفر الی 10 ولت ورودی، فرکانس خروجی اینورتر از صفر الی 60 هرتز تغییر کند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- نحوه تغییر فرکانس به کمک ولتاژ ورودی آنالوگ

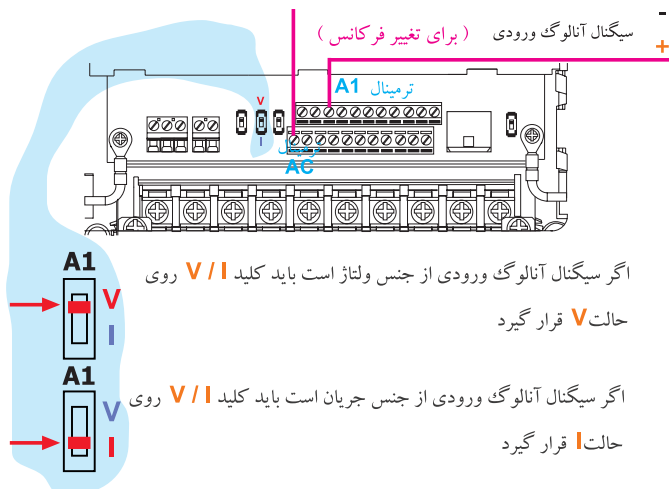
یا به ازای اعمال جریان 4 الی $20mA$ ورودی، فرکانس خروجی اینورتر از 10 الی 30 هرتز تغییر کند (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- نحوه تغییر فرکانس به کمک جریان ورودی آنالوگ

ولتاژ یا جریان برای کنترل فرکانس خروجی به ترمینال‌هایی که به همین منظور در اینورتر پیش‌بینی شده‌اند اعمال می‌شود.

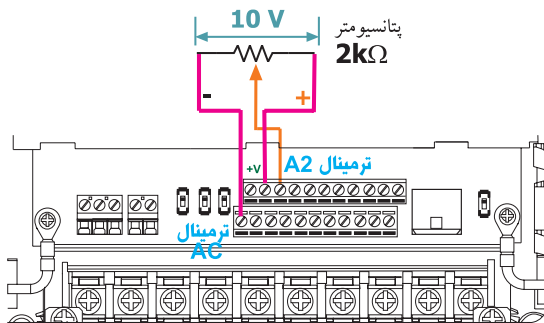
در بعضی از اینورترها ترمینال‌های ورودی برای ولتاژ و جریان به طور مجزا در نظر گرفته شده‌اند و در بعضی دیگر از اینورترها ترمینال‌های ورودی ولتاژ و جریان یکی است و برای تعیین جریان یا ولتاژ از یک کلید کوچک و ساده استفاده می‌کنند. در شکل ۲۹ نمونه‌ای از ترمینال‌های این مدل اینورترها نشان داده شده است.



شکل ۲۹- ترمینال ورودی ولتاژ و جریان و نحوه انتخاب ورودی ولتاژ یا ورودی جریان

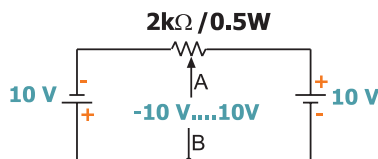
در اکثر اینورترهایی که ترمینال‌های ولتاژ و جریان و ولتاژ را به ترمینال‌ها اعمال کند فرمول شده‌اند. کاربر می‌تواند هم‌زمان جریان و ولتاژ را به ترمینال‌ها اعمال کند فرمول فرکانس خروجی برای اعمال هم‌زمان ولتاژ و جریان را کارخانجات سازنده اینورتر در دفترچه‌های راهنمای اینورتر قید می‌کنند. لازم به یادآوری است که اعمال هم‌زمان جریان و ولتاژ کاربردهای ویژه دارد.

اگر کاربر بخواهد با یک پتانسیومتر خارجی (غیر از پتانسیومتر موجود در روی صفحه کلید) مقدار فرکانس را تغییر دهد، می‌تواند از ورودی آنالوگ اینورتر استفاده کند. برای این منظور همه اینورترها حداقل یک ولتاژ $10V$ ثابت را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. اگر کاربر این ولتاژ را به دو سر یک پتانسیومتر اعمال کند می‌تواند از یک سر و سر وسط پتانسیومتر ولتاژ صفر تا $10V$ را دریافت و به ترمینال ولتاژ ورودی آنالوگ اینورتر اعمال کند و فرکانس را تغییر دهد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- با استفاده از یک پتانسیومتر خارجی می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد.

در بعضی از اینورترها، علاوه بر ولتاژ ثابت $+10\text{V}$ ، یک ولتاژ ثابت -10V نیز وجود دارد. اگر کاربر دو سر پتانسیومتر را بین $+10\text{V}$ و -10V قرار دهد می‌تواند به صورت شکل ۳۰، ولتاژ متغیر از -10V الی $+10\text{V}$ داشته باشد.



شکل ۳۰- نحوه دریافت ولتاژ متغیر از -10V ولت الی $+10\text{V}$ ولت

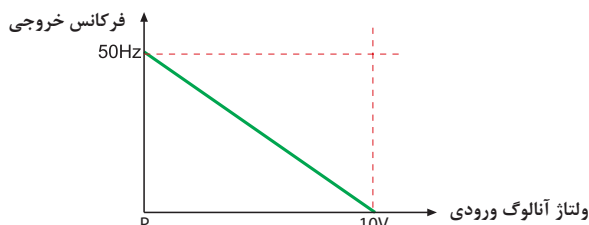
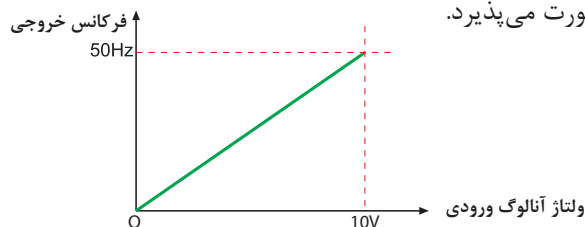
اگر ولتاژ نقاط A, B در شکل ۳۱ به ورودی اینورتر اعمال شود و محدوده تغییرات $+10\text{V}$ تا 0V باشد فرکانس متغیر و روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Forward می‌چرخد و اگر رنج تغییرات ولتاژ از -10V تا 0V باشد ضمن تغییر فرکانس، روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Reserve می‌چرخد.

توجه



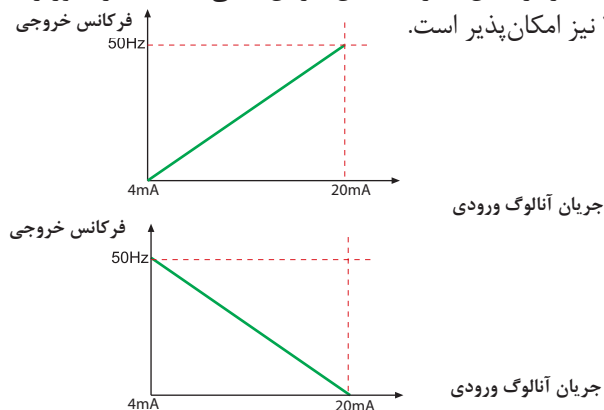
بعضی از سازندگان اینورتر برای تغییر فرکانس خروجی به ازای اعمال ولتاژ آنالوگ ورودی، از یک فرمول خاص استفاده می‌کنند. در این مورد حتماً به کاتالوگ سازنده مراجعه نمایید.

تغییر فرکانس به ازای اعمال ولتاژ و جریان آنالوگ در اینورترها به صورت شکل‌های ۳۲ و ۳۳ صورت می‌پذیرد.



شکل ۳۲- نحوه امکان تغییر فرکانس خروجی به ازای تغییر ولتاژ آنالوگ ورودی

همچنین تغییر فرکانس به ازای اعمال جریان ۴ الی ۲۰mA در اینورترها به صورت شکل ۳۳ نیز امکان پذیر است.



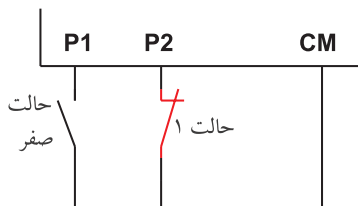
شکل ۳۳ - نحوه امکان تغییر فرکانس خروجی به ازای تغییر جریان آنالوگ ورودی

۳ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق ورودی‌های دیجیتال: به کمک ورودی‌های دیجیتال نیز می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد. برای این منظور سازندگان اینورتر معمولاً حداکثر تا ۴ ورودی را به این امر اختصاص می‌دهند. چهار ورودی دیجیتال اینورتر، می‌توانند ۱۶ حالت مختلف به شرح جدول ۱ داشته باشند.

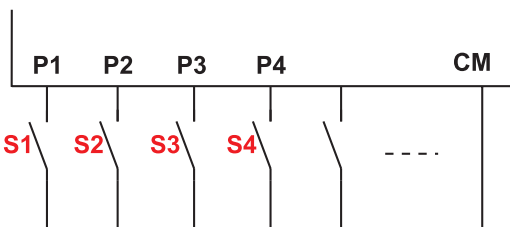
جدول ۱- حالت‌های مختلف ورودی دیجیتال

ردیف	ورودی ۴	ورودی ۳	ورودی ۲	ورودی ۱
۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۱
۲	۰	۰	۱	۰
۳	۰	۰	۱	۱
۴	۰	۱	۰	۰
۵	۰	۱	۰	۱
۶	۰	۱	۱	۰
۷	۰	۱	۱	۱
۸	۱	۰	۰	۰
۹	۱	۰	۰	۱
۱۰	۱	۰	۱	۰
۱۱	۱	۰	۱	۱
۱۲	۱	۱	۰	۰
۱۳	۱	۱	۰	۱
۱۴	۱	۱	۱	۰
۱۵	۱	۱	۱	۱

منظور از صفر یعنی ورودی بدون ولتاژ
و منظور از یک یعنی ورودی با ولتاژ
(ورودی باز و یا بسته)



۱۶ حالت برای ۴ عدد کلیدی که به ورودی‌های P1 الی P4 وصل شده‌اند مطابق شکل ۳۴ می‌تواند به وجود آید.



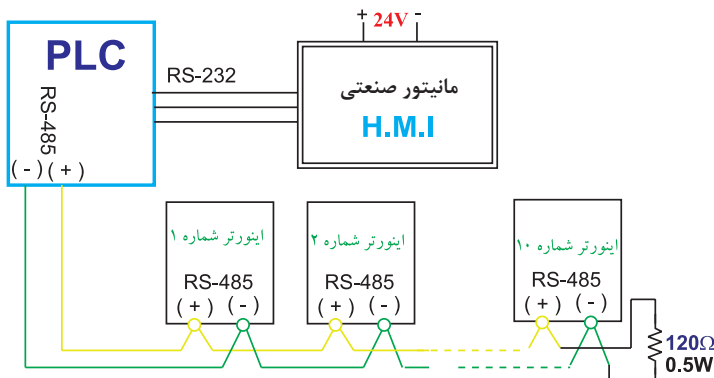
شکل ۳۴- با ۴ کلید، می‌توان ۱۶ حالت مختلف باز و بسته بودن را به وجود آورد.

در نرم افزار اینورتر، پانزده فرکانس (به جز حالتی که همه ورودی‌ها صفراند همان برای حالت همه ورودی‌ها صفر لحاظ می‌شود) تعریف می‌شود. و در ضمن ورودی‌های P1 الی P4 هم در نرم‌افزار تعریف می‌شود که برای تغییر فرکانس از آنها استفاده می‌شود، اکنون کاربر هر یک از ۱۶ حالت را (با باز و بسته کردن کلیدها) در ورودی ایجاد می‌کند. فرکانس تعریف شده در آن حالت در نرم‌افزار، در خروجی اینورتر ایجاد و به موتور الکتریکی متصل و به آن اعمال می‌شود. لازم به ذکر است که ۴ کلید، حداکثر تعداد کلیدها است که برای تغییر فرکانس از آن استفاده می‌شود لذا کاربر می‌تواند از تعداد کمتری از ورودی‌ها برای تغییر فرکانس استفاده کند.

بنابراین اگر کاربر از ۳ کلید استفاده کند در این صورت حداکثر فقط ۸ حالت مختلف می‌تواند داشته باشد و اگر از ۲ کلید برای این منظور استفاده کند حداکثر فقط چهار حالت مختلف می‌تواند به وجود آورد و اگر فقط از یک کلید استفاده کند فقط دو حالت می‌تواند داشته باشد. بنابراین کاربر متناسب با نیاز تعداد پایه‌های ورودی را برای تغییر فرکانس خروجی اینورتر و به تبع آن تغییر دور موتور موتور متصل به اینورتر را انتخاب می‌کند. روش تغییر فرکانس به کمک پایه‌های ورودی دیجیتال در صنعت کاربردهای زیادی دارد. به عنوان مثال اگر قرار باشد در یک خط تولید، سرعت در نقاط مختلف خط متغیر باشد، با نصب حسگرهای مناسب این کار به سادگی امکان پذیر است.

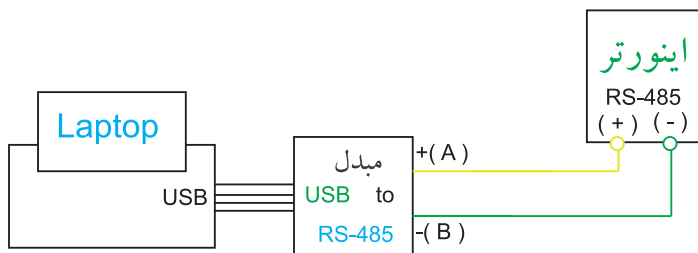
۴ تغییر فرکانس از طریق کارت شبکه: امروزه تقریباً تمامی اینورترهایی که ساخته می‌شود، دارای بستر سخت‌افزاری RS-485 و پروتکل ارتباطی Modbus RTU هستند. این کانال ارتباطی قادر است اطلاعات (Data) را بین اینورتر و سایر وسایلی که دارای کانال ارتباطی و پروتکل باشند تبادل کند. PLC

یا مانیتور صنعتی (H.M.I) و یا سایر وسایل دیگر مجهز به این نوع کانال ارتباطی و پروتوکلاز این دسته وسایل است. یکی از موارد تبادل اطلاعات بین اینورتر و سایر وسایل جانبی می‌تواند فرکانس باشد، یعنی به کمک مثلاً PLC و یا مانیتور صنعتی (H.M.I) می‌توان مقدار فرکانس اینورتر را تغییر داد و یا هر لحظه مقدار فرکانس خروجی اینورتر را قرائت کرد. (شکل ۳۵)



شکل ۳۵- از روی مانیتور می‌توان فرکانس هر یک از اینورترها را تغییر داد.

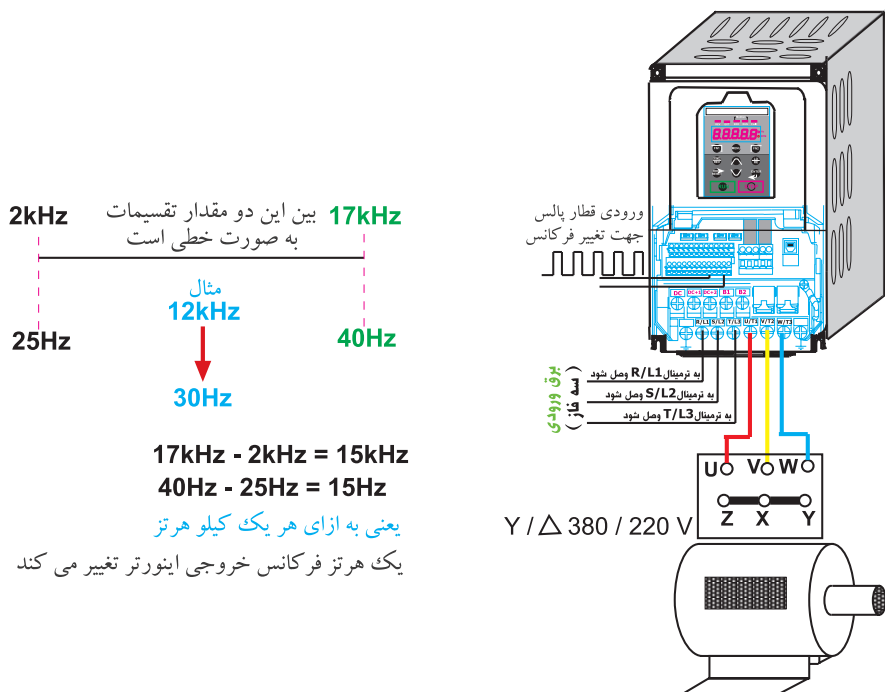
با روش گفته شده، می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را (و به دنبال آن دور روتور موتور الکتریکی متصل به اینورتر) از راه دور تغییر داد یا کنترل کرد. حتی امکان تغییر فرکانس خروجی اینورتر با یک PC معمولی نیز امکان‌پذیر است و فقط نیاز به مبدل USB to RS-485 و یا RS-485 to RS-232 است. تمامی سازندگان اینورتر نرم‌افزاری برای موارد فوق تهیه و معمولاً به صورت رایگان در اختیار کاربر می‌گذارند تا کاربر بتواند موتور متصل به اینورتر را روشن یا خاموش کند یا فرکانس و یا سایر تنظیمات مورد نیاز را انجام دهد (شکل ۳۶).



شکل ۳۶- به کمک یک لپ‌تاپ و یک مبدل USB to RS-485 می‌توان فرکانس و سایر پارامترهای اینورتر را تنظیم کرد.

همچنین در شکل ۳۶ می توان به جای مبدل RS-۴۵۵ USB to RS-۲۳۲ و مبدل RS-۴۸۵ to RS-۲۳۲ نیز استفاده کرد.

۵ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق پالس های ورودی: امکان تغییر فرکانس به کمک پالس های ورودی در بعضی از اینورترها وجود دارد. مثلاً می توان در این گونه اینورترها تنظیمات را به گونه ای انجام داد که به ازای فرکانس پالس های ورودی از ۲KHz الی ۱۷KHz فرکانس خروجی اینورتر از ۲۵Hz الی ۴۰Hz تغییر کند. (شکل ۳۷).

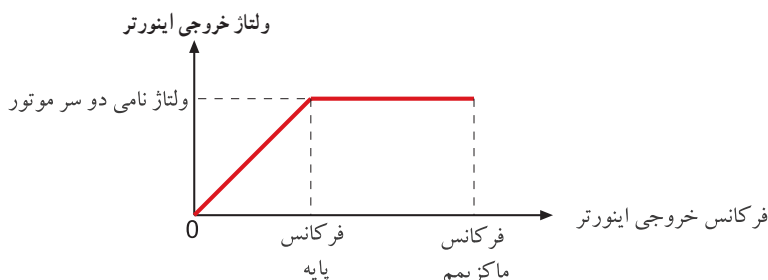


شکل ۳۷- به کمک پالس های ورودی می توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد.

البته باید در اینورتر تنظیمات مربوط به این قسمت را انجام داد یعنی در اینورتر تعریف شود که فرکانس خروجی، تابعی از فرکانس پالس های ورودی است. در ضمن ورودی های پالس ها، به طور جداگانه در اینورتر در نظر گرفته می شود. (شکل ۳۸)

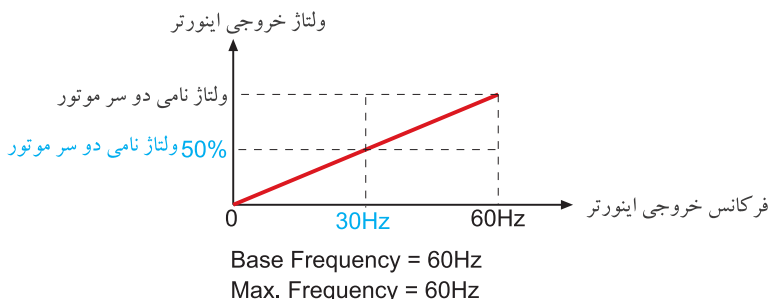
۱ ماکزیمم فرکانس (Max. Frequency): در اینورتر ماکزیمم فرکانس، فرکانسی است که تحت هیچ شرایطی در اینورتر، بیشتر از آن در خروجی اینورتر تولید نمی‌شود، حتی اگر به روش‌های مختلفی که برای تغییر فرکانس گفته شد فرمان تولید فرکانس بیشتر به اینورتر داده شود. فرض کنید قرار است یک موتور دو قطب آسنکرون از طریق یک اینورتر راه‌اندازی شود، در ضمن نباید دور روتور موتور الکتریکی تحت هیچ شرایطی از 2740 RPM تجاوز کند. برای این منظور باید در اینورتر مقدار فرکانس ماکزیمم برابر $f_{\max} = 45/66 \text{ Hz}$ تنظیم شود.

۲ فرکانس پایه (Base Frequency): فرکانس پایه فرکانسی است که در آن فرکانس و بیشتر از آن، اینورتر ولتاژ نامی را به موتور الکتریکی متصل به اینورتر خود اعمال می‌کند. شکل (۳۹) نمودار ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس خروجی را به صورت خطی نشان می‌دهد. در این نمودار فرکانس پایه شده است.



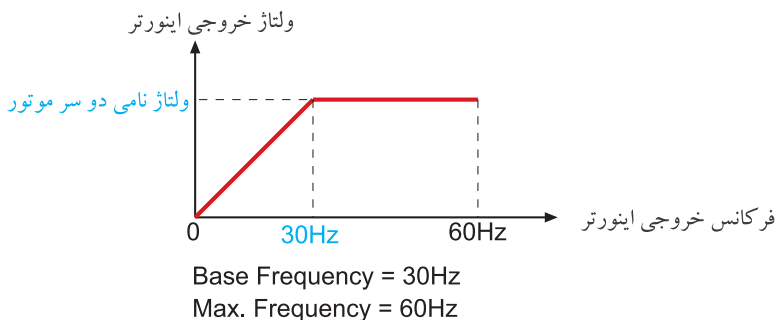
شکل ۳۹- نمودار ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس خروجی

اگر در یک اینورتر، فرکانس پایه 60 Hz تعیین شود با فرض خطی بودن ولتاژ خروجی بر حسب فرکانس خروجی اینورتر، در فرکانس خروجی 30 Hz ، اینورتر 50% ولتاژ نامی در خروجی خود را مطابق شکل ۴۰ تولید می‌کند.



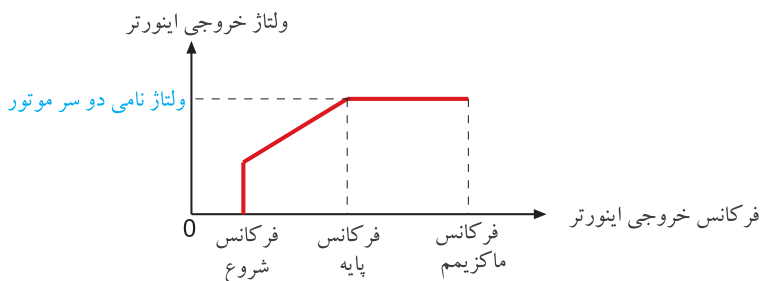
شکل ۴۰- ولتاژ نامی خروجی موتور الکتریکی تابع فرکانس خروجی اینورتر

اگر فرکانس پایه برابر 30Hz در نظر گرفته شود، در فرکانس 30Hz ولتاژ نامی توسط اینورتر تولید و به موتور اعمال می‌شود. (شکل ۴۱)



شکل ۴۱- در فرکانس 30Hz هرگز اینورتر ولتاژ نامی به موتور اعمال می‌کند

۲- فرکانس شروع Start Frequency: فرکانس شروع، فرکانسی است که از این فرکانس و بالاتر، اینورتر ولتاژ دو سر موتور قرار می‌دهد و کمتر از این فرکانس هیچ ولتاژی دو سر موتور قرار نمی‌گیرد. نمودار شکل ۴۲ فرکانس شروع را نشان می‌دهد.



شکل ۴۲- در نمودار فوق، فرکانس شروع، فرکانس پایه و فرکانس ماکزیمم نشان داده شده است.

۷- محدود کردن حد بالا و پایین فرکانس خروجی اینورتر

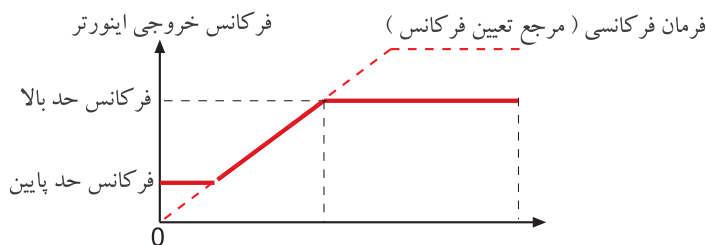
گاهی در یک پروژه صنعتی لازم می‌شود که دور یک موتور الکتریکی از مقدار مشخصی کمتر و از یک مقدار مشخصی دیگر بیشتر نشود. فرض کنید دور بر دقیقه یک موتور الکتریکی ۲ قطب نباید از ۱۰۰۰ دور بر دقیقه کمتر نشود (حتی اگر کاربر فرمان کمتر را برای اینورتر صادر کند) و از ۲۰۰۰ دور بر دقیقه بیشتر نشود (حتی اگر کاربر فرمان تولید فرکانس بیشتر را برای اینورتر صادر کند). به عبارت دیگر فرکانس خروجی بین $16/67\text{Hz}$ الی $33/33\text{Hz}$ تغییر کند و اگر

فرمان فرکانس کمتر از ۱۶/۶۷Hz توسط کاربر داده شد. اینورتر همان ۱۶/۶۷Hz را تولید کند و اگر فرمان فرکانسی بیشتر از ۳۳/۳۳Hz داده شد اینورتر همان ۳۳/۳۳Hz را تولید کند. این امکان در اینورتر پیش‌بینی شده است. کاربر باید ابتدا این امکان را فعال کند. اکثر تولیدکنندگان این امکان را به صورت Frequency Limit Selection و به صورت Yes/No از کاربر سؤال می‌کنند. اگر کاربر پاسخ Yes را انتخاب کند:

۱ برای فرکانس حد پایین عبارت Low Limit Frequency (F.Limit Lo)

۲ برای فرکانس حد بالا عبارت High Limit Frequency (F.Limit Hi)

در نرم افزار اینورتر ظاهر می‌شوند که می‌توان مقدار فرکانس حد پایین را به پارامتر (F.Limit Lo) اختصاص داد و مقدار فرکانس حد بالا را به پارامتر (F.Limit Hi) واگذار کرد. نمودار شکل (۴۳) فرکانس حد بالا و پایین را نشان می‌دهد.



شکل ۴۳- فرکانس خروجی اینورتر بین دو حد پایین و بالا تغییر می‌کند.

۸- شیب افزایشی فرکانس (ACC^۱ Time) و شیب کاهشی فرکانسی (DEC^۲ Time)

یکی از مزایای اینورتر در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی این است که مدت زمان رسیدن دور موتور الکتریکی به مقدار مشخص، توسط کاربر تعیین می‌شود. فرض کنید زمان رسیدن سرعت یک موتور الکتریکی چهار قطب به ۱۰۰۰ rpm، به مدت ۱۲۰ ثانیه طول بکشد این کار با اینورتر امکان‌پذیر است.

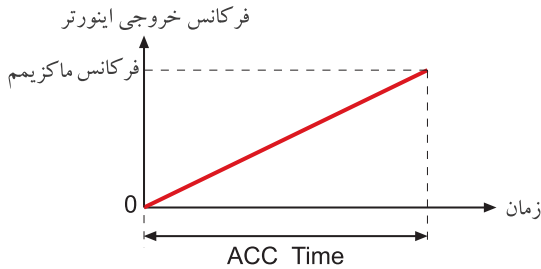
توجه داشته باشید اگر بخواهیم روتور موتور الکتریکی چهار قطب ۱۰۰۰ دور بر دقیقه بچرخد باید فرکانس اعمالی به موتور برابر ۳۳/۳۳Hz باشد. در اینورتر شیب افزایش فرکانس توسط پارامتر ACC Time مشخص می‌شود.

ACC Time مدت زمانی است که فرکانس خروجی اینورتر از صفر به ماکزیمم

۱- Acceleration Time

۲- Deceleration Time

برسد. (شکل ۴۴)



شکل ۴۴- نمودار نمایش ACC Time

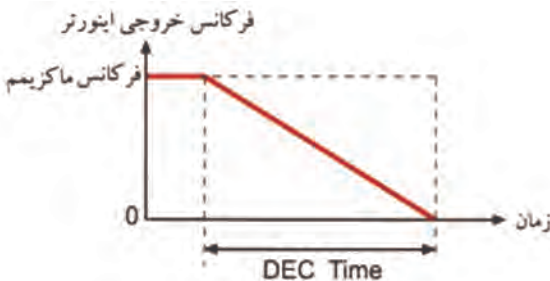
فرض کنید در یک اینورتر $f_{\max} = 50 \text{ Hz}$ و ثانیه $\text{ACC Time} = 25$ تنظیم شده باشد. در این صورت هنگام روشن کردن موتور توسط اینورتر به ازای هر 5° ثانیه، یک هرتز به فرکانس خروجی اینورتر اضافه می‌شود.

