

بخش دوم

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

۱- ایمنی



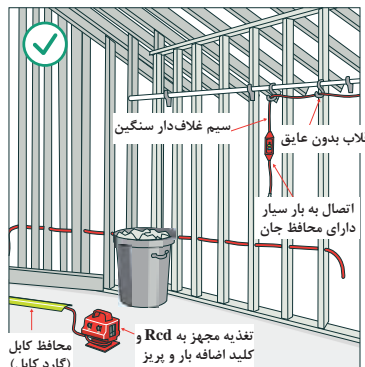
شکل ۱- کلید RCD سیار

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

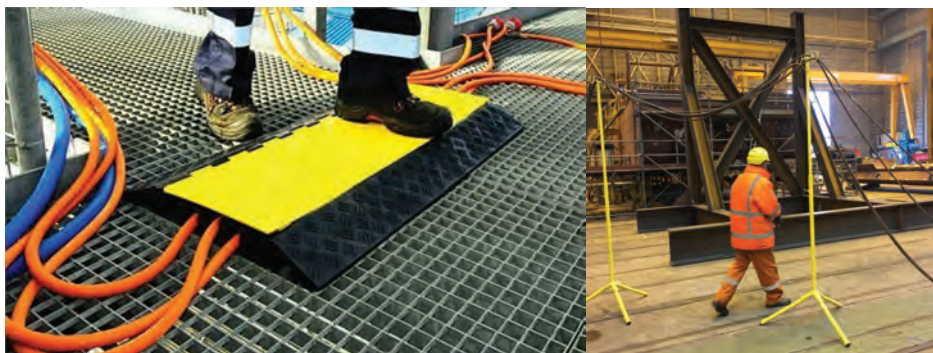
۴ پل کابل

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.



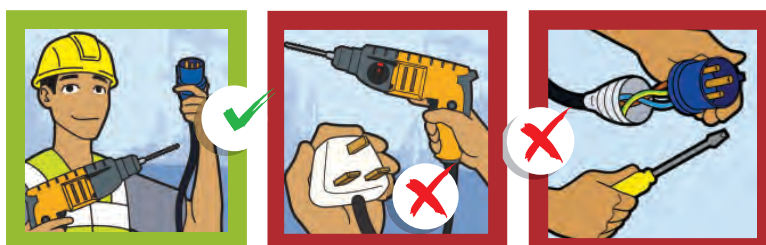
شکل ۵- شرایط نصب

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).

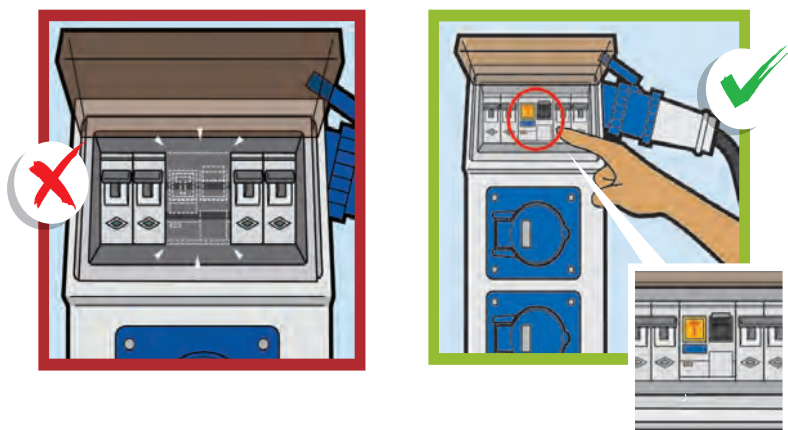
از تابلو پرز کارگاهی مناسب برای تجهیزات برقی دستی استفاده کنید.

نباید
پریزهای متداول خانگی برای کاربرد در محیط کارگاهی و صنعتی استفاده شود

تابلو پرز کارگاهی مجهز به پریزهای صنعتی و تجهیزات حفاظتی، گزینه مناسبی برای تغذیه ایمن و آسان تجهیزات برقی است.

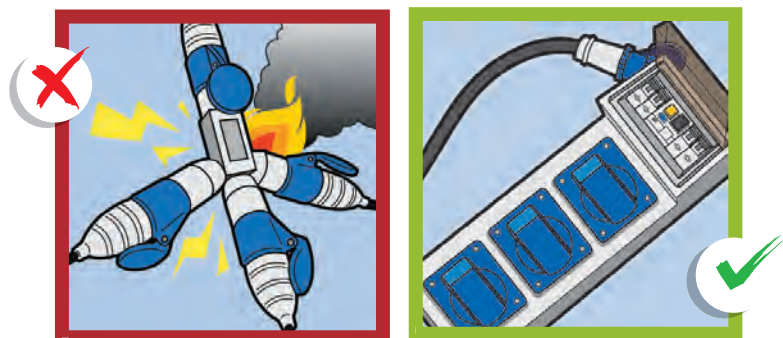
شکل ۷- پریز صنعتی

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).

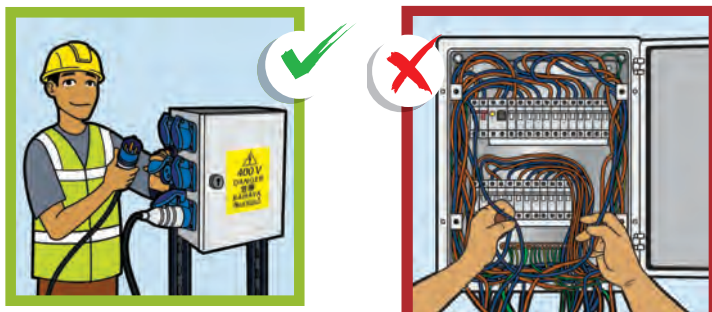


شکل ۹- انشعاب ایمن

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.

