دوره آموزشی

آشنایی با تابلوهای برق

محل اجرای دوره : مرکز آموزش مجتمع مس شهربابک

مدرس دوره: مهندس محمّد حیدری

زمان برگزاری دوره: ۱۷ الی ۱۹ آذر ماه ۱۴۰۳

عنوان دوره: آشنایی با تابلوهای برق

مدت دوره: سه روز

اهداف دوره: آشنایی فراگیران با اصول طراحی و کاربرد تابلوهای برق

سرفصل های دوره **صفحه**

۱-آشنایی با **Substation** ۲

۲- کد استاندارد تجهیزات سیستم قدرت الکتریکی و نقشه ها و دیاگرام های پست برق ۴

۳- باس بارها و باسداکت ها ۱٤

۴- انواع تابلوهای توزیع انرژی الکتریکی ۱۶

۵- آشنایی با اجزا و ساختمان تابلوهای فشارضعیف ۲۵

۶- آشنایی با اجزا و ساختمان تابلوهای فشار متوسط ۴۰

۷- تعاریف اجزای مهم ساختمان تابلوهای توزیع برق ۴۱

۸- مشخصات الکتریکی تابلوهای توزیع ۴۴

۹- رنگ آمیزی تابلوهای برق و مراحل آن ۶۷

۱۰- طریقه صحیح تحویل گیر ی و حمل تابلوها ۶۷

۱۱- نحوه ی نصب تابلوهای **LV** ۶۸

۱۲- آزمایشات قبل از بهره برداری تابلوها ۷۰

۱۳- آزمایشات تابلوهای **LV** ۷۱

۱۴- نحوه زمین کردن مناسب پست و تابلوهای **LV** ۷۲

۱۵- رعایت نکات ایمنی در کار با تابلوهای فشارضعیف ۷۳

۱۶- تمیزکاری ، سرویس و نگهداری تابلوهای **LV** ۷۶

۱۷- عیب یابی ، روشهای تشخیص عیب و تعمیر جزیی تابلوهای **LV** ۷۹

۱۸- منابع و مآخذ ۸۳

۱-آشنایی با Substation

برای توزیع انرژی الکتریکی بین مصرف‌کننده‌های مختلف معمولا از یک اتاق به نام Substation استفاده می‌شود. معمولا ترانسفورماتورهای کاهنده که میزان ولتاژ برق شبکه را تا حد نیاز مصرف‌کننده‌ها کاهش می‌دهند، در فضای باز و مسقف در پشت Substation نصب می‌شوند. در این اتاق کلیدهای الکتریکی اعم از فشارضعیف و فشارقوی انرژی لازم برای مصرف‌کننده‌ها را از باس‌بارها گرفته و از طریق کابل‌ها به دست مصرف‌کننده‌ها می‌رسانند. علاوه بر این معمولا کلیدها و تجهیزات حفاظتی ترانسفورماتورها نیز در داخل Substation قرار داده می‌شوند. کلید مربوط به هر وسیله به همراه تجهیزات حفاظتی و کنترلی لازم برای آن در داخل یک پانل قرار گرفته که بر روی آن مشخص می‌شود که این پنل مربوط به کدام دستگاه یا وسیله است. به لحاظ آیین‌نامه‌های ایمنی، دو بخش مربوط به پنل‌های فشارقوی و فشارضعیف باید جدا از هم قرار گرفته باشند. از آن‌جا که فقط افراد مجاز و آموزش‌دیده حق دسترسی به این اتاق را دارند، امکان قطع و وصل کلیدها توسط افراد غیر مسئول وجود ندارد. در داخل Substation معمولا نقشه Single Line آن Substation نصب شده است. همچنین جهت نگهداری ابزار مورد استفاده نیز تابلویی در نظر گرفته شده است.

کابل‌های الکتریکی که کلیدها را به مصرف‌کننده‌ها متصل می‌کنند، معمولا از قسمت پایین پانل‌ها وارد یک اتاق در زیر Substation شده و از آن‌جا به مصرف‌کننده‌ها متصل می‌شوند. به این اتاق Cable Room گفته می‌شود.

شرایط کاری مناسب برای کلیدها باید در داخل Substation برقرار باشد. از آن جمله می‌توان دمای محیط، رطوبت محیط، آلودگی و... را نام برد. در صورت عدم استفاده از Substation امکان برقراری این شرایط برای همه کلیدها بسیار دشوار خواهد بود. از آن‌جا که موقع قطع و وصل کلیدها، امکان خرابی کلید و در نتیجه آتش‌سوزی، انفجار و... وجود دارد این اتاق‌ها باید دارای سیستم‌های حفاظتی مناسب در برابر حوادث احتمالی باشند. همچنین Substationها باید از لحاظ روشنایی و تهویه نیز در شرایط مساعدی باشند. درب Substationها باید رو به بیرون باز شود تا در موقع حادثه، بتوان به سرعت از محیط خارج شد. همچنین ساختمان این اتاق‌ها باید Blast Proof باشد تا از وزش باد به داخل ساختمان جلوگیری به عمل آید.

به طور کلی اجزاء یک Substation را می توان به صورت زیر نام برد:

۱. پانل‌های مربوط به اجزاء و تجهیزات مختلف شبکه: در صنایع، تابلوهای فشارقوی و فشارضعیف را برای کنترل، حفاظت و روشن و خاموش کردن تجهیزات مختلف نظیر موتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌دهند. در صورتی که این تابلوها مربوط به موتورهای الکتریکی باشند به آن‌ها MCC یا Motor Control Centre گفته می‌شود.

۲. UPS

۳. اتاق باتری یا Battery room

۴. تابلوهای مربوط به سیستم روشنایی

۵. سیستم تهویه

۶. سیستم Paging

۷. سیستم اعلام و اطفاء حریق: به دلیل احتمال بالای وقوع حادثه در Substationها و خطرات ناشی از آن، معمولا Substationها را با سیستم‌های اطفای حریق مناسب مجهز می‌کنند. در Substationهای جدید از گاز CO_2 جهت حفاظت در برابر حریق استفاده می‌شود. در این موارد با وقوع آتش‌سوزی برای زمان محدودی آلارم‌هایی داده شده و پس از آن درب Substation قفل شده و گاز Co_2 فضا را پر خواهد کرد. در این موارد به محض شنیدن آلارم باید Substation را ترک کرد.

۸. تابلوی مارشالینگ: این تابلو برای سیستم‌های ابزار دقیق و کنترل فرآیند به کار برده می‌شود و کابل‌های مربوط به این سیستم وارد آن می‌شود.

۹. Group Alarm Panel: کلیه آلارم‌های یک Substation بر روی این پانل نشان داده شده و در بعضی از Substationها وجود دارد.

۲- کد استاندارد تجهیزات سیستم قدرت الکتریکی و نقشه ها و دیاگرام های پست برق

۲-۱کد ولتاژ و رنگ برای سطوح مختلف ولتاژ در میمیک دیاگرام تابلوها

سطح ولتاژ (KV)	۰/٤	۰/٦ تا ۳/۳	۳/۳ تا ٦/۹	٦/۹ تا ۱۰	۱۰ الی ۲٤	۳۳	٦۳ تا ٦۹	۱۳۲	۲۳۰	٤۰۰
کد ولتاژ	۰	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
رنگ	مشکی	مشکی	مشکی	مشکی	زرد	نارنجی	آبی	سبز	قرمز	بنفش

جدول ۲-۱

۲-۲ کد استاندارد تجهیزات سیستم قدرت الکتریکی

کد	نوع دستگاه متصل به کلید یا قطع کننده
۰۰ الی ۳۹	خطوط یا فیدرها
٤۰ الی ٥۹	ترانسفورماتور و کلیه دستگاههای تولید کننده ، بار سلفی و خازنی
٦۰ الی ۷۹	ژنراتور
۸۰ الی ۹۹	متفرقه(تجهیزات غیر از ردیف های فوق الذکر مانند کلید کوپلاژ

جدول ۲-۲

۲-۳ کد استاندارد مربوط به محل قرارگرفتن کلید و یا دستگاه قطع کننده

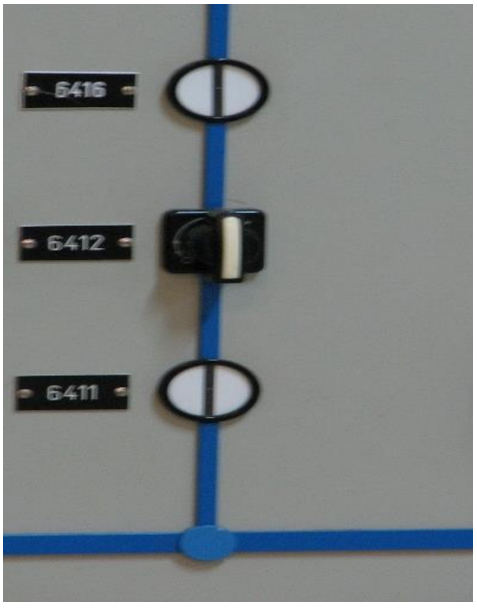
کد	تجهیزات قطع کننده
۱	سکسیونر متصل به اولین شینه
۲	کلید قدرت یا دیژنکتور
۳	سکسیونر متصل به خط
٤	سکسیونر متصل به دومین شینه
٥	سکسیونر شانتاژ(بای پس)
٦	سکسیونر ترانسفورماتور
۷	سکسیونر ژنراتور
۸	تجهیزات متفرقه مانند کلید کوپلاژ
۹	سکسیونر زمین
۰	سکسیونر مجزاکننده دو شینه(**Bus Section**) یا اتصال به شینه در ایستگاههای شانتاژ دار یا اتصال به شینه سوم

جدول ۲-۳

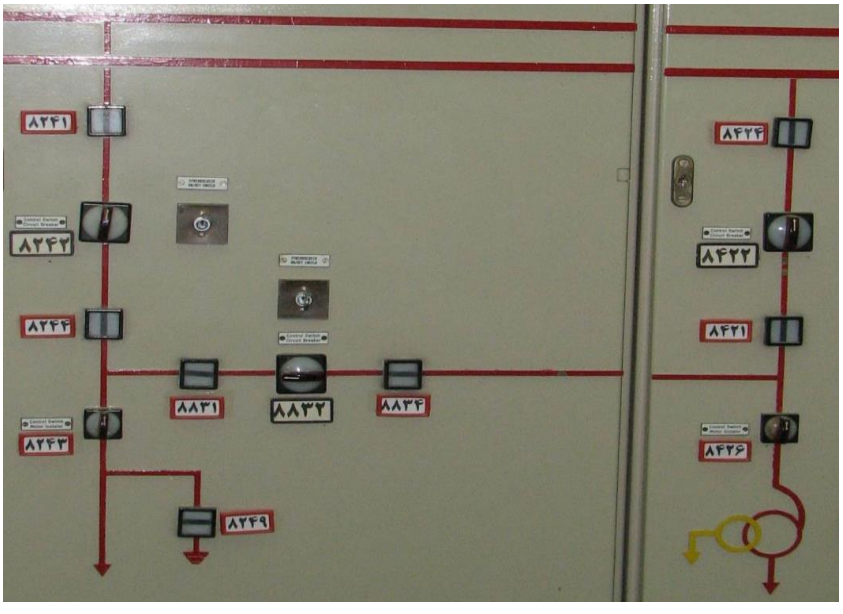
۲-٤ mimic دیاگرام یا نقشه های راهنمای تک خطی اتصال تجهیزات روی تابلوها در پست ها

شکل ۲-۱

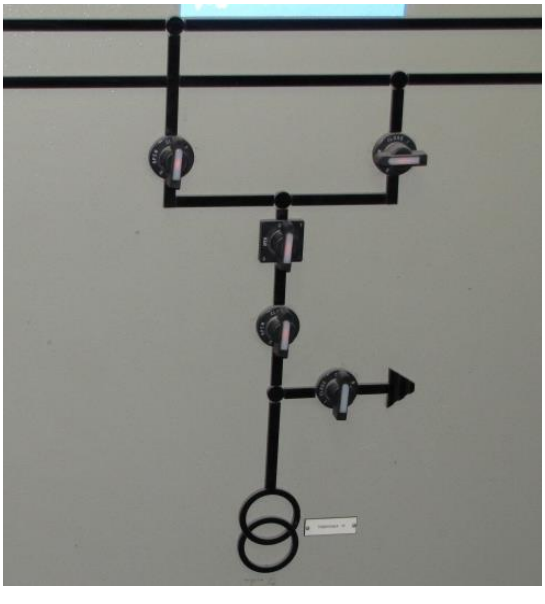
شکل ۲-۲



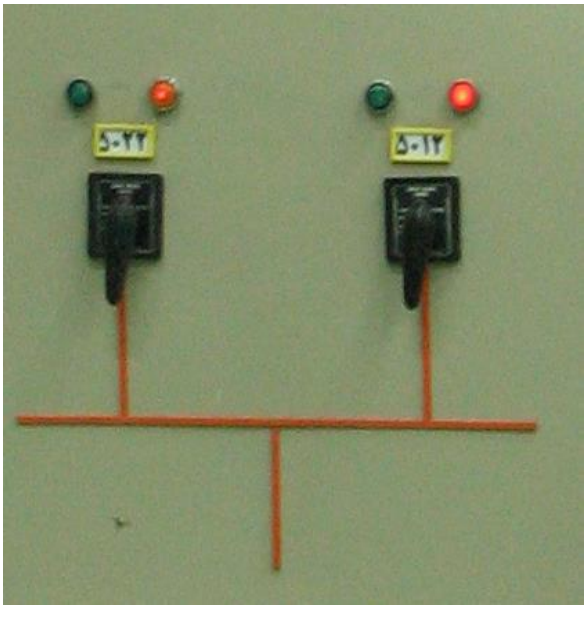
شکل ۲-۳



شکل ۲-٤



شکل ۲-٥



شکل ۲-٦

۲-۵ حروف و علائم اجزاء وتجهیزات الکتریکی والکترونیکی مطابق استاندارد IEC60617

نوع	حرف	مثال
گروه سازنده ، گروه زیر مجموعه	A	ترکیب دستگاهها ، جعبه کلید ، توزیع ، لیزر
تبدیل مقادیر غیر الکتریکی به الکتریکی و بالعکس	B	میکروفن ، بلندگو ، عناصر حرارتی ، نوار اندازه گیری انبساط ، حسگر
خازن	C	خازن روغنی، خازن الکترولیتی ، خازن فویلی(ورقه خیلی نازک) ، خازن تزویج
تجهیزات تأخیر ، حافظه ، عناصر دو دویی	D	عنصر AND ، عنصر OR، مدار با دو حالت پایدار ، مدار با یک حالت پایدار ، حافظه مغناطیسی
متنوع	E	تجهیزات روشنایی، تجهیزات گرمایی، تهویه ، حصار برقی
تجهیزات حفاظتی	F	فیوز ، عنصر حفاظت در برابر اضافه جریان ، رله حفاظت موتور ، کلید حفاظتی FI ، کلید حفاظت خط
ژنراتور ، منبع جریان	G	ژنراتور ، منبع تغذیه ، باطری
تجهیزات اخباری(خبر دهنده)	H	خبر دهنده نوری ، بوق ، ساعت زنگ دار
رله ، کنتاکتور	K	کنتاکتور قدرت، کنتاکتورکمکی، رله مغناطیسی، رله زمانی
خود القاء	L	چوک ، سیم پیچ القایی ، سیم پیچ
موتور	M	موتور سه فاز ، موتور قطب شکسته و موتور خازنی
دستگاه اندازه گیری ، تجهیزات آزمایش	P	آمپرمتر ، ولت متر ، اسیلوسکوپ
دستگاه قطع و وصل – جریان قوی	Q	کلید قدرت، کلید جداکننده، کلید بار، کلیدحفاظت موتور
مقاومت	R	مقاومت ثابت ، مقاومت قابل تنظیم ، مقاومت اندازه گیری ، ترمیستور ، مقاومت راه انداز
کلید انتخاب کننده	S	کلید فشاری ، کلید اصلی ، انتخاب کننده ، کلید حدی
مبدل	T	مبدل شبکه ، مبدل کنترل ، مبدل اندازه گیری ، تبدیل کننده
مبدل مقادیر الکتریکی به مقادیر الکتریکی دیگر و.	U	مبدل آنالوگ به دیجیتال و بالعکس، مبدل ولتاژ مستقیم
عناصر نیمه رسانا ، لامپها	V	دیودها، ترانزیستورها، تریستورها ، یکسوکننده ها
گیره ، دو شاخه پریزها	X	دو شاخه آزمایشی ، پریزها ، بست ها
تجهیزات مکانیکی برقی	Y	ترمز ، کلاج
پایانه ها ، محدود کننده ، صافی ، کنترل تن	Z	تجهیزات رفع پارازیت رادیویی ، صافی RC و صافی LC ، بالا گذر ، میان گذر و پایین گذر