اگر در یک اینورتر $f_{\max} = 60 \text{ Hz}$ و $\text{ACC Time} = 1 \text{ s}$ تنظیم شده باشد، مدت زمانی که طول می‌کشد تا فرکانس خروجی اینورتر از صفر به 40 Hz برسد برابر است با :

$$\begin{array}{cc} 60 \text{ Hz} & 1 \text{ s} \\ 40 \text{ Hz} & x \end{array}$$

$$x = \frac{40 \text{ Hz} \times 1 \text{ s}}{60 \text{ Hz}} = 6/67 \text{ ثانیه}$$

در اینورتر DEC Time، مدت زمانی است که فرکانس خروجی اینورتر از $F_{\max}$ به صفر برسد. (شکل ۴۵)



شکل ۴۵- نمایش نموداری DEC Time

فرض کنید در یک اینورتر $f_{max} = 50\text{Hz}$ و ثانیه $\text{DEC Time} = 30$ و موتور متصل به آن با فرکانس 40Hz در حال کار است. می‌خواهیم ببینیم اگر موتور را خاموش کنیم، چند ثانیه بعد موتور کاملاً می‌ایستد (فرکانس خروجی اینورتر به صفر می‌رسد)

$$\begin{array}{ll} 50\text{Hz} & 30\text{s} \\ 40\text{Hz} & x \end{array}$$

$$x = \frac{40\text{Hz} \times 30\text{s}}{50\text{Hz}} = 24 \text{ ثانیه}$$

از مثال‌های ارائه شده دریافت می‌شود که در اینورتر با تنظیم مناسب ACC Time و DEC Time می‌توان فرمان رسیدن دور موتور موتور الکتریکی متصل به آن به مقدار دلخواه را دقیقاً تعیین کرد. همچنین بعد از خاموش کردن موتور توسط اینورتر (بعد از صدور فرمان خاموش شدن) می‌توان تعیین کرد که چه مدت زمان طول بکشد تا دور موتور به صفر برسد. (فرکانس خروجی اینورتر به صفر برسد).

۹- جلوگیری از گردش روتور موتور متصل به اینورتر

در یک جهت مشخص

به کمک اینورتر می‌توان از گردش روتور متصل به آن در یک جهت مشخصی (Forward یا Reverse) جلوگیری کرد. در اینورتر این امکان به صورت زیر مطرح است.

“Prevention of Forward or Reverse Rotation: Run Prevent”

سه حالت برای این امکان در نرم افزار اینورتر لحاظ شده است.

1 None

اگر کاربر این گزینه را انتخاب کند، اینورتر هم فرمان چرخش Forward و هم Reverse را اجرا می‌کند. بنابراین کاربر با فرمان به اینورتر می‌تواند روتور موتور متصل به آن را در هر دو جهت (Forward , Reverse) به چرخش درآورد.

2 Forward Prev

اگر کاربر در نرم افزار اینورتر، گزینه فوق را انتخاب کند، اینورتر فرمان Forward Run را اجرا نمی‌کند، یعنی روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Forward نمی‌چرخد.

۳ Reverse Prev

اگر کاربر در نرم افزار اینورتر، گزینه فوق را انتخاب کند، اینورتر فرمان Reverse Run را اجرا نمی کند، یعنی روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Reverse نمی چرخد. امکان فوق در پروسه های صنعتی در جایی استفاده می شود که جهت گردش روتور موتور در یک جهت مجاز نباشد و ممکن است کاربر به اشتباه فرمان غیرمجاز را صادر کند. از این رو اینورتر با این امکان حتی در صورت اشتباه کاربر، محافظت لازم را لحاظ می کند.

– JOG Frequency

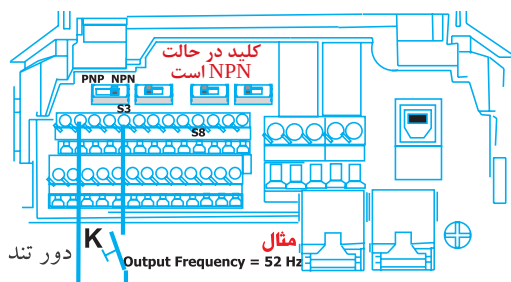
در بعضی از پروسه های صنعتی گاهی اتفاق می افتد که در یک سیستم نیاز به یک موتور با دو دور (دور کند و دور تند) است. دور کند موتور به معنی اعمال فرکانس کم به موتور الکتریکی و دور تند موتور هم یعنی اعمال فرکانس بیشتر به موتور است. یکی از موارد کاربرد موتور دو دور (دور کند و دور تند) در جرثقیل های سقفی است که دو سرعته هستند.

تغییر سرعت (دور بر دقیقه) یا باید به صورت اتوماتیک انجام پذیرد و یا توسط اپراتور به صورت دستی انجام شود. در اینورتر امکانی به این منظور پیش بینی شده است؛ به این صورت که یکی از ورودی های دیجیتال اینورتر به عنوان JOG Frequency در نرم افزار اینورتر تعریف می شود. در ضمن در نرم افزار اینورتر هم، فرکانسی به نام JOG Frequency نیز تعریف می شود.

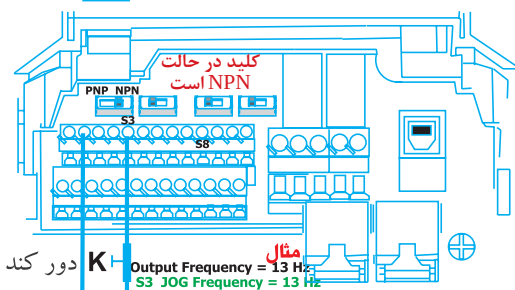
عملکرد اینورتر در ارتباط با JOG Frequency به این صورت است که تا مادامی که پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency (که قبلاً تعریف شده است) فعال نیست (قطع است) اینورتر با فرکانس تعریفی و به صورت عادی به کار خود ادامه می دهد. به محض اینکه پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency فعال شد، بلافاصله **فرکانسی** که قبلاً در نرم افزار اینورتر تحت عنوان JOG Frequency تعریف کرده ایم در خروجی اینورتر تولید و به موتور اعمال می شود.

لازم به یادآوری است که همراه JOG Frequency باید، ACC Time JOG Frequency و DEC Time JOG Frequency نیز در نرم افزار اینورتر تعریف شود.

هنگامی که پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency فعال می شود، فرکانس JOG Frequency با لحاظ شدن ACC Time JOG Frequency در خروجی اینورتر تولید و به موتور متصل به آن اعمال می شود. (شکل ۴۶)



Normal Frequency = 52Hz
JOG Frequency = 13Hz



به محض بسته شدن کلید K دور موتور با لحاظ کردن ACC Time JOG Frequency کند می شود (با توجه به مقدار فوق) و به محض قطع کلید K فرکانس خروجی اینورتر با لحاظ کردن DEC Time JOG Frequency به مقدار عادی (Normal Frequency) بر می گردد

شکل ۴۶- عملکرد JOG Frequency

۱۰- راه اندازی موتور متصل به اینورتر به روش START/STOP

گاهی در فرایندهای صنعتی لازم می شود که با فشردن یک لحظه کوتاه شستی (START) موتور الکتریکی متصل به اینورتر روشن شود و با قطع نیروی دست از روی شستی، روشن بودن موتور الکتریکی تداوم داشته باشد و برای خاموش کردن، با فشردن شستی دیگر (STOP) - با کنتاکت در حالت عادی بسته - موتور الکتریکی خاموش شود. این امکان در اینورتر پیش بینی شده است و به سیستم ۳-Wire مشهور است.

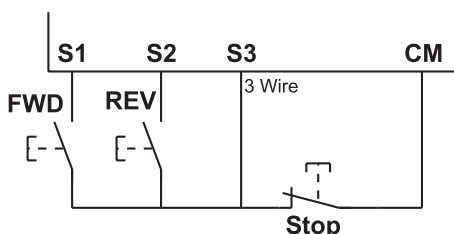
برای تحقیق این فرایند، ابتدا باید سه ورودی دیجیتال را با عملکرد زیر تعریف کرد. پایه های ورودی دیجیتال به این صورت تعریف می شود:

S۱: FX (Forward Operation)

S۲: RX (Reverse Operation)

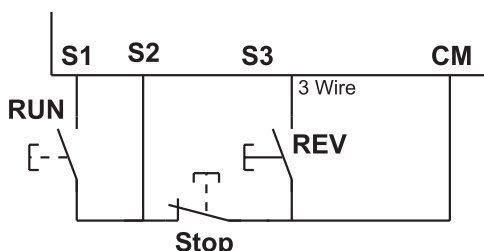
S۳: ۳ Wire

در بعضی از مدل‌های اینورتر مدار سخت‌افزاری را به صورت شکل ۴۷ در نظر می‌گیرند.



شکل ۴۷- مدار سخت‌افزاری START/STOP در بعضی از مدل‌های اینورتر

ولی در بعضی از اینورترهای دیگر مدار سخت‌افزاری به صورت شکل ۴۸ در نظر می‌گیرند.



شکل ۴۸- مدار سخت‌افزاری START/STOP در بعضی از مدل‌های اینورتر

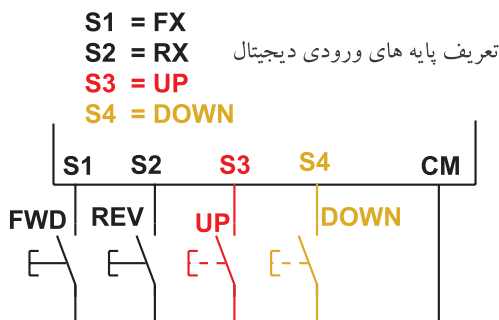
ممکن است بعضی از سازندگان اینورتر مدار سخت‌افزاری دیگری غیر از شکل‌های ۴۷ و ۴۸ برای این منظور در نظر بگیرند. در صورت نیاز به این عملکرد بهتر است به دفترچه راهنمای استفاده از اینورتر مراجعه شود که همراه اینورتر به کاربر تحویل داده می‌شود.

۱۱- روش تغییر دور پیوسته موتور متصل به اینورتر

به روش UP/DOWN

گاهی در فرایندهای صنعتی و کارگاهی، کاربر باید دور موتور را تغییر دهد و از قبل مشخص نیست که دور موتور الکتریکی چقدر باشد. مثلاً در یک ماشین خراطی، کاربر ابتدا موتور را روشن می‌کند و با مشاهده می‌خواهد دور مناسب را تنظیم کند و بعد می‌خواهد دور بر دقیقه اندکی کمتر یا بیشتر شود مثلاً برای صیقل دادن چوب دور بر دقیقه بیشتری لازم دارد و مواردی مشابه که این اتفاق می‌افتد.

در اینورتر این امر پیش‌بینی شده است به این صورت که ابتدا با یک کلید موتور را روشن می‌کند و با فشردن یک شستی ساده، فرکانسی خروجی اینورتر را زیاد می‌کند و مادامی که کاربر دست از روی شستی برنداشته است فرکانس افزایش می‌یابد و به محض اینکه شستی را رها کند، فرکانس ثابت می‌ماند (دور ثابت می‌ماند) و با شستی دیگر می‌تواند فرکانس را به صورت پیوسته کم کند و هر لحظه که دست از روی شستی بردارد، فرکانس ثابت می‌ماند (دور بر دقیقه ثابت می‌ماند). مدار سخت‌افزاری و تنظیمات اینورتر به صورت شکل ۴۹ خواهد بود.



شکل ۴۹- مدار سخت‌افزاری UP/Down

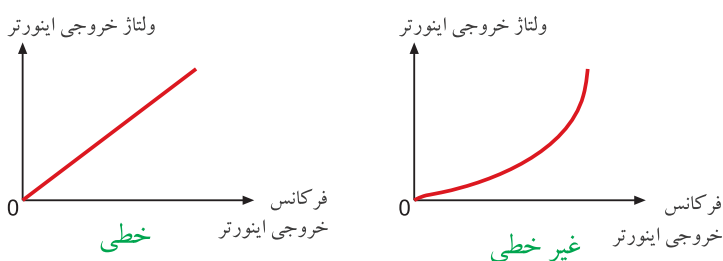
در شکل ۴۹ کاربر ابتدا موتور را در جهت دلخواه روشن می‌کند (در لحظه روشن شدن فرکانس خروجی اینورتر برابر صفر است)، کاربر با نگه داشتن شستی Up، فرکانس خروجی اینورتر به صورت پیوسته و با دقت ۱ Hz ۰/۰، شروع به زیاد شدن می‌کند هر لحظه که کاربر دست از روی شستی Up بردارد، فرکانس ثابت می‌ماند (دور موتور ثابت می‌ماند)

اکنون اگر دوباره شستی Up را فشار دهد فرکانس مجدداً افزایش می‌یابد و هر لحظه که دست از شستی بردارد آخرین مقدار فرکانس ثابت می‌ماند. توجه به این نکته مهم است که حداکثر فرکانس خروجی اینورتر با نگه داشتن شستی Up برابر F_{max} (ماکزیمم فرکانس تعریف شده در نرم‌افزار اینورتر) می‌شود هر گاه فرکانس خروجی اینورتر به F_{max} رسید اگر باز هم کاربر شستی Up را فشار دهد، دیگر فرکانس افزایش نمی‌یابد و اگر شستی Down را فشار دهد، فرکانس کم می‌شود و اگر شستی Down را همچنان نگه دارد، فرکانس به صفر می‌رسد و در این لحظه شستی Down بی‌اثر می‌شود. پس فرکانس خروجی با شستی Up اضافه می‌شود و حداکثر F_{max} و شستی Down فرکانس کاهش می‌یابد و حداقل صفر می‌شود.

۱۲- روش راه اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان DC

در خروجی اینورتر فرکانس همیشه از صفر شروع و با مقداری که روی اینورتر تنظیم می شود و با توجه به مقدار ACC Time طی زمان، زیاد می شود و نهایتاً به مقدار تنظیم شده می رسد.

ولتاژ خروجی اینورتر نیز از صفر شروع و با توجه به مقدار فرکانس و Base Frequency نهایتاً به مقدار مشخصی می رسد. نسبت تغییرات ولتاژ خروجی به فرکانس خروجی به صورت خطی و غیر خطی مورد استفاده قرار می گیرد. (شکل ۵۰)



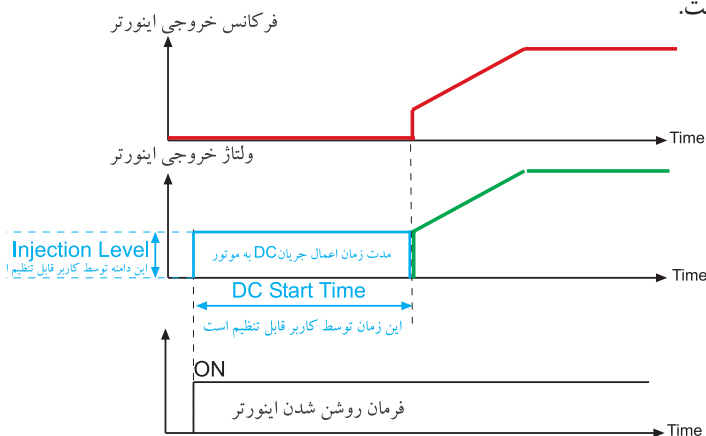
شکل ۵۰- تغییرات خطی و غیر خطی ولتاژ خروجی نسبت به فرکانس خروجی

در لحظه فرمان روشن شدن اینورتر، فرکانس خروجی اینورتر صفر است و به دنبال آن ولتاژ خروجی آن نیز صفر است و طی زمان تعیین شده توسط کاربر، ولتاژ خروجی و فرکانس افزایش می یابند.

این حالت برای بعضی از پروسه های صنعتی جالب نیست. فرض کنید یک جرثقیل سقفی باری را از زمین بلند کرده است و در فاصله یک متری از زمین کاربر فرمان خاموش شدن موتور را صادر می کند. بنابراین جرثقیل بار را در فاصله یک متری ثابت نگه می دارد (در این حالت ترمز مکانیکی موتور عمل کرده و محور موتور را قفل می کند)

اکنون به محض فرمان جدید برای بالا بردن بار، ابتدا ترمز مکانیکی، روتور را رها می کند چون در لحظه استارت ولتاژ خروجی اینورتر صفر است لذا ابتدا کمی بار به سمت پایین می آید و سپس به سمت بالا کشیده می شود این امر مطلوب نیست و ممکن است خطرناک هم باشد. لذا در اینورتر پیش بینی شده است که در هنگام استارت، ابتدا یک جریان DC به موتور تزریق می شود (نوعی ترمز محسوب می شود) حالا اگر ترمز مکانیکی، محور موتور را رها کند ترمز DC نمی گذارد که بار به سمت پایین بیاید و بعد از زمان قابل تنظیم، (که دامنه ولتاژ خروجی تا حدودی زیاد شده است) در یک لحظه کوتاه جریان DC اعمالی به موتور را قطع و جریان AC به موتور اعمال می شود.

این فرایند تنها در جرثقیل سقفی کاربرد ندارد بلکه تعدادی زیادی از فرایندهای صنعتی وضعیتی مشابه جرثقیل سقفی دارند. نمودار راه‌اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان DC در شکل ۵۱ نشان داده شده است.



شکل ۵۱- نمودار راه‌اندازی موتور متصل به اینورتر با جریان DC

اگر مقدار پارامتر DC Start Time برابر صفر در نظر گرفته شود، راه‌اندازی به صورت معمولی (بدون تزریق جریان DC) در اینورتر لحاظ می‌شود.

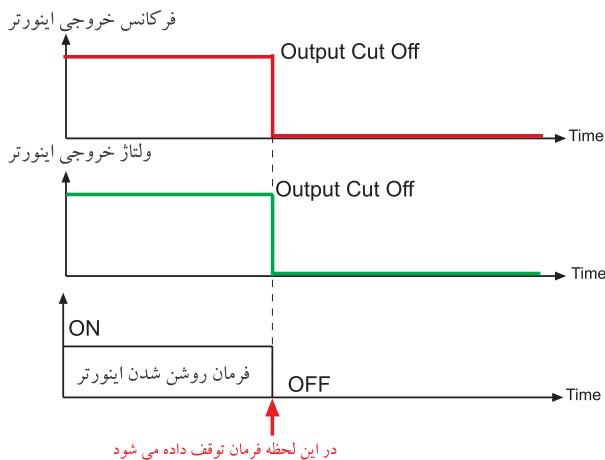
۱۳- روش‌های توقف موتور الکتریکی متصل به اینورتر (Stop Mode)

در اینورتر، توقف موتور متصل به اینورتر به سه روش زیر انجام می‌شود:

- مد توقف Free Run (Coast to stop)
- مد توقف Deceleration Stop
- مد توقف Dc_brake

۱ مد توقف Free Run (Coast to stop)

در این مد، به محض فرمان به اینورتر برای خاموش کردن موتور، اینورتر بلافاصله ولتاژ خروجی خود را صفر می‌کند. مانند یک پمپ که روشن که دو شاخه آن از پریز جدا شود، بعد از جدا کردن دو شاخه از پریز، پروانه پمپ مقداری می‌چرخد و سپس متوقف می‌شود. شکل ۵۲ نمودار این توقف را نشان می‌دهد.

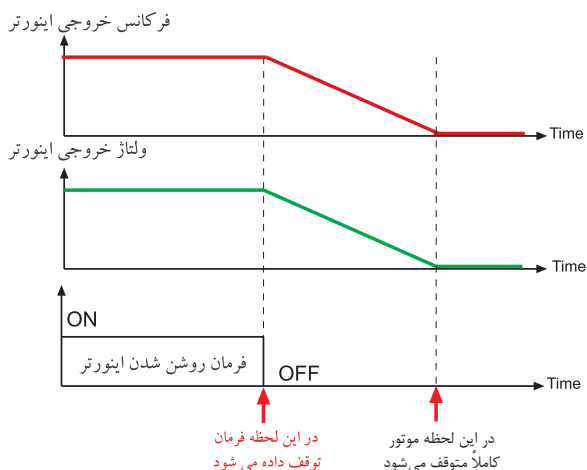


شکل ۵۲- نمودار توقف در مد Free Run

۲ مد Deceleration Stop

در این مد بعد از فرمان خاموش کردن موتور الکتریکی متصل به اینورتر، فرکانس خروجی اینورتر شروع به کم شدن می‌کند (با شیب Deceleration Time می‌شود) تا فرکانس به صفر برسد به دنبال کم شدن فرکانس، دامنه خروجی نیز کم می‌شود.

در این مد تقریباً می‌توان تعیین کرد که بعد از فرمان قطع به اینورتر، چه مدت زمان طول بکشد تا محور موتور کاملاً توقف کند. نمودار مد DECEL با فرض خطی بودن کاهش فرکانس به صورت شکل ۵۳ خواهد بود.

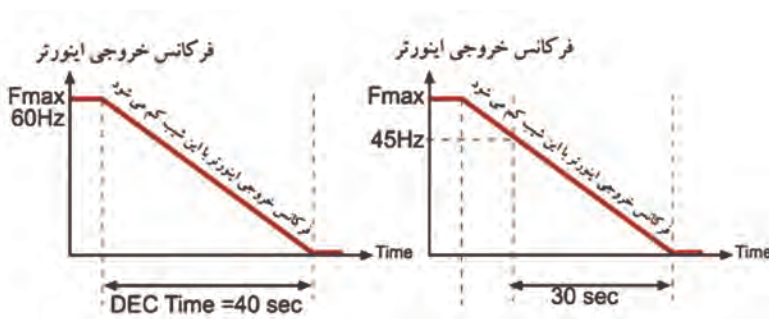


شکل ۵۳- نمودار مد توقف Decel

فرض کنید در یک اینورتر $f_{\max} = 60 \text{ Hz}$ و $\text{DEC Time} = 40 \text{ s}$ تنظیم شده باشد. اگر موتور با فرکانس 45 Hz در حال کار باشد و فرمان توقف صادر شده باشد، چند ثانیه طول می کشد تا محور موتور متوقف شود.

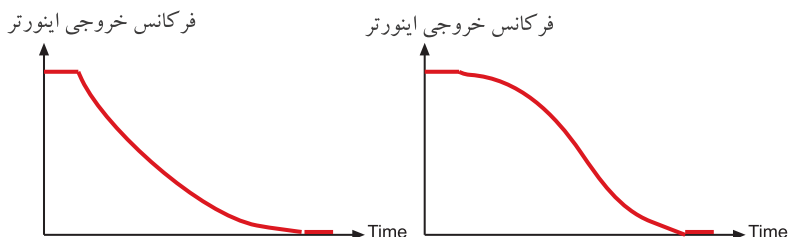
$$X = \frac{45 \text{ Hz} \times 40 \text{ s}}{60 \text{ Hz}} = 30 \text{ ثانیه}$$

تغییرات این فرایند مطابق شکل ۵۴ خواهد بود.



شکل ۵۴- زمان توقف کامل موتور الکتریکی به ازای فرکانس و DEC Time مشخص

لازم به یادآوری است که شکل کاهش فرکانس خروجی ممکن است خطی نباشد (کاربر می تواند تعیین کند عملکرد توقف خطی یا غیرخطی باشد) در شکل ۵۵ دو نمونه کاهش غیرخطی فرکانس نشان داده شده است.

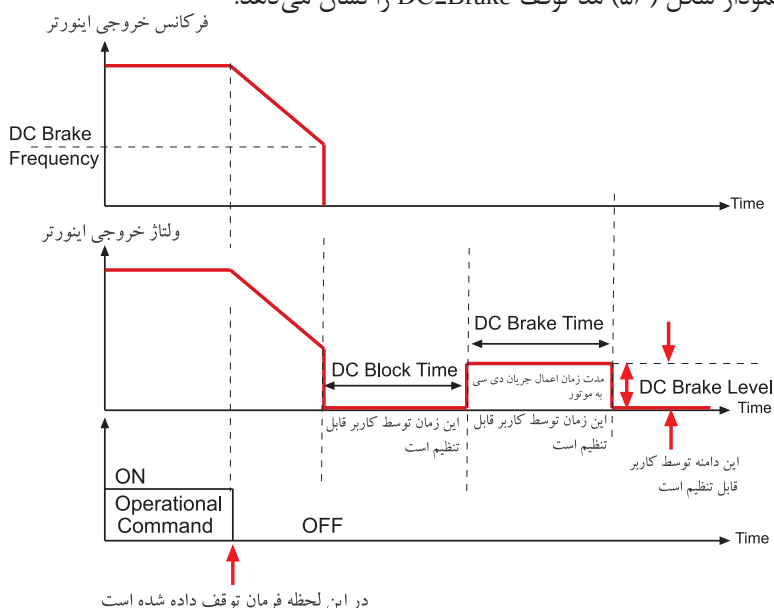


شکل ۵۵- دو نمونه (Pattern) کاهش فرکانس غیرخطی نسبت به زمان

۲ مد توقف Dc_brake

در این مد توقف بعد از فرمان به اینورتر برای خاموش کردن موتور متصل به آن، ابتدا فرکانس خروجی با شیب DEC Time کاهش می یابد. وقتی مقدار فرکانس

به اندازه DC-Br Freq. (این مقدار توسط کاربر قابل تنظیم است) رسید، اینورتر بلافاصله ولتاژ خروجی را صفر می‌کند و سپس به اندازه DC Block Time صبر می‌کند (مقدار DC Block Time توسط کاربر قابل تنظیم است) و سپس به مدت زمان DC Brake Time (این زمان نیز توسط کاربر قابل تنظیم است) جریان DC به اندازه Dc Brake Level (این مقدار جریان توسط کاربر قابل تنظیم است) به موتور تزریق می‌شود تا موتور کاملاً متوقف شود. (اینورترهایی که در آسانسورها مورد استفاده قرار می‌گیرند برای توقف کابین از این مد توقف استفاده می‌کنند) نمودار شکل (۵۶) مد توقف DC-Brake را نشان می‌دهد.



در این لحظه فرمان توقف داده شده است

شکل ۵۶- نمودار مد توقف DC Brake

کاربر باید در نرم‌افزار اینورتر، نوع مد توقف را متناسب با بار مکانیکی متصل به موتور تنظیم کند.

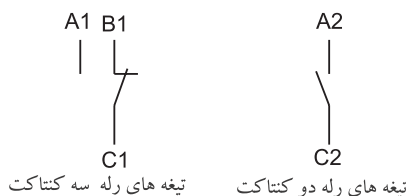
توجه



۱۴- برنامه‌ریزی رله‌های خروجی

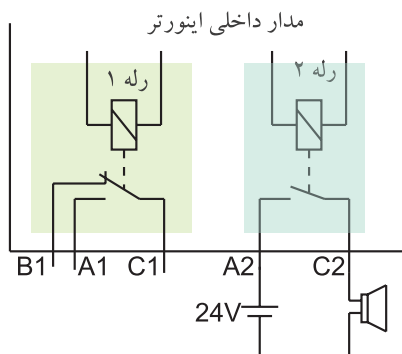
اکثر اینورترهای ساخته شده توسط سازندگان مختلف دارای تعدادی رله‌های الکترومغناطیسی و سوئیچ‌های الکترونیکی است. معمولاً تعداد یک یا دو و یا حتی چهار رله الکترومغناطیسی و یک یا دو سوئیچ الکترونیکی در اینورتر وجود دارد.

رله‌ها و سوئیچ‌های الکترونیکی همه باید برنامه‌ریزی شوند، منظور از برنامه‌ریزی این است که مثلاً رله شماره ۱ چه موقع عمل کند. فرض کنید می‌خواهیم زمانی که اینورتر در حالت توقف کامل است (stop) رله شماره ۱ عمل کند و رله شماره ۲ هنگامی عمل کند که یک خطایی در اینورتر رخ می‌دهد. با عمل کردن رله، کنتاکت باز آن بسته می‌شود و از این کنتاکت برای آلارم دادن یا موارد دیگر می‌توان استفاده کرد. رله‌هایی که در اینورترها مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً دارای دو یا سه کنتاکت هستند. شکل ۵۷ کنتاکت‌های رله‌های مورد استفاده در اینورتر را نشان می‌دهد.



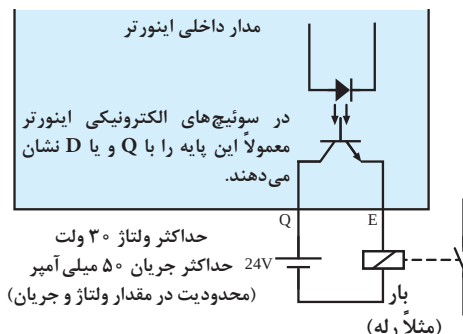
شکل ۵۷- تیغه‌های رله‌های دو و سه کنتاکت مورد استفاده در اینورتر

فرض کنید رله شماره ۲ برای حالتی عمل کند که در اینورتر خطایی رخ دهد و این حالت برای رله برنامه‌ریزی می‌شود. حال اگر خطایی در اینورتر رخ داد مدار الکتریکی یک آژیر را وصل کند تا آژیر (alarm) به صدا در آید. نقشه سخت‌افزاری این عملکرد به صورت شکل ۵۸ است.



شکل ۵۸- نحوه اتصال الکتریکی یک آژیر به رله شماره ۲ یک مدل اینورتر

همچنین فرض کنید زمانی که اینورتر آماده به کار است، رله (سوئیچ) الکترونیکی یک اینورتر عمل کند و با وصل سوئیچ به دیگر وسایلی که با این اینورتر در ارتباط هستند آماده به کار را اعلام کند. (شکل ۵۹)



شکل ۵۹- نحوه اتصال الکتریکی رله (سوئیچ) الکترونیکی با یک بار

برای برنامه‌ریزی عملکرد رله‌ها در اینورتر، کارخانجات سازنده لیستی از وضعیت‌هایی که می‌توانند منجر به عملکرد رله‌ها شوند در اختیار کاربر قرار می‌دهند و کاربر یک عملکرد (وضعیت) از بین ده‌ها عملکرد پیش‌بینی شده برای هر رله در نرم‌افزار اینورتر انتخاب می‌کند. در دفتر راهنمای ضمیمه هر اینورتر، کاربر می‌تواند لیست عملکردهای رله خروجی را مشاهده کند.