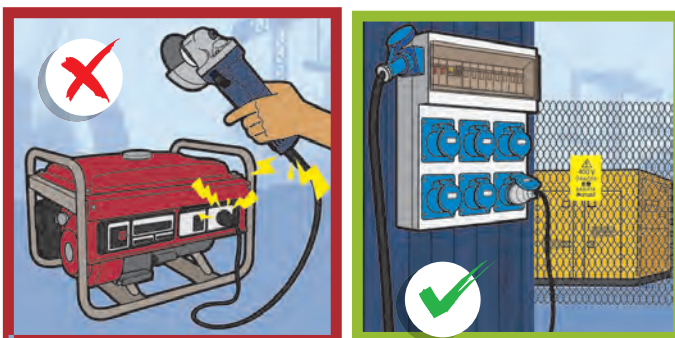
۶ تابلوی موقت کارگاهی باید دارای شینه یا ترمینال چند خانه جداگانه برای نول (خنثی) و هادی حفاظتی (PE) باشد و با توجه به این شینه باید یک الکتروود زمین احداث نمود و آن را به این شینه متصل نمود تا کلید جریان باقیمانده در سیستم TN-S ایجاد شده کارایی لازم را داشته باشد.

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




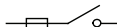
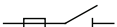
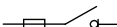
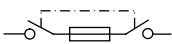
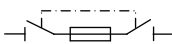
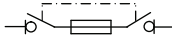






رله‌ها	کنتاکتور
برای فرمان طراحی شده است	برای مدار قدرت طراحی شده است
دارای ورودی و خروجی است	دارای مدار فرمان و مدار قدرت است

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 60947-1 اشاره‌ای به استفاده از MCB در مدارهای راه‌اندازی نشده است. این ممکن است جای سؤال باشد. MCBها تحت استاندارد IEC 60898-1 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 (رده‌بندی) 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 -AC۱ برای رده بارهای اهمی بیان می‌شود. برای سایر رده‌ها مثل ۳-AC 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 (۱-AC) 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 (۱-AC) 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		DIL 2v-22		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		$I_e = I_{th2} = 80$		A		offen		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.



شکل ۱۳- کنتاکتور بانک خازنی و کمپرسور



شکل ۱۴- کنتاکتور بانک خازنی و کمپرسور

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



شکل ۱۵- دو نمونه برچسب کنتاکتور

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

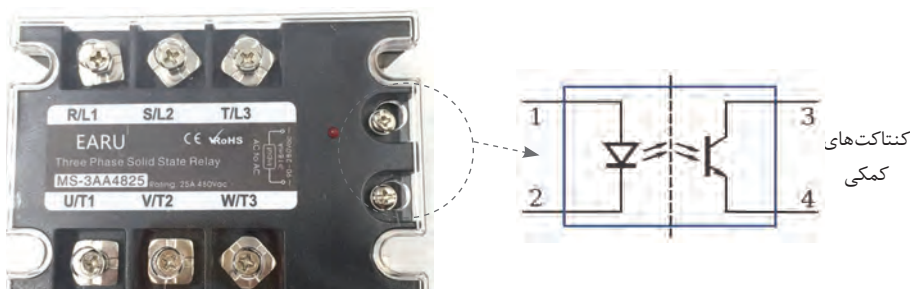
همان‌طور که ملاحظه می‌شود در قسمت سمت چپ جدول ۵، نسبت جریان وصل به جریان نامی در ستون اول و ولتاژ وصل به ولتاژ نامی در ستون دوم مشخص می‌شود. در قسمت سمت راست جدول نسبت جریان قطع به جریان نامی و در ستون آخر ضریب توان $\cos\phi$ مشخص می‌شود.

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- رده‌بندی بهره‌برداری 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 مقاومت‌های 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 کنتاکت‌های کمکی به‌طور معمول می‌تواند بوبین کنتاکتورهای الکترومکانیکی باشد که بار الکترومغناطیسی محسوب می‌شوند. یا کنتاکت کمکی قسمت (A۲) و (A۱) یعنی ورودی SSR را تحریک می‌کند که این بار حالت جامد با جداسازی اپتوکوپلری یا حالت جامد بار ترانسفورماتور ایزوله خواهد بود. این رده‌بندی‌ها روی برچسب کنتاکت‌های کمکی است که جداگانه ارائه می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- جداسازی اپتوکوپلری

کنتاکتورها را به گونه ای می سازند که در رده های مختلف قابل استفاده باشند. در مورد کنتاکت های 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 می تواند فعال باشد. علت تفاوت مقادیر در جدول ۷ استاندارد و مشابه آنکه قبلاً برای کنتاکت های اصلی نشان داده شد، قابل ملاحظه است.



شکل ۱۷- برچسب یک کنتاکتور کمکی

جدول ۷- محدوده کار کنتاکتور و رده بندی 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								Voltagamperes	
		120 Volts		240 Volts		480 Volts		600 Volts			
		Make	Break	Make	Break	Make	Break	Make	Break	Make	Break
A150	10	60	6	—	—	—	—	—	—	7200	720
A300	10	60	6	30	3	—	—	—	—	7200	720
A600	10	60	6	30	3	15	1.5	12	1.2	7200	720
B150	5	30	3	—	—	—	—	—	—	3600	360
B300	5	30	3	15	1.5	—	—	—	—	3600	360
B600	5	30	3	15	1.5	7.5	0.75	6	0.6	3600	360
C150	2.5	15	1.5	—	—	—	—	—	—	1800	180
C300	2.5	15	1.5	7.5	0.75	—	—	—	—	1800	180
C600	2.5	15	1.5	7.5	0.75	3.75	0.375	3	0.3	1800	180
D150	1	3.6	0.6	—	—	—	—	—	—	432	72
D300	1	3.6	0.6	1.8	0.3	—	—	—	—	432	72
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 Voltagamperes 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 $AC23$ 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 $AC23$ 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 ۱/۱ A و در AC۵۱ جریان ۲۰ A خواهد بود. در برجسب Soft Starter نیز عبارت AC۵۳b و ۹A 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 $I_e = I_c = 75A$ است مطابق نمودار طول عمر کنتاکتور، عمر کارکرد آن $1/3 \times 10^6$ بار کلیدزنی خواهد بود.