۲-۷ نقشه ها و دیاگرام های پست برق

مهمترین نقشه های برقی موجود در رابطه با سیستم‌های الکتریکی را می‌توان به انواع زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱- دیاگرام تک خطی مدار قدرت یا Single Line Diagram: این نقشه یکی از پرکاربردترین نقشه‌های برقی موجود در واحد است. در این نقشه از خطوط و علائم اختصاری و استانداردشده‌ای برای نمایش کابل‌ها، باس‌بارها، مصرف‌کننده‌ها و سایر تجهیزات موجود در سیستم استفاده می‌شود. این نقشه‌ها شمای کلی از سیستم، نحوه کار آن و محل نسبی اجزا نسبت به یکدیگر را مشخص می‌کند و از روی آن می‌توان محل مناسب قرار گرفتن دستگاه‌ها، تجهیزات و حفاظت‌های لازم را پیش‌بینی نمود. نقشه تک‌خطی مدار قدرت، جزئیات مربوط به هر دستگاه را نشان نمی‌دهد. اگر این نقشه برای یک سیستم سه‌فاز تهیه شده‌باشد، برای نمایش هر سه‌فاز از یک خط استفاده می‌شود. بر روی این نقشه‌ها معمولا اطلاعاتی راجع به مقادیر نامی تجهیزات مورد استفاده نظیر ترانس‌های قدرت، کلیدهای قدرت، فیوزها و سکسیونرها و نیز ولتاژ و تعداد فازهای برق ورودی و فرکانس آن نوشته می‌شود.

۲- دیاگرام سه خطی مدار قدرت یا Three Line Diagram: این دیاگرام مشابه دیاگرام تک‌خطی مدار قدرت است با این تفاوت که اتصالات و اطلاعات مربوط به هر سه فاز بر روی نقشه نمایش داده می‌شود.

۳- دیاگرام رایزر یا Riser Diagrams: این دیاگرام، نقشه‌ای تک خطی است که محل قرار گرفتن تجهیزات برقی و تأسیسات را از لحاظ ارتفاع نشان می‌دهد. بر روی این نقشه کلیه تجهیزات برقی، ارتفاع نسبی قرار گرفتن آن‌ها و نیز ارتباط بین آن‌ها نشان داده می‌شود. بر روی این نقشه تعداد هادی‌ها، اندازه و نوع آن‌ها، اندازه کانال‌های لازم برای فیدرهای ورودی، نام دستگاه و... ذکر می‌شود.

۴- نقشه مدار قدرت تجهیزات: این نقشه که مربوط به یک دستگاه خاص است، نحوه تغذیه آن دستگاه را به همراه عناصر حفاظتی به کار رفته نشان می‌دهد.

۵- دیاگرام بلوکی یا Block Diagram: در بسیاری از موارد لازم نیست تا یک سیستم الکتریکی با جزئیات زیاد نشان داده شود. در Block Diagramها، که نشان‌دهنده توالی و ترتیب عملکرد یک سیستم هستند، بخش‌های مهم آن سیستم در داخل بلوک‌هایی نشان داده می‌شوند.

۶- دیاگرام سیم‌کشی یا Wiring Diagram: در بسیاری از موارد از جمله تعمیر و Troubleshooting یک وسیله، به نقشه اتصالات اجزاء مختلف آن وسیله احتیاج است. Wiring Diagramها، اجزاءمختلف وسیله و محل قرار گرفتن آن‌ها را نشان داده و ارتباط یک بخش با سایر بخش‌ها را تعیین می‌کند.

۷- نقشه جانمایی کلی سیستم زمین یا Earthing system layout : این نقشه مربوط به سیستم زمین حفاظتی بوده و در آن اطلاعاتی راجع به اجزاء یک سیستم زمین و محل آن‌ها داده می‌شود. از این اطلاعات می‌توان به محل چاه‌های ارت، محل و اتصالات میله‌های زمین یا Rodها، مسیر کابل ارت تجهیزات مختلف، محل حلقه سیستم ارت و... اشاره کرد. همچنین بر روی این نقشه مشخص می‌شود که هر وسیله به کدام چاه ارت متصل است. از این نقشه‌ها در هنگام بررسی صحت کارکرد، اندازه‌گیری مقاومت سیستم ارت، ایجاد تغییرات در سیستم و... ممکن است استفاده شود.

۸- نقشه مدارهای کنترل: این نقشه نحوه کار بسیاری از دستگاه‌ها و بارهای صنعتی مانند نحوه راه‌اندازی، تنظیم نحوه کار، متوقف کردن و... را بیان می‌کند. در این نقشه اجزاء یک سیستم کنترل که می‌تواند شامل کنتاکتورها، رله‌ها، تایمرها، لامپ‌های نشانگر، Pushbuttonها و... باشد نشان داده می‌شود.

۹- نقشه جانمایی کلی سیستم روشنایی یا lighting system layout: در این نقشه که مربوط به سیستم روشنایی ساختمان‌ها و معابر می‌شود، خطوط و علائم که مشخص‌کننده کابل‌ها و وسائل روشنایی هستتند، بر روی نقشه یا پلان ساختمان کشیده می‌شوند. علامت‌های مورد استفاده در این نقشه می‌تواند نشانگر انواع مختلف کلیدها، لامپ‌ها، فیکسچرها، پریزها، فیوزها، تابلوهای روشنایی و... شود. ازآن‌جا که این نقشه، یک نقشه دو بعدی است، اطلاعاتی در مورد ارتفاع قرار گرفتن تجهیزات داده نمی‌شود. بر روی این نقشه معمولا اطلاعاتی نظیر توان هر لامپ، اندازه و

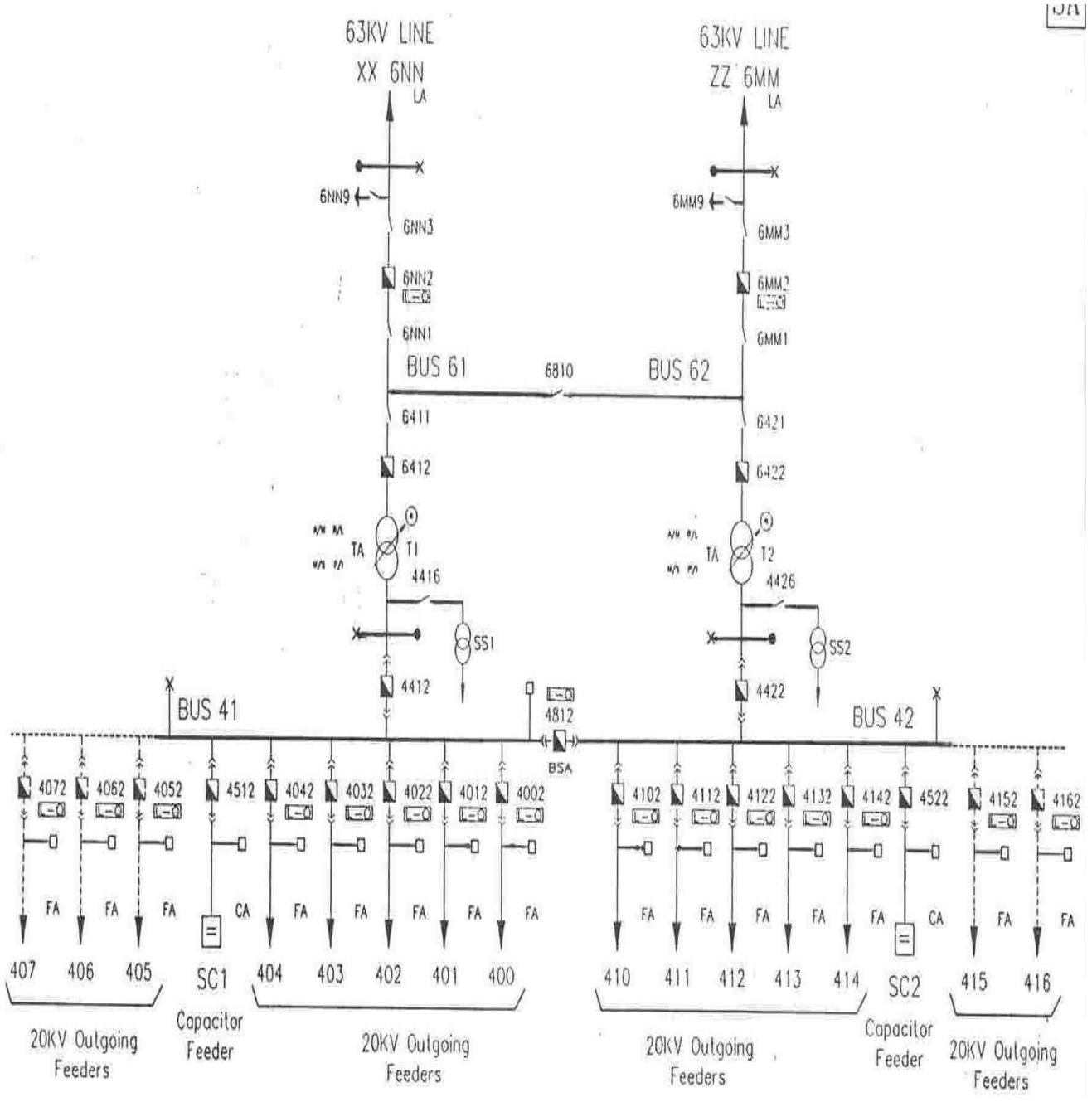
نوع تابلوهای روشنایی، اندازه کابل‌ها و سیم‌ها، نوع عایق آن‌ها، اندازه لوله و کانال‌های مورد استفاده و... ذکر می‌شود.

۱۰- نقشه کانال‌های کابل‌های زیرزمینی: این نقشه مشخص می‌کند که کدام کابل از کدام کانال عبور کرده است. معمولا برای پیدا کردن کابل صدمه دیده و ترمیم آن از این نقشه استفاده می‌شود.

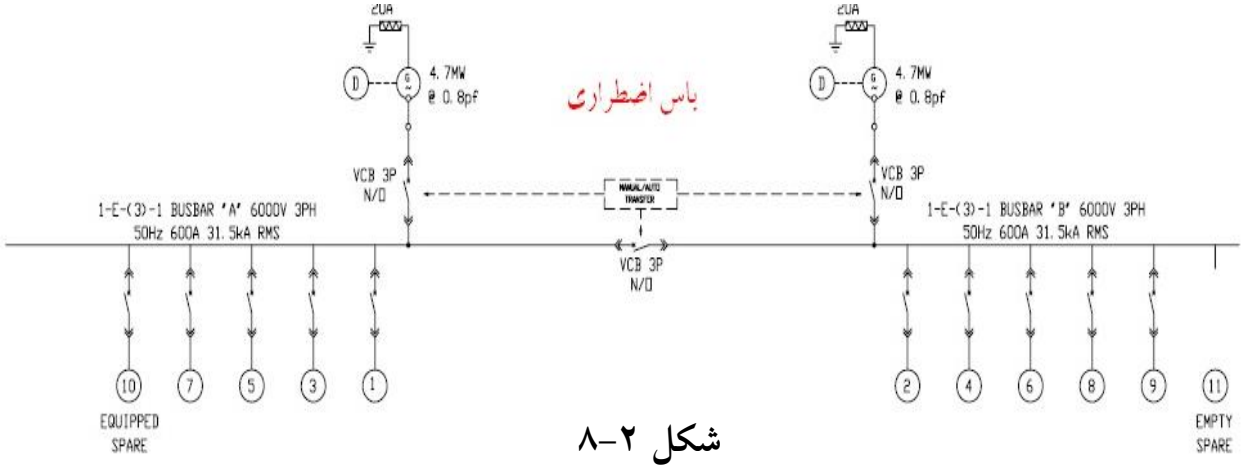
۱۱- نقشه جانمایی سینی و نردبان کابل یا Cable Tray Layout: در محل‌هایی که کابل‌ها به صورت زیرزمینی نصب نشده‌اند، از سینی‌ها و نردبان‌ها برای عبوردادن کابل‌ها استفاده می‌شود. این نقشه مسیر کابل‌ها را در این حالت نشان می‌دهد.

در انواع نقشه‌های برقی، برای نشان دادن اتصالات و نیز تجهیزات مختلف از علائم و به اصطلاح Symbolهای خاص و استاندارد شده‌ای استفاده می‌شود. استاندارد بودن این علائم باعث می‌شود تا فهم نقشه‌های کشیده شده برای تمامی افراد امکان‌پذیر بوده و زبان مشترکی برای این منظور به وجود آید. استانداردهای مختلفی برای بیان انواع این Symbolها وجود دارد که می‌توان به استانداردهای IEC، NEC، ANSI و... اشاره کرد.