۱۵- سیگنال آنالوگ خروجی

تقریباً همه اینورترهایی که ساخته می‌شوند، حداقل یک سیگنال آنالوگ خروجی متناسب با یک کمیت (معمولاً اندازه‌گیری شده) در اختیار کاربر قرار می‌دهند. سیگنال‌های آنالوگ از نوع ولتاژ و یا جریان و با رنج‌های زیر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow 10V \\ -10 \rightarrow 10V \end{array} \right.$$

رنج تغییرات سیگنال از جنس ولتاژ

$$\left\{ \begin{array}{l} 4-20 \text{ mA} \\ 0-20 \text{ mA} \end{array} \right.$$

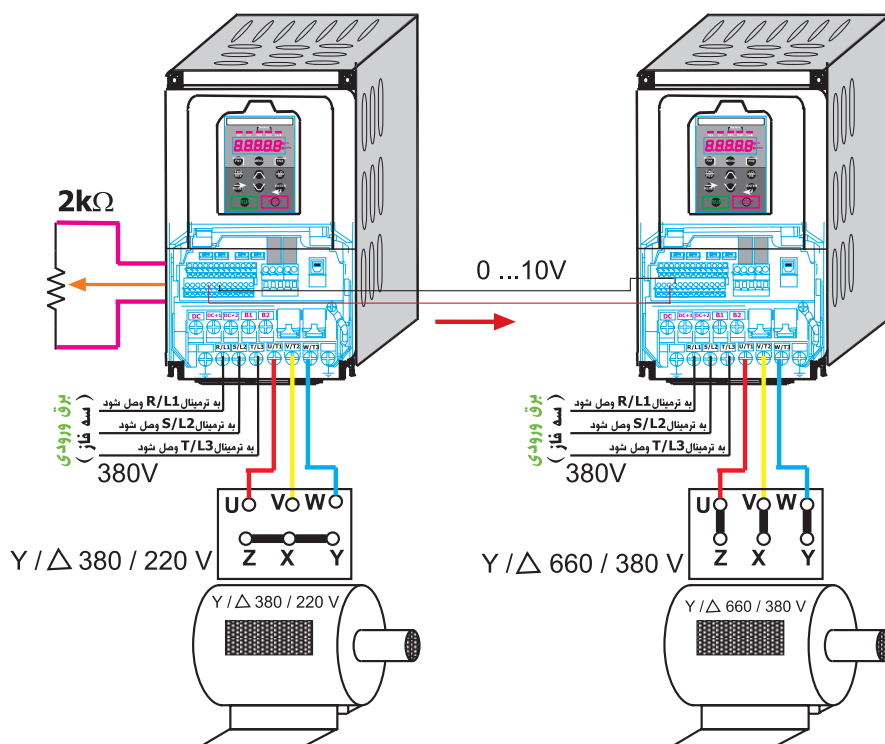
رنج تغییرات سیگنال از جنس جریان (خیلی کم متداول است)

کمیت‌هایی که متناسب با مقدار آنها، اینورتر سیگنال ولتاژ یا جریان در رنج‌های داده شده فوق، تولید می‌کند در دفترچه راهنمای اینورترها مشخص می‌کند مانند (فرکانس خروجی، ولتاژ خروجی، توان خروجی، گشتاور خروجی، جریان خروجی و RPM موتور و موارد مشابه دیگر)

کاربر از این سیگنال خروجی می‌تواند برای مشاهده مقدار کمیت توسط یک ولت

متر یا آمپر متر قابل مقیاس بندی^۱ مشاهده کند و یا برای کنترل به ورودی یک دستگاه دیگر مورد استفاده قرار دهدگاهی لازم است دو عدد اینورتر تقریباً دور بر دقیقه برابر داشته باشند ولی فقط کنترل فرکانس روی یکی از آنها انجام شود. شکل (۶۰)

برای این کار اینورتر شماره ۲ طوری تنظیم می شود که به ازای ورودی ولتاژ 10 V ، فرکانس خروجی آن از صفر الی 50 Hz تغییر کند. فرض کنید تغییرات پتانسیومتر منجر به تغییر فرکانس از صفر الی 50 Hz خواهد شد.

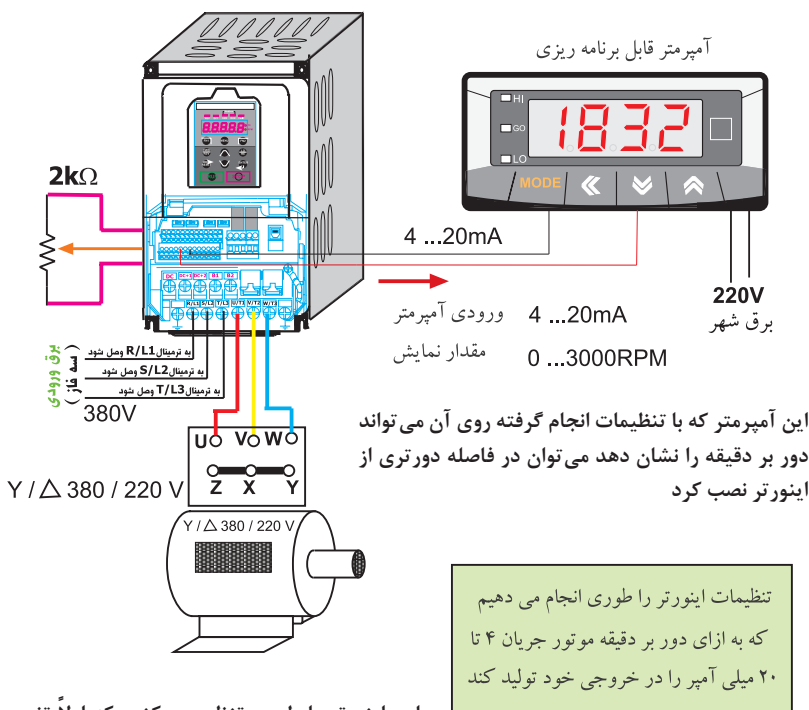


این اینورتر را طوری تنظیم می کنیم که اولاً تغییر فرکانس به وسیله سیگنال آنالوگ ورودی باشد و ثانیاً به ازای ورودی صفر تا 10 ولت فرکانس خروجی آن از صفر تا 50 هرتز تغییر کند.

این اینورتر را طوری تنظیم می کنیم که اولاً تغییر فرکانس به وسیله سیگنال آنالوگ ورودی باشد و ثانیاً به ازای ورودی صفر تا 10 ولت فرکانس خروجی آن از صفر تا 50 هرتز تغییر کند.

شکل ۶۰- موتورهای متصل به هر دو اینورتر تقریباً دور بر دقیقه های برابری دارند.

در شکل ۶۱ نمونه‌ای دیگری از کاربرد سیگنال آنالوگ خروجی نشان داده شده است.



این اینورتر را طوری تنظیم می کنیم که اولاً تغییر فرکانس به وسیله سیگنال آنالوگ ورودی باشد و ثانیاً به ازای ورودی صفر تا ۱۰ ولت فرکانس خروجی آن از صفر تا ۵۰ هرتز تغییر کند. ولتاژ آنالوگ ورودی توسط پتانسیومتر تغییر می کند.

شکل ۶۱- کاربر می تواند هر کمیت دلخواه قابل دسترسی را روی آمپر متر در یک نقطه دیگر مشاهده کند.

۱۶- جبران سازی لغزش

همه موتورهای آسنکرون دارای لغزش هستند، یعنی دور روتور آنها اندکی کمتر از دور سنکرون است. مثلاً دور سنکرون یک موتور آسنکرون دو قطب با اعمال فرکانس ۵۰ Hz به آن، ۳۰۰۰ RPM است ولی دور روتور آن عملاً اندکی کمتر است (به عنوان مثال ۲۸۸۰ دور بر دقیقه یا لغزش ۴٪) از طرفی می توان گفت دور ۲۸۸۰ RPM یعنی دور سنکرون و با فرکانس اعمالی ۴۸ Hz به دست آمده است.

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} = \frac{120 \times 48}{2} = 2880 \text{ RPM}$$

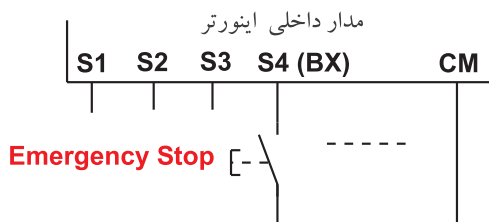
برای جبران‌سازی دور RPM ۱۲۰ افت (به خاطر لغزش) در اینورتر امکانی برای جبران‌سازی لغزش پیش‌بینی شده است، یعنی اگر کاربر بخواهد تقریباً دور سنکرون در موتور متصل به اینورتر خود داشته باشد، باید مقدار لغزش (روی پلاک موتور می‌نویسند) را تبدیل به فرکانس کرده و در نرم‌افزار اینورتر وارد کند. مثلاً در مثال اشاره شده لغزش ۴٪ برابر ۲ Hz فرکانس خواهد بود، کاربر باید در قسمت جبران‌سازی فرکانسی، مقدار ۲ Hz را وارد کند و اینورتر با این تنظیم به جای اعمال فرکانس ۵۰ Hz به موتور، فرکانس ۵۲ Hz را اعمال می‌کند تا کاربر تقریباً RPM ۳۰۰۰ را از شفت موتور دریافت کند.

۱۷- فرمان قطع اضطراری خارجی (Emergency Stop)

در اینورتر امکانی به نام فرمان قطع (حالت اورژانسی) انتقال انرژی از اینورتر به موتور وجود دارد این امکان External Trip نام دارد.

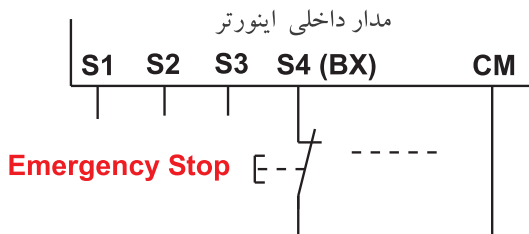
عملکرد آن به این صورت است که یکی از پایه‌های ورودی دیجیتال را به همین منظور در نظر می‌گیرند، هرگاه این پایه فعال شود، بلافاصله موتور متصل به اینورتر خاموش می‌شود.

همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، برای هر ورودی دیجیتال در اینورتر باید یک عملکرد تعریف کرد. لذا برای پایه ورودی دیجیتال که قرار است با فعال شدن آن، موتور بلافاصله خاموش شود، باید عملکرد External Trip و یا BX را انتخاب کنیم. شکل (۶۲)



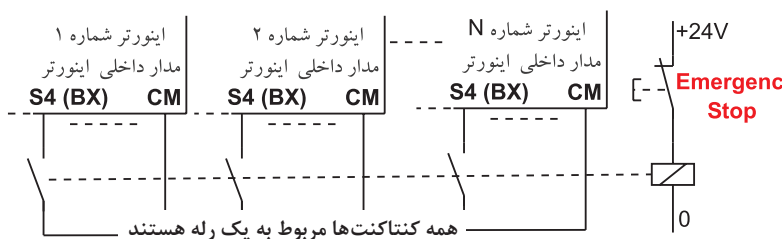
شکل ۶۲- نقشه سخت‌افزاری شستی Emergency Stop

ایراد مدار شکل ۶۲ این است که اگر سیم رابط بین S4 و CM قطع شود کاربر متوجه نمی‌شود و موقع اضطرار وقتی شستی Emergency stop را فشار می‌دهد. چون سیم رابط بین S4 و CM قطع است اینورتر هیچ عکس‌العملی از خود نشان نمی‌دهد لذا باید (حتماً) از شستی با کنتاکت در حالت عادی بسته (NC) مطابق شکل ۶۳ استفاده شود.



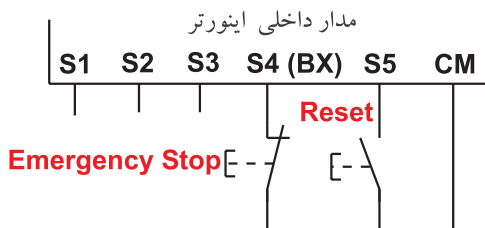
شکل ۶۳- استفاده از شستی‌های با کنتاکت در حالت عادی بسته برای این منظور امری اجتناب‌ناپذیر است.

فقط باید ورودی S4 را در نرم‌افزار اینورتر تعریف کرد که حالت فعال آن، حالت قطع است (برای هر ورودی می‌توان حالت فعال را قطع و یا وصل تعریف کرد). در شکل ۶۳ اگر سیم رابط بین S4 و CM به هر دلیلی قطع شود بلافاصله اینورتر از خود عکس‌العمل نشان داده و موتور را قطع می‌کند و کاربر چون شستی Emergency Stop را فشار نداده است پس متوجه قطع بودن سیم رابط می‌شود. پس با این روش تا مادامی‌که اینورتر از خود عکس‌العمل نشان نداده است یعنی اینکه سیستم Emergency stop سالم است. البته این روش قطع اضطراری، می‌تواند به‌طور هم‌زمان در تعداد بیش از یک عدد اینورتر را نیز دربرگیرد. یعنی با یک شستی اضطراری، می‌توان تعدادی اینورتر را هم‌زمان خاموش کرد. (شکل ۶۴)



شکل ۶۴- قطع هم‌زمان تعدادی از اینورترها

توجه داشته باشید که در بسیاری از اینورترها، وقتی به‌صورت Emergency stop موتور متصل به اینورتر را خاموش می‌کنند، اولاً با وصل مجدد شستی Emergency stop موتور مجدداً روشن نمی‌شود و ثانیاً حتماً باید اینورتر Reset شود. روی صفحه کلید تمامی اینورترها شستی Reset وجود دارد لذا برای Reset کردن می‌توانید از آن استفاده کرد یا اینکه یکی از ورودی‌های دیجیتال را Reset انتخاب کرد این شستی می‌تواند در فاصله دورتری از اینورتر نیز قرار گیرد. (شکل ۶۵)



شکل ۶۵- مدار سخت افزاری قطع اضطراری و پایه Reset

وقتی موتور متصل به اینورتر را با شستی Emergency stop خاموش می‌شود. اینورتر این مدل خاموش کردن را یک خطا تلقی می‌کند و با پیام مناسب روی صفحه نمایش (به صورت متنی در اینورترهایی که صفحه نمایش متنی دارند و به صورت کد در اینورترهایی که صفحه نمایش آنها به صورت ۷-Segment است). خطا را اعلام می‌کند.

۱۸- عملکرد حفاظتی اینورتر

حفاظت اینورتر از دو بخش اصلی تشکیل شده است:

(الف) حفاظت اینورتر

(ب) حفاظت موتور توسط اینورتر

(الف) حفاظت اینورتر

اینورتر تا حدودی خود حفاظتی در برابر عواملی چون گرم شدن قطعات الکترونیک یا وصل شدن موتور با توان بیشتر از توان تحمل اینورتر (در حقیقت در برابر جریان خروجی بیشتر از حد مجاز اینورتر) و موارد مشابه دیگر دارد. مثلاً اگر جریان خروجی آن از حد مجاز بیشتر شود بلافاصله موتور متصل به خود را قطع می‌کند و پیام مناسبی مانند Inverter Over Load یا IOL روی صفحه نمایش نشان می‌دهد. اگر دمای قطعات الکترونیک قدرت آن از حد مجاز بیشتر شود بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش می‌کند و معمولاً پیام E-Thermal و یا Eth صادر می‌کند. اگر فن خنک کن آن بسوزد یا قطع شود بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش می‌کند و با پیام مناسب کاربر را از خطای به وجود آمده مطلع می‌کند. در دفترچه راهنمای هر اینورتر لیست خطاها و پیام‌های صادره را به طور کامل می‌نویسند تا کاربر با مشاهده هر پیام روی صفحه نمایش بتواند خطای به وجود آمده را تحلیل و نسبت به رفع آن اقدام کند.



اینورتر در برابر اتصال کوتاه خروجی معمولاً محافظت نمی‌شود و چنانچه اتصال کوتاهی در خروجی آن رخ دهد، به احتمال خیلی زیاد قطعات قدرت آن می‌سوزند. لذا ابتدا موتور را به‌طور صحیح و با رعایت اصول فنی به اینورتر وصل کنید (از اتصال کوتاه نبودن خروجی مطمئن شوید) سپس برق اصلی را وصل کنید.

علاوه بر موارد فوق اگر ولتاژ ورودی اینورتر از مقدار مشخصی کمتر یا از مقدار مشخصی بیشتر شود موتور متصل به خود را بلافاصله خاموش می‌کند و پیغام‌هایی مانند Overvoltage Trip برای ولتاژ بیشتر از حد مجاز و Low Voltage Trip برای ولتاژ کمتر از حد مجاز صادر می‌کند.

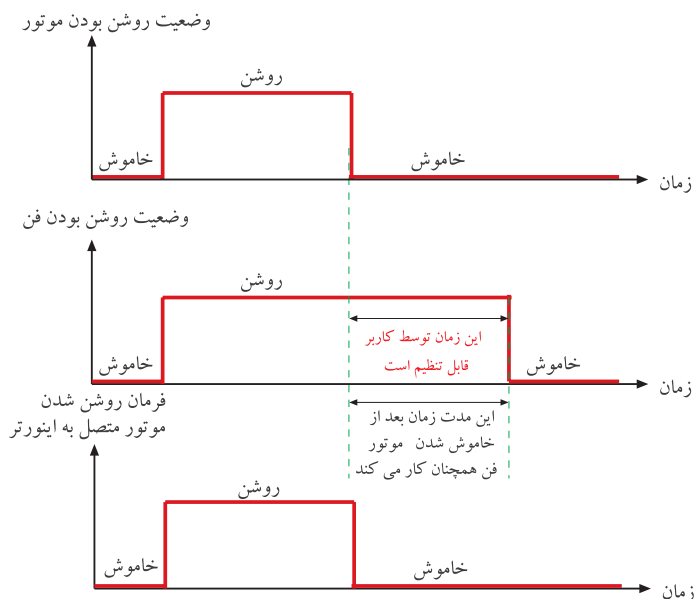
ب) حفاظت موتور توسط اینورتر

اگر هواکش اینورتر دارای مشکل شود مثلاً اتصالات آن از جای خود خارج شده باشند و یا هم بسوزد (وقتی هواکش می‌سوزد یا جریان دریافت نمی‌کند - سیم‌های ارتباط الکتریکی آن قطع شده‌اند - یا جریان بیش از حد نامی دریافت می‌کند) بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند تا عناصر نیمه‌هادی قدرت آن که قبلاً به‌طور غیرمستقیم و یا مستقیم توسط هواکش خنک می‌شوند، بیش از اندازه گرم نشوند. زیرا در اثر گرم شدن بیش از حد، معمولاً معیوب می‌شوند. توجه داشته باشید در اینورتر وقتی هواکش کار نمی‌کند لزوماً به معنای سوختن آن نیست! بلکه در آن لحظه نیازی نبوده است که هواکش کار کند.

تنظیمات هواکش اینورتر

۱ تا مادامی که اینورتر روشن است (به برق اصلی وصل است) هواکش نیز همراه با اینورتر روشن می‌ماند این حالت در اینورتر معمولاً با عبارت Always ON مشخص می‌کنند.

۲ تا مادامی که موتور متصل به اینورتر روشن است، هواکش نیز روشن است و به محض اینکه موتور متصل به اینورتر خاموش شد هواکش نیز خاموش می‌شود. این حالت در اینورتر معمولاً با عبارت During Run مشخص می‌کنند. در بعضی از مدل‌های اینورتر و در این مدکاری هواکش، یک تایمر نیز تعریف می‌کنند با تنظیم این تایمر، هواکش بعد از خاموش شدن موتور، مدت زمان تنظیم شده تایمر، کار می‌کند و بعد خاموش می‌شود. (نمودار شکل ۶۶)



شکل ۶۶- نمودار روشن شدن فن در حالت روشن شدن فن همراه با موتور اینورتر

۲ اینورتر دمای قطعات قدرت را حس می کند و چنانچه لازم باشد هواکش را روشن می کند و به محض اینکه قطعات خنک شوند هواکش را خاموش می کند در این مدار هواکش، روشن و یا خاموش بودن موتور متصل به اینورتر تأثیری در روشن و یا خاموش بودن هواکش نمی گذارد و روشن شدن هواکش فقط به دما بستگی دارد. این حالت در اینورتر را معمولاً با عبارت Temperature Control مشخص می کند.

پ) حفاظت اینورتر از موتور متصل به آن

سیم پیچ‌های یک موتور الکتریکی زمانی می سوزد (معیوب می شود) که دمای آنها از مقدار مشخصی بیشتر شود (دمای طبیعی سیم پیچ‌ها در حالت کار عادی معمولاً ۴۳ درجه سانتی گراد در نظر می گیرند)

گرم شدن سیم پیچ‌ها به دو عامل اصلی بستگی دارد:

الف) عبور جریان بیش از حد مجاز

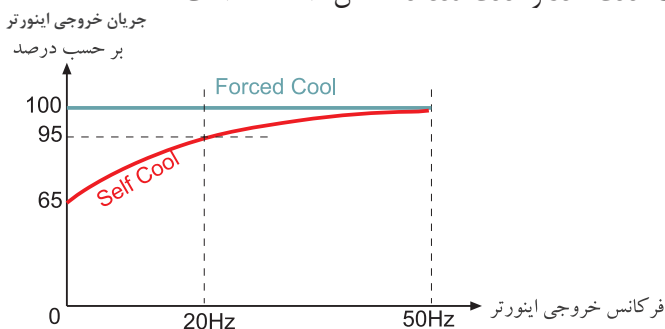
ب) خنک نشدن بدنه و هسته موتور

هر کدام از دو مورد فوق به تنهایی می تواند باعث معیوب شدن سیم پیچ‌های موتور الکتریکی شود. بدنه و هسته اغلب موتورها، توسط پروانه‌هایی که روی شفت روتور نصب می شوند خنک می شوند و در تعدادی از موتورها، یک هواکش جداگانه وظیفه خنک کردن بدنه و هسته استاتور را به عهده دارد.

توجه داشته باشید که موتورهایی به کمک پروانه‌های نصب شده روی شفت خنک می شوند که روتور موتور، با دور نامی بچرخد.

اگر روتور موتور با دور کمتر از دور نامی بچرخد، میزان جابه‌جایی هوا برای خنک کردن هسته موتور، ممکن است کافی نباشد و به تدریج هسته و بدنه گرم شده و باعث آسیب رساندن به سیم‌پیچ‌های موتور شوند. از این‌رو در بعضی از اینورترهای ساخته شده، در نرم‌افزار آن، از کاربر نوع خنک کردن موتور معمولاً با عبارت Motor Cooling سؤال می‌کنند، کاربر باید یا خنک کردن با پروانه‌های نصب شده روی شفت موتور را پاسخ دهد (self Cool) و یا باید خنک کردن موتور با موتور دیگر (Forced Cool) را انتخاب کند.

اگر پاسخ کاربر، Self Cool باشد اینورتر در فرکانس‌های کم، جریان خروجی را محدود می‌کند تا سیم‌پیچ‌ها گرم نشوند (چون دور موتور کم است لذا پروانه‌های نصب شده روی شفت روتور به میزان کافی هوا را جابه‌جا نمی‌کنند) ولی اگر پاسخ کاربر، Forced Cool باشد، حتی در فرکانس خیلی کم نیز جریان خروجی را محدود نمی‌کند. در شکل ۶۷ نمودار محدودیت جریان نسبت به فرکانس در دو حالت self Cool و Forced Cool نشان داده شده است.



اعداد در اینجا جنبه مثال دارند

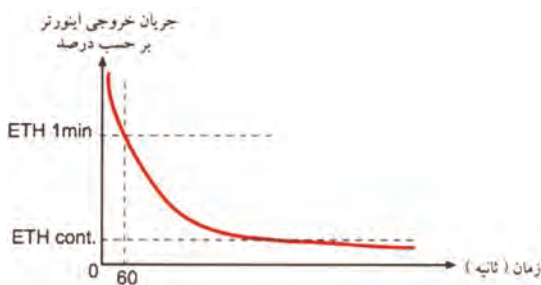
شکل ۶۷- نمودار جریان خروجی اینورتر بر حسب فرکانس برای حالت Self Cool و Forced Cool

جریان خروجی اینورتر (جریان موتور الکتریکی) که باعث گرم شدن سیم‌پیچ‌های استاتور می‌شوند را می‌توان به صورت زیر در اینورتر تعریف کرد تا سیم‌پیچ‌های موتور آسیب نبینند.

الف) تنظیم حداکثر جریان خروجی اینورتر به مدت یک دقیقه، به این صورت که اگر جریان خروجی اینورتر به مدت یک دقیقه از این مقدار بیشتر بود بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. معمولاً این مقدار بر حسب درصد بیان می‌شود و مقدار آن نیز ۱۲۰-۲۰۰ درصد جریان نامی موتور است که برای اینورتر تعریف می‌شود (در ادامه توضیح بیشتری در ارتباط با جریان نامی داده خواهد شد). این عملکرد معمولاً با عبارت ۱min ETH یا عبارت مشابه دیگر در اینورتر بیان می‌شود.

ب) تنظیم حداکثر جریان خروجی اینورتر به‌طور مداوم، اگر مقدار جریان خروجی

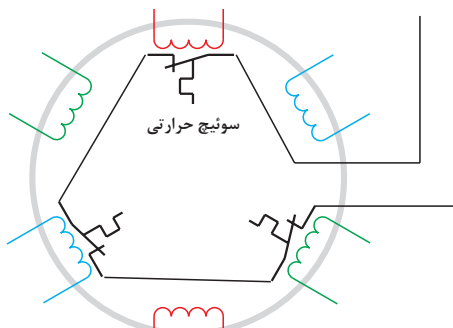
اینورتر (جریان موتور) در هر لحظه از این مقدار بیشتر شد بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. مقدار این پارامتر نیز بر حسب درصد بیان می‌شود و مقدار نیز معمولاً بین ۵۰ تا ۱۸۰ درصد جریان نامی موتور خواهد بود. این عملکرد معمولاً با عبارت ETH cont یا به عبارت مشابه دیگر در اینورتر بیان می‌شود. نمودار شکل ۶۸ جریان خروجی اینورتر بر حسب درصد را بر حسب زمان نشان می‌دهد.



شکل ۶۸- نمودار جریان خروجی اینورتر بر حسب زمان

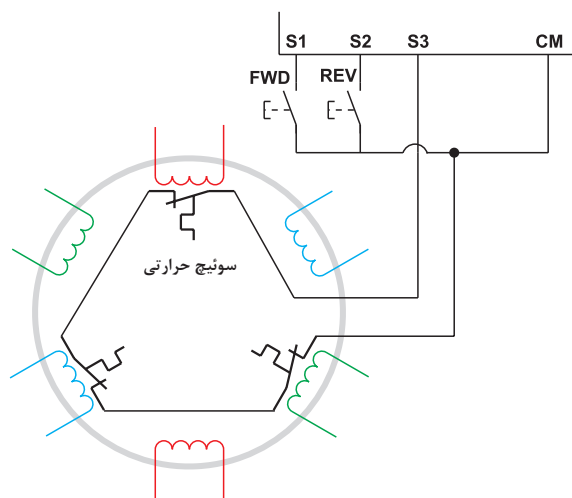
یکی دیگر از روش‌های حس کردن گرمای بیش از حد سیم‌پیچ‌های استاتور موتور متصل به اینورتر استفاده از سوئیچ‌های حرارتی (Thermoswitch) است. سوئیچ‌های حرارتی به این صورت عمل می‌کنند که در حالت عادی کنتاکت آنها بسته است و وقتی دمای حس شده توسط آنها زیاد شد، سوئیچ را باز می‌کنند. (روی اکثر جاروبرقی‌ها نیز این سوئیچ نصب می‌شود و وقتی موتور جاروبرقی اندکی داغ می‌شود این کلید عمل کرده و مسیر اصلی برق سیم‌پیچ‌ها را قطع می‌کند و جارو برقی خاموش می‌شود).

تا مادامی‌که سوئیچ به اندازه کافی خنک نشده باشد مجدداً وصل نمی‌شود و وقتی دمای حس شده آن از مقدار مشخصی کمتر شد مجدداً وصل می‌شود. روی هر سه گروه کلاف‌های سیم‌پیچ یک عدد سوئیچ حرارتی نصب می‌کنند و هر سه سوئیچ را با هم سری می‌کنند (شکل ۶۹).



شکل ۶۹- نحوه نصب سوئیچ‌های حرارتی به سیم‌پیچ‌های موتور

در ارتباط با این نوع حفاظت، در اکثر اینورترها می‌توان یک پایه ورودی دیجیتال را با عملکرد Thermal In انتخاب کرد و این پایه را به لحاظ عملکردی از نظر Normally open یا Normally Close باید Normally Close تعریف کرد، در حالت عادی همه سوئیچ‌های حرارتی بسته هستند (در دمای طبیعی) به محض اینکه دما در همه کلاف‌ها و یا یک گروه کلاف افزایش یافت همه و یا یک سوئیچ که باز شوند، مطابق شکل ۷۰ ورودی اینورتر قطع می‌شود و اینورتر پیغام مناسبی در همین ارتباط می‌تواند صادر می‌کند.



شکل ۷۰- نحوه اتصال سوئیچ‌های حرارتی به ورودی دیجیتال اینورتر

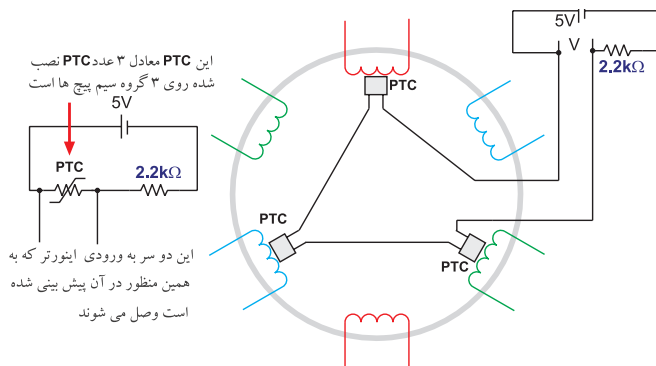
همچنین روش دیگری نیز برای حس کردن گرمای سیم‌پیچ‌های موتور متصل به اینورتر وجود دارد، در این روش یک مقاومت تابع حرارت یا همان PTC^{1} یا $PT100^{2}$ معمولاً روی هر گروه کلاف موتور نصب می‌کنند و سپس این PTC ها را با یکدیگر سری کرده و با یک مقاومت ثابت نیز سری و آن‌گاه به دو سر آنها ولتاژ وصل می‌کنند (شکل ۷۱).