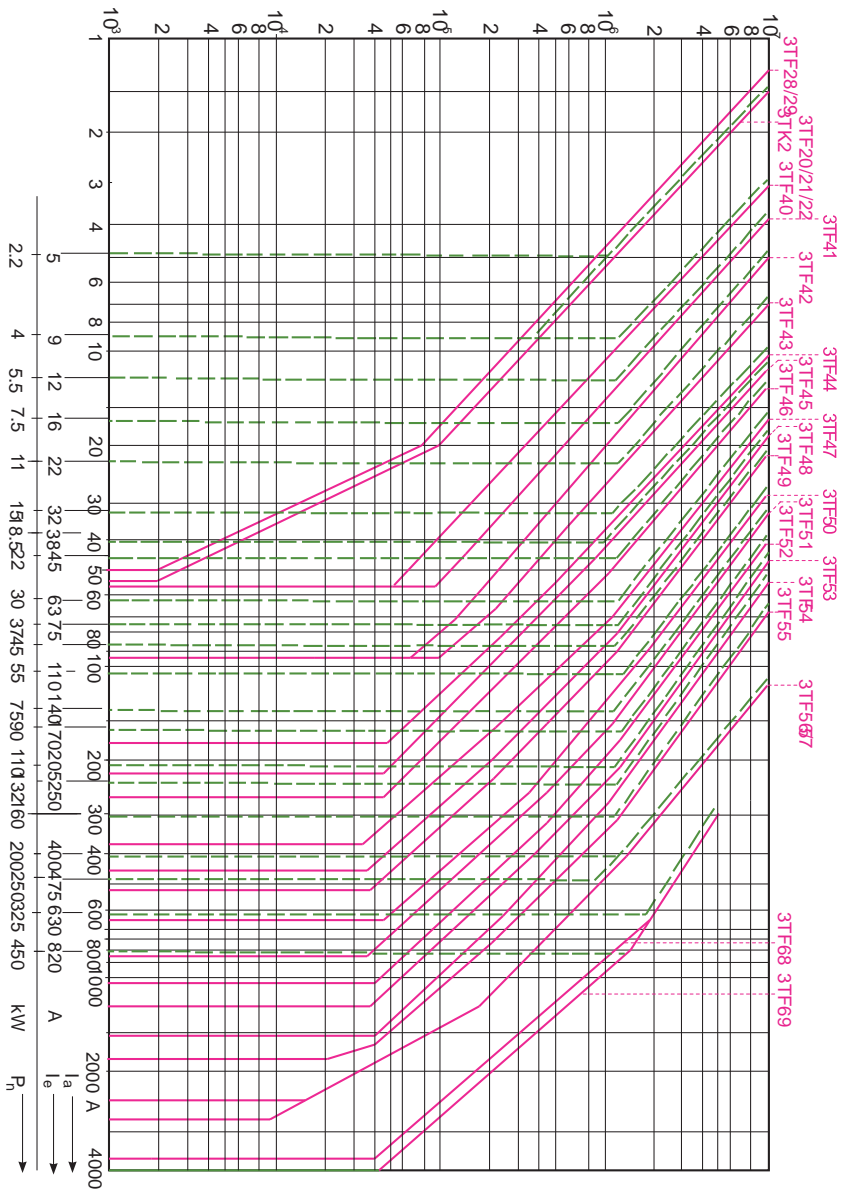
مثال ۲



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 $I_e = I_c = 460A$ 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.

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

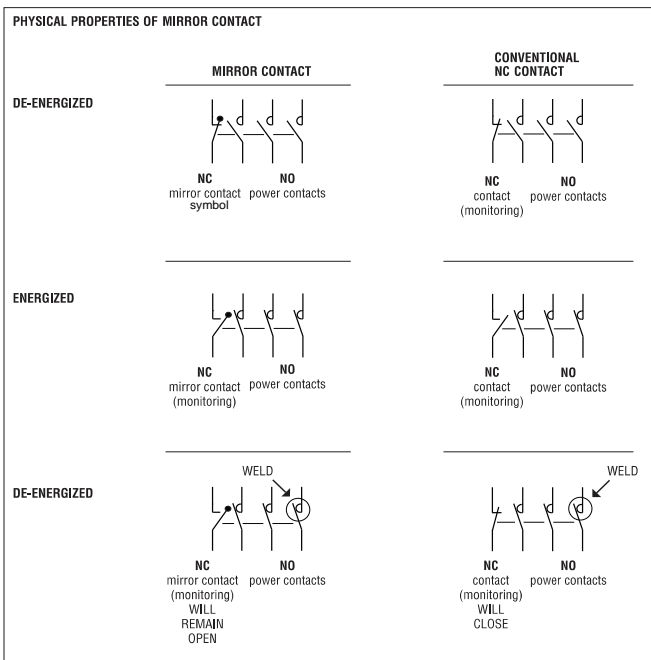
پس عمر خدمت این کنتاکتور $15/2 \times 10^4$ عمل کلیدزنی خواهد بود.