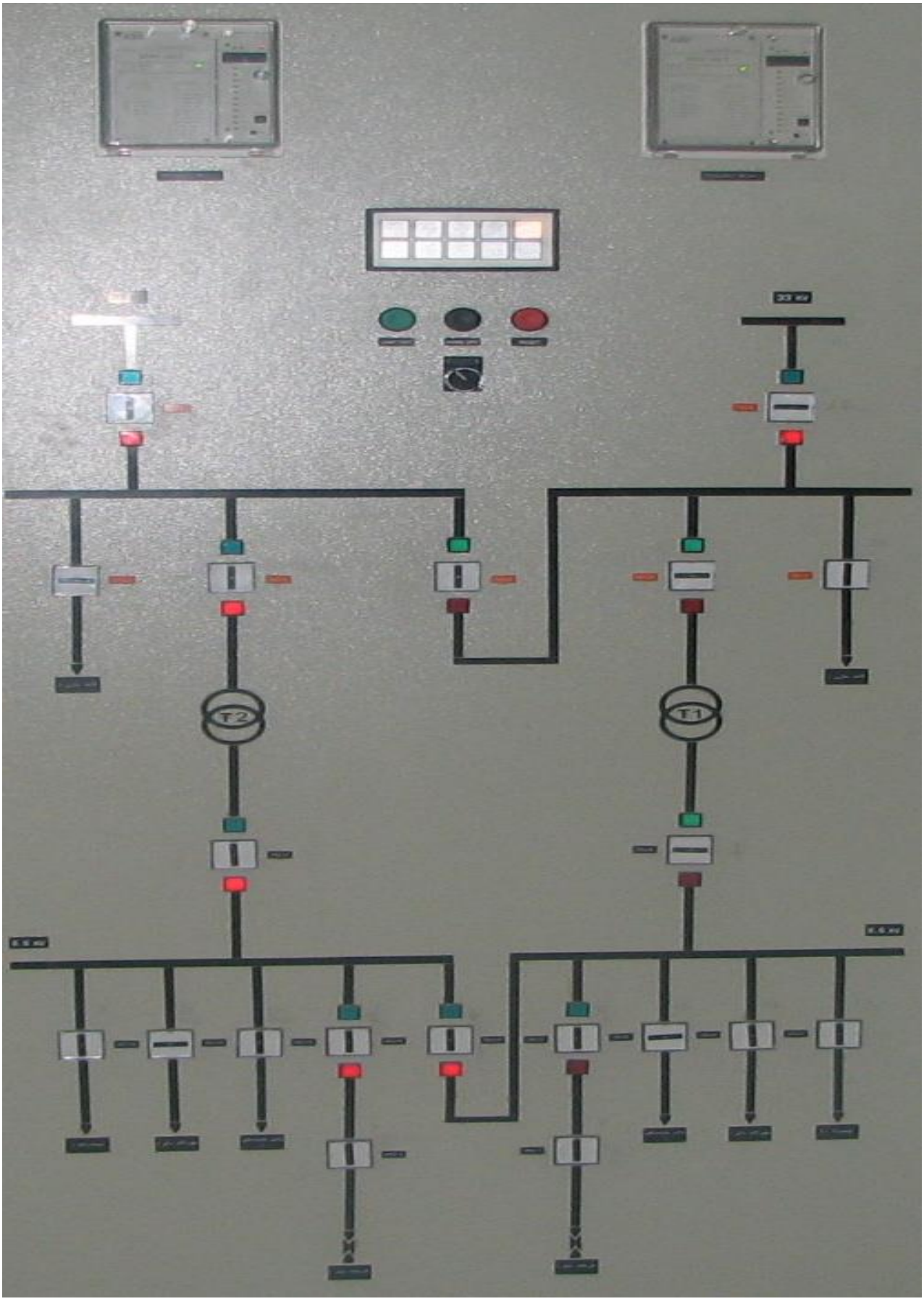
معمولا شرکت‌های طراح، مجموعه علائم و symbolهای استفاده شده در نقشه‌های خود به همراه توضیح هر علامت را در یک یا چند برگ جداگانه به خریدار تحویل می‌دهند. مراجعه به این اطلاعات که به آن‌ها Legend نیز گفته می‌شود، بهترین راه برای فهم یک نقشه الکتریکی است.


63KV LINE
XX 6NN
LA
6NN9
6NN3
6NN2
6NN1
63KV LINE
ZZ 6MM
LA
6MM9
6MM3
6MM2
6MM1
BUS 61
6810
BUS 62
6411
6421
6412
6422
TA
T1
4416
TA
T2
4426
SS1
SS2
4412
4422
BUS 41
4812
BSA
BUS 42
4072 4062 4052 4512 4042 4032 4022 4012 4002
4102 4112 4122 4132 4142 4522 4152 4162
FA FA FA CA FA FA FA FA FA
FA FA FA FA FA CA FA FA
407 406 405 SC1 404 403 402 401 400
410 411 412 413 414 SC2 415 416
20KV Outgoing Feeders
Capacitor Feeder
20KV Outgoing Feeders
20KV Outgoing Feeders
Capacitor Feeder
20KV Outgoing Feeders

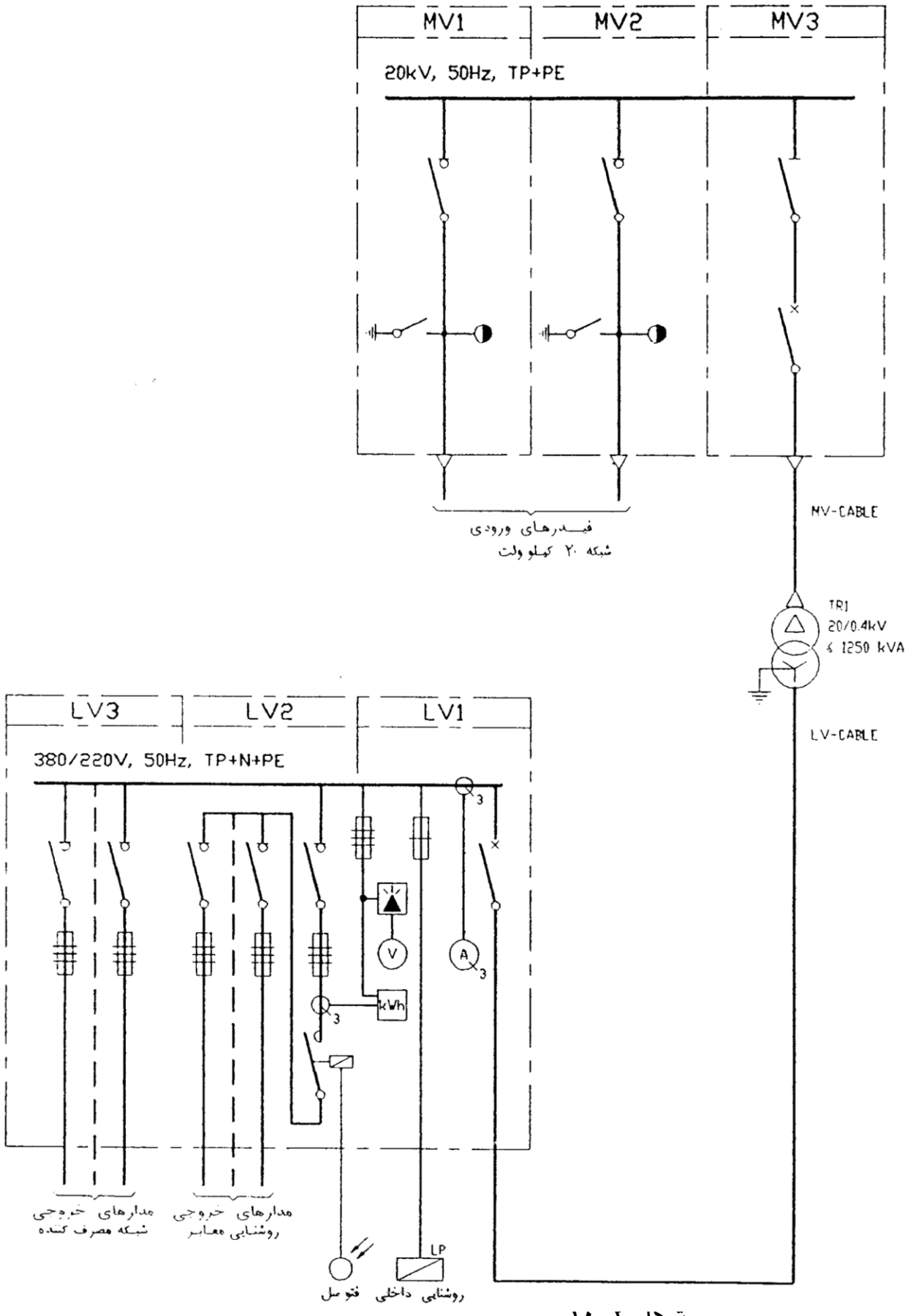
شکل ۲-۷


4. 7MW
@ 0. 8pf
باس اضطراری
4. 7MW
@ 0. 8pf
VCB 3P
N/O
VCB 3P
N/O
1-E-(3)-1 BUSBAR 'A' 6000V 3PH
50Hz 600A 31. 5kA RMS
1-E-(3)-1 BUSBAR 'B' 6000V 3PH
50Hz 600A 31. 5kA RMS
VCB 3P
N/O
10 7 5 3 1
2 4 6 8 9 11
EQUIPPED SPARE
EMPTY SPARE

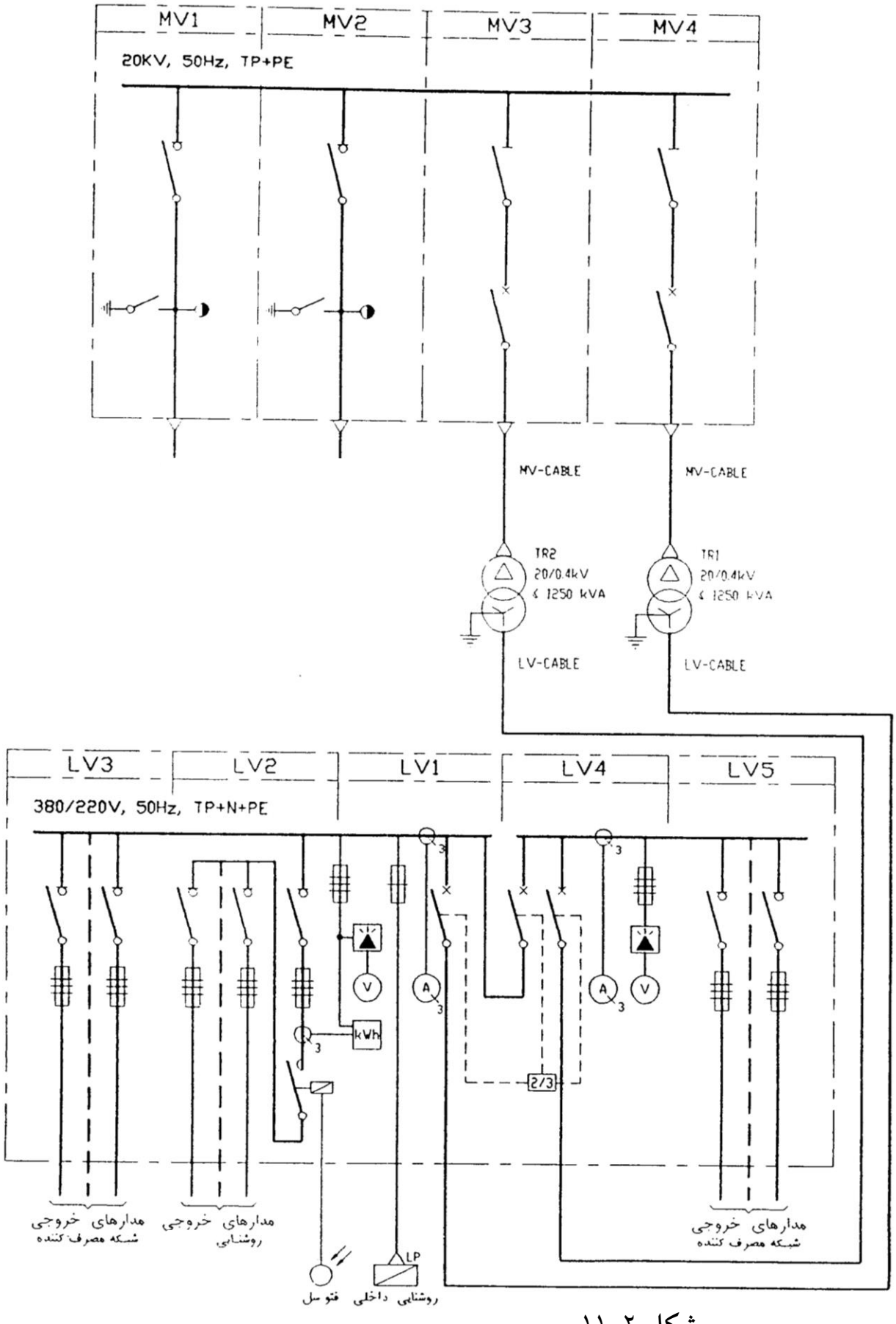
شکل ۲-۸



شکل ۲-۹


MV1
MV2
MV3
20kV, 50Hz, TP+PE
فیدرهای ورودی
شبکه ۲۰ کیلو ولت
MV-CABLE
TR1
20/0.4kV
≤ 1250 kVA
LV-CABLE
LV3
LV2
LV1
380/220V, 50Hz, TP+N+PE
V
A
kWh
3
مدارهای خروجی
شبکه مصرف کننده
مدارهای خروجی
روشنایی معابر
فتو سل
LP
روشنایی داخلی

شکل ۲-۱۰


MV1
MV2
MV3
MV4
20KV, 50Hz, TP+PE
MV-CABLE
MV-CABLE
TR2
20/0.4kV
≤ 1250 kVA
TR1
20/0.4kV
≤ 1250 kVA
LV-CABLE
LV-CABLE
LV3
LV2
LV1
LV4
LV5
380/220V, 50Hz, TP+N+PE
V
kWh
A
2/3
مدارهای خروجی
شبکه مصرف کننده
مدارهای خروجی
روشنایی
فتوسل
LP
روشنایی داخلی
مدارهای خروجی
شبکه مصرف کننده

شکل ۲-۱۱

۳- باس بارها و باسداکت ها

باس‌بارها وظیفه انتقال جریان‌های زیاد بین substationها، پانل‌های توزیع، Switch Boardها و... را در مسافت‌های کم به عهده دارند. این تجهیزات را عمدتا به صورت نوارهای ضخیم و یا لوله‌های توخالی از جنس مس یا آلومینیوم می‌سازند. شکل باس‌بارها به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که حداکثر تماس را با هوا داشته باشند تا حرارت تولیدی در اثر عبور جریان به راحتی به محیط داده شده و باس بار داغ نشود. برای همین منظور سطح آن‌ها نیز فاقد هر گونه ماده عایق می‌باشد. بنابراین برای حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، معمولا باس‌بارها را داخل محفظه‌های فلزی زمین شده‌ای به نام Bus Duct قرار می‌دهند. به همین دلیل در شرایط عادی امکان مشاهده باس‌بارها در داخل substation وجود ندارد. همچنین آن‌ها را از محل‌های مرتفع که امکان دسترسی به‌آن‌ها به طور معمول وجود نداشته باشد، عبور می‌دهند.

باس‌بارها نسبت به کابل‌ها دارای مزایای زیر هستند:

۱- انتقال حرارت از آن ها بهتر صورت گرفته و در نتیجه جریان‌های بیشتری را می‌توانند عبور دهند.

۲- باس بارها نسبت به کابل‌ها به فضای کمتری احتیاج دارند و دارای ساختار فشرده‌تری هستند.

۳- باس بارها بر خلاف کابل‌ها در اثر حرارت نمی‌سوزند.

۴- باس بارها نسبت به کابل‌ها هزینه تمام‌شده کمتری دارند و برای نصب آن‌ها زمان کمتری لازم است.

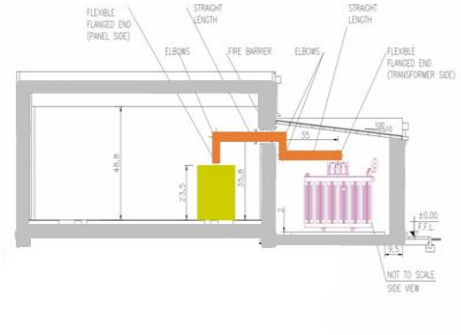
۵- ساختار باس‌بارها را می‌توان به راحتی تغییر یا گسترش داد.

۶- وجود Bus duct در اطراف باس‌بارها باعث می‌شود تا میدان‌های مغناطیسی ایجاد شده در اثر عبور جریان تأثیر کمتر روی کابل‌های داده داشته باشد.