۱- PTC یک مقاومت تابع حرارت است. یعنی مقدار آن با افزایش دمای حس شده افزایش می‌یابد. فقط

افزایش مقدار مقاومت آن نسبت به دمای حس شده خطی نیست!

۲- $PT100$ یک مقاومت تابع حرارت است. فرق آن با PTC در خطی بودن آن است. یعنی به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای حس شده توسط $PT100$ مقاومت اهمی آن زیاد می‌شود.

در ضمن مقدار این مقاومت در صفر درجه سانتی‌گراد برابر 100Ω است. از این مقاومت معمولاً در مواردی استفاده می‌شود که بخواهیم هر لحظه مقدار دما را اندازه بگیریم.

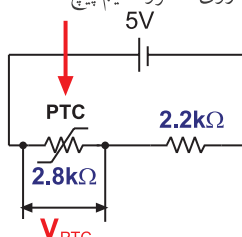


شکل ۷۱- نحوه نصب PTC‌ها روی سیم پیچ‌های استاتور

فرض کنید جمع مقاومت اهمی سه عدد PTC در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد برابر $2/8k\Omega$ باشد. بنابراین با توجه به مدار شکل ۷۲ ولتاژ دو سر آن مقاومت معادل سه عدد PTC برابر خواهد بود با:

$$V_{PTC} = \frac{5V}{2/8k\Omega + 2/2k\Omega} \times 2/8k\Omega = 2/8V$$

این PTC معادل ۳ عدد PTC نصب شده روی ۳ گروه سیم پیچ‌ها است



$$V_{PTC} = \frac{5V}{2.8k\Omega + 2.2k\Omega} \times 2.8k\Omega = 2.8V$$

شکل ۷۲- ولتاژ دو سر PTC

حال اگر دما افزایش یابد مقدار مقاومت اهمی PTC، افزایش می‌یابد فرض کنید دما به ۵۵ درجه سانتی‌گراد رسیده باشد و مقاومت PTC‌ها از $2/8k\Omega$ به $6/8k\Omega$ تغییر یافته باشد لذا ولتاژ دو سر PTC‌ها برابر خواهد شد با:

$$V_{PTC} = \frac{5V}{6/8k\Omega + 2/2k\Omega} \times 6/8k\Omega = 3/78V$$

با توجه به مثال فوق، مشخص است که با افزایش دما، ولتاژ دو سر PTCها افزایش و با کاهش دما نیز کاهش می‌یابد. برای حفاظت سیم پیچ‌ها در صورت افزایش دمای آنها، ولتاژ دو سر PTCها را به اینورتر اعمال می‌کنند و در نرم‌افزار اینورر مشخص می‌کنند که مقدار ولتاژ به عنوان مثال (با توجه به مثال صفحه قبل) تا $3/5V$ دمای سیم پیچ‌ها در حد قابل قبول است و اگر ولتاژ ورودی از $3/5$ ولت بیشتر شد اینورتر فرمان قطع انتقال انرژی به موتور متصل به خود را صادر کند (موتور را خاموش می‌کند). این روش حفاظت از سیم پیچ‌های موتور بسیار رایج است.

۱۹- موارد دیگر حفاظت در اینورتر

با توجه به امکانات متعددی که در اینورتر برای حفاظت پیش‌بینی شده است. امکان بررسی همه آنها در این کتاب میسر نیست و لذا در ادامه فقط به بعضی از موارد اشاره خواهد شد.

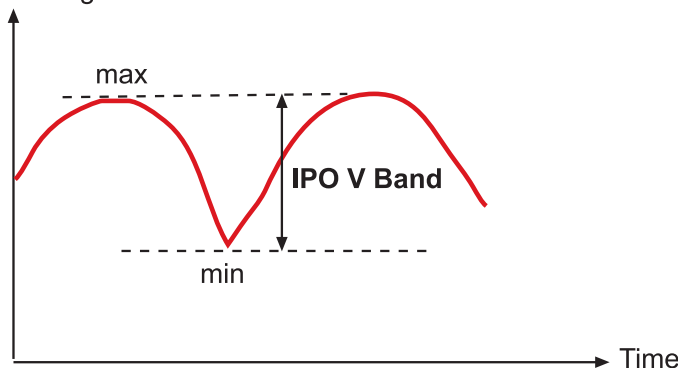
۱ قطع فاز بین اینورتر و موتور

نرم‌افزار اینورتر را به گونه‌ای می‌توان تنظیم کرد که اگر یکی از فازهای موتور (U,V,W) قطع شدند، اینورتر بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش کند.

۲ قطع فاز ورودی (قطع فاز برق ورودی اینورتر)

با قطع یکی از فازهای ورودی، در صورتی که موتور متصل به اینورتر خاموش باشد هیچ اتفاقی نمی‌افتد و حتی اگر موتور متصل به اینورتر روشن باشد، ولی موتور بی‌بار کار کند، نیز هیچ اتفاقی نمی‌افتد. اگر موتور زیر بار باشد (تقریباً بالای 50% جریان نامی دریافت کند) بلافاصله اینورتر موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. در این مورد اینورتر معمولاً پیغام Low Voltage صادر می‌کند. در اینورتر وقتی یکی از فازهای ورودی قطع می‌شود شکل ولتاژ یکسو شده تقریباً به صورت شکل ۷۳ خواهد بود.

DC Link Voltage

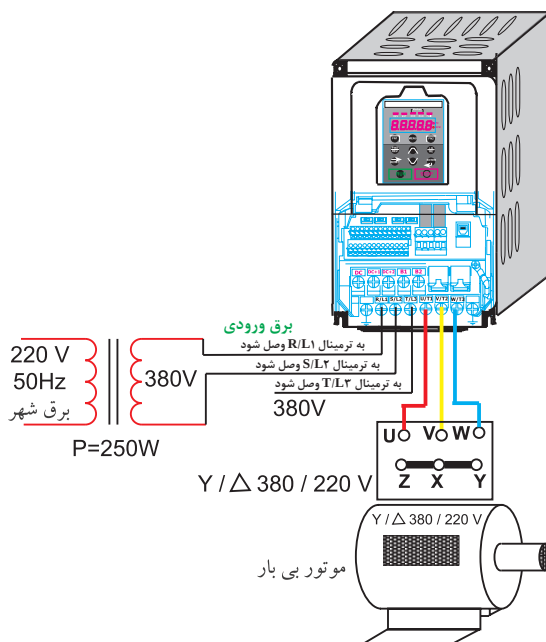


شکل ۷۳- شکل تقریبی ولتاژ دو سر بانک خازنی در اینورتر در صورت قطع شدن یکی از فازهای ورودی

در اینورها ولتاژ Input Phase Open V Band قابل تنظیم است (معمولاً ۱ الی ۱۰۰ ولت).

توجه داشته باشید که مقدار IPO V Band را کاربر تعیین نمی کند بلکه مقدار آن به باری که به موتور کوپل شده است بستگی دارد. در حالت بی باری موتور یا خاموش بودن موتور، مقدار IPO V Band به سمت صفر می رود. کاربر فقط تعیین می کند که مقدار IPO V BAND از چه مقداری بیشتر شد اینورتر مبادرت به خاموش کردن موتور متصل به خود می کند.

حتی در بسیاری موارد می توان مطابق شکل ۷۴، اینورتر را با برق تک فاز خانگی (برق شهر) مورد آزمایش قرار داد.



شکل ۷۴- مدار آزمایش تنظیمات اینورتر به کمک برق یک فاز خانگی با موتور بدون بار

۲ سرعت (دور بر دقیقه) روتور بیش از سرعت سنکرون

اگر سرعت روتور موتور متصل به اینورتر، به هر دلیلی بیش از سرعت سنکرون روتور شود (مانند وصل به یک بار مکانیکی که بار مکانیکی باعث شود سرعت روتور بیشتر از سرعت سنکرون موتور شود مثلاً سقوط بار از یک جرثقیل سقفی و یا موارد مشابه دیگر) اینورتر می تواند بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش کند. در اینورتر این عملکرد را معمولاً Over Speed می نامند. برای امکان فوق دو پارامتر را باید در اینورتر تنظیم کرد:

A: Over Speed Level (Hz)

B: Over Speed Time (Sec)

اگر چرخش روتور سریع‌تر از Over Speed Level شد و مدت زمان این عمل از Speed Time، بیشتر شد اینورتر بلافاصله موتور متصل به خود را خاموش می‌کند. امکان فوق ممکن است در بعضی از اینورترها نباشد.

۴ نوسان سرعت

در بعضی از اینورترها، این امکان وجود دارد که اگر دور محور موتور الکتریکی متصل به اینورتر، دچار نوسان شود، با فعال کردن این امکان در اینورتر، موتور الکتریکی متصل به آن را خاموش کرد.

این امکان در اینورترها معمولاً تحت عنوان Speed Variation Failure مطرح می‌شود و در قسمت نرم‌افزار آن باید سه گزینه به شرح زیر را تنظیم کرد:

A: Speed Dev. Trip yes/No

B: Speed Dev. Band ۲۰/۰۰ Hz

C: Speed Dev. Time ۱/۰ Sec

اگر بخواهیم این امکان در اینورتر فعال شود باید در تنظیمات گزینه Speed Dve. Trip را Yes انتخاب کرد و مقدار نوسان مجاز را (بر حسب هرتز) را باید به پارامتر Speed Dev. Band واگذار کرد و مدت زمان مجاز نوسان را نیز باید در پارامتر Speed Dev Time تنظیم کرد.

۵ حفاظت در برابر گم شدن صفحه کلید (key pad)

صفحه کلید اغلب اینورترها قابل جدا شدن از بدنه اصلی است. فرض کنید قرار است روشن و خاموش کردن اینورتر از روی صفحه کلید باشد. همچنین فرض کنید که فردی از روی صفحه کلید، موتور متصل به اینورتر را روشن کرده است. اکنون اگر فرد دیگری صفحه کلید را از بدنه جدا کند، نفر اول، دیگر نمی‌تواند موتور را خاموش کند و ناچار است برق اصلی اینورتر را قطع کند.

در اینورتر یک امکان برای این منظور پیش‌بینی شده است این امکان Lost Keypad Mode نام دارد.

زیر مجموعه این عنوان سه حالت پیش‌بینی شده است که با حروف A و B و C نشان داده می‌شود.

A: None (الف)

در این حالت در صورت جدا شدن صفحه کلید، اینورتر از خود هیچ عکس‌العملی نشان نمی‌دهد.

B: Free Run (ب)

در این حالت به محض جدا شدن صفحه کلید، موتور با مد Free Run خاموش می‌شود (این مد در صفحات قبل توضیح داده شده است).

ج: Dec C:

در این مد به محض جدا شدن صفحه کلید، موتور با مد Decele_ ration خاموش می شود (این مد در صفحات قبل توضیح داده شده است).

۶ قطع موتور از اینورتر

این امکان در اینورتر به نام No Motor Trip مطرح می شود. به محض اینکه فرمان روشن شدن موتور متصل به اینورتر، به اینورتر داده می شود اگر جریان موتور از مقدار مشخصی کمتر باشد و در مدت زمان تعریف شده به این منظور جریان موتور به مقدار مشخصی نرسد، اینورتر انتقال توان به موتور را متوقف می کند. این پارامترها در نرم افزار اینورترها معمولاً به این صورت تعریف می شوند.

A: No Motor Level

B: No Motor Time

۷ سایر موارد

تعداد موارد حفاظت در اینورتر خیلی زیاد هستند و بررسی همه آنها در اینجا ممکن نیست.

۲۰- شروع دوباره اتوماتیک Automatic Restart

وقتی اینورتر خطایی را احساس کرد (مطابق با تنظیمات انجام شده توسط کاربر) مثلاً جریان خروجی آن از مقدار تنظیم شده جریان و زمان بیشتر شد، بلافاصله انتقال انرژی به موتور متصل به خود را قطع می کند و برای راه اندازی مجدد موتور، ابتدا باید خطا را در اینورتر Reset کرد و سپس فرمان RUN را اجرا کرد در غیر این صورت فرمان RUN اجرا نمی شود. در اینورتر امکانی (عملکردی) وجود دارد که کاربر در صورت انتخاب آن وقتی اینورتر خطایی را احساس کرد و موتور را خاموش کرد اینورتر مدتی (قابل تنظیم) صبر کند و ضمن Reset کردن خطا، موتور را نیز روشن کند. اگر بعد از روشن کردن مجدداً خطا تکرار شد عمل Reset کردن و RUN مجدد دوباره اجرا می شود. کاربر می تواند تعیین کند که اینورتر چند بار این عمل را انجام دهد اگر به تعداد دفعات تعریف شده، اینورتر نتوانست موتور را روشن کند. عملیات روشن کردن متوقف می شود و کاربر باید اینورتر را Reset و سپس فرمان RUN را اجرا کند. این عملکرد در اینورتر با عبارت Restarts by reset after trip مشخص می کنند و شامل سه گزینه به این شرح است:

A: RST Restart Yes/No

اگر کاربر گزینه Yes را انتخاب کند، یعنی عمل شروع دوباره اتوماتیک را فعال کرده است و دو پارامتر زیر نیز فعال خواهند شد:

B: Retry Number

چند بار این عمل Restart را پشت سر هم انجام دهد (معمولاً ۱۰ ~ ۵)
C: Retry Delay

بین دو Restart متوالی، چقدر صبر کند. (معمولاً ۶۰ ~ ۵ ثانیه).

توجه



فرض کنید کاربر مقدار پارامتر Retry Number را برابر عدد ۸ در نظر گرفته است و اینورتر بعد از ۶ بار موفق شده است که موتور متصل به خود را بدون خطا راه اندازی کند. بعد از راه اندازی کامل، ۶ بار راه اندازی از حافظه پاک می شود و اگر چنانچه اینورتر مواجهه با خطایی شود، بار دیگر تا ۸ بار سعی می کند موتور متصل خود را راه اندازی کند.

۲۱- تنظیمات کارخانه‌ای Factory Default

وقتی یک اینورتر نو خریداری می شود، کارخانه سازنده پارامترهای آن را در حد کاربرد عمومی تنظیم می کند این تنظیمات به تنظیمات کارخانه‌ای معروف است مقدار هر پارامتر تنظیم شده، توسط سازنده در دفترچه راهنمای همراه اینورتر مشخص شده است. معمولاً در اینورترها به کاربر نیز اجازه می دهند تنظیمات موجود را به تنظیمات کارخانه‌ای برگردانند. این عملکرد را معمولاً با Parameter Init در اینورترها را مشخص می کنند.

برای دسترسی سریع تر کاربر به پارامتر خاصی در اینورتر، معمولاً پارامترها را به صورت دسته بندی درمی آورند، در بسیاری از اینورترها به کاربر اجازه می دهند فقط یک یا چند گروه پارامتر را به صورت تنظیم کارخانه‌ای درآورد و یا همه گروه پارامترها را به صورت یک جا به تنظیم کارخانه‌ای برگردانند.

– **وارد کردن اطلاعات موتور در اینورتر:** در بعضی از مدهای کاری اینورتر (مانند مد Vector) برای اینکه اینورتر بهتر بتواند دور موتور را کنترل کند و انتقال توان به آن را بهتر انجام دهد باید مشخصات کامل موتور (پارامترهای موتور) را در اینورتر وارد کرد. عمومی ترین پارامترهای موتور که باید در اینورتر وارد شوند عبارتند از:

الف) توان موتور Motor Capacity

ب) تعداد قطب های موتور Pole Number

ج) لغزش نامی Rated Slip

د) جریان نامی Rated Current

ه) جریان بی باری No load Current

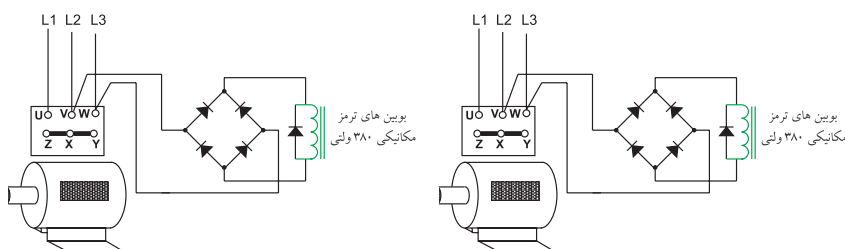
و) راندمان Efficiency

پارامترهای ذکر شده را باید از روی پلاک موتور قرائت کرد و سپس در اینورتر وارد

نمود. البته اینورتر به پارامترهای دیگری نیز نیاز دارد مانند مقاومت اهمی سیم پیچ‌های موتور یا ضریب خودالقایی سیم‌پیچ‌ها و نظایر آن. این پارامترها را با اجرای Auto Tuning در اینورتر، در صورتی که موتور مورد نظر به آن وصل باشد، اینورتر آنها را اندازه گرفته و وارد می‌کند.

– راه‌اندازی موتورهای ترمزدار به کمک اینورتر: تعدادی از موتورهای مورد استفاده در صنعت، دارای ترمز مکانیکی هستند. در حالت عادی زمانی که موتور به برق وصل نشده است ترمز عمل می‌کند و شفت موتور را قفل می‌کند. به محض وصل برق به موتور، ترمز عمل کرده و شفت را رها می‌کند. در مواردی که به محض قطع برق اصلی، روتور موتور باید در جا متوقف شود از موتورهای دارای ترمز مکانیکی استفاده می‌کنند.

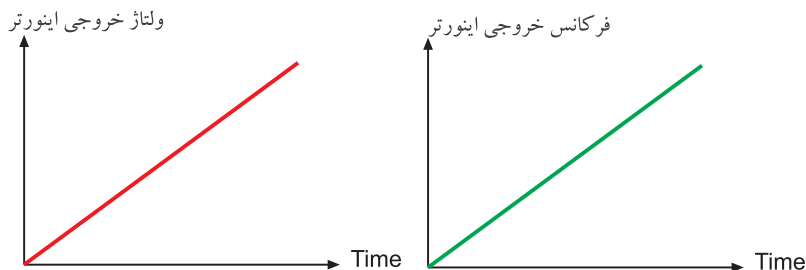
مدار الکتریکی معمول یک ترمز مکانیکی به صورت شکل ۷۵ است:



شکل ۷۵- مدار الکتریکی ترمز مکانیکی

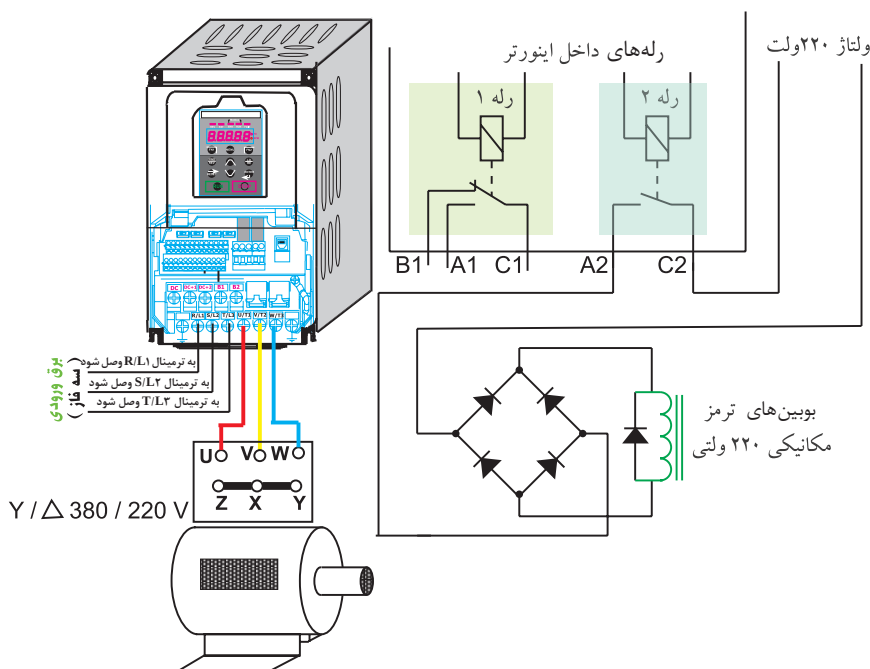
اگر بخواهیم موتور با ترمز مکانیکی را با کمک اینورتر راه‌اندازی کنیم، باید به سیستم ترمز از مسیر دیگری ولتاژ بدهیم. زیرا سیستم ترمز مکانیکی برای عملکرد نیاز به ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۳۸۰ ولت دارد. در صورتی که اینورتر ولتاژ را متناسب با فرکانس از صفر تا مقدار تنظیم شده در طی زمان زیاد می‌کند. در صورتی که (ترمز مکانیکی در لحظه اول نیاز به ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۳۸۰ ولت دارد.

شکل ۷۶ نحوه تغییر فرکانس و ولتاژ خروجی اینورتر را طی زمان نشان می‌دهد.



شکل ۷۶- نمودار تغییرات فرکانس و ولتاژ دو سر موتور طی زمان

برای فعال کردن ترمز مکانیکی از رله موجود در اینورتر استفاده می‌کنیم، رله خروجی اینورتر را با عملکرد RUN (و یا در بعضی از اینورترها Duration Run) باید برنامه‌ریزی کرد. یعنی به محض اینکه فرمان RUN از طرف کاربر به اینورتر داده شد (از طریق کی‌پد و یا ترمینال‌های ورودی و یا RS-485) بلافاصله عمل می‌کند. و به کمک این رله ولتاژ ۲۲۰ ولت و یا ۳۸۰ ولت را به ترمز موتور اعمال می‌کنیم (البته سیم‌های ترمز باید از ترمینال‌های اصلی موتور جدا شوند). (شکل ۷۷)



شکل ۷۷- نحوه راه اندازی موتورها با ترمز مکانیکی

اگر موتوری که قبلاً به صورت «ستاره - مثلث» و با ولتاژ ۳۸۰ ولت راه‌اندازی می‌شده‌است، اکنون قرار است با اینورتر راه‌اندازی شود باید اتصال سیم‌پیچ‌های موتور از ابتدا به صورت مثلث بسته شود. راه‌اندازی موتور به صورت ستاره - مثلث با اینورتر بی‌معنی است.

اگر روی پلاک موتور عبارت زیر را مشاهده کردید:

$$\Delta/Y \ 220/380 \ V$$

و ولتاژ ورودی اینورتر ۳۸۰ ولت باشد، باید از ابتدا و دائم سیم‌پیچ‌های موتور به صورت ستاره سربندی شوند و اگر ولتاژ سه فاز ورودی ۲۲۰ ولت است از ابتدا و دائم سیم‌پیچ‌های موتور باید به صورت مثلث سربندی شوند.

اگر روی پلاک موتورالکتریکی این عبارت زیر را مشاهده شود:

$$\Delta/Y \ 380/220 \ V$$

این حالت با حالت $\Delta/Y \ 220/380$ فرقی ندارد.

باید توجه داشت که سازندگان موتورهای الکتریکی معمولاً به نوع راه‌اندازی کاری ندارند و هدف Y/Δ و یا موارد مشابه دیگر فقط ولتاژ سیم‌پیچ هر گروه کلاف را مشخص می‌کنند. (در حقیقت نوع سربندی کلاف‌ها را مشخص می‌کنند)

۲۲- ساخت مجموعه آموزشی اینورتر

برای آموزش اینورتر بهتر است سخت‌افزار موجود را در قالب یک مجموعه آموزشی به هنرجویان ارائه دهید. این کار علاوه بر نگهداری بیشتر و افزایش طول عمر اینورتر، نگاه آموزشی هنرجویان در کاربست اینورتر را تقویت می‌کند. مراحل گفته شده را برای تهیه این مجموعه آموزشی دنبال نمایید.

۱ ساخت صفحه نصب: متناسب با ابعاد اینورتر می‌تواند تخته چوب از جنس MDF و یا از پلاستیکی محکم باشد.

۲ کلید کوچک صفر ویک **Mini Rocker Switch**: این نوع کلید قابلیت نصب و سیم‌کشی راحتی روی ترمینال بلوکی ۱۲ تایی دارد و تعداد ۵ عدد آن برای ساخت این مجموعه آموزشی کافی است در صورتی که پایه‌های این کلیدها به فواصل سوراخ (خانه) ترمینال یکسان نیست به کمک یک تکه سیم، طول پایه را بلندتر کنید. هر کلید باید دو خانه مجاور را اشغال کند و به آن سیم‌کشی شود.



شکل ۷۸- کلید صفر ویک

۳ ولوم مولتی ترن **Multi-Turn Volume**: این ولوم یک پتانسیومتر از نوع خطی است (۱۰ دور) و مقاومتاً ۵ تا ۲۰ کیلو اهم است. معمولاً بدنه آن به رنگ آبی است و در بازار به سادگی یافت می‌شود. با این حال به مشخصات فنی این وسیله که در پشت آن درج می‌شود و به صورت شکل صفحه بعد خواهد بود توجه کنید.



شکل ۷۹- ولوم مولتی ترن (ده دور)

در تصویر کوچک سمت راست سر ولوم مدرج این پتانسیومتر ملاحظه می شود. در نوع فلزی و پلاستیکی در بازار موجود است و میزان دقیق دور را نشان می دهد البته می توانید از سرولوم های ساده نیز استفاده کنید.

توجه: استفاده از ولوم چند دور (مولتی ترن) به این دلیل است که با چرخش ولوم های یک دور معمولی تغییرات شدیدی در فرکانس خروجی اینورتر ایجاد خواهد شد که باعث آسیب دیدن این مجموعه آموزشی خواهد شد. بنابراین توصیه می شود به هیچ عنوان از آنها استفاده نکنید.



شکل ۸۰- ترمینال پیچی

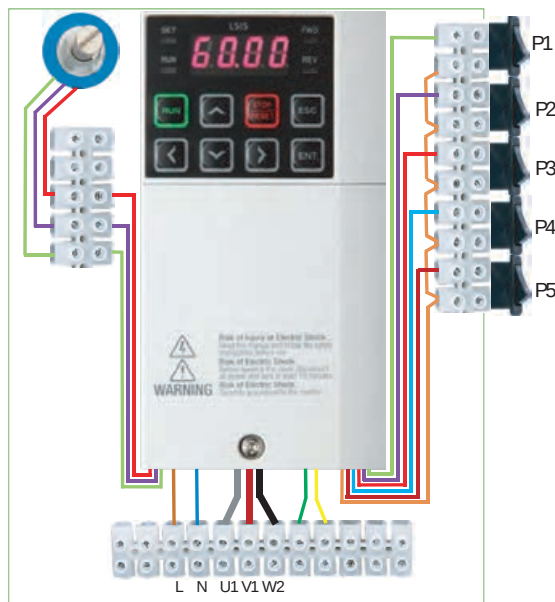
۴ ترمینال پیچی ۱۲ تایی: سه

عدد از این ترمینال ها برای ساخت مجموعه کافی است سعی کنید اندازه ترمینال را متناسب به کلیدها در نظر بگیرید.

۵ سیم کشی با رنگ های مختلف:

در صورت استفاده از سیم افشان حتماً سرسیم مناسب نیز استفاده شود به واسطه ترمینال های ظریف روی اینورتر از سیم های با مقطع پایین برای کلیدها و ولوم استفاده کنید. در انتها گروه سیم های مختلف را توسط کمربندکابل (بست کمربندی) مرتب نموده و باهم در یک دسته قرار داده و ببندید.





شکل ۸۱- سیم کشی اینورتر

۲۳- روش پیشنهادی دیگر برای اجرای کارهای عملی اینورتر

کتاب درسی کار عملی یک را تهیه و ساخت مجموعه آموزشی در نظر گرفته است. در کارهای عملی بعدی ابتدا روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر را به عنوان کار عملی ۲ آورده است و در ادامه کار عملی ۳ تنظیم فرکانس مرجع و در کار عملی ۴ برای اولین بار هنجو با زمان شتاب و زمان توقف آشنا می‌شود. با توجه به آنکه اینورترها تنظیمات اولیه (کارخانه‌ای) دارند و از ابتدا پیش فرضی برای این زمان‌ها (غیر از صفر) وجود دارد و نیز آنکه روشن کردن اینورتر با یک فرکانس ثابت اولیه بدون زمان شتاب و توقف درست نیست. لذا همکاران محترم می‌توانند آموزش را بر مبنای «کل به جزء» پیش برده و از همان کار عملی اول موضوع زمان شتاب و زمان توقف را به عنوان ساختار کلی راه‌اندازی به روش اینورتر مطرح کنند و کارهای عملی چگال‌تری را در یک جلسه ۸ ساعته کارگاهی برای هنجوین فراهم نمایند. حتی موکول کردن موضوع زمان شتاب و زمان توقف به جلسه چهارم با توجه به محدودیتی‌هایی که به لحاظ تعداد جلسات پیش خواهد آمد ممکن است باعث نپرداختن به این موضوع مهم شود. از طرفی در کارهای عملی مقادیر عددی پارامترها به هنرآموز محول کرده است و همچنین موضوع راه‌اندازی‌ها و کار با

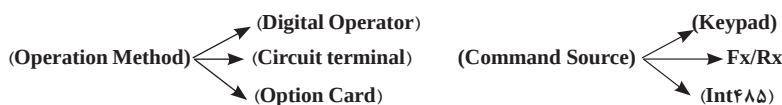
اینورتر با جزئیات و دکمه‌های اینورتر خاصی پیش نرفته است با توجه به مطالب بالا در کتاب هنرآموز سعی شده دو اینورتر LS-S100 و Yaskawa-V1000 بیشتر تمرکز شود و کارهای عملی همان‌طور که گفته بالا آمد با مقادیر عددی و از ابتدا با زمان شتاب و توقف ارائه شود. همان‌طور که در کتاب درسی آمده، سه روش زیر در تمامی اینورترها پیش‌بینی شده است استفاده می‌شود:

- ۱ از طریق صفحه کلید روی اینورتر
- ۲ از طریق ترمینال‌های ورودی دیجیتال
- ۳ از طریق کارت شبکه

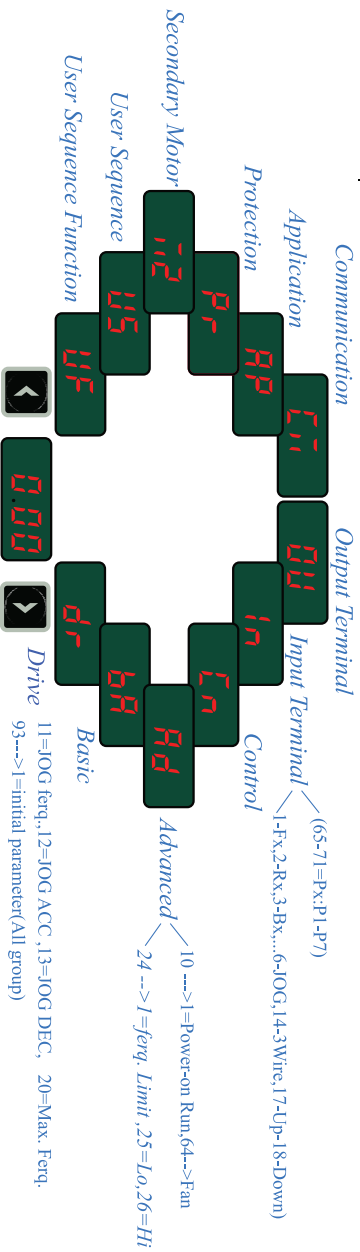
- معمولاً روی هم صفحه کلیدها یک دکمه برای روشن کردن موتور متصل به اینورتر (RUN) و دکمه دیگری برای خاموش کردن موتور متصل به اینورتر (STOP) حتماً وجود دارد در زیرصفحه کلید و اصطلاحات برای «روشن و خاموش شدن» و نیز سه روش در بالا به ترتیب برای دو نمونه اینورتر استفاده شده در کتاب زیر آمده است.