۷- کنتاکت آینه‌ای و کنتاکت رابط مکانیکی

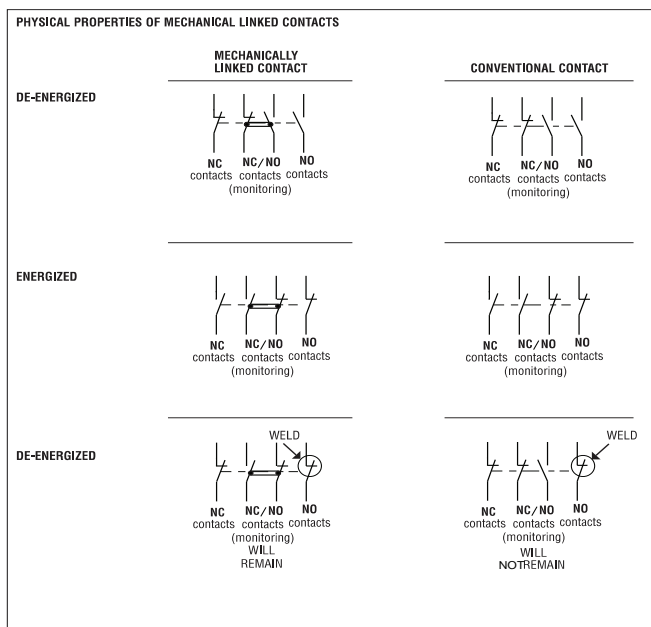
کنتاکت آینه‌ای در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۴-۱ و کنتاکت رابط مکانیکی در استاندارد IEC ۶۰۹۴۷-۵-۱ آمده است و هر کدام صفحاتی را به خود اختصاص داده‌اند. کنتاکت آینه‌ای Mirror Contact کنتاکت کمکی است که عملکرد آن در رابطه با بسته شدن کنتاکت قدرت تعریف می‌شود. ولی کنتاکت رابط مکانیکی کنتاکت کمکی است که بسته شدن 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.

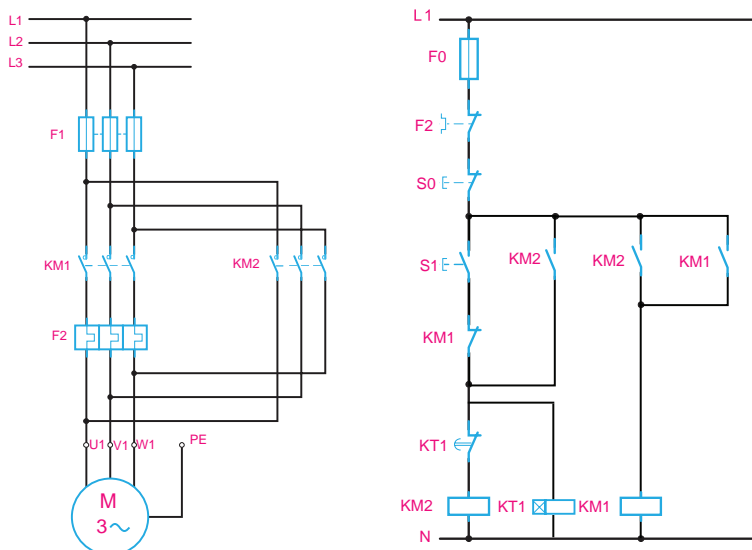
جدول ۱۰- تنظیم رله اضافه بار

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	۲-۱۰ sec	۴-۱۰ sec	۶-۲۰ sec	۹-۳۰ sec

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 $6Sec$ در 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 مونتاژ کار 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:

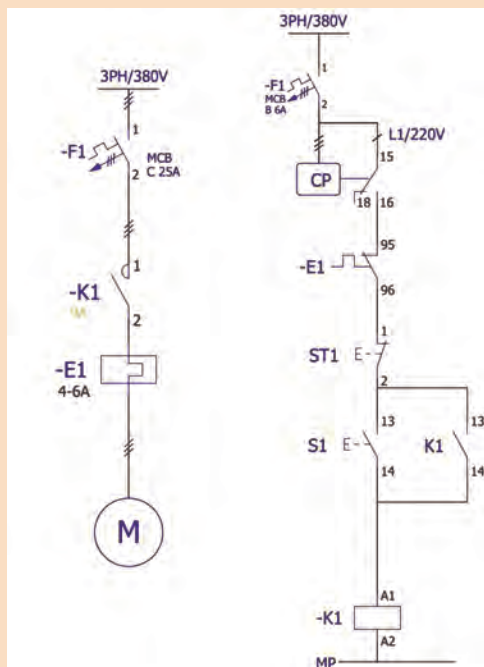
- نقشه خوانی
- تهیه قطعات و تجهیزات تابلو
- چیدمان و جانمایی اولیه
- تعیین ورودی و خروجی تابلو
- اصلاح و بازنگری
- چیدمان و جانمایی نهایی
- تست نهایی تابلو

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

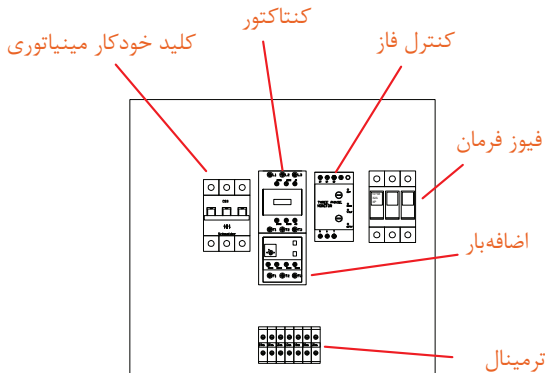
* حرف C به عنوان تیپ موتوری و حرف B به عنوان تیپ روشنایی بر روی کلیدهای مینیاتوری حک می‌شود.