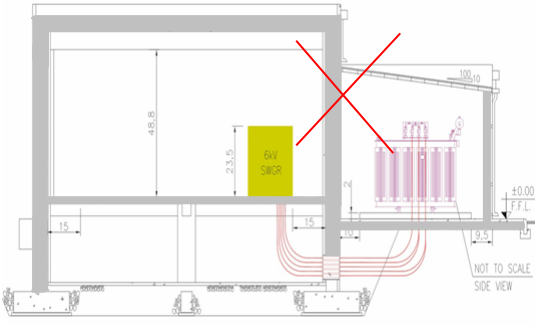
در یک سیستم الکتریکی ممکن است ۵ باس‌بار وجود داشته باشد که سه‌تای آن‌ها مربوط به فازهای مختلف، یکی مربوط به Neutral یا نول و دیگری مربوط به زمین حفاظتی است. هر چند در بسیاری از موارد باس زمین را با باس نول یکی می‌گیرند ولی باید توجه داشت که این دو باهم متفاوت هستند. باس زمین مربوط به زمین حفاظتی بوده و در حالت عادی شبکه جریانی از آن نمی‌گذرد. در حالی که باس نول، برای اتصال مصرف‌کننده‌های تک‌فاز به شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد و به طور کلی مربوط به سیستم زمین الکتریکی است که در حالت عادی شبکه نیز ممکن است از آن جریان بگذرد. باس‌بارها معمولا به

پشت پنل وارد شده و به دلایلی از جمله ایمنی بیشتر، دسترسی به آن‌ها از داخل پنل با استفاده از صفحات محافظ محدود شده است. این صفحات به گونه‌ای هستند که با وارد شدن کلید به داخل تابلو کنار رفته و امکان اتصال ترمینال‌های کلید به باس‌بار فراهم می‌شود. معمولا به غیر از زمان Overhaul در بقیه موارد باس‌بارها برق‌دار بوده و امکان دسترسی به آن‌ها وجود ندارد.

باس‌بارهای موجود در یک سیستم سه‌فاز را معمولا با استفاده از رنگ‌های خاصی مشخص می‌کنند. این رنگ‌ها نشان‌دهنده فازهای a، b، c، باس زمین و Neutral هستند که می‌تواند مطابق با پاره‌ای از استانداردها بوده و یا اصلا از استانداردی تبعیت نکند. این رنگ‌ها بسته به هر منطقه ممکن است متفاوت باشد. به عنوان نمونه می‌توان به رنگ قرمز برای باس a، رنگ زرد برای باس b، رنگ آبی برای باس c، رنگ مشکی برای فاز نول و ترکیب زرد و سبز برای باس زمین اشاره کرد. مشخص بودن توالی فازها با استفاده از این رنگ‌ها یا Color Codeها برای نصب موتورهای الکتریکی که جهت چرخش آن‌ها به توالی فازها بستگی دارد، مهم است.



اتصال ترانس به تابلو با سیستم باسداکت



حذف کابل و نیم طبقه بین ترانس وتابلو

حذف نردبان کابل

باسداکت فشار متوسط MEB در سطح آمپراژ ۱۵۰۰-۶۰۰۰ آمپر

۴- انواع تابلوهای توزیع انرژی الکتریکی

به طور کلی مراکز صنعتی جهت تغذیه مصرف کننده های خود مانند موتورهای الکتریکی ، سیستم های حرارتی و برودتی ، کوره های الکتریکی ، تأسیسات روشنایی ، الکترولیز ، آبکاری ، تراشکاری ، جوشکاری ، صنایع ریخته گری ، نساجی ، غذایی و غیره نیاز به انرژی الکتریکی و در نتیجه سیستم توزیع آن را دارند.

شبکه توزیع یک مرکز صنعتی باید به صورتی طراحی گردد که دارای خصوصیاتی به این شرح باشد:

۱- انرژی قابل اطمینان به همه ی بارها برسد. میزان اطمینان لازم برای بارهای مختلف متفاوت است ، بر این اساس بارها به سه دسته تقسیم می شوند:

دسته اول ، بارهایی که هرگونه قطع برق موجب به خطر افتادن جان کارکنان و وارد شدن صدمات به وسایل و تجهیزات می شود.

دسته دوم ، بارهایی که قطع برق سبب توقف خط تولید ، ضایع شدن وقت کارکنان و هدر رفتن سرمایه گذاری کارخانجات می شود.

دسته سوم ، بارهای کم اهمیت تر است که قطع برق برای آن ها ، زیان های مالی و جانی در بر ندارد.

۲- بهره برداری از دستگاهها به آسانی امکان پذیر باشد.

۳- سیستم توزیع کمترین هزینه اولیه را داشته باشد.

۴- سیستم توزیع کمترین هزینه تعمیراتی و تلفات انرژی را داشته باشد.

۵- سیستم توزیع به طور سریع قابل نصب و تکمیل باشد.

بنابراین برای نیل به مقاصد فوق می بایست از تابلوهای توزیع برق استفاده نمود و می توان گفت ، تابلوی برق به عنوان محفظه ای برای نصب لوازم الکتریکی و تجهیزات کنترل ، اندازه گیری ، حفاظتی ، تنظیم کننده ، مونیتورینگ و ایجاد ارتباطات لازم بین آن ها و سایر تجهیزاتی که خارج از تابلو وجود دارد ، مورد استفاده قرار می گیرد.

از نقطه نظر ساخت تابلو ، ابتدا ، مسئله استحکام ، محل نصب و قابلیت بازکردن مجدد تجهیزات جهت انجام تعمیرات لازم مدنظر قرارگرفته و سپس با توجه به ارتقای سطح تکنولوژی و بر اساس تجربه ، مواردی به این شرح مورد توجه قرار می گیرند:

۱- سرعت عمل در امر بازکردن قسمت های معیوب جهت انجام تعمیرات و سرویس های لازم

۲- جلوگیری از دسترسی های غیرمجاز و سهوی

۳- مقاومت در برابر ضربات خارجی به صورت مستقیم و غیر مستقیم

۴- بسته بودن کلیه جوانب تابلو و عدم امکان ورود اشیای خارجی یا حیوانات و همچنین جلوگیری از ورود آلودگی با نصب فیلترهای مخصوص به داخل تابلو

۵- پیش بینی مکانیزم های عملیاتی و ایمنی

۶- حفاظت از تجهیزات و لوازم الکتریکی مورد نظر و افزایش قابلیت اطمینان سیستم

۷- کاهش ابعاد و کمپکت کردن هرچه بیشتر تجهیزات

۸- ملاحظات مربوط به زیبایی و هماهنگی با محیط کار

۹- صرفه جویی در امر کاربرد مواد و اقتصادی کردن ساخت تابلو

۱۰- حفاظت در مقابل تجمع بارهای الکترواستاتیکی و جلوگیری از خطرات اتصال قسمت های برقدار به بدنه تابلو از طریق برقراری سیستم مناسب زمین

۱۱- جلوگیری از انفجار و دفع خطرات آن

۱۲- تحمل شرایط محیطی

۱۳- استحکام بدنه از طریق انتخاب ورق مناسب

۱۴- جلوگیری از خطر آتش سوزی و عدم سرایت آن

با توجه به موارد ذکر شده ، تکنولوژی ساخت و طراحی یک تابلوی برق بر اساس نوع تجهیزات بکاررفته در آن ، نحوه ی ارتباطات و عملکرد آن ها ، چگونگی دسترسی ها ، شرایط نصب و باز و بسته کردن تجهیزات و دیگر موارد مؤثر تعیین می شود.

بر اساس مشخصات و چگونگی کاربرد سیستمهای مربوطه ، تابلوهای توزیع را می توان از جنبه های گوناگونی تقسیم بندی نمود ، که مهمترین آن ها عبارتند از:

۱- ولتاژ نامی تجهیزات تابلو

۲- ساختمان بیرونی تابلو

۳- محل نصب تابلو

۴- روش نصب تابلو

۵- ورودی و خروجی تابلو

۶- دسترسی تابلو

۷- کاربرد تابلو

۸- درجه حفاظت تابلو

۹- روشهای حفاظت افراد

۱- تقسیم بندی تابلوها مطابق با ولتاژ نامی تجهیزات آن ها:

تابلوهایی که ولتاژ نامی تجهیزات آن ها حداکثر تا یک کیلوولت می باشد در بخش تابلوهای فشارضعیف یا LV و تابلوهایی که ولتاژ نامی تجهیزات آن ها بالاتر از یک کیلوولت و کمتر از ۶۳ کیلوولت می باشد در بخش تابلوهای فشار متوسط یا MV قرار می گیرند.

۲- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر ساختمان ظاهری آن ها:

از نظر طرح و شکل ظاهری ، تابلوهای توزیع را می توان به گروههای مختلف ذیل تقسیم بندی کرد:

۲-۱- تابلوی باز (Open Type Assembly)

تابلوی باز ، متشکل از اسکلت نگهدارنده ای هستند که تجهیزات الکتریکی بر روی آن نصب می شوند و قسمتهای برقدار تجهیزات در دسترس اند.

۲-۲- تابلوی نوع جلو بسته (Dead Front Assembly)

این تابلو از طرف جلو کاملاً بسته و دارای پوشش است ، اما امکان دارد قسمتهای برقدار از طرف های دیگر در دسترس باشند.

۲-۳- تابلوی نوع تمام بسته (Enclosed Assembly)

تابلویی است که از تمام جهات به استثنای سطح نصب آن ، که ممکن است باز باشد ، کاملاً بسته است.

۳-۴- تابلوی نوع سلولی (Cubicle Type Assembly)

تابلوی تمام بسته ای است که اساساً از نوع ایستاده بوده و امکان دارد از چند قسمت یا چند خانه تشکیل شود.

۲-۵- تابلوهای نوع چندسلولی (Multi Cubicle Type Assembly)

ترکیبی از چند سلول است که از نظر مکانیکی به هم پیوسته باشند.

۲-۶- تابلوی نوع میزی (Desk Type Assembly)

تابلوی تمام بسته ای است که صفحه کنترل آن افقی یا شیب دار یا ترکیبی از این دو بوده و شامل دستگاههای کنترل و اندازه گیری و دریافت علامات و غیره باشد.

۲-۷- تابلوی نوع جعبه ای (Box Type Assembly)

تابلوی تمام بسته ای است که اساساً برای نصب بر روی سطح قائم در نظر گرفته شده است.

۲-۸- تابلوی نوع چندجعبه ای (Multi Box Type Assembly)

ترکیبی از چند جعبه است که به صورت مکانیکی به هم پیوسته بوده و ممکن است بر روی قاب نگهدارنده ، قاب های مجزا نصب شود. اتصالات الکتریکی بین دو جعبه مجاور از طریق منافذی که در سطوح تماس آن ها وجود دارد ، عبور می کند.

۳- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر محل نصب آن ها: از آن جایی که تابلوهای برقی برای تأمین انرژی الکتریکی بارهای مختلف به کار می روند ، ممکن است در فضای باز یا هوای آزاد به صورت Outdoor و یا در فضای بسته در داخل ساختمان یا پست به صورت Indoor نصب شوند ، تا علاوه بر کاهش افت ولتاژ ، کنترل تغذیه ی بارها به راحتی انجام شود.

۴- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر روش نصب آن ها:

تابلوهای توزیع به صورت های ایستادهِ ثابت ، ایستادهِ ثابت مدولار ، دیواری روکار ، دیواری توکار ، میزی و بارانی نصب می شوند.

۵- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر ورودی و خروجی آن ها:

ورودی و خروجی تابلوهای توزیع به وسیله ی کابل ، باسداکت ، کانال و سینی کابل تأمین می شود. همچنین ممکن است ورودی یا خروجی تابلوهای برقی از قسمت پایین یا بالا ی تابلو انجام شود.

۶- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر دسترسی آن ها:

نحوه ی دسترسی تابلوهای برقی عمداً از قسمت جلوی تابلو و بعضاً از قسمت پُشت تابلو انجام می شود.

۷- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظرکاربرد آن ها:

همان طور که قبلاً گفته شد ، تابلوهای برق ، تجهیزاتی هستند که در تولید ، انتقال و تبدیل انرژی الکتریکی و کنترل مصرف کننده های این انرژی کاربرد دارند.

با توجه به گستردگی کاربرد آن ها ، تقسیم بندی های مختلفی به این شرح در مورد کاربرد آن ها صورت گرفته است.

۱-۷- تابلوهای مورد استفاده در نیروگاهها و پستهای برق عبارتند از:

- تابلوهای کنترل ، فرمان و اندازه گیری

- تابلوهای AC

- تابلوهای DC

- تابلوهای رله و حفاظت

- تابلوهای شارژر

- تابلوی کنترل ولتاژ AVR (Automatic Voltage Regulator)

- تابلوی ثبات حوادث (Event Recorder)

- تابلوی مارشالینگ باکس برای کنترل روشنایی محوطه و سوئیچگیرهای پست

- تابلوهای اعلام و اطفای حریق

- تابلوهای برق اضطراری دیزل ژنراتور

- تابلوی UPS

- تابلوهای MCC (مرکز کنترل موتورهای الکتریکی)

- تابلوهای تله متری و تله پروتکشن برای کنترل و راه اندازی سیستم ها از راه دور

- تابلوی SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

- تابلوی آلارم ها

۲-۷- تابلوهای واحدهای صنعتی

- تابلوهای اصلی توزیع انرژی الکتریکی

- تابلوهای MCC

- تابلوهای کنترل پروسس

- تابلوهای برق اضطراری (Change Over Panel)

- تابلوی بانکهای خازن اصلاح ضریب قدرت

- تابلوهای کنترل و ابزار دقیق (Control & Instrumentation Panel)

- تابلوی باطری شارژر

- تابلوی UPS

- تابلوی PLC

- تابلوهای اعلام و اطفای حریق

- تابلوی کنترل تأسیسات روشنایی

۳-۷- تابلوهای واحدهای مسکونی ، بیمارستانی ، مراکز تفریحی و ...

- تابلوهای اصلی توزیع

- تابلوهای کنتوری

- تابلوهای موتورخانه مانند MCC

۴-۷- تابلوهای دستگاههای مختلف

- تابلوهای قدرت و فرمان

۸- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر درجه حفاظت آن ها:

نوع حفاظتی که در این طبقه بندی مشخص شده ، شامل مواردی به این شرح است:

۱- ۸ حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک در داخل تابلو و حفاظت وسایل و تجهیزات داخل تابلو در برابر نفوذ اجسام خارجی جامد به تابلو

۲- ۸ حفاظت تجهیزات داخل تابلو در برابر ورود مایعات به داخل آن

برای نشان دادن درجات حفاظت تابلو ، از دو حرف IP و دو عدد استفاده می شود. دو حرف IP مخفف Index Protection یا International Protection به معنی اندیس حفاظت یا حفاظت بین المللی است. دو عدد مشخص که در سمت راست IP می آید ، مانند IPnm درجه حفاظت تابلو را معین می کند.