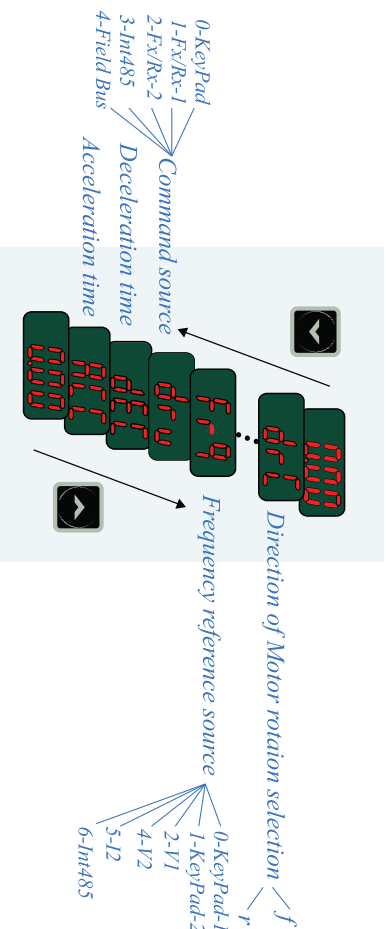
شکل ۸۲ - صفحه کلید اینورتر



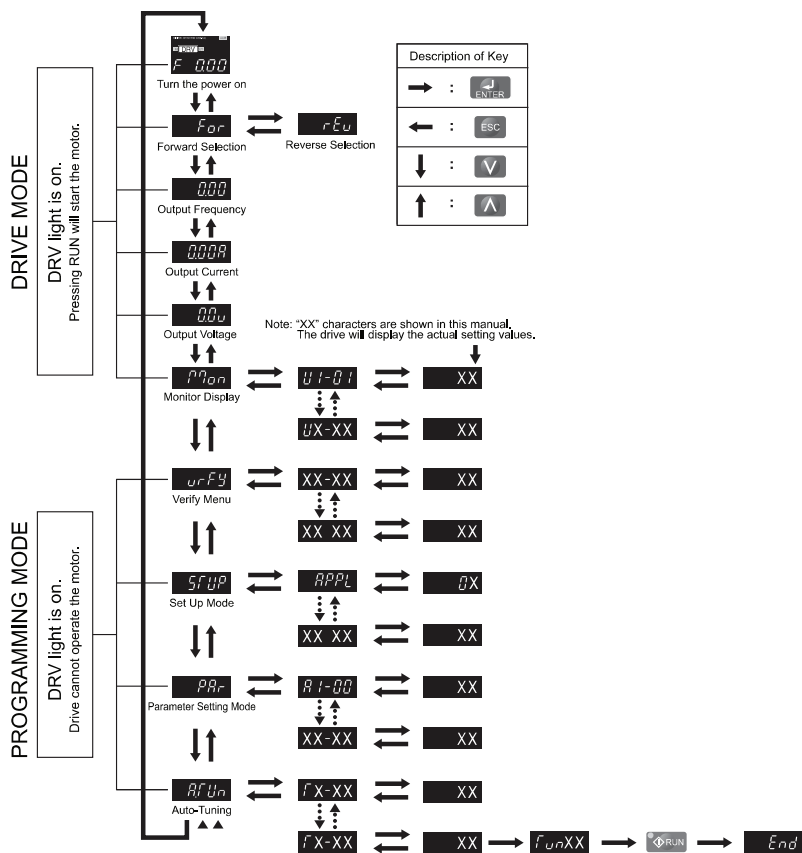
نمودار درختی تنظیمات دو نمونه اینورتر در کتاب درسی آمده که در شکل ۸۳ آن را مجدد می‌بینید.



Switch between groups, or to move the cursor during parameter setup or modification.



Switch between codes, or to increase or decrease parameter values.



شکل ۸۳

کار عملی ۱



الف) می‌خواهیم راه‌اندازی مطابق شکل زیر داشته باشیم و این کار را با دکمه‌های روی اینورتر انجام دهیم.

فرض‌های اولیه تنظیم و مقادیر تنظیمی خواسته شده عبارت‌اند از:

۱ فرکانس مرجع صفر باشد بخواهیم مطابق نمودار $30/05 \text{ Hz}$ شود.

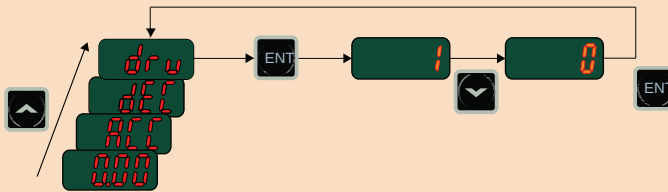
۲ زمان شتاب و زمان توقف 5 Sec باشد. مطابق نمودار تغییر پیدا کند به 16 Sec .

۳ راه‌اندازی از طریق ترمینال‌های ورودی است به دکمه‌های روی اینورتر تغییر یابد.

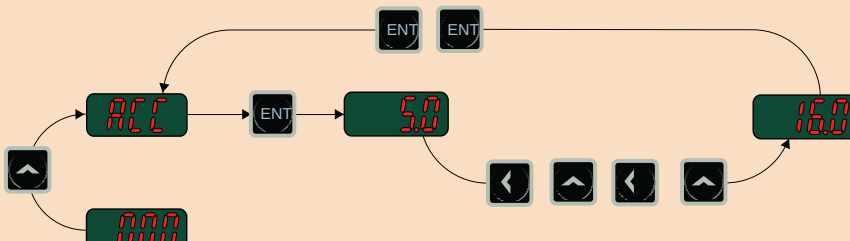
ابتدا برای $LS-100$ و از راهنمای آن به زبان انگلیسی داریم:



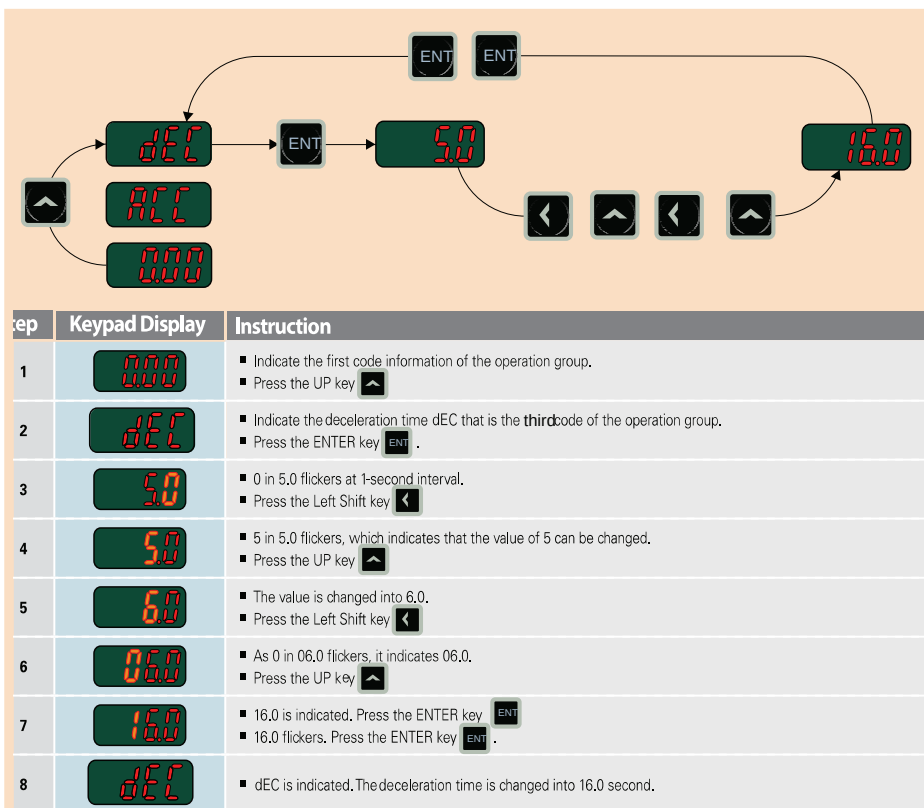
Step	Keypad Display	Instruction
1	0.00	Ensure that the first code of the Operation group is selected, and the code 0.00 (Command Frequency) is displayed. Press the [ENT] key.
2	0.00	The value, 0.00 will be displayed with the '0' in the 1/100s place value flashing.
3	00.00	Press the [◀] key 3 times to move to the 10s place value. The '0' at the 10s place value will start to flash.
4	30.00	Press the [▲] key to change it to '3', the 10s place value of the target frequency, '30.05'.
5	30.00	Press the [▶] key 3 times. The '0' at the 1/100s place position will flash.
6	30.05	Press the [▲] key to change it to '5', the 1/100 place value of the target frequency, '30.05', and then press the [ENT] key. The parameter value will flash on the display.
7	30.05	Press the [ENT] key once again to save changes. Flashing stops. The frequency reference has been configured to 30.05 Hz.



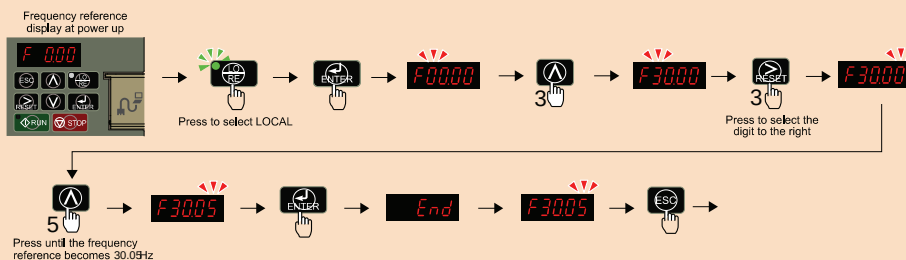
Step	Keypad Display	Instruction
1	-	Turn on the inverter.
2	000	Ensure that the first code of the Operation group is selected, and the code 0.00 (Command Frequency) is displayed.
3	drv	Press the [▲] key 4 times to go to the drv code.
4	1	Press the [ENT] key. The drv code in the Operation group is currently set to 1 (Terminal input).
5	0	Press the [▼] key to change the parameter value to 0 (Keypad), and then press the [ENT] key. The new parameter value will flash.
6	drv	Press the [ENT] key once again. The drv code is displayed again. The frequency input has been configured for the keypad.

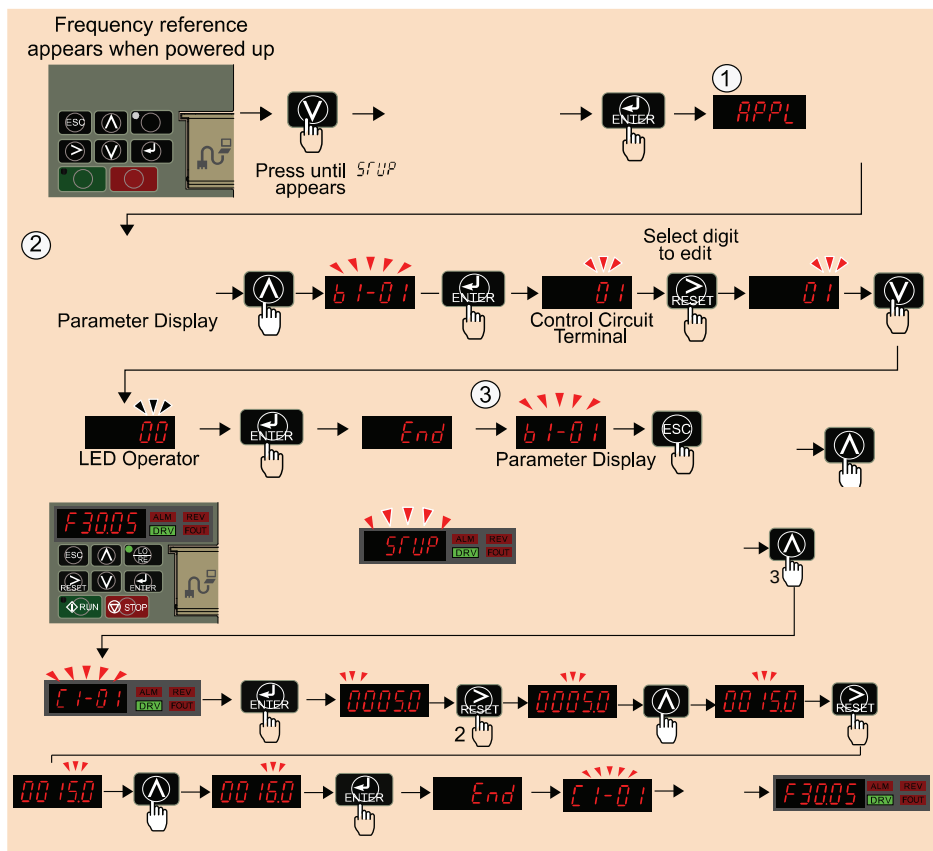


Step	Keypad Display	Instruction
1	000	- Indicate the first code information of the operation group. - Press the UP key [▲].
2	acc	- Indicate the acceleration time ACC that is the second code of the operation group. - Press the ENTER key [ENT].
3	5.0	0 in 5.0 flickers at 1-second interval. - Press the Left Shift key [←].
4	5.0	5 in 5.0 flickers, which indicates that the value of 5 can be changed. - Press the UP key [▲].
5	6.0	- The value is changed into 6.0. - Press the Left Shift key [←].
6	06.0	- As 0 in 06.0 flickers, it indicates 06.0. - Press the UP key [▲].
7	16.0	16.0 is indicated. Press the ENTER key [ENT]. 16.0 flickers. Press the ENTER key [ENT].
8	acc	ACC is indicated. The acceleration time is changed into 16.0 second.



برای yaskawa - v ۱۰۰۰ و از راهنمای آن به زبان انگلیسی داریم:





شکل ۸۴

۲۴- کار با نرم افزار ارتباطی اینورتر (درایو اینورتر فرکانسی) و PC

یکی از امتیازات که، کار با نرم افزار درایو (به جای کار با دکمه‌ها) این است که پارامترهای تنظیمی یک درایو را می‌توان دانلود کرده، مورد بررسی قرار داد و به راحتی به دستگاه درایو مشابه انتقال داد، همچنین در تنظیمات پارامتری زمان بر و پیچیده از فایل آماده آن می‌توان کمک گرفت. جدول ۱ انواع درایو و نرم افزار مرتبط را معرفی کرده است.

در سال گذشته مفهوم پروتکل و انواع آن، تا حدودی ارائه شده است. یک پروتکل باز ارتباط شبکه ModBus نام دارد در شبکه‌های صنعتی به دلیل نیاز به سخت‌افزار ارزان راحتی کار، نویزپذیری پایین و البته سرعت مناسب استفاده از ModBus کاربرد عمومی و فراوانی پیدا کرده است. در این بخش به برقراری ارتباط محرک‌های الکترونیکی (درایوها) از طریق این پروتکل پرداخته می‌شود.

جدول ۱- درایو و نرم‌افزار مرتبط

ردیف	نام سازنده درایو	نرم‌افزار رابط با PC
۱	LS	DriveView
۲	DELTA	VFD soft
۳	Yaskawa	DriveWizard Plus
۴	INVT	INVT Studio
۵	SIEMENS	STARTER/driveMonitor
۶	Schneider	Somove

ارتباط درایوها با وسایل دیگر مانند رایانه، کنترل‌کننده‌های منطقی مانند PLR و یا مانیتور صنعتی (HMI)، از طریق پروتکل ModBus و درگاه RS۴۸۵ انجام می‌گیرد (البته با نصب مدارات جانبی می‌توان به پروتکل‌های دیگر مانند CANopen دسترسی داشت که از این بحث خارج است). با توجه به استفاده از درگاه RS۴۸۵ شیوه ارسال داده‌ها در این حالت از نوع RTU است. هرچند روش‌هایی مثل TCP/IP و Plus نیز وجود دارد. کار با دکمه‌های روی دستگاه درایو در شرکت‌های مختلف با هم تفاوت‌هایی داشت نرم‌افزارهایی که برای ارتباط درایو با Laptop و... توسط شرکت‌های مختلف ارائه می‌شوند نیز نام و ظاهری متفاوت دارد. در جدول بالا تعدادی از آنها نام برده شده، نسخه بروز هر کدام از این نرم‌افزارها را می‌توانید از وب گاه شرکت سازنده درایو بارگذاری کرده و مورد استفاده قرار داد در این کتاب سعی شده روی یکی از این نرم‌افزارها تمرکز شود البته نحوه ارتباط با سخت افزار در همه آن یکسان است در ادامه نیز به نرم‌افزار DriveView۷ که برای درایوهای LS تهیه شده می‌پردازیم.

الف) ارتباط سخت افزاری

برای این منظور دو ارتباط درگاه ارتباطی تا رایانه و درایو مورد بررسی قرار می‌گیرد. **– درگاه تا رایانه:** برای این کار به درگاه RS۴۸۵ احتیاج است تا به درایو اتصال داده شود. درگاه متداول در همه لپ‌تاپ یا PCها درگاه USB است پس یک قطعه به عنوان مبدل USB به RS۴۸۵ برای این منظور کافی است اما می‌توان آن را به صورت دو مرحله‌ای یعنی درگاه USB به RS۲۳۲ و بعد درگاه RS۲۳۲ به RS۴۸۵ استفاده کرد. چون درگاه RS۲۳۲ یک درگاه صنعتی بوده و برای کاربردهای ارتباطی دیگری که در PLRها وجود دارد از آن می‌توان استفاده کرد.

پس پیشنهاد می‌شود درگاه USB در PC یا Laptop ابتدا به RS۲۳۲ تبدیل شود که احتیاج به نرم‌افزاری جهت نصب دارد. البته اتصال درست درگاه USB به RS۴۸۵ نیز به نرم‌افزار برای نصب احتیاج دارد فقط درگاه RS۲۳۲ به RS۴۸۵ است که به هیچ نرم‌افزاری جهت نصب احتیاج ندارد (شکل ۸۵).



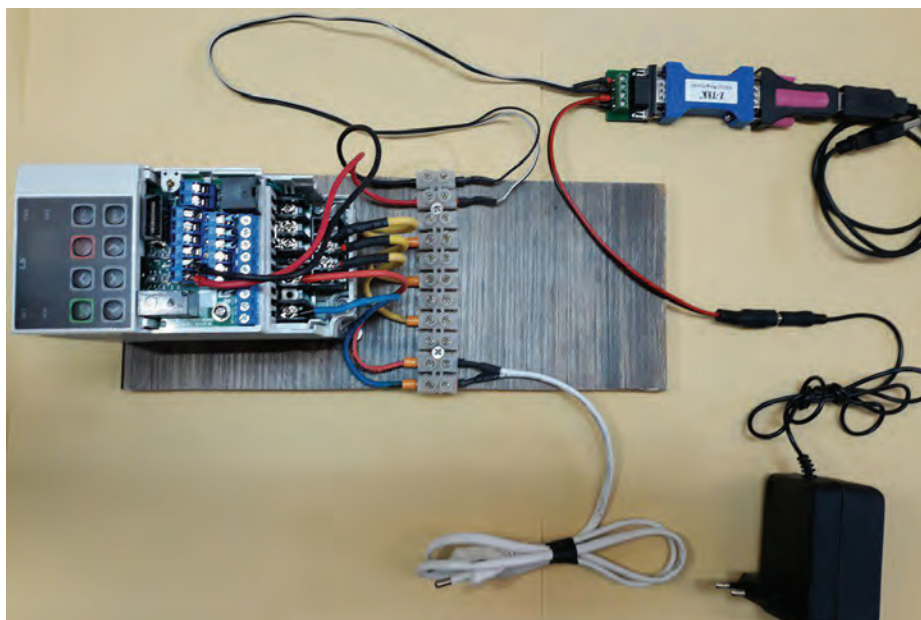
نمونه تبدیل USB به RS۲۳۲



نمونه تبدیل RS۲۳۲ به RS۴۸۵

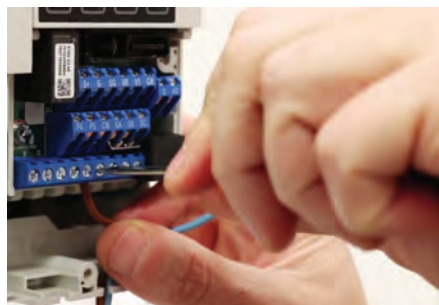
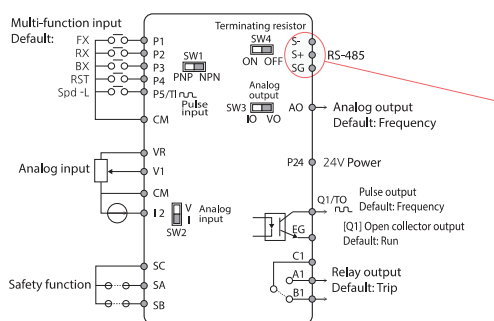


نمونه تبدیل USB به RS۴۸۵



شکل ۸۵- ارتباط سخت‌افزاری اینورتر

- درگاه تا درایو: برای این منظور راهنمای کاربری User Manual درایو را می توان بررسی کرد. نقشه‌ای برای هر درایو ارائه شده و همچنین بخشی مربوط به ارتباط با RS۴۸۵، نقشه سمت چپ در زیر از راهنمای کاربری درایو S۱۰۰ دیده می شود. پایه‌های +S و -S نشان داده شده درپوش درایو را باز کنید همین پایه‌ها را روی دستگاه هم پیدا کنید ضمناً بقیه سیم کشی برای موتور الکتریکی و تغذیه برق را نیز روی سیم کشی کنید و سیم آنها را به بیرون هدایت کنید. برای سیم کشی به خروجی درگاه RS۴۸۵ ترمینال‌های مثبت و منفی نام برده در بالا را به پایه‌های هم قطب T/R یادر برخی موارد (D) آن وصل کنید (شکل ۸۶).



شکل ۸۶

خروجی درگاه RS۴۸۵ دو ترمینال دیگر برای تغذیه دارد که معمولاً ۵ تا ۱۲ ولت DC احتیاج دارند در انواع صنعتی تر آن ولتاژ ۲۴ ولت لازم است این ولتاژ را از ترمینال ۲۴ ولت داخل درایو نیز می توانید تهیه کنید اما برای ولتاژ ۵ تا ۱۲ ولت احتیاج به یک منبع تغذیه جداگانه پیدا می کنید که در شکل ۸۷ دیده می شود.



شکل ۸۷

در برخی موارد خروجی درگاه‌ها به صورت RS۴۲۲/RS۴۸۵ در بازار عرضه می شوند که شش ترمینال خروجی دارند در این صورت همچنان دو ترمینال آن برای تغذیه

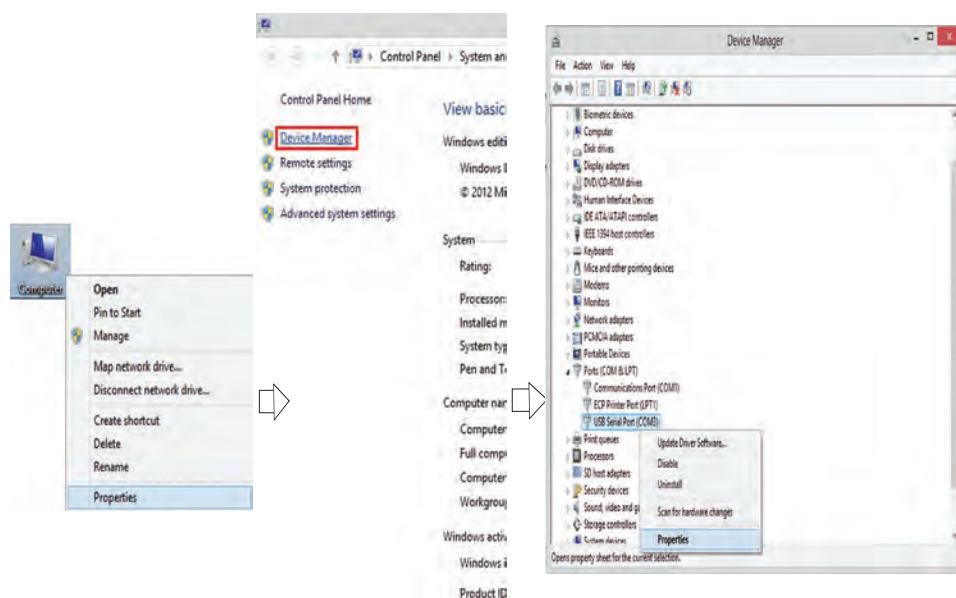
است اما دو ترمینال T و دو ترمینال R جداگانه هستند و باید بهم متصل و مانند بالا به صورت +T/R و -T/R به ترمینال های RS۴۸۵ مثبت و منفی روی داریو متصل شوند (شکل ۸۸).

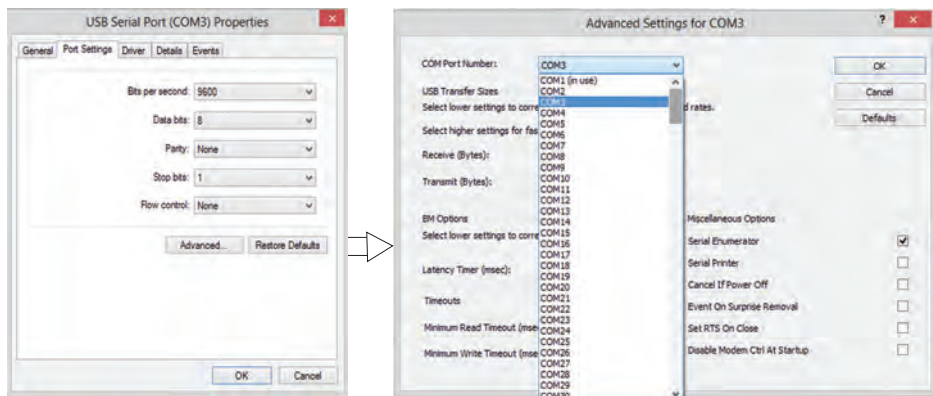


شکل ۸۸

ب) ارتباط نرم افزاری

– تنظیم درگاه USB نصب شده روی مشترک (COM) مشخص: درگاه USB در PC یا Laptop برای تبدیل به RS۲۳۲ یا RS۴۸۵ احتیاج به نرم افزاری دارد که نصب شود پس از نصب این سخت افزار و شناخته شدن آن توسط سیستم عامل ویندوز آن به طور دلخواه روی COM مجازی مثلاً COM۳ تنظیم می شود و لازم است این COM تنظیم شده با COM انتخابی در نرم افزار ارتباطی درایو یکسان باشد. فرض کنید قرار باشد آن را تغییر دهید مثلاً در ویندوز آن را از COM۳ به COM۱ تغییر دهید. برای این تغییر مراحل کار مطابق شکل ۸۹ خواهد بود.