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 درمقابل 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.



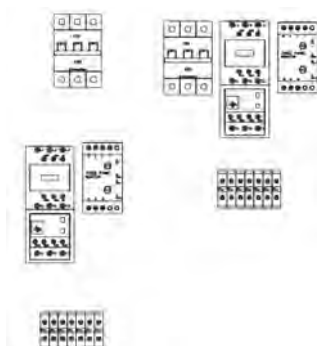
شکل ۳- ورودی از بالای تابلو

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.

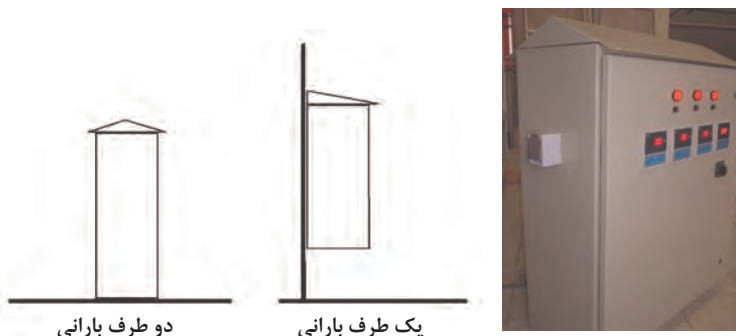


شکل ۴- چیدمان عرضی و طولی

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).

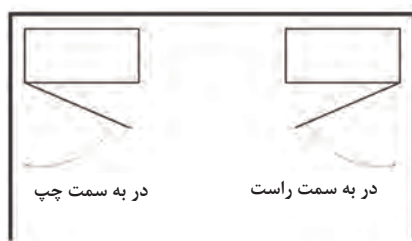
محل نصب تابلو باید از نظر ریزش آب و ورود گرد و غبار و قرار گرفتن در فضای بسته و مسقف یا فضای باز بررسی شود.

- 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

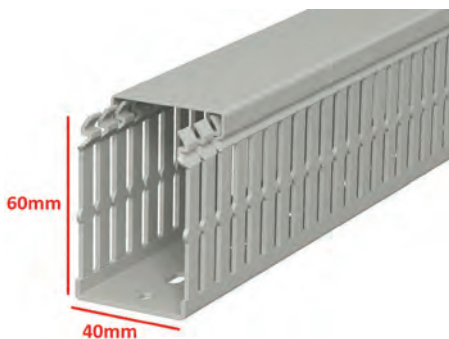
مطابق شکل ۶ چون بدنه کناری تابلو از یک طرف به دیوار منتهی می‌شود بهتر است برای تابلو درهای متفاوت ساخته شود تا فضای کاربری در داخل تابلو با مشکل مواجه نشود.

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).



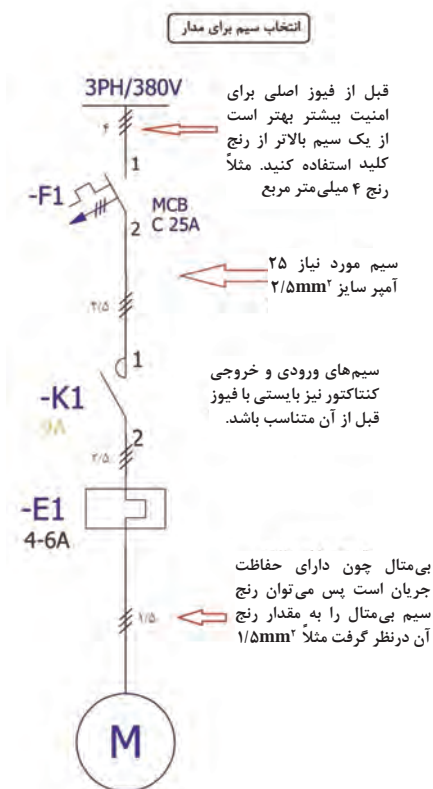
شکل ۷- داکت پلاستیکی شیاردار

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	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).

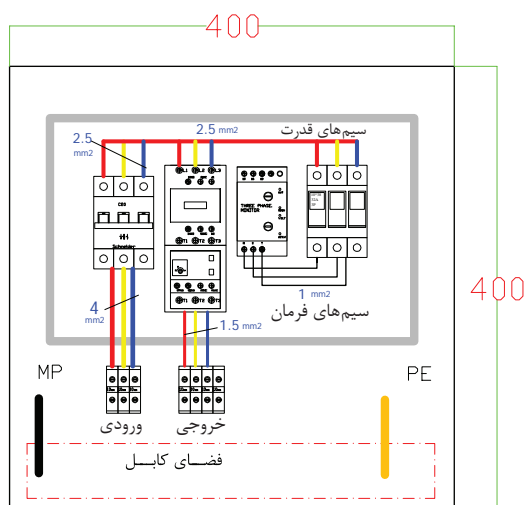
* اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده‌اند، حداکثر جریان نامی فیوز می‌باشند.

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.

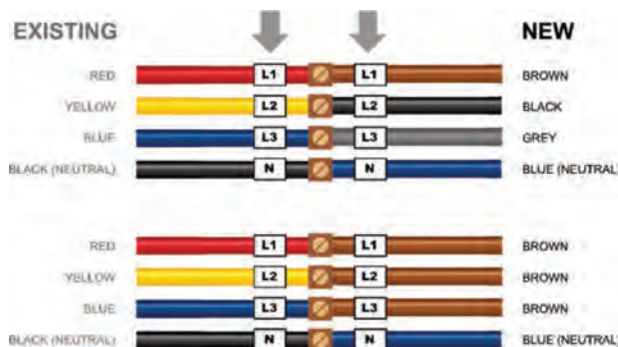
■ عبور سیم ها در کوتاه ترین فاصله مسیر در صورت نیاز، به زیبایی تابلو کمک می کند.