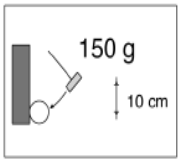
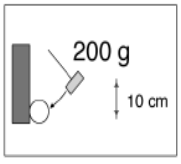
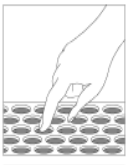
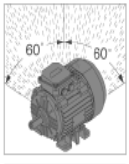
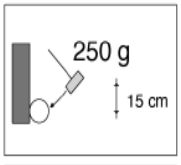
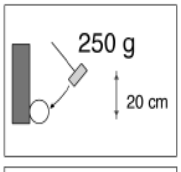
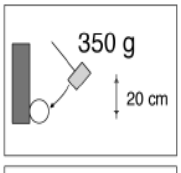
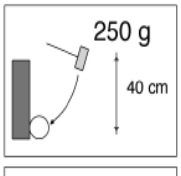
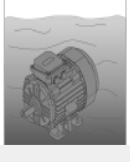
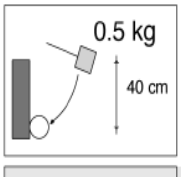
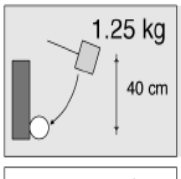
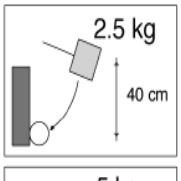
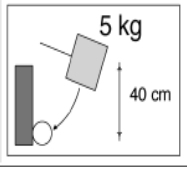
اولین رقم از سمت چپ یعنی n ، درجه حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو و نفوذ اجسام خارجی جامد به آن و دومین رقم یعنی m ، نشان دهنده ی درجه حفاظت در برابر نفوذ مایع به داخل تابلو است. درجه حفاظت در مورد اولین رقم مشخصه یا n با شرح آن در جدول ۱ آمده است.

اولین رقم مشخصه	درجه حفاظت	
	شرح مختصر	شرح کلی
۰	حفاظت نشده	هیچ حفاظت مشخصی وجود ندارد.
۱	در برابر اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۵۰ میلیمتر حفاظت شده است.	سطح بزرگی از بدن انسان مانند قسمتی از یک دست در مقابل تماس اتفاقی با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده است ، همچنین در مقابل ورود اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۵۰ میلیمتر نیز محافظت شده است.
۲	در برابر اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۱۲ میلیمتر حفاظت شده است.	انگشتان یا اجسام مشابه به طول کمتر از ۸۰ میلیمتر و به قطر بیش از ۱۲ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده است.
۳	در برابر اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر حفاظت شده است.	ابزارها ، سیمها و مواد مشابه به قطر بیش تر از ۲/۵ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده است.
۴	در برابر اجسام جامد با قطر بزرگتر از ۱ میلیمتر حفاظت شده است.	سیمها یا مفتولهایی به ضخامت ۱ میلیمتر و اجسام جامد به قطر بیش تر از ۱ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده است.
۵	حفاظت در مقابل گرد و غبار مضر وجود دارد.	از نفوذ گرد وغبار به طور کلی جلوگیری نشده است ، اما گرد و غبار نمی تواند به مقدار کافی در عملکرد رضایت بخش وسایل داخل تابلو مؤثر باشد.

جدول ۱

دومین رقم نشان دهنده ی حفاظت وسایل و تجهیزات داخل تابلو یعنی m در مقابل نفوذ مایع در جدول ۲ آمده است.

درجه ی حفاظت کلیدها ، تابلوها و وسایل برقی دوار در برابر اعمال ضربه ، نفوذ آب و اجسام خارجی

PROTECTION AGAINST CONTACT WITH FOREIGN SOLID OBJECTS		PROTECTION AGAINST INFILTRATION BY LIQUIDS		MECHANICAL PROTECTION	
1ª characteristic digit	DESCRIPTION	2ª characteristic digit	DESCRIPTION	3ª characteristic digit	DESCRIPTION
				0	No protection
0	Unprotected	0	Unprotected	1	 Striking energy: 0,15 J
1	Protected against solid bodies of greater than 50 mm size	1 of 2	Protected against vertically falling drops of water	2	 Striking energy: 0,20 J
2	 Protected against solid bodies of greater than 12 mm size	3	 Protected against vertically falling drops of water up to 15°	3	 Striking energy: 0,37 J
3	Protected against solid bodies of greater than 2,5 mm size	4	Protected against the rain from every direction	4	 Striking energy: 0,50 J
4	Protected against solid bodies of greater than 1 mm size	5	Protected against sprays from every direction	5	 Striking energy: 0,70 J
5	Protected against Dust deposit	6	Protected against temporary flooding	6	 Striking energy: 1 J
6	Totally protected against dust deposit	7	 Protected against submersion between 0.15 and 1 meter	7	 Striking energy: 2 J
		8	Protected against submersion at established pressure and time	8	 Striking energy: 5 J
				9	 Striking energy: 10 J
				10	 Striking energy: 20 J

Example :

IP 557 machine

دومین رقم مشخصه	درجه حفاظت	
	شرح مختصر	شرح کلی
۰	حفاظت نشده	هیچ حفاظت مشخصی وجود ندارد.
۱	حفاظت در مقابل قطرات آب	قطرات آب که به صورت عمودی بر روی تابلو می ریزد ، برای تابلو مضر نیست.
۲	حفاظت در مقابل قطرات آب با زاویه ریزش ۱۵ درجه	قطرات آب که به صورت عمودی می ریزد ، بر روی تابلویی که ۱۵ درجه از وضعیت عادی خود کج شده است ، مضر نیست.
۳	حفاظت در مقابل قطرات آب با زاویه ریزش ۶۰ درجه	قطرات آب در زاویه ۶۰ درجه نسبت به حالت عمودی ، نبایستی هیچ گونه آسیبی به تابلو برساند.
۴	حفاظت در مقابل پاشیدن مایع	مایع پاشیده شده از هر جهت نبایستی به تابلو آسیبی برساند.
۵	حفاظت در مقابل پاشیدن آب تحت فشار	آب پاشیده شده توسط شیپورک شیلنگ از هر طرف نبایستی برای تابلو مضر باشد.

جدول ۲

درجات حفاظتی که معمولاً در تابلوها مورد استفاده قرار می گیرند در جدول ۳ آمده است.

اولین رقم ، حفاظت در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی به داخل تابلو	دومین رقم ، حفاظت در مقابل نفوذ مایع به داخل تابلو					
	۰	۱	۲	۳	۴	۵
۰	P00I					
۱	P10I	P11I	P12I			
۲	P20I	P21I	P22I	P23I		
۳	P30I	P31I	P32I	P33I	P34I	
۴	P40I	P41I	P42I	P43I	P44I	
۵	P50I				P54I	P55I

جدول ۳

۹- تقسیم بندی تابلوها از نقطه نظر روشهای حفاظت افراد:

برای حفاظت افراد در مقابل نزدیک شدن به قسمتهای برقدار و متحرک تابلوهای برقی دو روش وجود دارد.

روش اول: استفاده از نوارهای هشدار دهنده زرد و قرمز در قسمت جلوی تابلوها در کف پست ، به ترتیب با مفهوم وارد شدن به حوزه های احتیاط و خطر ، هنگام نزدیک شدن افراد به تابلوهای برقی ، مخصوصاً تابلوهای فشار متوسط.

روش دوم: ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشارضعیف و فشار متوسط با درجه حفاظتی مناسب برای پوششها و جداره های آن. درجه حفاظت افراد در مقابل نزدیک شدن به قسمتهای برقدار و متحرک تابلوهای برقی مطابق جدول ۴ با PXI مشخص شده است.

درجه حفاظتی تابلو در مقابل نزدیک شدن افراد به تابلو	توضیحات
PX2I	حفاظت در مقابل نزدیک شدن به قسمتهای باردار و یا تماس با قسمتهای متحرک داخل تابلو به وسیله ی انگشتان.
PX3I	حفاظت در مقابل قسمتهای باردار و یا قسمتهای متحرک داخل تابلو توسط ابزار ، سیم یا اشیای مشابه با ضخامت بیش از ۲/۵ میلیمتر.
PX6I	حفاظت کامل در مقابل نزدیک شدن به قطعات باردار و یا تماس با قطعات متحرک داخل تابلو.

جدول ۴

برای تعیین و انتخاب درجه حفاظتی تابلوهای بکار رفته در شبکه های توزیع برق بایستی به این نکات توجه شود:

۱- نحوه دسترسی افراد مجاز و غیر مجاز به تابلو

۲- میزان آلودگی منطقه ی نصب تابلو از لحاظ گرد و خاک و قدرت نفوذ آن به داخل تابلو

۳- میزان بارندگی و چگونگی ریزش آن

از آن جایی که هر منطقه ایران دارای شرایط آب و هوایی متنوع می باشد و ریزش شدید باران هم در مناطق کویری و گرمسیری و هم در نقاط مرطوب امکان پذیر است ، بنابراین حداقل درجه حفاظتی برای تابلوهای نصب شده در پستهای سرپوشیده و محوطه باز به این شرح ارائه می شود:

۱- حداقل IP تابلوهای نصب شده در داخل پستهای سرپوشیده

با توجه به محل نصب این تابلوها ، افرادی که به این تابلوها دسترسی دارند ، افراد مجاز و صلاحیت داری هستند که با تابلوهای برق آشنایی داشته و معمولاً برای تعمیر و نگهداری و قرائت مقادیر به پستها مراجعه می کنند. بنابراین رقم اول درجه حفاظتی باید طوری انتخاب شود تا این اشخاص در برابر تماس با قسمتهای برقدار داخل تابلو و یا قسمتهای متحرک آن دارای ایمنی کافی باشند ، لذا حداقل درجه برای این منظور عدد ۲ می باشد ، یعنی انگشتان یا اجسام مشابه به طول کمتر از ۸۰ میلیمتر و به قطر بیش از ۱۲ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده است. درصورتیکه افراد غیر مجاز به این تابلوها دسترسی داشته باشند ، درجه حفاظتی بزرگتری باید انتخاب شود و درصورتیکه وضعیت تابلو قرار گرفته در پست به صورتی باشد که امکان ورود گرد و خاک مضر به داخل آن وجود دارد و شرایط خاص منطقه این مسئله را تشدید نماید ، می توان درجه حفاظتی ۵ را انتخاب نمود.

برای انتخاب رقم دوم درجه حفاظتی که نشان دهنده نفوذ مایع به داخل تابلو می باشد ، شرایط تابلو نصب شده در پست در نظر گرفته می شود. با توجه به اینکه تابلو در پست سرپوشیده وجود دارد ، نیاز به درجه حفاظتی خاصی برای تابلو نمی باشد و می توان درجه حفاظت حداقل صفر را انتخاب نمود.

توجه: در صورتیکه احتمال ریزش قطرات آب به هر دلیلی در پستهای سرپوشیده وجود داشته باشد ، IP باید اصلاح شود.

۲- حداقل IP تابلوهای نصب شده در پستها و محوطه های روباز

با در نظرگرفتن این موضوع که جداره های بیرونی این تابلو ها در دسترس افراد عادی و غیر مجاز نیز می باشد، لذا حداقل درجه حفاظتی لازم برای اولین رقم مشخصه عدد ۴ می باشد. یعنی از تماس سیمها و مفتولها به ضخامت یک میلیمتر با قسمتها و متحرک داخل تابلو جلوگیری گردد. با توجه به خصوصیات آب و هوایی مناطق مختلف ، در مناطقی که گرد و غبار بیش از حد می باشد و احتمال اختلال در عملکرد وسایل داخل تابلو به این علت می باشد، باید تابلو از گرد و غبار مضر محافظت گردد. در این حالت اولین رقم مشخصه را می توان عدد ۵ انتخاب کرد. می باشد.

برای انتخاب دومین رقم مشخصه ، شرایط آب و هوایی منطقه ای که تابلو در آن نصب شده است ، باید مورد بررسی قرارگیرد. منظور از شرایط آب و هوایی ، چگونگی بارش باران در این مناطق می باشد. این مسئله از آنجا حائز اهمیت است که زاویه ریزش باران و سرعت آن از نکات تعیین کننده این رقم می باشد. بدین منظور بایستی بدترین حالت را در منطقه نصب تابلو در نظرگرفت ، برای مثال اگر در منطقه ای ریزش باران عموماً بصورت عمودی و یا تحت زاویه ریزش کمتر از ۶۰ درجه نسبت به وضعیت عمودی تابلو می باشد ، ولی در روزهایی از سال امکان ریزش باران به همراه باد شدید وجود دارد. زاویه ریزش باران باید ۱۸۰ درجه در نظرگرفته شود. با توجه به نکات ذکر شده حداقل رقم دوم درجه حفاظتی برای این تابلوها ۳ می باشد، که در کلیه نقاط بایستی درنظرگرفته شود و در مناطق خاص رقم دوم ، ۴یا ۵ نیز می تواند انتخاب گردد. بنابراین با توجه به نکات مطروحه ، حداقل درجه حفاظتی برای تابلوهای نصب شده در پستهای روباز و محوطه های باز IP43 و حداکثر درجه حفاظتی برای اینگونه تابلوها IP55 در نظرگرفته می شود.

۵- آشنایی با اجزا و ساختمان تابلوهای فشارضعیف

از آن جاییکه تابلوهای فشار ضعیف متنوع می باشند و برحسب کاربردشان اجزای داخلی و خارجی آنها انتخاب و در تابلوها نصب می شوند. این تابلوها بلحاظ نوع کاربردشان از ساختمان و شکل ظاهری خاصی برخوردار می باشند. برای آشنایی با ساختمان و اجزای انواع تابلوهای فشارضعیف ، چندین نوع مهم و پرکاربرد آن را مورد بحث و بررسی قرار می دهیم.

۱- ۵ اجزای ساختمان تابلوهای توزیع فشار ضعیف فرعی یا محلی

این تابلوها در کارخانجات ، ادارات و مؤسسات برای تغذیه ی مصرف کننده های فشارضعیف کاربرد دارند. این تابلوها عمداً بصورت دیواری روکار یا توکار یا بارانی نصب می شوند و کابلهای ورودی و خروجی تابلو از قسمت پایین تابلو به تابلو وارد یا از تابلو خارج می گردد. اجزای این تابلوها عبارتنداز :

- کلید گردان ۱-۰ یا OFF- ON برای قطع و وصل کردن برق تابلو

- سه فیوز برای حفاظت خطوط تغذیه برق تابلو

- سه چراغ سیگنال برای نشان دادن وجود فازها در تابلو

- ولتمتر با سه فیوز که در میسر فازها قرار می گیرند و یک کلید ۷ وضعیتی برای نمایش ولتاژ های فازی و ولتاژ خط ها با یکدیگر

-سه عدد آمپرمتر برای نشان دادن مقادیر جریان های فازی

- شینه نول که سیم نول شبکه به آن اتصال دارد و سیم های نول مصرف کننده ها از آن انشعاب گرفته می شود.

– شینه حفاظتی که سیم ارت شبکه یا سیم ارت مربوط به سیستم اتصال زمین تعبیه شده در محل نصب تابلو به آن وصل می شود و سیم های ارت یا PE دستگاهها و لوازم برقی از این شینه انشعاب گرفته می شود.

-فیوزهای مینیاتوری یا فیوزها با المانهای ذوب شونده برای حفاظت خطوط تغذیه کننده ی دستگاهها ، خطوط پریزها و خطوط منابع روشنایی .

- قفل تابلو

-نوار آب بندی تابلو

-سینی تابلو

- درب تابلو

– چهار چوب تابلو

– علامت احتیاط به منظور اعلام اخطار برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی به رنگ قرمز و به ابعاد ۱۲۰×۲۰۰ میلیمتر که بر روی تابلو نصب می شود.