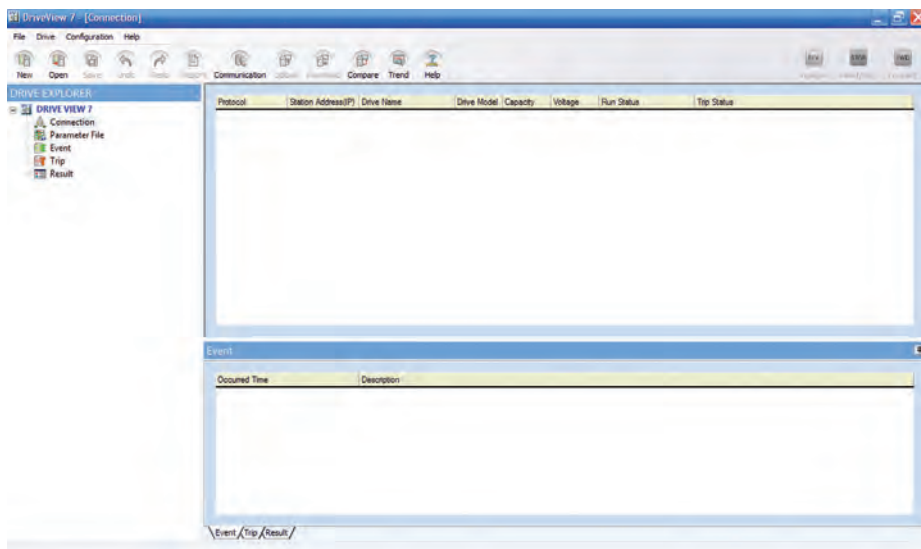




شکل ۸۹

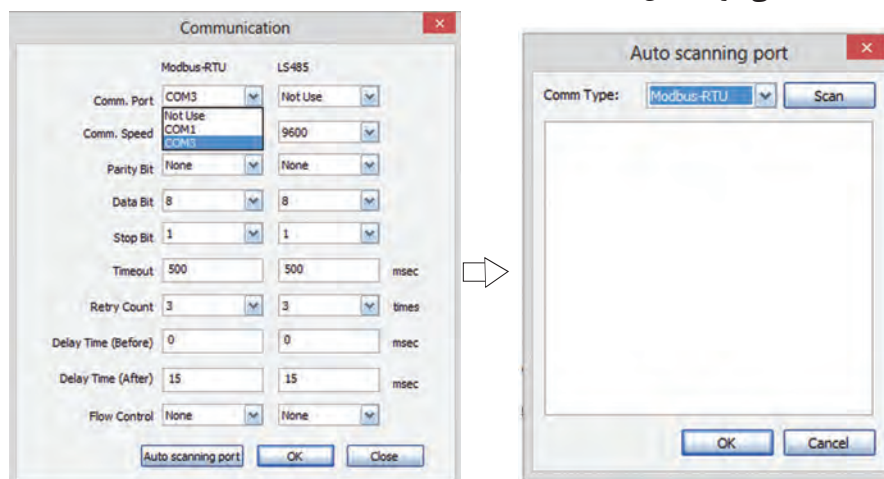
در پنجره سمت راست از بین COMها COM۱ را انتخاب کرده و دکمه OK را انتخاب کنید.

– **تنظیم درگاه در نرم‌افزار ارتباطی DriveView:** اکنون که ارتباط سخت‌افزاری برقرار شده است و نرم‌افزار قطعه ارتباطی را نصب کردید و COM مشخص شد ارتباط را از طریق DriveView که قبلاً آن را نصب کرده‌اید دنبال کنید با اجرای این برنامه صفحه‌ای مطابق شکل ۹۰ باز می‌شود. در این مرحله دکمه communication را انتخاب کنید.



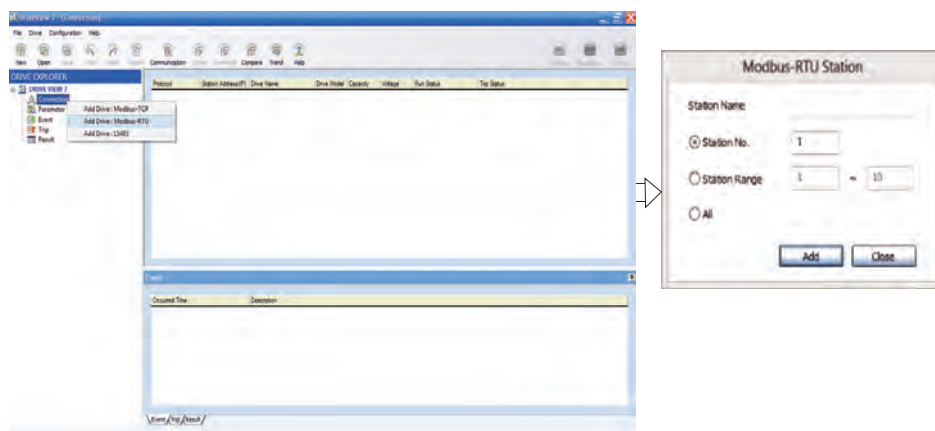
شکل ۹۰

پنجره‌ای مطابق شکل ۹۱ سمت چپ باز می‌شود اینک COM مورد نظر خود را که باید با سخت‌افزار یکسان باشد، انتخاب کرده و دکمه OK را فشار دهید. یا دکمه Auto scanning port را انتخاب کرده تا پنجره سمت راست ظاهر شود و با انتخاب RTU-Modbus و فشار روی دکمه Scan این کار به صورت خودکار انجام می‌شود (شکل ۹۱).



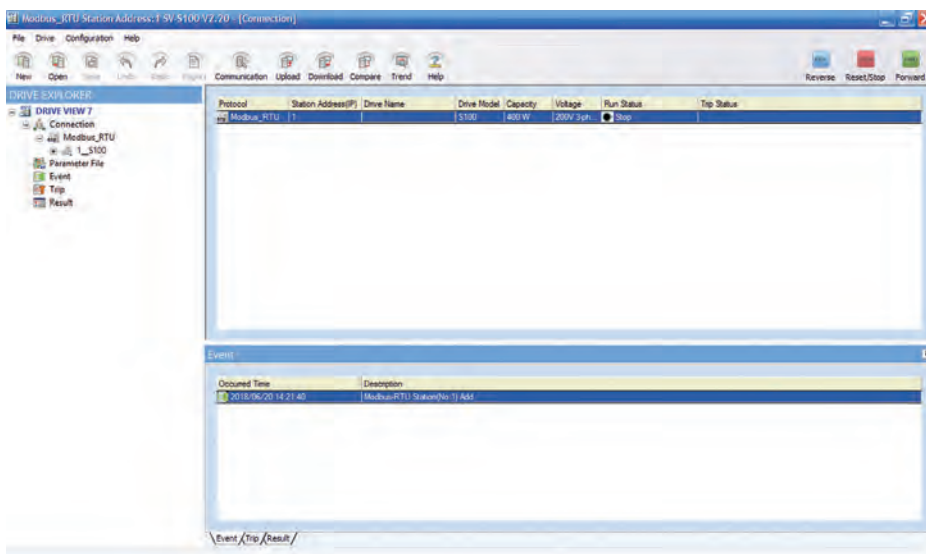
شکل ۹۱

حالا به صفحه اصلی برگشته و روی Connection کلیک راست کرده و مطابق شکل ۹۲ RTU-ModBus را انتخاب نمایید.

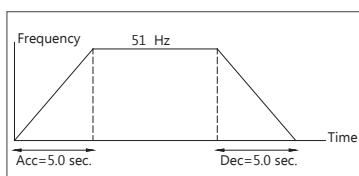


شکل ۹۲

با انتخاب دکمه Add در صورتی که اشکالی در ارتباطات وجود نداشته باشد صفحه اصلی برنامه به صورت شکل ۹۳ در آمده و فعال می شود و می توان کار با درایو را شروع کرد.



شکل ۹۳

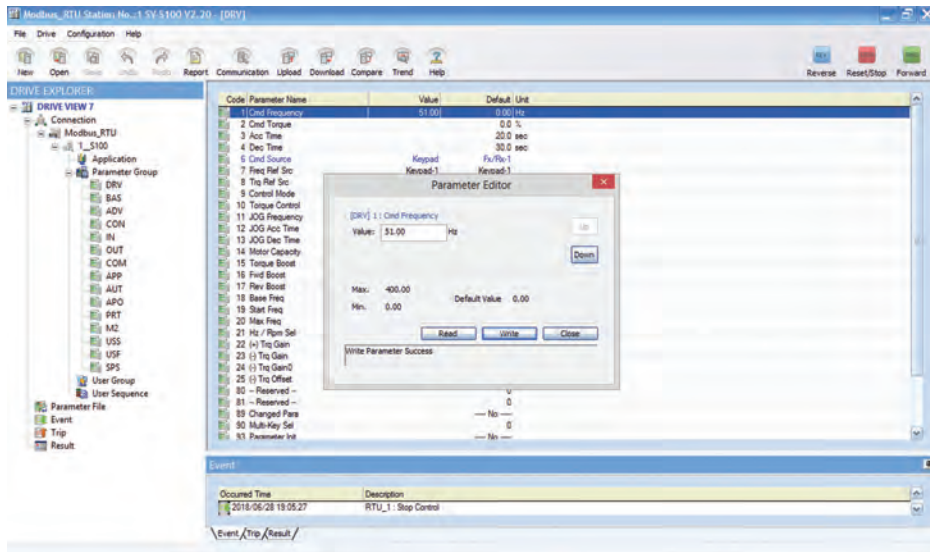


پ) شروع به کار روی درایو

برای انجام کار با درایو از طریق نرم افزار مراحل زیر را دنبال نمایید.
- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۱ باشد و با نرم افزار اینورتر

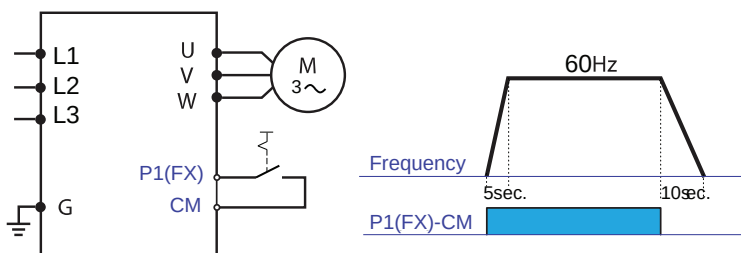
موتور الکتریکی را کنترل نمایید. برای تغییر فرکانس اینورتر در Parameter group اولین تنظیم DRV مقدار پارامتر Cmd Frequency آن را به ۵۱ Hz ویرایش کرده و دکمه Write را مطابق شکل ۹۴ انتخاب نمایید.

مورد ۲ و ۳ در DRV مقادیر Acc Time و Dec Time را نیز به مقدار ۵ ثانیه تغییر دهید مورد ۶ در DRV پارامتر Cmd Source باید روی Int485 باشد با زدن دکمه Forward در گوشه سمت راست برنامه، درایو را راه اندازی کنید اتفاقاتی که روی موتور و نمایشگر درایو می افتد را مشاهده خواهید کرد برای مشاهده صفحه مانیتور DriveView روی نام درایو یعنی در اینجا روی S100 کلیک کنید. و در ادامه دکمه Stop را نیز زده و زمان توقف و حرکت عقربه برای فرکانس خروجی را مشاهده کنید.



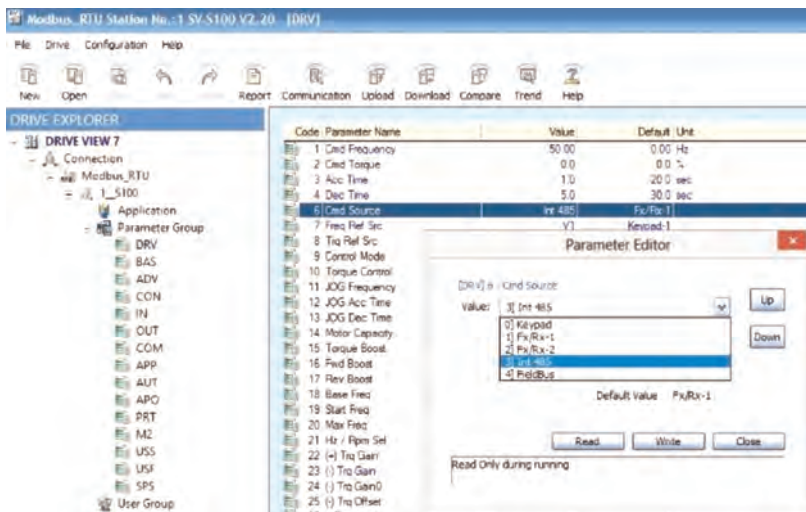
شکل ۹۴

- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۹۵ باشد. یعنی چرخش محور با دکمه های خارجی و به صورت راست گرد باشد.
دوباره به قسمت Parameter group مراجعه نمایید. اگر دو بار کلیک روی هر گروه پارامتر یا کل آنها نمایید. تمامی آنها از درایو فراخوانده می شود و پارامترهایی که نوشته آنها به رنگ آبی است حتی حين کار قابل ویرایش بوده و مقدار ویرایشی را روی درایو می توان Write کرد.



شکل ۹۵

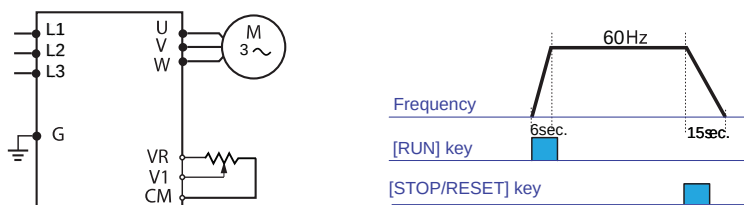
اکنون مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید برای آنکه بتوان با دکمه های خارجی مثل لیمیت سوئیچ فرمان داد باید مورد ۶ در DRV یعنی پارامتر Cmd Source، مطابق شکل ۹۶ روی ۱-Fx/Rx قرار گیرد.



شکل ۹۶

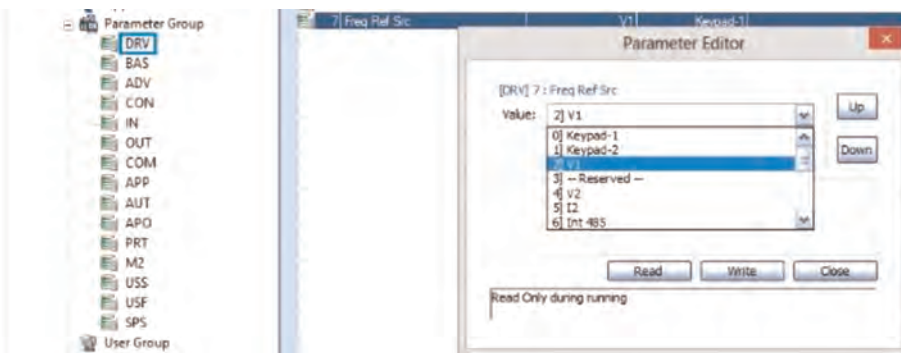
این مقدار را روی درایو Write کنید.

- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۹۶ یعنی با دکمه‌های روی اینورتر و چرخش محور به صورت راست گرد باشد و همچنین با پتانسیومتر هم بتوان کنترل را روی فرکانس اینورتر انجام داد.



شکل ۹۷

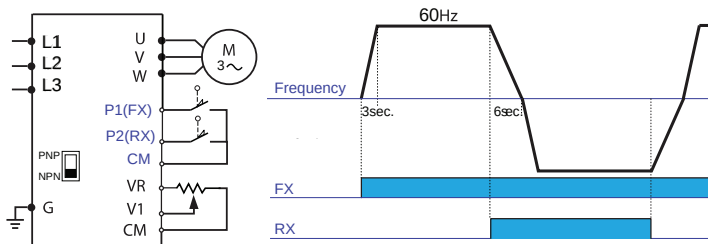
برای انجام این کار مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را مانند قسمت قبل وارد نمایید. برای آنکه بتوان با دکمه‌های روی اینورتر فرمان داد باید مورد ۶ در DRV یعنی پارامتر Cmd Source، به روش قسمت قبل عمل کرد اما به جای Fx/Rx-۱ تنظیم باید روی KeyPad-۱ قرار گیرد. برای تنظیم توسط پتانسیومتر مورد ۷ یعنی Freq ref Src را روی V۱ مطابق شکل ۹۸ تنظیم نمود.



شکل ۹۸

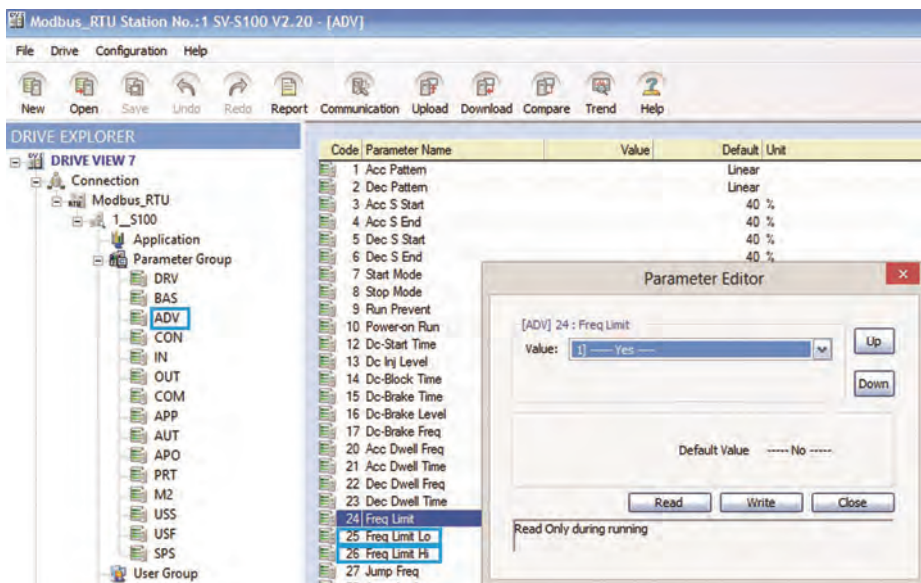
- فرض کنید قرار است راه اندازی مطابق نمودار شکل ۹۹ داشته باشید. با فعال شدن لیمیت سوئیچ Fx موتور با زمان شتاب ۳ ثانیه به صورت راست گرد حرکت و زمانی که لیمیت سوئیچ Rx فعال شد. موتور با زمان توقف ۶ ثانیه ایست کامل کرده و مجدد با زمان شتاب ۳ ثانیه این بار به صورت چپ گرد شروع به کار کند این فرایند به صورت رفت و برگشت تکرار شود همچنین در حین کار با تغییر پتانسیومتر بتوان فرکانس کاری موتور را بین ۳۰ تا ۶۰ هرتز تغییر داد.

برای این کار مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید



شکل ۹۹

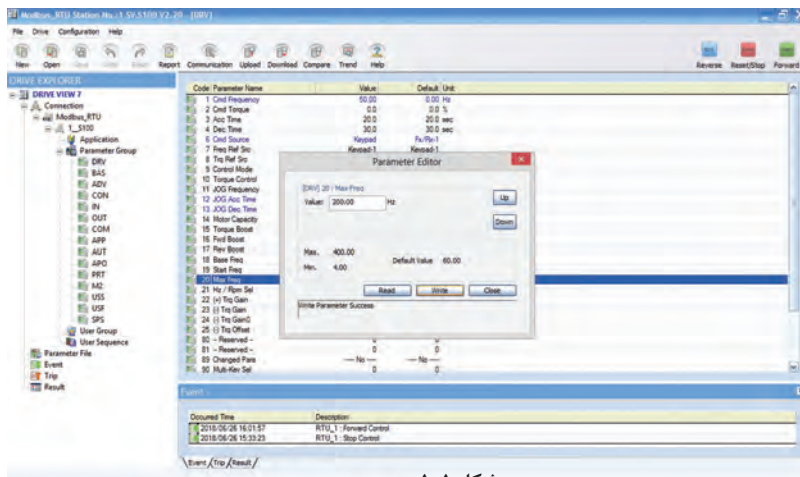
- برای آنکه بتوان با دکمه‌های خارجی مثل لمیت سوئیچ فرمان داد باید مورد ۶ در DRV یعنی پارامتر Cmd Source باید بر خلاف قبل روی ۲-Fx/Rx قرار گیرد چرا که در اینجا با توجه به نمودار و توضیحات داده شده، لمیت سوئیچ Rx فقط برای تغییر جهت تعریف شده و در حین تغییر جهت Fx نیز در مدار قرار دارد (شکل ۱۰۰) برای تنظیم توسط پتانسیومتر مورد ۷ یعنی Freq ref Src را روی ۱-V باید تنظیم نمود. برای آنکه فرکانس کاری موتور را بین ۳۰ تا ۶۰ هرتز قابل تغییر باشد مطابق شکل Freq Limit را روی Yes انتخاب کنید و محدوده Lo و Hi را هم از سطر ۲۵ و ۲۶ مقادیر ۳۰ تا ۶۰ هرتز را Write می‌کنیم.



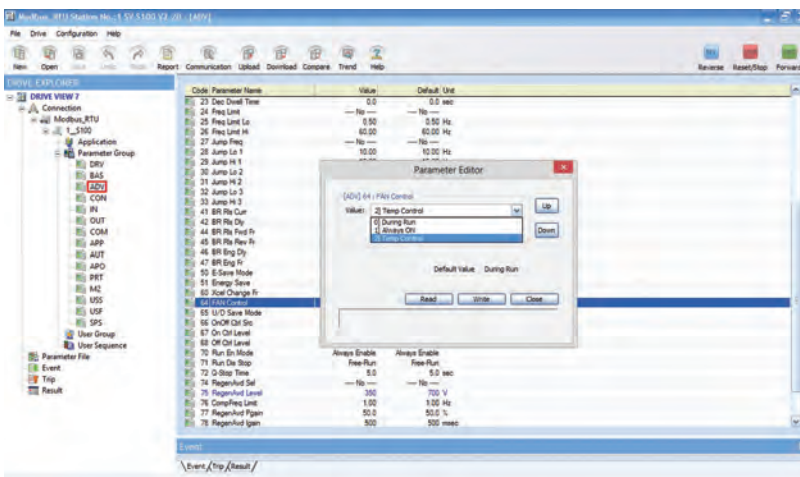
شکل ۱۰۰

- فرض کنید در ادامه کارهای عملی قبل قرار است فرکانس کار موتور الکتریکی به ۷۵ هرتز تغییر داده و دستور روشن شدن هواکش اینورتر را حین کار به آن صادر کند و این کار مشاهده باشد.

برای این کار مانند قسمت قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را مانند قسمت قبل وارد نمایید و در ادامه تنظیمات را از پنجره‌های شکل‌های ۱۰۱ و ۱۰۲ وارد نمایید.

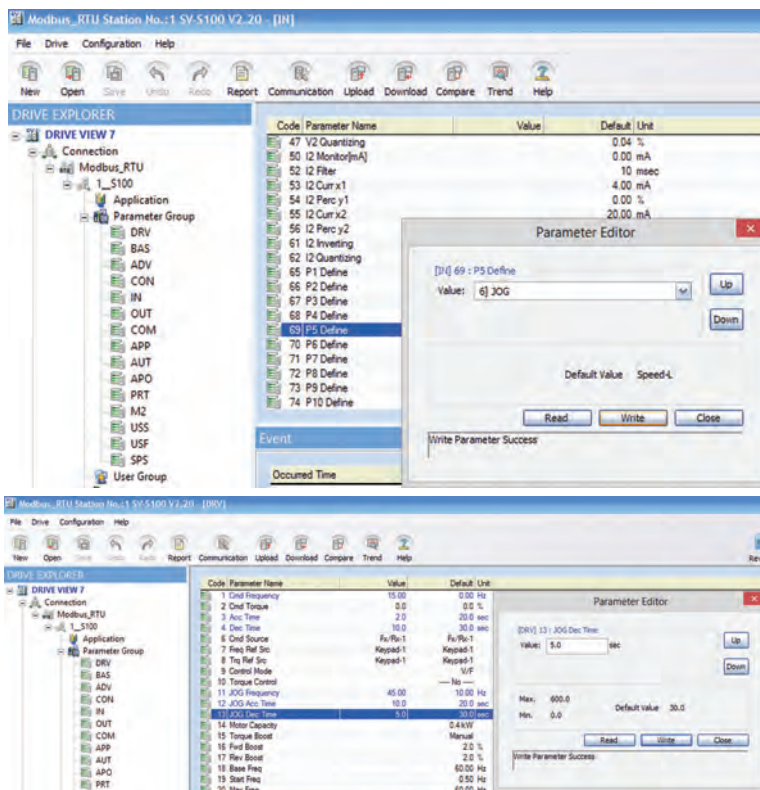


شکل ۱۰۱

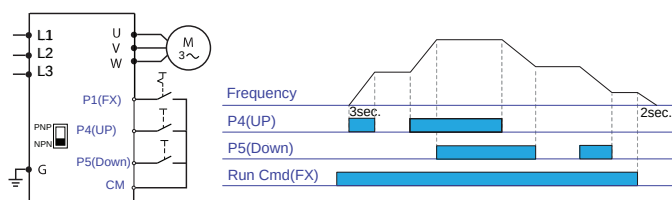


شکل ۱۰۲

شكل ١٠٣

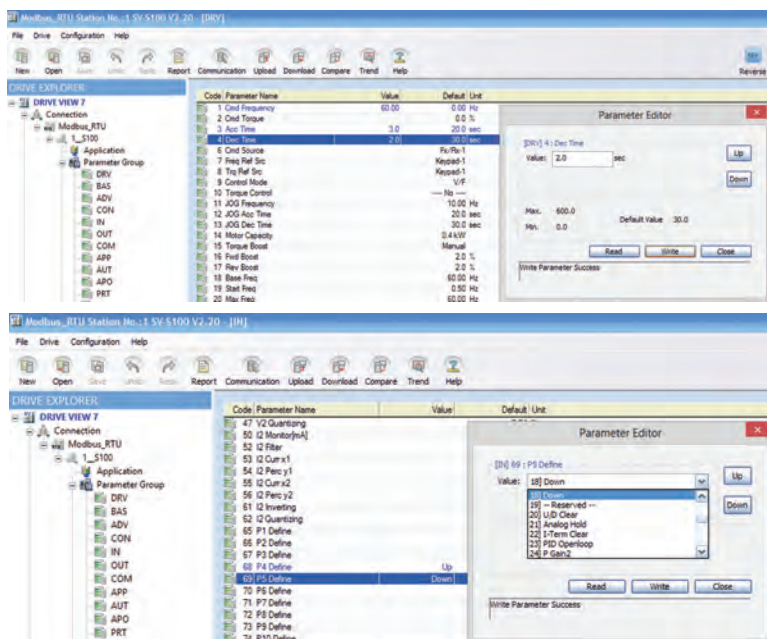


– فرض کنید قرار است راهاندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۵ داشته باشید. همان طور که می‌بینید اینورتر به روش UP/DOWN یعنی تغییرات پیوسته دور کار می‌کند ابتدا با زدن کلید Fx موتور روشن شده و با فشردن شستی UP فرکانسی خروجی اینورتر را زیاد کرده تا زمانی که دست از روی شستی برداشته نشده، فرکانس افزایش می‌یابد به محض اینکه شستی رها شود. فرکانس ثابت می‌ماند (دور ثابت می‌ماند) و با شستی دیگر DOWN می‌توان فرکانس را به صورت پیوسته کم کرد و هر لحظه که دست از روی شستی برداشته شود، فرکانس ثابت می‌ماند (دور بر دقیقه ثابت می‌ماند). در این بین زمانی که دو شستی با هم فشرده شود نیز دور ثابت می‌ماند.



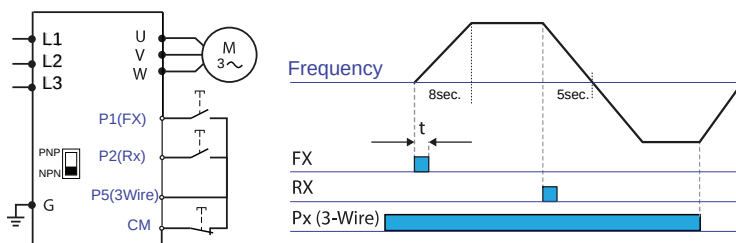
شکل ۱۰۵

برای این منظور مقادیر پارامتری را باید به صورت زیر وارد کنیم.
– مانند قسمت‌های قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید.
– مطابق شکل در گروه پارامتری IN، ورودی P۴ را Up و ورودی P۵ را Down تعریف کنید. (شکل ۱۰۶)



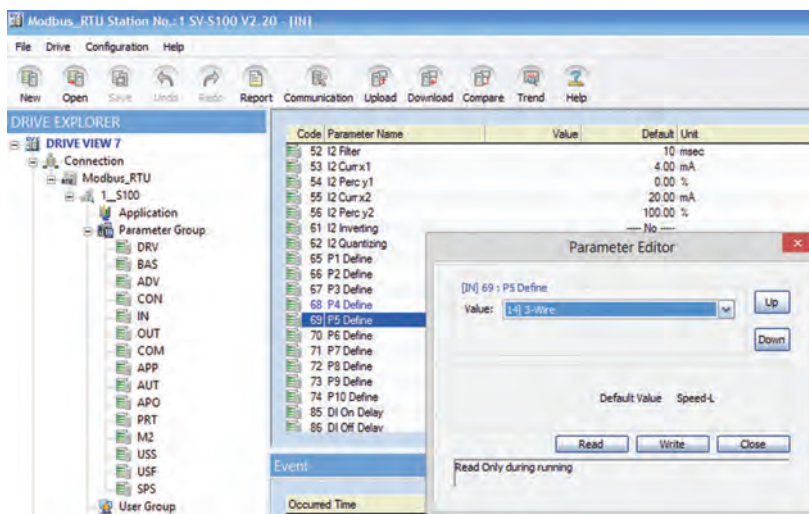
شکل ۱۰۶

— فرض کنید قرار است راهاندازی مطابق نمودار شکل ۱۰۷ داشته باشید همانطور که می بینید اینورتر به روش ۳Wire (سه سیمه) کار می کند یعنی توسط شستی های وصل و قطع به صورت لحظه ای فعال شده و موتور دائم کار، به صورت راست گرد (Forward) و چپ گرد (Reverse) می تواند بچرخد.



شکل ۱۰۷

— مانند قسمت های قبل مقادیر فرکانس و زمان شتاب و زمان توقف را وارد نمایید
 — مطابق شکل در گروه پارامتری IN، ورودی P5 را ۳-Wire تعریف کنید (شکل ۱۰۸).



شکل ۱۰۸

کارهای عملی بیشتری در تنظیمات اینورتر آمده که هنرآموزان محترم می‌توانند برای مهارت‌های بیشتر و دانش‌افزایی آنها را دنبال کنند.