■ 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.



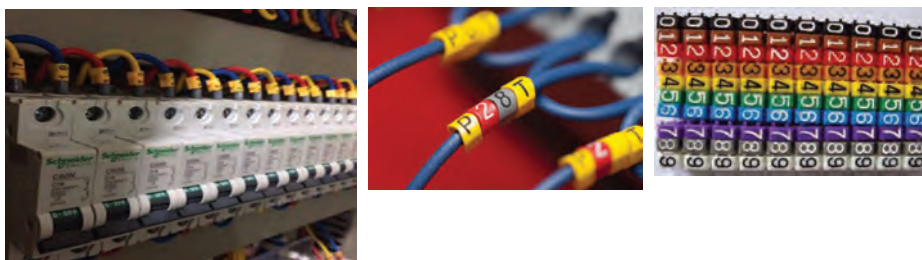
شکل ۱۰- رنگ بندی سیم ها در وضع موجود و جدید

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.

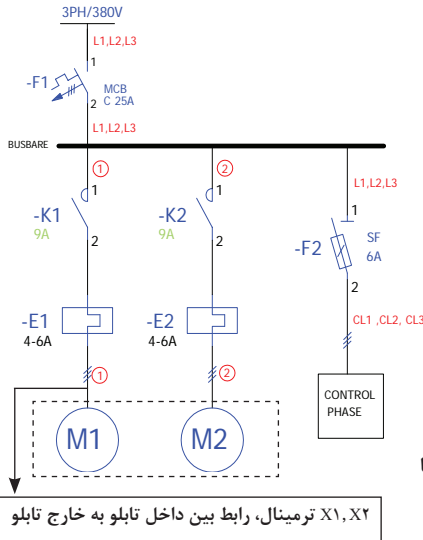
جدول ۶- نام‌گذاری قطعات در تابلو

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



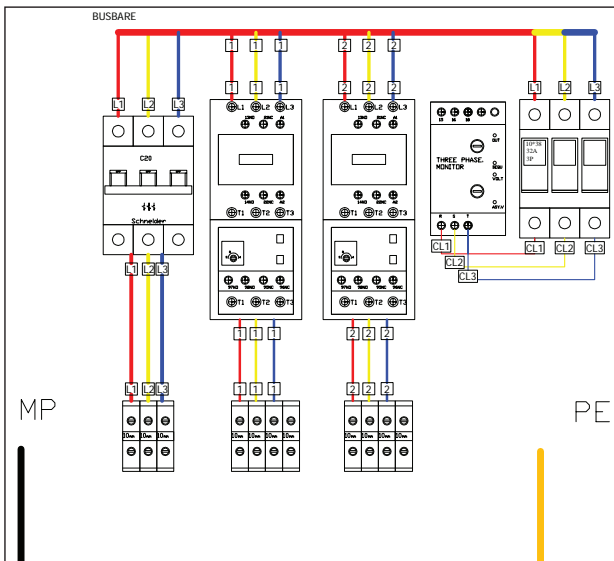
نحوه شماره گذاری در مواردی با هم تفاوت دارند و می توانند تا حدودی سلیقه ای باشد ولی مهم این است که شماره روی سیم با نقشه مطابقت داشته باشند تا بتوان در زمان ایراد و اشکال احتمالی، عیب یابی و تشخیص مسیرها را ساده تر انجام داد. در نقشه های فرمان شماره ها باید با رعایت اصول و نظم بالاتری تعیین شوند.

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



شکل ۱۲- شماره گذاری سیم ها

در دیاگرام تک خطی تابلو



شکل ۱۳- شماره گذاری سیم های قدرت در داخل تابلو

۴- شینه بندی در تابلوهای برق

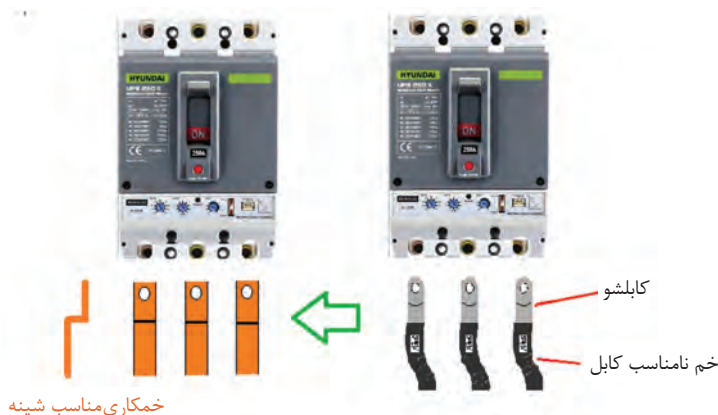
شینه در تابلو زمانی استفاده می شود که جریان الکتریکی عبوری از سیم ها از حدود ۱۰۰ آمپر بیشتر باشد.

شینه یا تسمه مسی استانداردهای مختلفی دارد و در ابعاد و اندازه های مختلف ساخته می شوند که هر کدام از آنها مقدار جریان محدودی را از خود عبور می دهد. هر شمش مس دارای طول، عرض و قطر یا ضخامت است. معمولاً در تابلوهای برق از ضخامت ۳، ۵ و ۱۰ میلی متر استفاده می شود.

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

به طور کلی در جریان های 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 امکان پذیر است. برای استحکام بیشتر و عدم جابه جایی و تغییر حالت، به جای سیم می توان از شینه استفاده کرد.