۲– ۵ اجزای ساختمان تابلوهای قدرت و فرمان فشارضعیف اصلی

این نوع تابلوها در پستها ی سرپوشیده توزیع برق فشار ضعیف بصورت ایستاده ثابت و مدولار نصب شده و چند تابلوی فرعی را تغذیه می کنند. کابلهای ورودی و خروجی این تابلوها عمداً از قسمت پایین تابلو و بعضاً از قسمت بالای تابلو انجام می گیرد. برای جلوگیری از ورود جانوران و جوندگان به داخل تابلو بایستی کابلهای ورودی و خروجی از داخل گِلَند کابل عبور داده شوند و در صورتیکه محفظه ای باقی مانده باشد ، بوسیله ی رزین مخصوص آب بندی لازم صورت گیرد. اجزای این تابلوها عبارتند از :

-چهارچوب یا شاسی فلزی تابلو

- سینی تابلو از ورق فولادی با ضخامت ۲ میلی متر

– درب جلو و پشت تابلو از ورق فولادی با ضخامت ۲ میلی متر ،درب پشت بعضی از تابلوهای قدرت از نوع ثابت بوده و بوسیله ی پیچ های خودرو به چارچوب تابلو محکم می شود.

-قفلهای تابلو ، برای تابلوهای قدرت سه قفل تعبیه می شود.

- شینه ها که کابلهای ورودی بوسیله ی کابلشو به آنها وصل می شوند ، این شینه ها بوسیله ی مقره ها یا ایزولاتورهای نگه دارنده که روی شاسی تابلو و یا ساپورتهای مربوطه نصب شده اند ، نگهداری می شوند. این شینه ها عمداً با سه رنگ نسوز قرمز ، زرد و آبی رنگ آمیزی می شوند. شینه با رنگ قرمز برای فاز اول ، شینه با رنگ زرد برای فاز دوم و شینه با رنگ آبی برای فاز سوم اختصاص دارد. بر روی شینه های فازهای اول ، دوم و سوم به ترتیب حروف L_1 ، L_2 و L_3 قید می گردد. طریقه استقرار شینه های فازهای اول ، دوم و سوم در سطوح مختلف تابلو بدین شرح است:

– برای شینه کشی های افقی واقع در سطح افقی تابلو

شینه سمت جلوی تابلو به رنگ قرمز ، شینه وسط به رنگ زرد و شینه ای که به طرف پشت تابلو قرارمی گیرد ، به رنگ آبی خواهد بود.

- برای شینه کشیهای افقی واقع در سطح عمودی تابلو:

شینه بالا به رنگ قرمز ، شینه وسط به رنگ زرد و شینه پایین به رنگ آ بی خواهد بود.

- برای شینه کشیهای عمودی واقع در سطح عمودی تابلو (جهت نگاه از طرف جلوی تابلو):

شینه چپ به رنگ قرمز ، شینه وسط به رنگ زرد و شینه سمت راست به رنگ آبی خواهد بود.

- برای شینه کشیهای عمودی واقع در سطح عمودی تابلو (جهت نگاه از طرف جلوی تابلو) :

شینه جلوی تابلو به رنگ قرمز ، شینه وسط به رنگ زرد و شینه ای که به طرف پشت تابلو قرار می گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

- شینه نول

- شینه ارت ، شینه ارت باید در طول تابلو امتداد یافته و به قسمتهای فلزی بدنه ی تابلو متصل شود. درب تابلو بایستی بوسیله سیم رابط اتصال زمین دو رنگ ، به رنگهای زرد و سبز و یا بوسیله سیم اتصال زمین بافته شده از نوع قابل انعطاف به چارچوب تابلو اتصال داشته باشد تا هنگام بازکردن تابلو توسط اپراتور ، ولتاژ تماسی صفر شده و از خطر برق گرفتگی جلوگیری بعمل آورد. چگالی جریان در هادی های زمین از نوع مس نباید از ۲۰۰ آمپر بر میلی متر مربع تجاوز کند.

- مقره ها یا ایزولاتورهای نگهدارنده شینه ها

- گرمکن برقی (هیتر) با ترموستات برای خشک کردن رطوبت داخل تابلو

- چراغ روشنایی همراه با میکروسوییچ برای بازرسی و تعمیر تابلو

- کلید فیوزهای سه فاز برای حفاظت فیدرها یا خطوط خروجی یا انشعاب شده از تابلو ، همچنین این نوع کلید فیوزها برای جداکردن خطوط و فیدرها ، هنگام بازرسی و تعمیر خطوط و تابلو های قدرت مورد استفاده قرار می گیرند.

- کلیدهای اتوماتیک از نوع MCB یا Miniatuer Circuit Beaker برای محافظت و قطع و وصل فیدرهای کم قدرت

-کلیدهای اتوماتیک از نوع کمپکت MCCB یا Molded Case Circuit Breaker برای محافظت و قطع و وصل فیدرها و خطوط پرقدرت

- پلاک تابلو ، پلاک تابلوهای قدرت بایستی از موادی تهیه گردد که از دوام آنها اطمینان داشته و نور را منعکس نکند ، زیرا چشم خیره می شود. پلاکهای نصب شده بایستی زمینه سیاه رنگ داشته باشد که با حروف سفید رنگ روی آن نوشته شده باشد. پلاک ها بایستی بطور واضح و مختصر اطلاعات فنی مربوط به تابلو را ارائه کند.

پلاک های استفاده شده بر روی پانل ها ، تابلوها ، اتصالات و غیره باید دارای اندازه های استانداردهای بدین شرح باشند:

- پلاک برای فیوزها حدود ۳۰ تا ۴۰ میلی متر طول و ۱۲ تا ۲۰ میلی متر عرض و نوشته ای حدود ۳ تا ۶ میلی متر باشند و پهنای خط نیز تقریباً یک میلی متر باشد.

- پلاک برای رله ها ، کنتاکتورها و وسایل مشابه ، تقریباً ۶۵ میلی متر طول و ۲۰ میلی متر عرض و نوشته های آن مطابق بند ۱ باشد.

- پلاک برای کلیدهای تغییر وضعیت و کنترل حدوداً ۳۰×۷۰ میلی متر و نوشته ای به طول ۲۰ میلی متر و پهنای خط ۱/۵ میلی متر باشد.

- پلاک برای پانل ها ، درهای سلولها و جعبه اتصالات حدود ۱۲۵ میلی متر طول و ۵۰ میلی متر عرض بوده و حدود ۱۲ میلی متر نوشته با پهنای خط ۱/۵ میلی متر داشته باشد.

توجه: پلاک ها بایستی با پرچ های آلومینیومی محکم شوند تا از زنگ زدن و فساد آنها جلوگیری گردد.

-چراغ سیگنالهای سه رنگ برای نشان دادن فازهای موجود در تابلو

- ولتمتر با سه عدد فیوز و کلید ۷ وضعیتی برای نشان دادن مقادیر ولتاژهای فازها و خطوط با یکدیگر

- آمپر متر سه تایی برای نشان دادن جریان های سه فاز یا یک آمپرمتر با کلید چهار وضعیتی ، که یک وضعیت برای حالت قطع و سه وضعیت دیگر برای نمایش جریان های سه فاز کاربرد دارد.

- ترانسفورماتور جریان یا **Current Transformer** که به اختصار **CT** گفته می شود و برای کاهش جریان اندازه گیری شده از خطوط سه فاز و تغذیه ی وسایل اندازه گیری مانند آمپرمتر و کنتورهای اکتیو و رأکتیو و رله های جریانی کاربرد دارند. ترانسفورماتورهای اندازه گیری جریان بر اساس استاندارد **IEC - 185** طراحی ، ساخته و مورد آزمون قرار می گیرند. این نوع ترانسفورماتورها بصورت یکپارچه و شکل ظاهری مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته می شوند. این ترانسفورماتورها بایستی دارای استقامت الکتریکی و مکانیکی بالا بوده و در برابر قوس الکتریکی و تغییرات درجه حرارت ، مقاومت بالایی داشته باشند. سیم پیچ اولیه **CT** های فشارضعیف عمداً از نوع میله ای یا شمشی و به عبارتی **Bar Type** است. مشخصات **CT** های فشارضعیف استاندارد بدین شرح می باشد:

- جریان نامی اولیه که با جریان نامی فیدر مربوطه مطابقت دارد.
- جریان نامی ثانویه که برابر ۵ و ۱ آمپر است.
- نسبت تبدیل که برابر با **5/5** ، **10/5** ، **15/5** ، **20/5** ، **25/5** ، **30/5** ، **40/5** ، **50/5** ، **60/5** ، **75/5** ، **100/5** ، **150/5** ، **200/5** ، **250/5** ، **300/5** ، **400/5** ، **500/5** ، **600/5** ، **750/5** ، **800/5** ، **1000/5** ، **1250/5** ، **1500/5** ، **2000/5** ، **2500/5** ، **3000/5** ، **4000/5** و **5000/5** است.
- توان مصرفی برحسب **VA**
- کلاس خطا یا درصد خطا برای **CT** های اندازه گیری ۰/۵ و ۱ و برای **CT** های حفاظتی معمولاً **5P10** ، **5P20** است. در **CT**های حفاظتی ۱۰ و ۲۰ فاکتور حد دقت بوده و حرف **P** به مفهوم اینکه **CT** از نوع حفاظتی یا **Protection** است و ۵ عبارتست از درصد خطای **CT** ، بنابراین مفهوم **5P10** عبارتست از اینکه **CT** از نوع حفاظتی است و تا ۱۰ برابر جریان نامی که از اولیه **CT** عبور کند ، خطای **CT** ، ۵٪ است.

تعداد سیم پیچهای ثانویه CT های اندازه گیری و حفاظتی معمولاً ۱ یا ۲ تا می باشد. هر سیم پیچ ثانویه باید بطور الکتریکی از سیم پیچهای دیگر مجزا یا ایزوله شود و تغییر نسبت تبدیل در روی سیم پیچ های ثانویه ، درصورت درخواست تأمین گردد. هر سیم پیچ باید خروجی مناسب را که برای عملکرد درست دستگاههای حفاظتی و وسایل اندازه گیری مربوطه لازم است ، در محدوده ی بار مجاز خطوط دارا باشد.

-کنتاکتورهای قدرت برای قطع و وصل فیدرهای موتوری ، روشنایی و غیره

- کنتاکتورهای کمکی، رله های زمانی ، فتوسلها برای مدارات فرمان

- انواع رله های حفاظتی جریانی ، ولتاژی ، قدرتی و حرارتی

- فیلترهای سلفی ، اهمی خازنی (RC) و سلفی خازنی (LC) برای حذف هارمونیکها و پارازیت های تولید شده در اثر کلیدزنی و تغذیه ی بارهای غیرخطی فیدرها

- علامت احتیاط برای اعلام اخطار

۳- ۵ اجزای ساختمان بانکهای خازنی اصلاح ضریب تابلوهای قدرت LV

این تابلوها برای تأمین و کنترل توان رأکتیو مورد نیاز کارخانجات ، ادارات ، مؤسسات و مجتمع های مسکونی کاربرد دارند. اجزای مهم این تابلوها عبارتند از :

- خازنهای قدرت همراه با مقاومتهای تخلیه ی بارهای الکتریکی
- رگولاتور ، وظیفه رگولاتور تشخیص میزان توان رأکتیو مورد نیاز بار و اعمال فرمان به کنتاکتورها برای قطع و وصل خازن های قدرت است. رگولاتورهای بانک خازنی عمداً ۶ و ۱۲ پله هستند.
- کنتاکتورهای قدرت از نوع AC- 6 تیپ b
- وسایل اندازه گیری ولتاژ و جریان
- ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی جریان مدار یا CT ها
- چهارچوب ، دربهای جلو و پشت تابلو ، سینی ، ساپورت ها و قفلهای تابلو
- شینه های L_1 ، L_2 و L_3 تابلو
- شینه نول (N)
- شینه ارت (PE)
- مقره های اتکایی برای نگهداشتن شینه های فازها ، نول و ارت
- پلاک تابلو
- علامت احتیاط برای اعلام جهت جلوگیری از خطر برق گرفتگی
- گرمکن برقی (هیتر) همراه با ترموستات
- سلفهای قدرت برای جلوگیری ازجریان هجومی یا inrush خازنها دربعضی از بانکهای خازنی پرقدرت
- فیلترهای RC و LC برای حذف هارمونیکهای تولید شده ، توسط بانک خازنی
- کنتاکتورهای کمکی ، رله ها و فیوزهای حفاظتی

-سیستم تهویه تابلو

- کلیدهای گردان ۱-۰ برای قطع و وصل خازنها بصورت دستی در بعضی از تابلوهای بانک خازنی

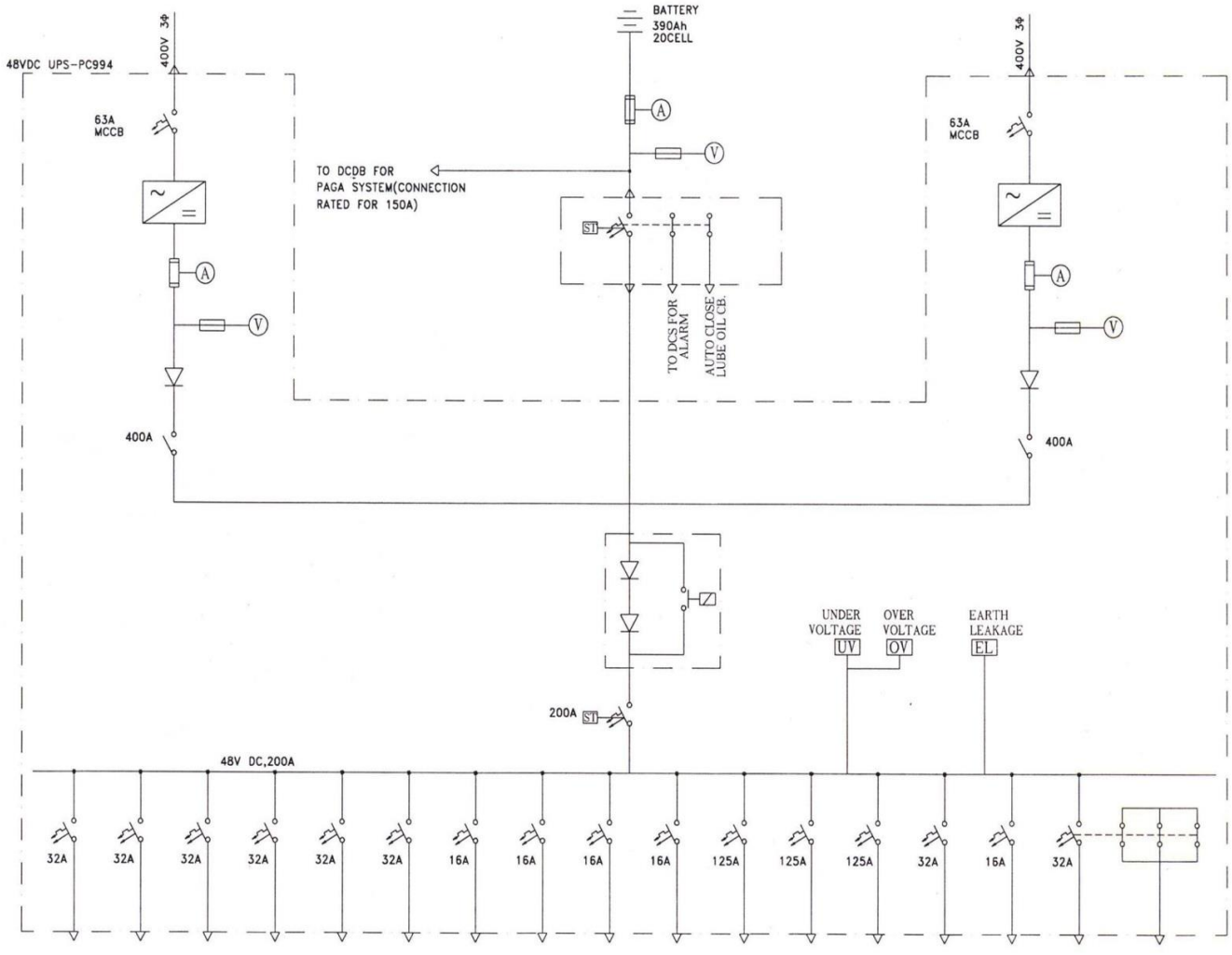
- کلید فیوز و کلید قدرت کمپکت MCCB برای قطع و وصل و حفاظت خطوط AC ورودی به تابلو
- چراغ روشنایی همراه با میکروسوییچ