- شرایط گفته شده در ادامه را برای اینورتر برقرار کنید:

۱ فرض کنید قرار است با اجباری کردن جهت چرخش از امکان Forward شدن موتور جلوگیری شود.

۲ همچنین قرار است که اینورتر در صورت وصل مجدد برق و بدون فشار دکمه روشن، شروع به چرخش موتور کند.

۳ فرض کنید قرار است در ادامه مقدار گشتاور موتور را ۲٪ افزایش دهید.

۴ ضمناً با زدن دکمه Stop مانند پنکه‌ای که از برق جدا می‌شود موتور بچرخد و سپس توقف کند.

۵ این موتور با ولتاژ سه فاز ۱۷۰ ولت کار می‌کند تنظیمات را در این مورد نیز انجام دهید.

- موتور متصل به اینورتر کارگاه با سرعت ۲۸۸۰ rpm در فرکانس ۵۰ Hz کار می‌کند می‌خواهیم تقریباً مانند موتور سنکرون کار کند چگونه این کار انجام دهیم؟ پاسخ: باید مقدار لغزش به فرکانس تبدیل شود به این کار جبران‌سازی لغزش (Slip

Compensation) گفته می‌شود و از رابطه
$$f_{slip} = f_{roter} - \frac{RPM \times P}{120}$$
 که از این

رابطه عدد ۲ Hz به دست می‌آید یعنی اگر فرکانس ۵۲ Hz به موتور داده شود با

سرعت سنکرون خواهد چرخید این کار در تنظیمات اینورتر بدون محاسبه با دادن مقادیر روی پلاک به سادگی انجام می‌شود.

- جرثقیلی باری را از سطح زمین بلند می‌کند و آن را با ترمز کردن در ارتفاع نگاه داشته است. اما بار حین اندازی کمی به پایین کشیده شده و سپس بالا می‌رود (بار کج شده و تراز نیست) می‌خواهیم با اعمال ولتاژ $DC\ Inj\ Level = 50\%$ و $DC_Start\ Time = 1\ sec$ از این اتفاق جلوگیری کنیم $Start\ After\ DC\ Breaking$

چگونه این کار را انجام می‌دهد؟

- آسانسوری برای توقف بهتر از مد $Stop\ After\ DC\ Breaking$ استفاده می‌کند با تنظیمات نرم‌افزار اینورتر این کار را چگونه انجام دهیم؟

مقادیر:

$DC_Block\ time = 0/1\ sec$ و $DC_Brake\ time = 1\ sec$ و $DC_Brake\ level = 50\%$ و $DC_Block\ Freq = 0/1\ Hz$

پاسخ به فعالیت‌های کتاب

پودمان اول: تابلو برق ساده کارگاهی

پاسخ به فعالیت‌های تابلوی پلاستیکی آماده

فعالیت ص ۱۱



عبارت زیر چه قابلیت‌هایی از تابلو را بیان می‌کند.
Low-voltage switchgear is designed for switching and protection of electrical equipment

پاسخ: تابلوهای فشار ضعیف برق برای کلیدزنی و حفاظت تجهیزات الکتریکی طراحی شده است.

سؤال ص ۱۳



چه نکات ایمنی و حتی دیگری در خصوص تابلو برق کارگاهی شکل ۴ به نظر شما می‌رسد؟

پاسخ: بدون حفاظت، سیم‌کشی نامرتب، دسترسی غیرایمن به تجهیزات، عدم اتصال زمین، بدون وسایل اندازه‌گیری

فعالیت ص ۱۴



کاربرد تابلو موقت کارگاهی بدنه پلاستیکی و فلزی در شکل ۶ نشان داده شده است. چه موارد ایمنی در کاربرد آنها باید در نظر گرفته شود؟

پاسخ: صحت و درستی اتصالات، اطمینان از تجهیزات حفاظتی و عایقی

فعالیت ص ۱۷



با استفاده از نمودار تعیین ساعت شکل ۱۱ منظور از عبارت ۶h روی درپوش پرز را توضیح دهید؟ رنگ درپوش‌ها معرف چه تقسیم‌بندی است؟

پاسخ: علامت ۶h به معنی ساعت ۶ و نشان‌دهنده محل شاخه ارت روی درپوش است. رنگ آبی برای برق تک‌فاز و رنگ قرمز برای سه فاز کاربرد دارد.



تصاویر نشان داده شده در شکل ۱۳ کدام نوع پریز یا اتصال دهنده صنعتی را مشخص می کند؟



شکل ۱۳- چند نمونه اتصال دهنده

پاسخ: به ترتیب از سمت راست سوکت (SOCKET-OUTLET)، اتصال plug و connector و آخرین قطعه Inlet نام دارد.



در مورد ساعت اتصال نشان داده شده در شکل ۱۴ بحث و تبادل نظر کنید.

پاسخ: ساعت هر دو اتصال ۹ است. زیرا مبنای ساعت بر اساس مادگی بوده و سوکت سمت راست، برای پریز با ساعت ۹ مناسب است.



نوع اتصال دهنده و پریز را در شکل ۱۵ را به تفکیک شماره مشخص شده بنویسید؟

پاسخ: ۱- Receptable ۲- Plug ۳- Connector ۴- Plug ۵- Inlet



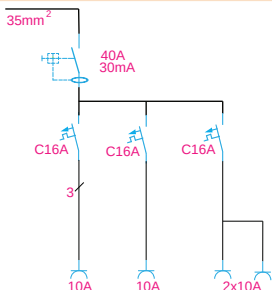
مشخصات فنی تابلو کارگاهی دیده شده در شکل ۱۹ را تشریح کنید. در مورد درجه حفاظت تابلو (IP۴۴) تحقیق کنید.

پاسخ: محافظت شده در برابر اشیای بزرگ تر از یک میلی متر و قطرات آب از هر جهت - یک پریز سه فاز ۳۲ آمپر ۴۰۰ ولت و دو پریز تک فاز ۲۳۰ ولت ۱۶ آمپر- دارای کلید خودکار مینیاتوری تک فاز ۱۶ آمپر و سه فاز ۳۲ آمپر کندکار، اتصال به کابل ۵ در ۱۰ میلی متر مربع

فعالیت ص ۲۵



در مورد ساختار تابلو شکل ۲۹ بحث و تبادل نظر کنید.



پاسخ: یک پریز سه فاز ۱۰ آمپر و سه پریز تک فاز ۱۰ آمپر - کلید خودکار مینیاتوری سه فاز ۱۶ آمپر - دارای کلید خودکار مینیاتوری تک فاز ۱۶ آمپر و کلید جریان باقی مانده سه فاز ۴۰ آمپر با حساسیت به جریان نشتی ۳۰ میلی آمپر، اتصال به کابل ۳۵ میلی متر مربع

پاسخ به فعالیت‌های تابلوی فلزی

فعالیت ص ۲۶



در شکل ۳۰ قطعات الکتریکی و غیر الکتریکی تابلو را مشخص کنید.

پاسخ: قطعات الکتریکی: کلید خودکار مینیاتوری، کلید جریان باقیمانده، ترمینال ریلی، قطعات غیر الکتریکی: داکت پلاستیکی، ریل فلزی، صفحه نصب، لولای فلزی

سؤال ص ۳۰



چه تفاوت‌هایی در اتصال ستاره و مثلث لامپ سیگنال‌های ولتاژ دارای نمایشگر، روی تابلو وجود دارد؟

پاسخ: لامپ سیگنال دارای نمایشگر تا ولتاژ ۵۰۰ ولت متناوب را اندازه‌گیری و نشان می‌دهد. اگر در حالت مثلث به مدار سه فاز متصل شود ولتاژ خط و در صورت اتصال ستاره ولتاژ فاز را نشان می‌دهد.

فعالیت ص ۳۰



با استفاده از یک لامپ سیگنال جدید ولتاژ و یک کلید ولت‌متر و یک جعبه پلاستیکی یک نمایشگر ولتاژ خط و فاز درست کنید و ولتاژهای شش گانه خط و فاز کارگاه را در گزارش خود یادداشت نمایید.

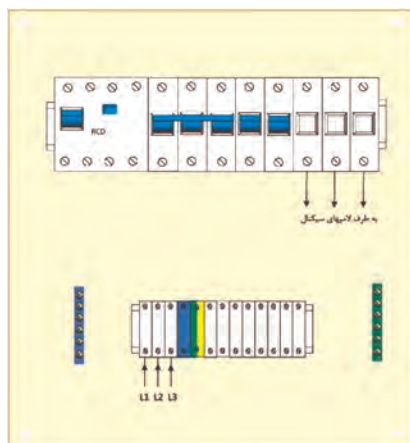


پاسخ: یکی از فعالیت‌هایی که هنرجویان می‌توانند انجام دهند ساخت تابلو نشانگر ولتاژ خط یا فاز توسط لامپ سیگنال‌های دارای نمایشگر است. این تابلو ساده به همراه کلید ولت‌متر به سادگی ولتاژ خط و فاز را نشان می‌دهد.



با توجه به نقشه حقیقی و شمای فنی داده شده در این کار عملی نقشه جانمایی داده شده را سیم‌کشی نمایید (شکل ۳۸).

پاسخ:



پاسخ به فعالیت‌های تابلوی روشنایی



برای جانمایی ساده‌تر، قطعات را روی یک کاغذ یا مقوای سفید به اندازه صفحه نصب قرار دهید و ابعاد واقعی قطعات را روی آن ترسیم کنید و یک شابلون اولیه درست کنید. شابلون‌های درست شده را با یکدیگر مقایسه کنید.

پاسخ: مراحل ساخت یک شابلون ساده در شکل نشان داده شده است. درست کردن شابلون با ابعاد و مقیاس واقعی (یک به یک) اطمینان خاطر در هنرجویان به وجود می‌آورد که طبق نقشه نهایی کشیده شده روی شابلون قادر خواهند بود، جانمایی را بدون کمبود فضا پیاده‌سازی نمایند.

چرا آخرین ترمینال توسط پوشش پلاستیکی پوشانده می‌شود؟



پاسخ: به دلیل حفاظت در برابر تماس دست کاربران یا برخورد ابزار فلزی و جلوگیری از برق گرفتگی از درپوش پلاستیکی استفاده می‌شود.



فعالیت ص ۴۴



با توجه به نقشه انفجاری کنتاکتور در شکل ۶۰-ب، در مورد نقش هر یک از قطعات کنتاکتور بحث و تبادل نظر کنید.

پاسخ: پوشش‌ها برای حفاظت تماس در نظر گرفته شده است. حامل‌های کنتاکت به همراه هسته متحرک، کنتاکت‌های متحرک را جابه‌جا می‌کند. بوبین هسته متحرک را به سمت داخل می‌کشد و نیروی فنر آن را به جای قبلی بر می‌گرداند.

سؤال ص ۵۴



چرا باید همه میخ پرچ‌ها قبل از پرچ‌کاری در محل خود قرار گیرد. شماره میخ‌های استفاده شده چیست؟

پاسخ: چون قبل از نصب نهایی داکت پلاستیکی باید از محل نصب دقیق آن اطمینان حاصل کرد به همین دلیل بهتر است میخ پرچ‌ها با شماره ۴ را قبل از محکم کردن در محل تعیین شده قرار داد.

فعالیت ص ۴۴



با توجه به ابعاد قطعات و عرض داکت محاسبه کنید آیا ابعاد صفحه نصب برای این جانمایی مناسب است؟

پاسخ: بله مناسب است. زیرا طبق شابلون جانمایی قابل انجام بوده است.

سؤال ص ۵۵



چرا برخلاف پرچ‌کاری شماره مته و شماره پیچ خودکار در نصب ریل فلزی یکی نیست؟

پاسخ: چون پیچ‌های خودکار با شماره بیشتر باید در بدنه فلزی تابلو محکم شود.

سؤال ص ۵۵



چرا داکت پلاستیکی با پرچ‌کاری روی صفحه نصب محکم می‌شود ولی ریل فلزی با پیچ خودکار بسته می‌شود؟

پاسخ: زیرا اتصال داکت دائمی است ولی ریل فلزی ممکن است با نصب قطعات روی آن، تغییر شکل و جابه‌جایی داشته باشد. بنابراین امکان تعویض آن ممکن باشد.

سؤال ص ۵۶



تسمه بافته مسی اتصال زمین در تابلو چه وظیفه‌ای به عهده دارد؟

پاسخ: نقش هم‌بندی بین در تابلو و بدنه تابلو را ایجاد می‌کند. وقتی بدنه به اتصال زمین مناسب متصل باشد در تابلو نیز اتصال زمین دارد.

سؤال ص ۵۶



کلید قطع اضطراری در چه مواقعی در این کار عملی می‌تواند کاربرد داشته باشد؟ مناسب‌ترین محل نصب کلید روی تابلو کجاست؟

پاسخ: در زمان اضطرار که باید کل تابلو بی‌برق شود و فرصتی برای بازکردن در تابلو نیست. محل نصب آن در سمت راست تابلو و روی بدنه تابلو نصب می‌شود.

فعالیت ص ۵۷



تنظیم و نصب اجزای تابلوهای برق از تجهیزات و قطعات زیادی تشکیل شده است. برای جلوگیری از بی‌نظمی و کاهش سرعت عمل پیش آمده در شکل ۸۸ چه پیشنهادی دارید؟

پاسخ: دسته‌بندی سر سیم‌ها و شماره سیم‌ها در ظرف مخصوص، دسته‌بندی ابزار و قطعات در دسته‌بندی مرتب و قابل دسترس باشد تا از اتلاف وقت و سردرگمی افراد جلوگیری شود.

سؤال ص ۵۹



چرا مرکز اتصال ستاره چراغ سیگنال باید سیم نول داشته باشد؟

پاسخ: اگر مرکز اتصال ستاره چراغ سیگنال معمولی به سیم نول متصل نباشد با قطعی یک فاز ممکن است چراغ سیگنال مربوط به آن فاز روشن باشد و کاربران تابلو را به خطا بیاندازد.

فعالیت ص ۶۱



در مورد نحوه نصب فتوسل در شکل ۹۷ بحث و گفت‌وگو کنید.

پاسخ: محل نصب فتوسل نباید در مسیر مستقیم تابش نور چراغ روشنایی موردنظر باشد.

فعالیت ص ۶۱



در شبکه توزیع برای تأمین روشنایی خیابان‌ها و معابر به شیوه سنتی از نقشه‌ای مشابه شکل ۹۸ استفاده می‌شود. در مورد نحوه به‌کارگیری از فتوسل بحث و گفت‌وگو کنید.

پاسخ: فتوسل تغذیه یک کنتاکتور را بر عهده دارد و سه گروه روشنایی با اتصال ستاره توسط کنتاکتور به شبکه برق متصل می‌شوند.



کاتالوگ نشان داده شده در شکل ۱۰۴ مربوط به یک تایمر نوع ساعتی است. با توجه به اطلاعات آن به سؤالات داده شده پاسخ دهید.

الف) کمترین زمان قابل تنظیم با این رله چقدر است؟ $37/5$ ثانیه کمترین زمان قابل تنظیم است.

ب) به ازای یک ثانیه چند دندان باید فشرده شود؟ 96 دندان برای 3600 ثانیه است و کمترین زمان $37/5$ ثانیه است.

پ) برای تنظیم عملکرد رله برای 5 دقیقه چند دندان باید به طرف داخل فشرده شود؟ 8 دندان باید انتخاب شود.

پودمان دوم: پاسخ به فعالیت های بخش راه انداز دائم موتور الکتریکی

تفاوت کنتاکتور و MPCB مطابق جدول ۲ چیست؟



پاسخ: با توجه به جدول هر دو وسیله می توانند کلیدزنی انجام دهند MPCB حفاظت دارد اما کنتاکتور حفاظت ندارد.

چرا در راه اندازی نوع اول (شماره ۱) مطابق شکل ۲، با وجودی که MCCB دارای رله حرارتی داخلی است، رله حرارتی در زیر کنتاکتور حذف نشده است؟ چرا؟



پاسخ: با توجه به راهنمایی که برای هنرجو آمده است، اگر راه اندازی نوع دوم را که مربوط به MPCB است با آن مقایسه کنید متوجه می شوید MPCB هم مدار قدرت و هم مدار فرمان را قطع می کند اما در مورد MCCB فقط مدار موتور الکتریکی را قطع می کند. پس می توان نتیجه گرفت وجود رله اضافه بار (بی متال) برای مدار فرمان طراحی شده است و تیغه $95-96$ آن مدار فرمان و راه اندازی را حفاظت می کند در صورتی که MCCB معمولاً بدون دخالت مدار فرمان، موتور الکتریکی را حفاظت می کند. پس باید رله اضافه بار (بی متال) در مدار قرار گیرد. این موضوع در مقایسه راه اندازی نوع اول و سوم هم قابل توجه است. یعنی صرف نظر از اینکه MCCB قسمت حرارتی داشته باشد یا نداشته باشد رله اضافه بار در زیر کنتاکتور قرار می گیرد و مجموعه به صورت MCCB+ Starter قابل قبول است.

فعالیت ص ۷۳



در شکل ۳ دو کلید خودکار مینیاتوری نشان داده شده است با توجه به علائم به کار رفته روی آنها و مطالبی که راجع به وسایل کلیدزنی گفته شد این دو کلید چه تفاوتی با هم دارند؟

پاسخ: قطعه سمت چپ به نام کلید خشک یا ایزولاتور معروف است که در اصل کلید جداساز است و هیچ حفاظتی ندارد اما قطعه سمت راست که از گذشته با آن آشنا هستید MCB است که یک کلید خودکار مینیاتوری با مصارف خانگی است.

فعالیت ص ۷۵



اطلاعات نمونه برچسب رله اضافه بار (Overload Relay) در شکل ۷ را استخراج نمایید.

پاسخ: روی برچسب رله‌های اضافه بار به استاندارد IEC ۹۴۷-۰۱ و شماره سایر استانداردها VDE (آلمان) و BS (بریتانیا) و JEM یا JIS (ژاپن) جریان نامی و جریان قابل تحمل کنتاکت‌های کمکی ۹۵-۹۶ و همچنین ۹۷-۹۸ رله اضافه بار و فیوز متناسب با رله اضافه که از نوع aM و یا gL خواهد بود در برچسب‌ها مشهود است مقادیر دیگر مثل جریان حرارتی I_{th} - ولتاژ عایقی U_i - کلاس بی‌متال class - ولتاژ ایستادگی ضربه U_{imp} نیز بر روی بی‌متال‌ها مشهود است.

تحقیق کنید ۷۶



در راه‌اندازی و کار موتورهای الکتریکی معمولاً از رله اضافه بار یا بی‌متال که معمولاً دارای سه شاخک استفاده می‌شود اما نوع دیگری از آن در بازار متداول شده که چهار شاخک دارد این شاخک چهار زیر ترمینال ۱۴ کنتاکتور بسته می‌شود به نظر شما کار شاخک چهارم چیست؟ (شکل ۹)

پاسخ: این پایه در مدار حرارتی بی‌متال قرار ندارد و اضافه است که با استفاده از آن کار کردن با کنتاکت‌های کمکی با وجود رله اضافه بار (بی‌متال) راحت خواهد بود.

تحقیق کنید



سازندگان آسانسورهای نسل جدید از چه تجهیزاتی برای راه‌اندازی نرم استفاده می‌کنند؟

پاسخ: اینورتر (Soft Starter) که در پودمان آخر هنرجویان با آن کار خواهند کرد.

فعالیت ص ۷۸



با توجه به شماره قطعات حفاظتی و کنترلی در تابلوهای موتوری نشان داده شده در شکل ۵ جدول ۳ را تکمیل نمایید.

راهنمایی: به عنوان مثال کلید خودکار مینیاتوری، نقش کلید (CB) و محافظ جریان اتصال کوتاه را دارد.

پاسخ: هنرجو راهنمایی شده: به عنوان مثال کلید خودکار مینیاتوری، نقش کلید (CB) و محافظ جریان اتصال کوتاه را دارد. باید توجه داشت در مورد ستون اول منظور از کلید، وسیله کلیدزنی است که فیوز ذوب شونده کلید نیست همچنین رله اضافه بار هم کلید نیست بلکه رله ای است که از طریق مدار فرمان موتور را در حالت اضافه بار قطع می کند ولی کلید فیوز، وسیله کلیدزنی است و بقیه وسایل هم مشخص است که کلید هستند. در ستون دوم مربوط به حفاظت در برابر اتصال کوتاه وجود قسمت مغناطیسی و یا سیم رابط فیوزی در قطعه است که بی متال - کنتاکتور - کلید گردان فاقد آن است. ستون سوم وسیله کنترل و قطع و وصل مکرر است که در این بین فقط کنتاکتور است که چنین خاصیتی را دارد البته در تکنولوژی های جدید و با لوازم جانبی در آمپرهای بالا مدل هایی از MCCB چنین توانایی را دارند اما در اینجا و در حد دانش هنرجویان به این موضوع ورود پیدا نمی کنیم. در ستون آخر وسیله حفاظت در برابر اضافه بار موتور منظور بوده با توجه به آنکه خود کتاب MCCB را حذف کرده منظور نوع فقط با قطع مغناطیسی آن مدنظر بوده است. در مورد کلید خودکار مینیاتوری و نوع B و C آن قبلاً صحبت شد با وجود قسمت حرارتی و در MCB ها در مدارات راه اندازی موتورها از آنها فقط به عنوان وسیله حفاظت در برابر اتصال کوتاه استفاده می شود و کار اصلی حفاظت در برابر اضافه جریان در این ستون فقط به عهده رله اضافه بار و MPCB است و بقیه چنین توانایی را ندارند.

ردیف	قطعات کنترلی و حفاظتی	۱ کلید یا CB	۲ حفاظت جریان اتصال کوتاه	۳ کنترل و قطع و وصل موتور	۴ محافظ جریان اضافه بار
۱	کلید خودکار مینیاتوری	√	√	*	
۲	فیوز ذوب شونده				
۳	کلید MCCB	√			*
۴	کلید MPCB	√	√		√
۵	کلید گردان				
۶	بی متال				
۷	کنتاکتور				
۸	کلید فیوز	√		*	

سؤال ص ۷۹



چرا در روش دوم از رله اضافه جریان استفاده نشده است؟

پاسخ: در تابلوهای MCC آنچه در بازار مونتاژ می‌شود در کتاب آمده است یعنی برخی سازندگان MCCB مدعی هستند که MCCB آنها نیاز به بی‌متال ندارد و حتی در برخی مواقع MCCB هایی عرضه کرده‌اند و مدعی هستند که به تنهایی برای راه‌اندازی موتور به کار می‌آید استفاده از رله Under Voltage و Shunt و آنها و به کار بردن در مدار فرمان نقیصه وجود بی‌متال (رله اضافه بار) را برطرف می‌کند. اما به‌طور معمول آنچه برابر استاندارد بوده و در قالب پنج شکل آمده بر روش‌های دیگر ارجحیت دارد.

فعالیت ص ۸۳



با توجه به آنچه تا به حال آموختید به نظر شما برای آزمایش سالم بودن وسایل راه‌اندازی، چه کارهایی باید انجام داد؟

پاسخ: با استفاده از مولتی‌متر سالم می‌توان شستی‌ها را در حالت قطع و وصل آزمود، همچنین کنتاکت‌های کنتاکتور و بوبین آن را می‌توان از هم تمیز داد.

فعالیت ص ۹۰



اگر کنتاکت بسته کنتاکتوری در مسیر تغذیه بوبین همان کنتاکتور قرار داده شود چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ: کنتاکتور با روشن شدن شروع به قطع و وصل به‌صورت متناوب یا اصطلاحاً رگباری می‌کند.

■ پاسخ به فعالیت‌های بخش راه‌انداز یکی پس از دیگری الکتریکی

فعالیت ص ۹۵



در مدار فرمان کار عملی به‌جای کنتاکت باز KM۱ در مسیر بوبین کنتاکتور، KM۲ کنتاکت بسته KM۱ را قرار دهید و مدار جدید را بررسی کنید. مورد استفاده مدار جدید را شرح دهید.

پاسخ: در این صورت روشن شدن KM۲ وابسته به خاموش بودن KM۱ خواهد بود در صورتی که در مدار یکی پس از دیگری روشن شدن KM۲ وابسته به روشن بودن KM۱ بود. در مواقعی که ابتدا باید کنتاکتور KM۲ روشن شود و خاموش یا روشن بودن آن در کارکردن KM۱ تأثیری نداشته باشد از این مدار می‌توان استفاده کرد.

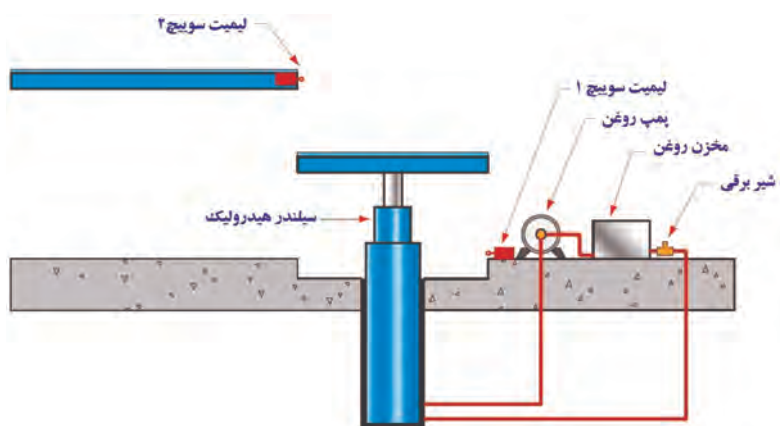
■ پاسخ به فعالیت‌های بخش راه‌انداز چپ‌گرد - راست‌گرد حفاظت سریع موتور الکتریکی

عملکرد لیمیت سویچ‌ها در جک هیدرولیکی شکل ۴۸ را تفسیر کنید.

فعالیت ص ۱۱۵



پاسخ: برای محدود کردن حرکت جک بین دو سطح لیمیت سوئیچ ۱ و ۲ تعبیه شده است.



در راه‌اندازی یک موتور الکتریکی لازم است که با فشار به شستی S۱ موتور راست‌گرد و بدون خاموش کردن موتور مدار، با فشار به شستی S۲ موتور چپ‌گرد شود. چنانچه مجدداً شستی S۱ فشار داده شود موتور به وضعیت راست‌گرد برنگردد، مدار فرمان چپ‌گرد - راست‌گرد چه تغییری نیاز دارد؟

فعالیت ص ۱۱۷



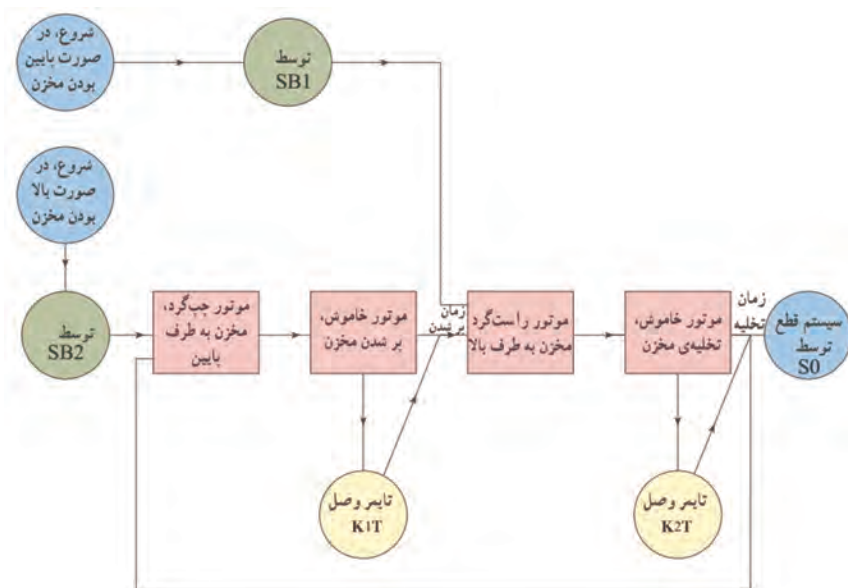
پاسخ: برای این منظور خود نگهدار سمت چپ مانند مدار سریع (کوتاه) و خودنگهدار سمت راست مانند مدار با حفاظت کامل (بلند) باشد.

بلوک دیاگرام عملکرد دستگاه را ترسیم و از روی آن مدار را طراحی کنید.

فعالیت ص ۱۲۶



پاسخ: شکل مدار در کتاب درسی آمده بلوک دیاگرام آن را در شکل صفحه بعد می‌بینید.



پودمان سوم: پاسخ به فعالیت‌های بخش راه‌انداز موتور الکتریکی ستاره مثلث معمولی

فعالیت ص ۱۳۹



در صورتی که بوبین تایمر و $KM1$ موازی بسته شوند چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ: منظور از موازی بسته شدن آن است که یک سر بوبین تایمر به $A1$ کنتاکتور وصل شود، چون از تیغه تایمر به جای شستی قطع استفاده می‌کنیم در زمان اتصال موتور به صورت ستاره باید شمارش معکوس تایمر نیز شروع شود و قطع تایمر به دنبال قطع کنتاکتور ستاره رخ دهد لذا برای آنکه ابتدا کنتاکتور $KM1$ قطع شود و بعد تایمر $KT1$ چنین طرحی داده شده بدیهی است اگر موازی بسته شوند و کنتاکت بسته $KT1$ در بالای این دو قرار گیرد هم‌زمان قطع خواهند شد که خواسته ما نیست.

فعالیت ص ۱۴۵



چه نکات ایمنی باید در سیم‌کشی چیدمان عرضی و طولی قطعات شکل ۱۳ مد نظر قرار گیرد؟

پاسخ: به لحاظ ایمنی فرم‌دهی سیم‌های قطور و با جریان الکتریکی بالا چیدمان طولی را تأیید می‌کند.

فعالیت ص ۱۴۸



با توجه به شکل ۱۵، این دو روش را از نظر چیدمان و فضاسازی با یکدیگر مقایسه نمایید.