به عنوان مثال اگر کلید ۱۶۰ آمپر در تابلو وجود داشته باشد به ارتباط الکتریکی ورودی شمش ها و خروجی نیاز است و ابعاد مورد نیاز شمش ۳×۲۰ میلی متر خواهد بود. حالا اگر قرار باشد کابل استفاده شود کابل مورد نظر برای جریان ۱۶۰ آمپر سطح مقطعی برابر با سطح مقطع ۷۵ میلی متر مربع خواهد داشت. به دلیل قطر زیاد این کابل را نمی توان در فواصل کوتاه به راحتی خم کرد و باید حتماً دارای خمش مناسب باشد و سپس کابلشو شود. در صورتی که شینه، به راحتی می تواند خمکاری شود و به جای کابلشو، پانچ شود و به راحتی می توان 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).

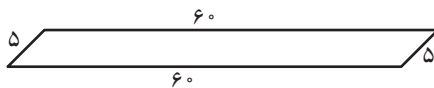


شکل ۱۵- محل اتصال ترمینال کنتاکتور

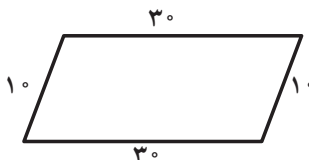
انتخاب سطح مقطع هادی در عبور جریان الکتریکی بسیار حائز اهمیت است، به‌طوری‌که مقدار جریان هادی با سطح مقطع سیم یا شینه بیان می‌شود. ولی باید این نکته را نیز مدنظر داشته باشید که مقدار سطح شینه هم می‌تواند در مقدار جریان عبوری آن تأثیر داشته باشد.

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:

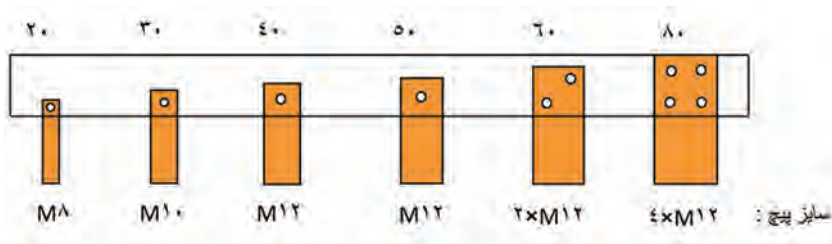
$$(60 \times 5) \Rightarrow (60 + 5) \times 2 = 130 \text{ mm}$$



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

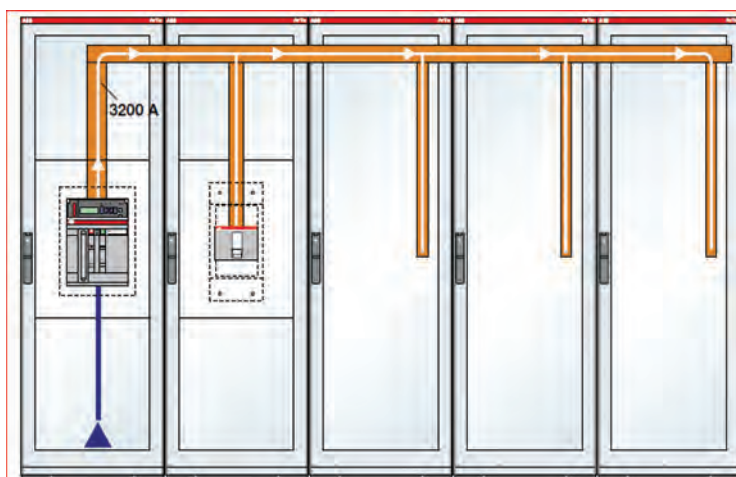


بنابراین به‌دلیل تهویه مناسب شینه 60×5 مناسب‌تر است. برای اتصال شینه‌های مسی و تعداد سوراخکاری لازم می‌توان مطابق شکل ۱۶ عمل نمود.



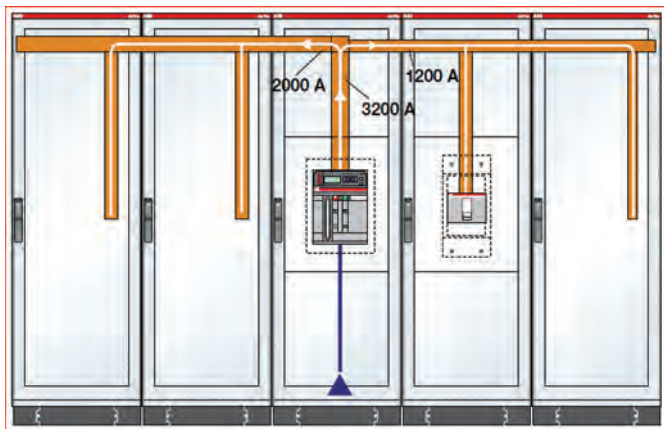
شکل ۱۶- تعداد سوراخ و تعداد پیچ برای اتصال کامل دو شمش به یکدیگر با باس بار

محل قرارگیری کلید اصلی (که ورودی بار اصلی تابلو نیز هست) می تواند در نوع شینه باس بار تأثیر بگذارد. برای مثال اگر همانند شکل ۱۷ کلید اصلی در یک سمت تابلو قرار بگیرد، شینه 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، شینه ها نیز باید طبق این جریان انتخاب شوند زیرا بار مصرفی، از این مسیر عبور می کند.