پاسخ: جانمایی در شکل ۱۶ نسبت به نوع قبلی راحت‌تر و بهتر است.

فعالیت ص ۱۵۱



با توجه به نقشه داده شده سیم‌کشی مدار این راه‌اندازی مشابه کدام یک از مدارات فرمان ستاره مثلثی است که در این پودمان با آنها آشنا شده‌اید؟ در این مدار چرا تیغه‌های تایمر هم نام تیغه‌های کنتاکتور KM۲ نام‌گذاری شده‌اند؟

پاسخ: در این مدار چرا تیغه‌های تایمر هم نام تیغه‌های کنتاکتور KM۲ نام‌گذاری شده‌اند؟ همان‌طور که از ظاهر دیده می‌شود مدار ستاره مثلث نوع اول است و نه نوع دو سیمه، در قسمت دوم تیغه‌های تایمر هم نام تیغه‌های کنتاکتور KM۲ نام‌گذاری شده است چرا که تایمر پنوماتیکی بوبینی ندارد و با بوبین کنتاکتور KM۲ و کشیده شدن آن به حرکت در می‌آید پس علاوه بر نام‌گذاری در عمل نیز تایمر پنوماتیک روی هر کنتاکتوری سوار شود برای آن کنتاکت تایمری می‌سازد.

تحقیق کنید ص ۱۵۴



در تولیدات جدید، رله کنترل فاز و کنترل بار الکترونیکی به نظر یکی شده است؟

پاسخ: Phase Failure Relay و static Overload Relay دو اصطلاحی است که در استاندارد IEC برای این وسایل به کار رفته اما با توجه به تنوع قطعات در بازار Single Phase Preventer و Phase Monitor Relay و نیز برای کنترل فاز به کار می‌رود و Electronic overload Relay برای کنترل بار به کار گرفته می‌شود. البته در برخی موارد سازندگان مدعی می‌شوند امکانات بیشتری روی قطعات ساخته شده خود قرار داده‌اند. که هر دو کار را انجام می‌دهد اما باز به این معنی نیست که این دو قطعه یکی شده‌اند.

پودمان چهارم

فعالیت ص ۱۸۷



در صورتی که پنجره PROJECT MANAGER بسته شده باشد چگونه می‌توان آن را مجدد ظاهر کرد؟

پاسخ: با نوشتن PROJECT در خط فرمان فشردن دکمه Enter پنجره PROJECT MANAGER ظاهر می‌شود. در مورد Catalog Browser نیز از سربرگ (tab) شماتیک منوی Icon Menu را باز کنید و روی گزینه دوم Catalog Browser کلیک کنید تا ظاهر شود.

تحقیق کنید ص ۱۸۸



سایر قسمت‌های پنجره Create New Drawing برای چه منظوری است و چه کاری انجام می‌دهد؟

پاسخ: علاوه بر نام (Name) - الگو (Template) - محل ذخیره (Location) فایل - توضیحات پروژه (Description)

فعالیت ص ۱۹۵



برای موتور الکتریکی ترسیم شده در شکل ۲۵ ترمینال‌گذاری کنید و علامت زمین را ایجاد نمایید؟

پاسخ: برای ایجاد ترمینال، ترمینال را از Insert Component انتخاب کنید.

فعالیت ص ۱۹۵



نقشه مدار راه‌اندازی چپ‌گرد - راست‌گرد را با توجه به مراحل شکل ترسیم نمایید؟

پاسخ: با توجه به آنکه در مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد احتیاج به شستی دوبل داریم برای ایجاد شستی دوبل پس از رسم یک شستی قطع و یا وصل و در سمت Push از منوی ۲nd+NC Contact و یا ۲nd+NO Contact دیگر کنتاکت‌های Button را درج کرده و برای ارتباط مکانیکی خط چین بین آنها دکمه Line Dashed Link را مطابق شکل ۲۷ فعال کنید و یک بار روی کنتاکت اول و بار دیگر روی کنتاکت دوم کلیک کنید تا ارتباط مکانیکی شستی دوبل ایجاد شود.

فعالیت ص ۱۹۸



تحقیق کنید تفاوت (Scoot) سرخوردن و نیز (Surfer) موج سواری در AutoCAD Electrical چیست؟

پاسخ: Scoot از منو Transform Component انتخاب می شود و انتقال یک قطعه، برچسب آن، شماره گذاری سیم و... به همراه سیم متصل به آن است در صورتی که Surfer مربوط به ارجاع متقابل بین نقشه یا نقشه ها است.

تحقیق کنید ۱۹۹



سایر امکانات AutoCAD Electrical که با کلیک راست کردن هر قطعه ظاهر می شود کدام هستند؟

پاسخ: در شکل کتاب آمده است Edit - Delete - Surfer - Retag - Copy - Scoot - Move - Align را برای یک Component مشخص می کند.

فعالیت ص ۲۰۰



سیم های ابتدا و انتهای خط تغذیه سه فاز قدرت به صورت جهت دار نشان دهید و مشخصات آن را درج کنید از ابزار کناری WireNumber به نام Source Arrow کمک بگیرید و سعی کنید این کار را انجام دهید.

پاسخ: با توجه به توضیحات داده شده و شکل موجود در کتاب دستور را اجرا کنید و نتیجه را ببینید.

فعالیت ص ۲۰۰



برچسبی در وسط سیم و با رنگ بندی برای آن ایجاد کنید Wire Number از منوی In-Line Wire Labels برای این کار از Leader کمک بگیرید و سعی کنید این کار را انجام دهید.

پاسخ: با توجه به توضیحات داده شده و شکل موجود در کتاب دستور را اجرا کنید و نتیجه را ببینید.

فعالیت ص ۲۰۱



موقعیت شماره سیم را به سمت دیگر سیم منتقل کنید برای این کار از Flip Wire number استفاده کرده و این کار را انجام دهید. برای نوشتن شماره سیم در وسط سیم ها مطابق از شکل ۳۷ In-Line Wire Number Toggle چگونه باید استفاده کرد؟

پاسخ: با توجه به توضیحات داده شده و شکل موجود در کتاب دستور را اجرا کنید و نتیجه را ببینید.

فعالیت ص ۲۰۴



قطعات کارخانه‌ای SIEMENS را به AutoCAD Electrical اضافه کرده و با یکی از انواع LOGO! کار عملی (ب) را انجام دهید.

پاسخ: در Catalog Browser می‌توان LOGO! را پیدا کرد و در پروژه استفاده نمود.

تحقیق کنید ص ۲۰۴



در مورد ویرایش Footprint ها چه ابزارهایی در AutoCAD Electrical وجود دارد؟ آنها را برای سایر هنرجویان ارائه دهید.

پاسخ: ابزار Edit footprint و Copy footprint و Delete footprint را می‌توان نام برد.

پودمان پنجم: پاسخ به فعالیت‌های بخش بانک خازنی

فعالیت ص ۲۰۴



بسیاری از کارگاه‌های صنعتی به دلیل تعداد زیاد موتورهای الکتریکی در شبکه مصرف توان غیرمؤثر بالایی نیاز دارند. قبض نشان داده شده در شکل ۳ مربوط به یک کارگاه صنعتی است. مبلغ قابل پرداخت آن چقدر است؟ چه راهکاری برای کاهش هزینه برق این قبض پیشنهاد می‌کنید؟

پاسخ: با توجه به قبض نشان داده شده در یک دوره ۲۶ روزه میزان میان باری: ۱۲۶۰۰۰ کیلووات مبلغ ۲۹۴۸۴۰۰۰ ریال، اوج بار: برای ۴۴۰۰۰ کیلووات مبلغ ۲۰۵۹۲۰۰۰ ریال و در کم باری ۸۴۰۰۰ به مبلغ ۹۸۲۸۰۰۰ در مورد مصرف راکتیو ۱۴۴۰۰۰ است که بابت آن مبلغ ۲۹۷۳۳۶۴ محاسبه شده است که مجموع برابر ۶۲۷۸۷۶۲۶۴ ریال. البته در ستون زیرین موارد دیگری وجود دارد که مبلغ قابل پرداخت را ۳۳۹۸۵۸۲۰۰۰ ریال می‌رساند شامل آبنومان، بهای قدرت قراردادی، بدهی قبلی و... است با توجه به هزینه توان راکتیو گزینه نصب بانک خازنی برای کاهش هزینه برق می‌تواند راهکار مناسبی باشد.

سؤال ص ۲۱۷



اگر خازن‌ها مستقیم وارد مدار شود چه پیامدی خواهد داشت؟

پاسخ: اگر خازن‌ها بدون مقاومت محدودکننده (پیش‌گذار) وارد مدار شوند جریان زیادی کشیده خواهد شد که مخرب کنتاکتور است به همین خاطر تیغه‌های مقاومت‌های موازی با تیغه‌های قدرت کنتاکتور از نوع Early Closing (زود بسته‌شو) بوده و ابتدا جریان هجومی از آنها گذشته و بعد تیغه‌های قدرت کنتاکتور

وارد مدار می‌شوند تا آسیب نبینند.

فعالیت ص ۲۱۹



در نقشه شکل ۱۳ محل نصب رگولاتور را مشخص کنید و عملکرد مدار را تفسیر و به کلاس ارائه نمایید.

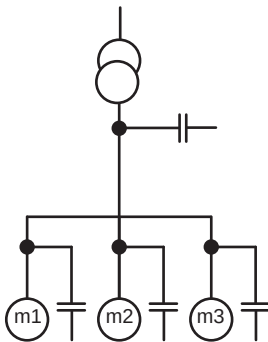
پاسخ: رگولاتور در جای مناسب خود نصب شده است یعنی خروجی‌های آن برای کنتاکتوره رفته است این مدار هر چند در قسمت جبران‌سازی انفرادی آمده است اما در اصل جبران‌سازی مرکزی با دو پله است که کار عملی بعدی است اما، در حالتی که کلید AOH می‌داشت و کلید در وضعیت H قرار داشت می‌توانست برای کار عملی ۱ آن را به کار گرفته شود یعنی به صورت دستی خازن‌ها را وارد مدار کرد و رگولاتور صرفاً نقش اندازه‌گیری را داشته و میزان ضریب توان را در حالت‌های مختلف نشان دهد که خواسته کار عملی ۱ می‌باشد. در مورد رگولاتور و ورودی آن یعنی CT باید دقت کرد که از تغذیه اصلی نمونه‌گیری کند که در کار عملی ۲ راجع به آن صحبت شده است. با این حال در کار عملی ۱ وجود یک کلید اصلی برای مدار لازم است.

سؤال ص ۲۲۲



بیشترین کاربرد جبران‌سازی نقطه‌ای در کجاست؟

پاسخ: این روش بیشتر برای حالت بی‌باری ترانسفورماتورها، دستگاه‌های با کابل طولانی و موتورهای دائم کار استفاده می‌شود که در آن برای هر مصرف‌کننده به صورت مجزا خازن محاسبه و نصب می‌شود.



از مزایای این روش این است که رگولاتور نیاز ندارد، جبران دقیق، کامل می‌تواند توان راکتیو را جبران کند.

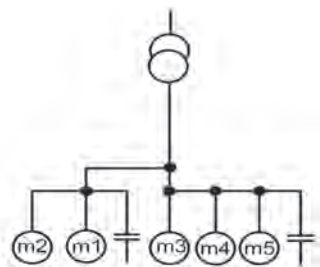
مهم‌ترین ایراد این روش استفاده تعداد زیاد خازن و هزینه بالای اجرای آن است.

سؤال ص ۲۲۵



مزایا و معایب روش جبران‌سازی گروهی را بررسی کنید.

پاسخ: در این روش برای چند مصرف‌کننده که هم‌زمان و کنار یکدیگر کار می‌کنند، یک خازن با توان بالا نصب می‌شود. در این روش تعداد خازن‌ها کم می‌شود مزایای روش انفرادی را دارا است علاوه بر اینکه به خاطر کاهش تعداد



خازن‌ها و مراحل نصب، هزینه آن اقتصادی‌تر است. بزرگ‌ترین ایراد این روش در مواردی است که مصرف‌کننده‌ها با هم و گروهی در مدار نباشند و باعث می‌شود در جبران‌سازی اشتباه صورت گرفته و بار راکتیو به صورت خازنی در مدار ظاهر شده و به شبکه وارد شود.

پاسخ به فعالیت‌های بخش اینورتر

تحقیق کنید ۲۲۸



استفاده از اینورتر و بانک خازنی برای اصلاح ضریب توان را با یکدیگر مقایسه نمایید.

پاسخ: اصلاح ضریب قدرت با اینورتر مانند بانک خازنی استهلاک مکانیکی در کنتاکتور خازنی به همراه ندارد.

فعالیت ص ۲۲۹



MODEL : CIMR-AA2A0021FAA	UL LISTED
MAX APPL. MOTOR : 5.5kW / 3.7kW REV : A	
INPUT : AC3PH 200-240V 50/60Hz 24A/18.9A	IND. CONTEQ. 7J48 B
OUTPUT : AC3PH 0-240V 0-400Hz 21A/17.5A	
MASS : 3.5 kg PRG : 1010	CE
O/N :	
S/N :	TUV
FILE NO : E131457 IP20	
TYPE 1 ENCLOSURE	PASS
YASKAWA ELECTRIC CORPORATION	

برچسب مشخصات نشان داده شده در شکل ۴ مربوط به اینورتر نشان داده شده در شکل ۱ است. مشخصات فنی آن را استخراج کنید.

پاسخ: توان اینورتر مناسب برای موتور الکتریکی ۳/۵ یا ۵/۵ کیلووات است. ورودی اینورتر سه فاز، ۵۰ هرتز و خروجی سه فاز تا ۴۰۰ هرتز است.

سؤال ص ۲۲۹



با توجه به فرکانس‌های نشان داده شده در شکل ۵ در کدام حالت سرعت چرخش محور موتور الکتریکی چهار قطب بیشتر خواهد بود؟

پاسخ: با توجه به نوشته فرکانس در دو اینورتر و اینکه فرکانس با سرعت نسبت مستقیم دارد پس سرعت در ۶۰ هرتز بیشتر می‌باشد.

فعالیت ص ۲۴۰



شرح مختصری از نحوه تنظیم اینورتر موجود در کارگاه را بنویسید.

پاسخ: انواع اینورترها با توجه به نوع قابلیت‌ها، تعداد ورودی و خروجی در جدول صفحه بعد آمده است.

SIEMENS Micro Master۴۲۰	DELTA VFD-M	LS IG5A	OMRON MX۲	YASKAWA V۱۰۰۰	
۳	۶	۸	۷	۶	تعداد ورودی دیجیتال
۱	۲	۲	۳	۳	تعداد خروجی دیجیتال
۱	۲	۲	۲	۲	تعداد ورودی آنالوگ
۱	۱	۱	۱	۱	تعداد خروجی آنالوگ
ندارد	ندارد	ندارد	۲	۱	تعداد ورودی پالس
ندارد	ندارد	ندارد	۱	۱	تعداد خروجی پالس
دارد USS Protocol	دارد	دارد	دارد	دارد	شبکه مودباس - پیش فرض
دارد	ندارد	ندارد	دارد	دارد	قابلیت اتصال PTC موتور
ندارد	دارد	دارد	دارد	دارد	واحد ترمز پیش فرض
ندارد	ندارد	ندارد	دارد	دارد	قابلیت برنامه نویسی
نامشخص	نامشخص	نامشخص	ISO ۱۳۸۴۹-۱ (Two Inputs & One Output)	EN۹۵۴-۱ Cat.۳ EN۶۱۵۸ SIL II EN۶۰۲۰۴-۱ category ۰	استاندارد ایمنی
Profibus DeviceNet CANopen	ندارد	DeviceNet Profibus CANopen Ethernet	Modbus Profibus DeviceNet Component ML II Ethernet EtherCAT	Modbus Profibus CANopen DeviceNet LONworks Component ML II PROFINET Ethernet EtherCAT	پشتیبانی از سایر شبکه ها
ندارد	ندارد	ندارد	دارد	ندارد	قابلیت اتصال کارت ورودی / خروجی
V/F Constant Sensorless Vector Control	V/F Constant Sensorless Vector Control	V/F Constant Sensorless Vector Control	V/F Constant Sensorless Vector Control	V/F Constant Sensorless Vector Control	روش های کنترلی
۰ تا ۶۵۰ هرتز	۰ تا ۴۰۰ هرتز	۰ تا ۴۰۰ هرتز	۰ تا ۴۰۰ هرتز	۰ تا ۴۰۰ هرتز	رنج فرکانس خروجی
بار سبک ۱۲۰ درصد برای یک دقیقه بار سنگین ۱۵۰ درصد برای یک دقیقه	بار سبک ۱۲۰ درصد برای یک دقیقه بار سنگین ۱۵۰ درصد برای یک دقیقه	بار سبک ۱۲۰ درصد برای یک دقیقه بار سنگین ۱۵۰ درصد برای یک دقیقه	بار سبک ۱۲۰ درصد برای یک دقیقه بار سنگین ۱۵۰ درصد برای یک دقیقه	بار سبک ۱۲۰ درصد برای یک دقیقه بار سنگین ۱۵۰ درصد برای یک دقیقه	ظرفیت اضافه بار
نامشخص	۱۵۰ درصد گشتاور نامی در ۰/۵ هرتز	نامشخص	۲۰۰ درصد گشتاور نامی در ۰/۵ هرتز	۲۰۰ درصد گشتاور نامی در ۰/۵ هرتز	گشتاور راه اندازی
ندارد	ندارد	ندارد	دارد	دارد	قابلیت درایو موتور PM
اضافه بار اضافه جریان لحظه ای اضافه ولتاژ کاهش ولتاژ کاهش ولتاژ اضافه حرارت زیر بار ماندن اتصال بدنه	اضافه بار اضافه جریان لحظه ای اضافه ولتاژ کاهش ولتاژ قطعی لحظه ای برق اضافه حرارت زیر بار ماندن اتصال بدنه	اضافه بار اضافه جریان لحظه ای اضافه ولتاژ کاهش ولتاژ قطعی لحظه ای برق اضافه حرارت زیر بار ماندن اتصال بدنه	اضافه بار اضافه جریان لحظه ای اضافه ولتاژ کاهش ولتاژ قطعی لحظه ای برق اضافه حرارت زیر بار ماندن اتصال بدنه	اضافه بار اضافه جریان لحظه ای اضافه ولتاژ کاهش ولتاژ قطعی لحظه ای برق اضافه حرارت زیر بار ماندن اتصال بدنه	توابع حفاظتی مهم

فعالیت ص ۲۴۹



با مراجعه به دفترچه راهنمای استفاده اینورتر، این مورد را مشخص و یادداشت کنید. سپس اینورتر را روشن و تنظیمات مربوط به تغییر فرکانس خروجی به کمک صفحه کلید را انجام دهید و سپس از روی صفحه کلید، موتور متصل به اینورتر را روشن کنید و فرکانس خروجی اینورتر را تغییر دهید. گزارش ساده ای از اقداماتی که انجام داده اید تهیه و به مربی آزمایشگاه تحویل نمایید.

Page 1 of 2

پاسخ: مرحلہ اول تا چہارم:

5 step 4 Auto-tuning

In this step the V1000 is set up for use with the mobr. Make sure all protective covers have been re-attached then apply power to the V1000.

DO NOT RUN THE MOTOR.



Press  two times until the Digital Operator shows   Parameter T1-Q2 then press                         

ENTER INPUT F ORIGIN IN KEY (UNOVERRIDE)
Press  to select the digit you would like to change and use the  and  to adjust the value, then press the  to save the value.

Motor Rated Voltage (e.g. 230 V, 460 V)
 Motor Rated current (e.g. 11.0 A, 22.0 A)
 Motor Base Frequency (e.g. 60.0 Hz)

For standard AC motors use the default setting for motor base frequency (60Hz), motor

same procedure described above to adjust its value.

After setting parameter T1, 07, press the **ENTER** key to select the Auto Start command. 

Next press **ENTER** on the Digital Operator. The V 1000 will now start the Auto-Tuning procedure.



فعاليات ص ٢٥٠

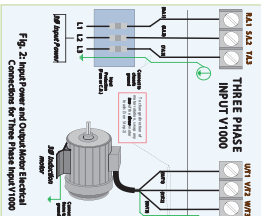


Step 4 Auto-tuning

[illegible]

- [illegible]

-
- Fig. 1: Input Power and Output Motor Electrical Connections for 5 Input 3 Phase Input V1000**



- 
- REVLED
OFF

should turn on.

- First, Dial* Billing
- Next, press  on the Digital Operator icon; then press
- First, Dial* Billing

Next, press  on the Digital Operator. The screen should now be operating at low speed running in the correct forward (clockwise) direction.

1 DANGER
After the power has been turned OFF, wait at least five minutes until the charge indicator extinguishes completely before touching any wiring, circuit boards or components.



- Press  three times until the Digital Operator shows the Auto-Tuning menu (A.T) then press .

parameter T1-02 then press



Enter Motor Power In kW (Kilowatt)

Digital

Motor HP

Factory

- Press $\rightarrow$ two times until the Digital Operator shows parameter T. To then press $\rightarrow$ and $\rightarrow$ to select the digital output 1. Press $\rightarrow$ to select the digit you would like to change and use the $\rightarrow$ and $\rightarrow$ to adjust the value. Then press the $\rightarrow$ to save the value.

Press **→** to go to select the next parameter and same procedure described above to adjust its value.

6-1-10	Motor Rated Voltage (e.g. 230 V, 460 V)
6-1-09	Motor Rated current (e.g. 11.0 A, 22.0 A)
6-1-08	Motor Rated frequency (e.g. 60.0 Hz)
6-1-07	Motor Poles (e.g. 4 Poles)
6-1-06	Motor R_s and Speed (e.g. 1750 rpm)

For standard AC motors use the default setting for motor base frequency (60Hz), motor poles (4) and motor rated speed.

- After setting parameter T-07 press the Auto-Tuning start command. ▶

ⓘ Warning! Sudden movement hazard. The V1000 and motor may start

Warning: Always disconnect the power supply before working on the vehicle electrical system. If the vehicle is running, disconnect the negative battery cable. If the vehicle is not running, disconnect the negative battery cable and disconnect the negative battery cable from the battery.

Note: Auto-Tuning will not function properly when a brake is engaged on the road. Ensure the motor shaft can freely rotate. Never perform an Auto-Tune with motor connected to a load.

Next press  on the Digital Operator. The VI1000 will now start the Auto-Tuning procedure.

The display will show **OK** when the Auto-Tuning procedure has been successfully completed. Please reference the V1000 Quick Start Guide or repeat the Auto-Tuning procedure again if the display shows an error message.

YEA Document Number: TM.V1000.01 5/15/2008 © Yasutawa Electric America, Inc. - (800) YASKAWA (927-5292) Fax (847) 887-7310 DrivesHelpdesk@yaskawa.com www.yaskawa.com

www.yaskawa.com

فعالیت ص ۲۵۵



نحوه تنظیم پارامتر و آزمایشی را که انجام داده‌اید به صورت یک گزارش تهیه و در اختیار مربی قرار دهید.

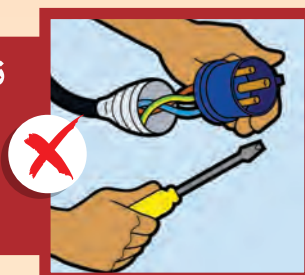
پیوست ۱

برای اشاعه ایمنی در کارگاه‌ها با استفاده از پوستره‌های متنوع و تأثیرگذار می‌توان مفاهیم ایمنی را برای هنرجویان تفهیم کرد. در این پیوست تعدادی پوستر آموزشی ایمنی در کارگاه پیشنهاد شده است.

در محیط کارگاهی از سه شاخه صنعتی برای تغذیه ابزار و تجهیزات استفاده کنید و از دوشاخه‌های معمولی خانگی استفاده نکنید

نباید

بدون حضور هنرآموز سیم کشی سه شاخه صنعتی را تعویض کنید.



نباید

سه شاخه برق خانگی برای تجهیزات الکتریکی در محیط کارگاه استفاده شود.



سه شاخه برقی صنعتی بهترین گزینه برای استفاده در محیط کارگاهی است.



از تابلو پریز کارگاهی مناسب برای تجهیزات برقی دستی استفاده کنید.

نباید

پریزهای متداول خانگی برای کاربرد
در محیط کارگاهی و صنعتی استفاده شود



تابلو پریز کارگاهی مجهز به پریزهای
صنعتی و تجهیزات حفاظتی، گزینه
مناسبی برای تغذیه ایمن و آسان
تجهیزات برقی است.

کلید جریان باقیمانده (RCD)

برای افزایش ایمنی نصب می‌شود

نباید آن را از تابلو حذف کنید.

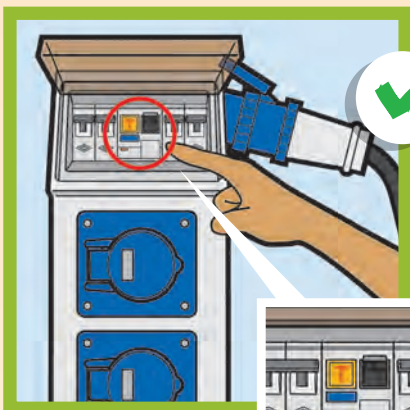
نباید

RCD را از تابلو حذف کنید.



کلیدهای RCD با حساسیت

قطع جریان ۳۰ میلی‌متر استفاده شود.



نباید ابزار یا تجهیزات برقی دستی مستقیماً به ژنراتورهای سیار وصل شوند

بلکه از تابلو پریز کارگاهی استفاده شود.

نباید

به مولد یا ژنراتور سیار مستقیماً وصل شد.



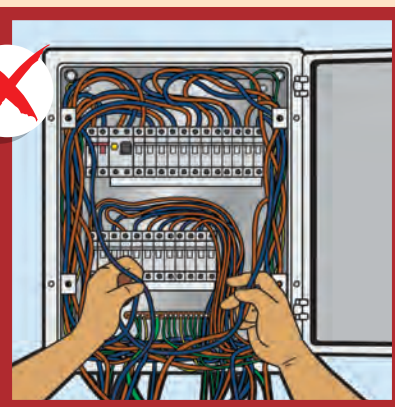
برای اتصال از تابلو موقت کارگاهی

استفاده کنید

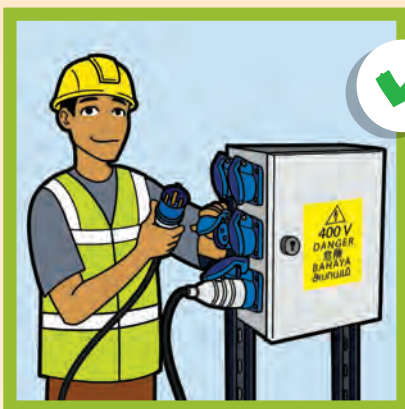
تابلوهای توزیع (DB) برای اهداف خاصی نصب شده‌اند نباید دخل و تصرف و انشعاب در سیم‌کشی تابلو از ایمنی آن خواهد کاست

نباید

درسیم‌کشی تابلو توزیع (DB)
دخل و تصرف کرد

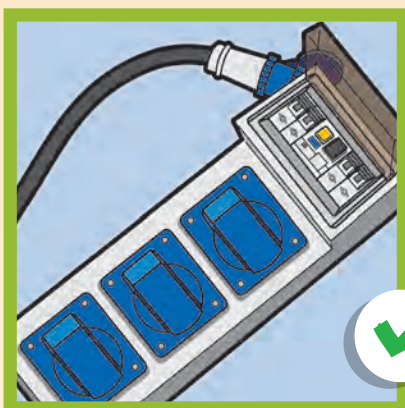
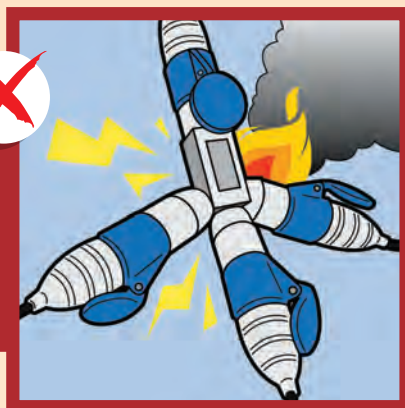


از یک تابلو توزیع کارگاهی انشعاب
برق ایمن بگیرید



نباید برای تجهیزات برقی دستی در کارگاه از انشعاب چندراجه (رابط هایی که اتصال یک پریز را به چند انشعاب اتصال پذیر تبدیل می کند) استفاده کرد که ممکن است منجر به اضافه بار و خطر آتش سوزی شود.

نباید از انشعاب چند راه برای
تغذیه برق استفاده کرد.



از یک تابلو پریز آماده سیار مجهز به
وسایل حفاظتی RCD استفاده نمایید.

منابع و مآخذ

- ۱ برنامه درسی رشته الکتروتکنیک، سال ۱۳۹۵
- ۲ مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان
- ۳ نشریه ۱۱۰-۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
- ۴ IEC 61439-1- Low - voltage switchgear and controlgear assemblies - General rules
- ۵ IEC60947-4-1-2012- Contactor electromechanical
- ۶ IEC 60947-3-2012- Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse
- ۷ Electrical Safety on Small construction sites - WKS5-2018
- ۸ Wlectrical Safty at construction Worksite - Singapore Power Authority - 2012
- ۹ Socket Outlet Assembly in Construction and Building Sites-2006
- ۱۰ Building and Construction - Industry Guideline - Electrical Practices - Australia 2015
- ۱۱ Industrial Motor Control -7th Edition by Stephn L. Herma-2014
- ۱۲ LS - S100 VFD - User - User Manual
- ۱۳ LS Software-Drive View7 User Manual
- ۱۴ EATON-Wiring Manual- 2018
- ۱۵ SIEMENS-Switching, Protection and Distribution Handbook
- ۱۶ Schneider-Electrical Installation Guide - According to IEC - 2018
- ۱۷ ABB - Switchgear Manual