شکل ۱۷- نصب کلید اصلی در سمت چپ تابلو

ولی چنانچه کلید در وسط و بین تابلوها قرار گیرد، ابعاد باس بار می تواند نسبت به مقدار جریان عبوری از هرطرف، انتخاب شود تا در مصرف شینه صرفه جویی شود. یعنی مانند شکل ۱۶، شینه سمت راست تابلو نسبت به بار مصرفی همان طرف یعنی ۱۲۰۰ آمپر انتخاب شود و شینه 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.

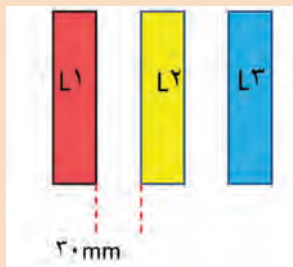
تذکر



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: $D \geq 10 \times C$

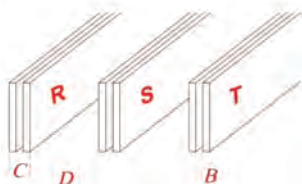
یعنی طبق شکل ۲۰، فاصله بین فازها (D)، برای شیشه دابل به قطر ۱۰ mm، برابر با:

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

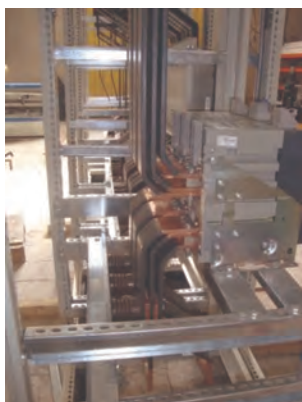
که در این رابطه قطر حاصل ضخامت دو شیشه به‌علاوه یک فاصله ۱۰ میلی‌متری است.

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

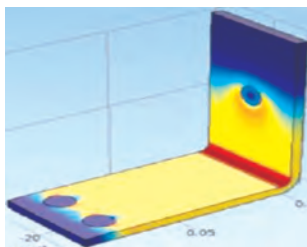
نسبت D به C	۸ برابر	۶ برابر	۴ برابر	۲ برابر
ضریب کاهش	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹	۰/۸

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

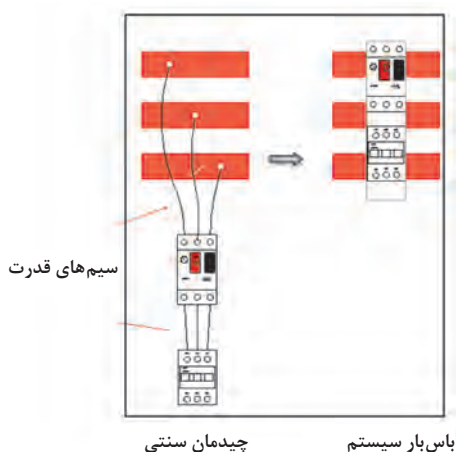
– برخی تجهیزات و قطعات وجود دارند که حجم تابلوها را کمتر می کنند و به علاوه باعث می شوند تا در زمان مونتاژ تابلو، در تعویض و نصب قطعات صرفه جویی شود و سرعت بیشتری به کار بدهند.

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 بازبینی 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 ۶۱۴۳۹ 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

	PE	N	L _۳	L _۲	L _۱	تست عایقی فاز
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

$$C(A+B) = \text{بهای جریمه توان راکتیو و } \cos \varphi < 0.9 \quad \cos \varphi \geq 0.9$$

$$C = \begin{cases} \frac{0.9}{\cos \varphi} - 1 & \cos \varphi < 0.9 \\ 0 & \cos \varphi \geq 0.9 \end{cases}$$

زبان ضریب

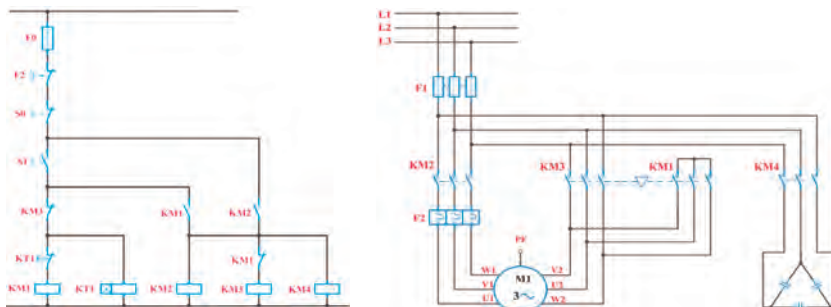
بهای کل مصرفی $A+B+C(A+B)$

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

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	$i_k \frac{x^2}{(x-1)^2}$ <p>with</p> $X = 13 / 3 \times \frac{I_e (AC-3)}{J_k}$ <p>andfor</p> $J_k > 20 \Delta I_e (AC-3)$
<p>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:</p> $I_{pmax} = \frac{U_e \times \sqrt{r}}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + \sqrt{\frac{X_C}{X_L}}}{X_L - X_C}$ <p>که</p> <p>U_e ولتاژ بهره برداری اسمی</p> <p>X_L امپدانس اتصال کوتاه مدار</p> <p>X_C راکتانس بانک خازنی</p> <p>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.</p>	

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
		۲۵ Kvar	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 کوچک‌ترین پله خازنی است که در ادامه آورده شده است:

$$I_N = \frac{630}{\sqrt{3} \times 0.38} = 957 \Rightarrow K = \frac{1000}{5} = 200$$

$$C/K = 0.65 \times \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K} = 0.65 \times \frac{25}{\sqrt{3} \times 0.38 \times 200} \approx \frac{Q}{K} = \frac{25}{200} = 0.125$$

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:

$$I_1 = \frac{Q}{\sqrt{3}V_1} = \frac{25}{\sqrt{3} \times 0.28} = 37/9A \Rightarrow I_p = \frac{37/9}{\sqrt{3}} = 21/9A$$

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

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

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.

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