۴- ۵ اجزای ساختمان تابلوهای باطری شارژر

از آنجاییکه ولتاژ ۱۱۰ ولت DC عمداً برای تغذیه رله های حفاظتی ، بوبین های قطع و وصل دیژنکتورها ، موتور DC شارژ فنر دیژنکتورها مورد نیاز است ، همچنین برای تغذیه سیستمهای PLC به ولتاژ ۲۴ ولت DC نیاز می باشد. وظیفه تابلوهای شارژر در پستهای توزیع ، تولید ولتاژ ۱۱۰ و ۲۴ ولت DC و ذخیره بار الکتریکی در باطری ها و تنظیم ولتاژ DC برای مصرف کننده ها می باشد. در بعضی از پستها برای تغذیه ی موتور DC شارژ فنر دیژنکتورها به برق ۲۲۰ ولت DC نیاز است که آنهم بعهده ی تابلوهای شارژر است. اجزای مهم این تابلوها عبارتند از:

- ترانسفورماتور کاهنده سه فاز
- یکسوکننده ی تمام کنترل شده توسط تریستورها یا نیم کنترل شده توسط دیودها و تریستورها
- خازنهای صافی ولتاژ DC از نوع الکترولیتی برای جلوگیری از تغییرات dv/dt
- سلف برای کنترل جریان لحظه ای یکسوکننده بعبارتی جلوگیری از تغییرات آنی جریان یعنی di/dt
- دیود سد کننده ی جریان برگشتی از طرف مصرف کننده به سمت یکسوکننده بنام Blocking Diode
- دیود های افت دهنده ولتاژ برای تنظیم ولتاژ خروجی به نام Dropper Diode
- دیود چرخ آزاد برای حفاظت تریستورها و دیودهای یکسو کننده بنام Fly wheel Diode
- برد اصلی برای اندازه گیری ، کنترل و حفاظت پارامترهای شارژر
- مقاومتهای شنت برای اندازه گیری جریان DC خروجی و حفاظت جریان زیاد و اتصال زمین شارژر
- رله های حفاظتی جریانی و ولتاژی سیستم شارژر
- وسایل اندازه گیری مانند آمپرمتر و ولت متر
- کلید فیوز ، کلیدهای قدرت MCB و MCCB برای قطع و وصل خطوط AC ورودی به تابلو و خطوط DC
- پلاک تابلو
- علامت احتیاط برای اخطار به منظور جلوگیری از خطر برق گرفتگی
- چراغ روشنایی همراه با میکروسوییچ
- گرمکن برقی (هیتر) همراه با ترموستات
- چهارچوب ، دربهای جلو و پشت تابلو و قفلهای تابلو
- کنتاکتورهای اتصال کوتاه کننده ی مدار دیودهای افت دهنده ی ولتاژ هنگام افزایش بار
- لیست خطا های شارژر همراه با LED ها
- فیلتر های حذف هارمونیک از نوع خازنی (C) ، اهمی خازنی (RC) و اهمی سلفی (LC)
-مقاومتهای تخلیه ی بارهای خازنی
- دیاگرام تک خطی شارژر
- CTهای اندازه گیری و حفاظتی جریان AC خطوط ورودی تابلو
- شینه ارت

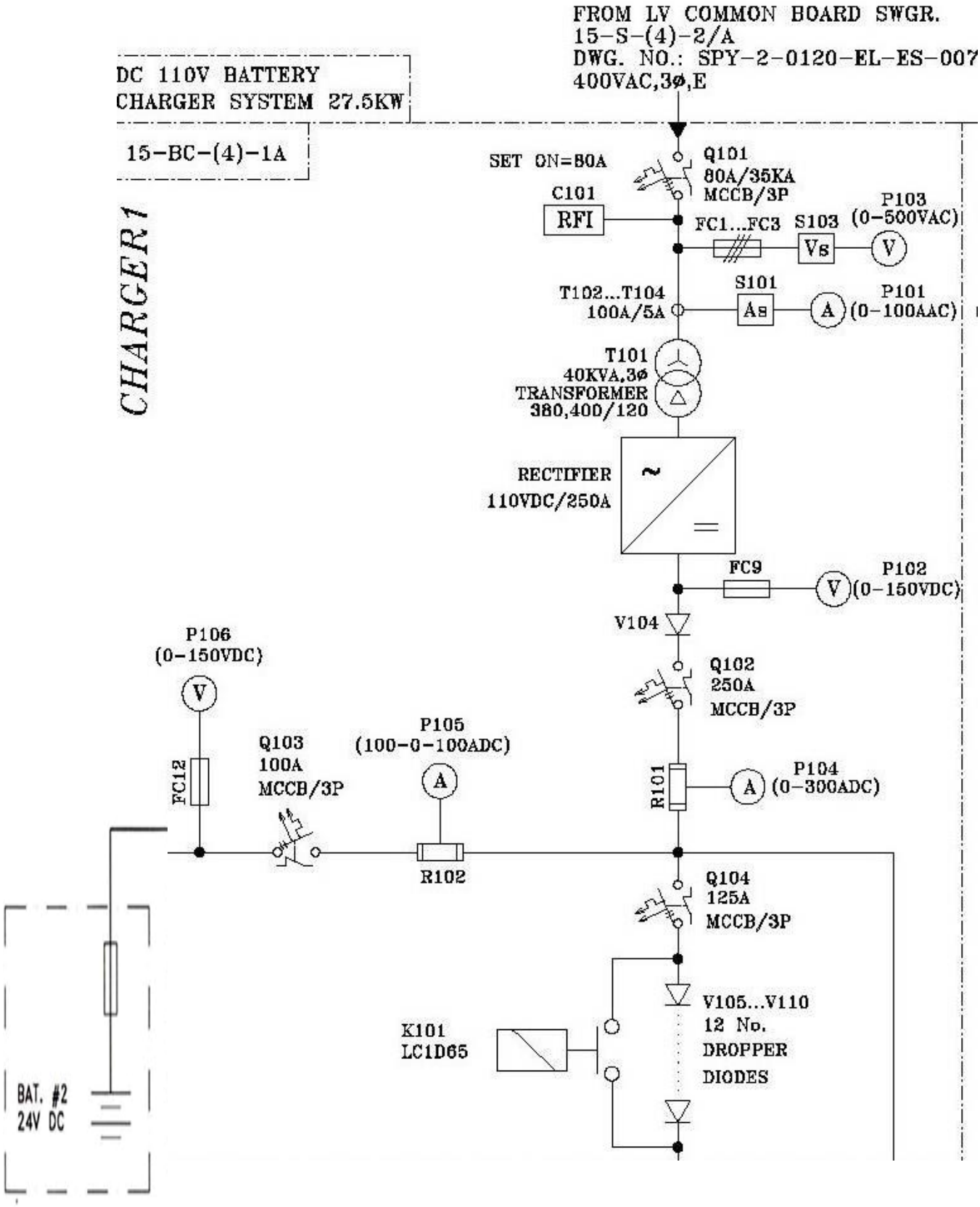
دیاگرام تک خطی دو شارژر موازی



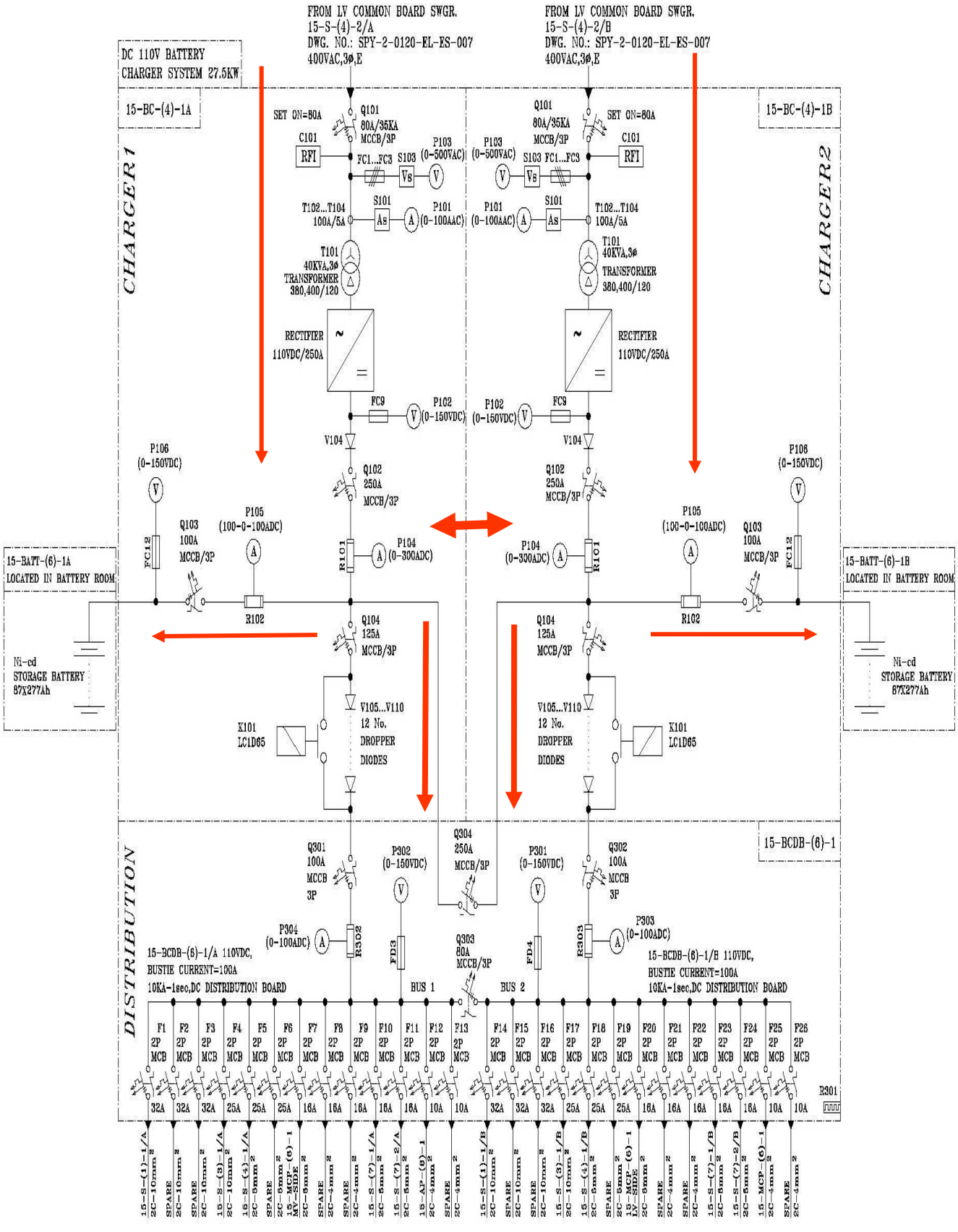
LEGEND

- CONTACTOR
- INDICATING LAMP
- VOLTMETER
- AMMETER
- FREQUENCY METER
- CURRENT TRANSFORMER
- SHUNT
- ROTARY SWITCH
- CIRCUIT BREAKER WITH S/C (MAGNETIC) AND O/C (THERMAL)
- FUSE
- MINIATURE CIRCUIT BREAKER TWO POLE

دیاگرام تک خطی یک نوع شارژر



دیاگرام تک خطی دو شارژر موازی



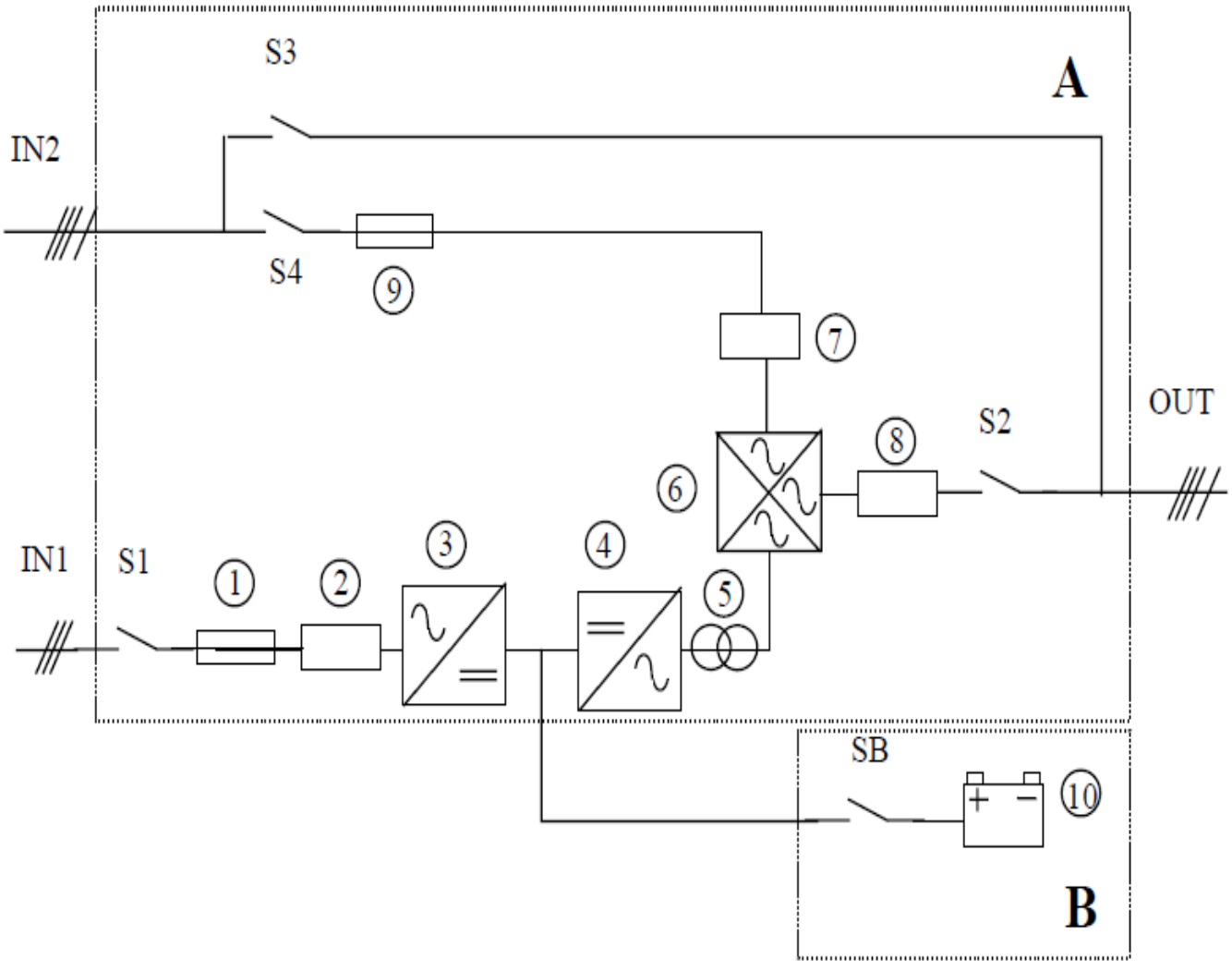
- سیستم تهویه تابلوی شارژر

۵- ۵ اجزای ساخمان تابلوهای UPS

در کارخانجات ، مؤسسات و اداراتی که دستگاههای حساس دارند و نیازمند برق بدون وقفه ، همراه با تغییرات ولتاژ و فرکانس بسیار محدود هستند ، از تابلوهای UPS استفاده می شود. این تابلوها دارای اجزای مهم به این شرح می باشند:

- کلید قدرت از نوع اتوماتیک یا از نوع کمپکت MCCB برای حفاظت و قطع و وصل خطوط AC ورودی تابلو
- ترانسفورماتور سه فاز از نوع کاهنده
- فیلترهای اهمی خازنی (RC) و سلفی خازنی (LC) برای خطوط ورودی سیستم UPS
- یکسوکننده تمام کنترل شده بوسیله تریستور
- خازنهای صافی ولتاژ DC
- سوییچ های استاتیک
- اینورتر برای تبدیل ولتاژ DC به AC با استفاده از پل سه فازه GBTI و تکنیک مدولاسیون پهنای پاس PWM
- باطری شارژر جداگانه برای بعضی از سیستمهای UPS
- مقاومت های شنت برای اندازه گیری ، کنترل و حفاظت جریان DC رکتیفایر
- فیوزها و رله های حفاظتی خط DC
- CT های اندازه گیری و حفاظتی جریان خطوط ورودی و خروجی UPS
- کلید دو حالته دستی
- رله های حفاظتی جریان و ولتاژ AC خطوط ورودی و خروجیUPS
- کلیدهای MCCB و کنتاکتورهای قدرت برای قطع و وصل و کنترل فیدرهای خروجی
- ترانسفورماتور خروجی برای حذف مؤلفه DCخروجی و افزایش ولتاژ خروجی
- سیستم تهویه UPS
- گرمکن برقی (هیتر) همراه با ترموستات
- چراغ روشنایی همراه با میکروسوییچ
- وسایل اندازه گیری ولتاژ و جریان AC و DC
- دیاگرام تک خطی سیستم UPS
- شینه های خطوط ورودی و خروجی AC ، شینه های DC ، شینه ارت و شینه نول
-بردهای کنترلی و حفاظت رکتیفایر و اینورتر UPS
- پلاکهای تابلو
- علامت احتیاط برای اعلام و جلوگیری از خطر برق گرفتگی
-چراغ سیگنالهای سه رنگ برای نشان دادن فازها
- چهارچوب ، دربهای جلو و پشت تابلو و قفلهای مربوطه
- لیست خطاها به همراه LED های مربوطه

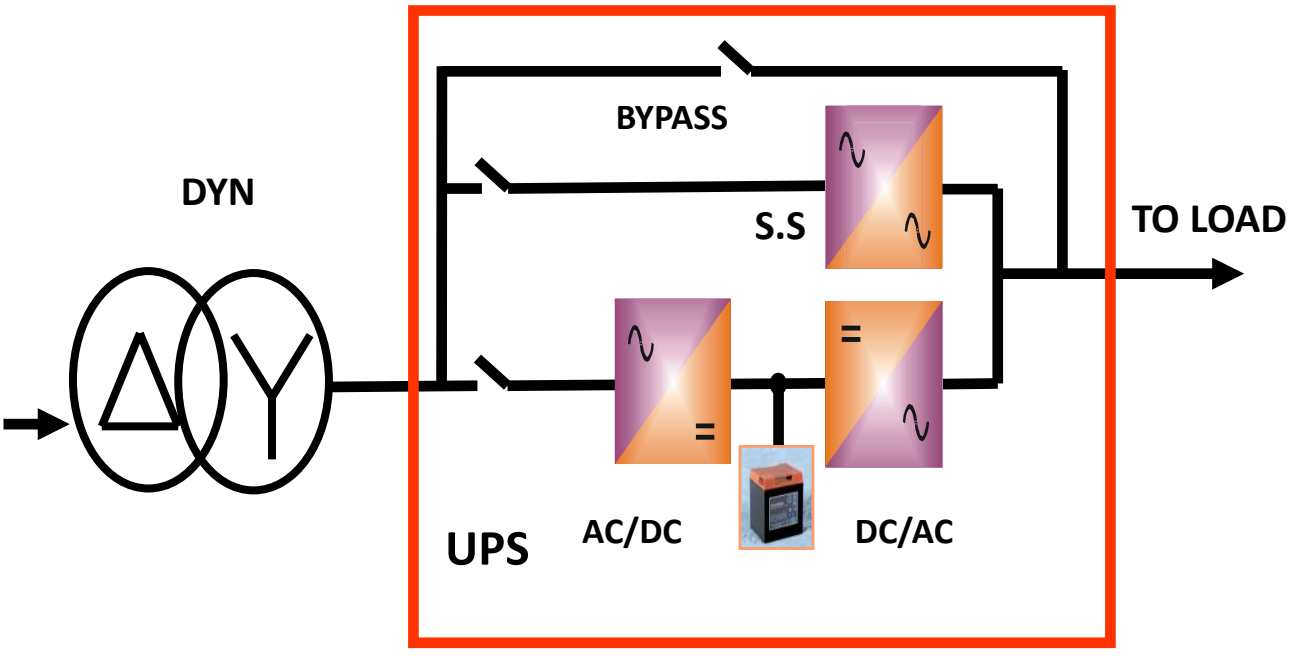
بلوک دیاگرامهای UPS On Line



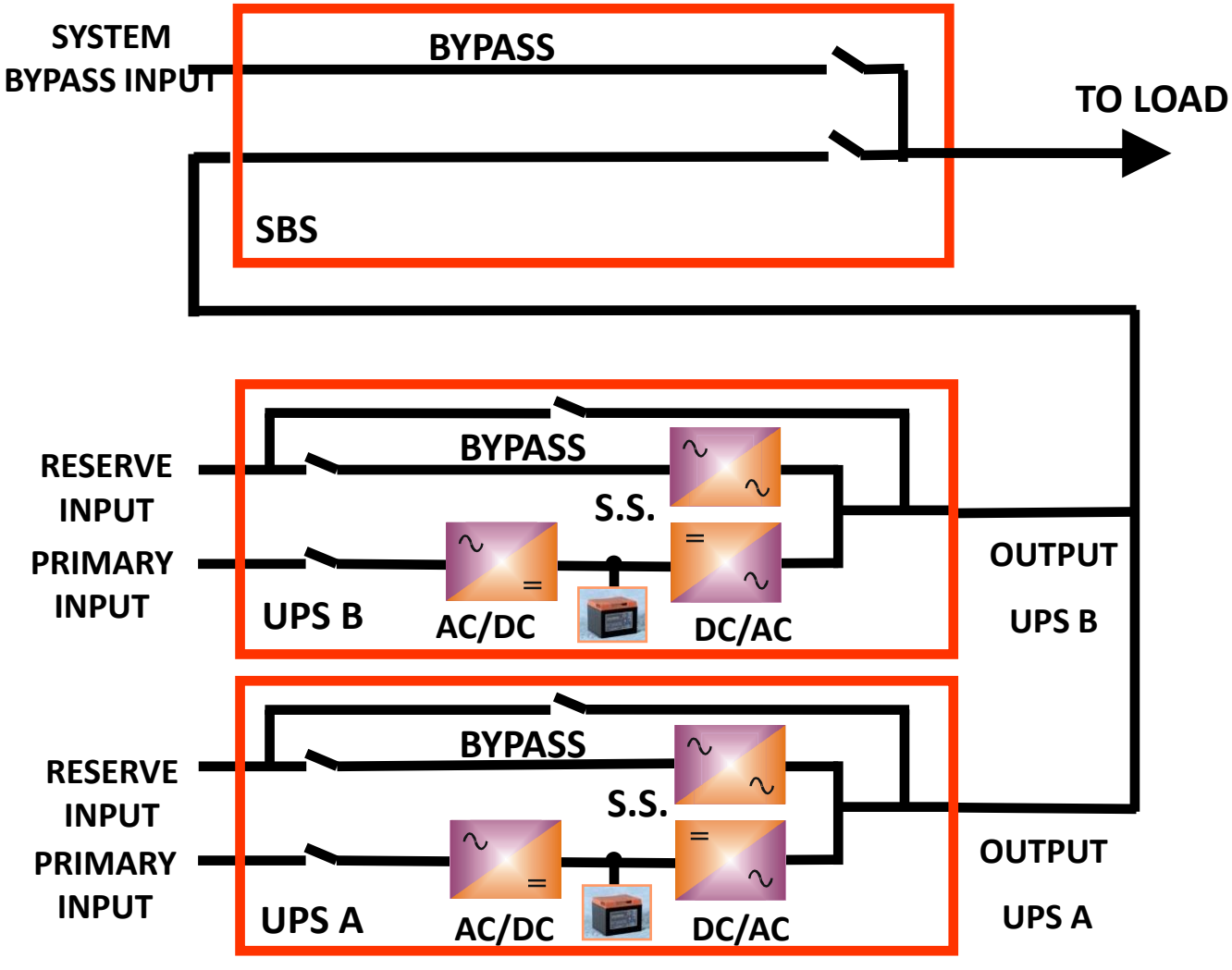
A	UPS
B	External Battery frame
S1	Rectifier switch
S2	Output switch
S3	By-pass (Not for parallel)
S4	Reserve switch
SB	Battery switch
IN1	Mains
IN2	Reserve mains
OUT	Out

1	Rectifier fuses
2	Rectifier EMI filter
3	Rectifier
4	Inverter
5	Isolation transformer between batteries and load
6	Static switch
7	Reserve EMI filter
8	Output EMI filter
9	Reserve fuses
10	Battery

دیاگرام یک نوع UPS با ترانسفورماتور ایزوله و افزاینده در ورودی



دیاگرام دو دستگاه UPS با ورودیBYPASS



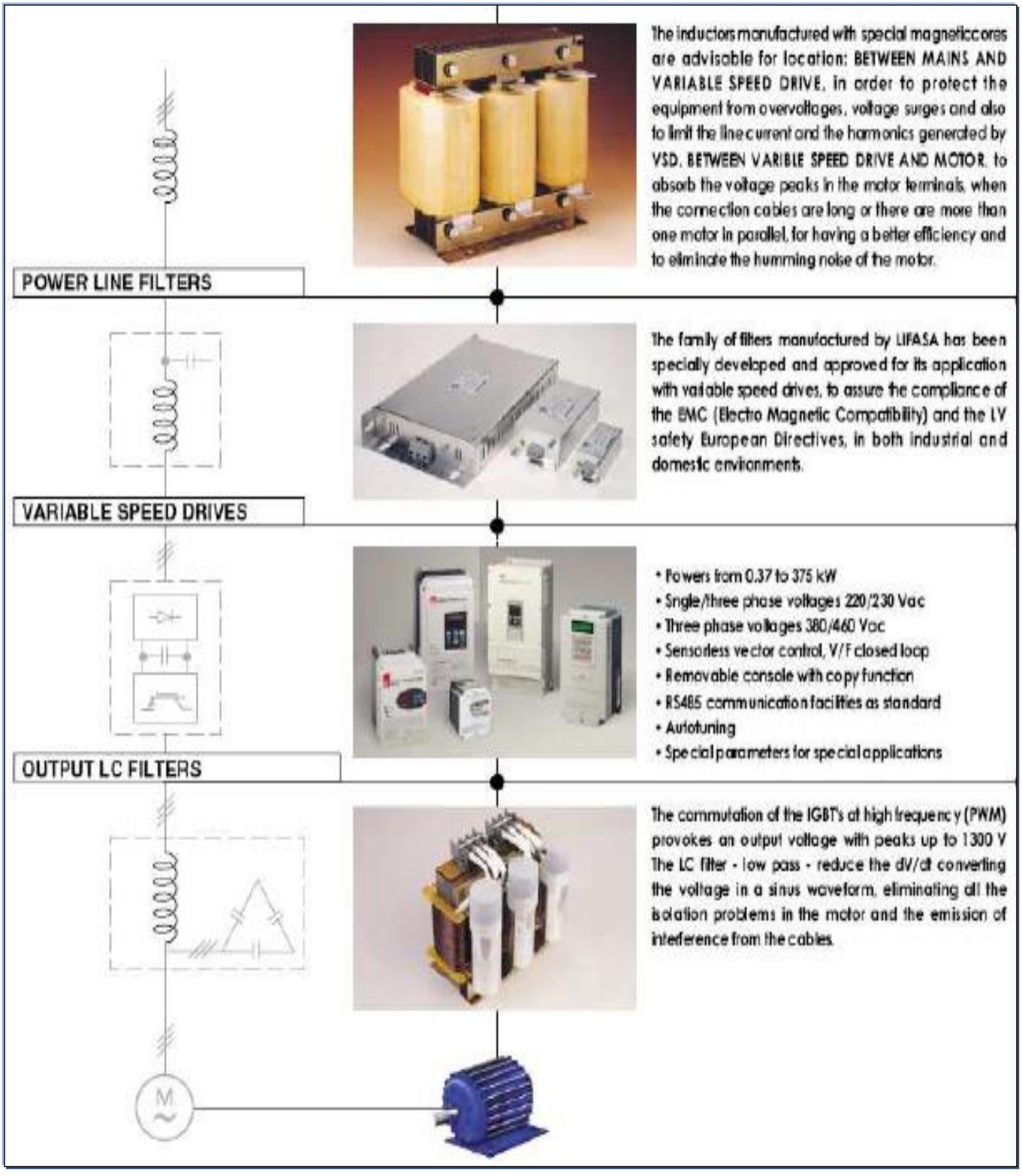
۶-۵ تابلوهای راه انداز نرم و کنترل دور موتورهای الکتریکی AC

برای جلوگیری از جریان زیاد راه اندازی موتورهای الکتریکی ، مخصوصاً زمانی که با بار سنگین کوپل شده اند ، بایستی فرکانس ، ولتاژ و جریان ورودی را کنترل نمود. در تابلوهای راه انداز نرم (Soft Starter) موتورهای AC ابتدا ولتاژ و فرکانس را به روش V/F به یک نسبت کاهش داده و سپس یک ولتاژ حداقل بنام ولتاژ Boost به موتور اعمال کرده و متناسب با افزایش دور و راه اندازی نرم موتور ولتاژ و فرکانس را به یک نسبت افزایش می دهند تا زمانی که دور روتور به حدود ۷۵٪ دور نامی آن برسد ، در این لحظه ولتاژ نامی را بوسیله کنتاکتور به استاتور موتور اعمال می کنند. در صورتیکه تغییر دور برای بار های مختلف توسط موتور مورد نیاز باشد ، بایستی کنترل دور موتور توسط Diver انجام گیرد. از آنجاییکه کنترل دور موتورهای AC به روش های مختلفی از جمله V/F و Vector Control انجام می شود، بنابراین به تابلوهایی برای کنترل ولتاژ ، فرکانس و جریان نیاز می باشد ، که علاوه بر راه اندازی نرم موتور ، نقش کنترل دور آنرا نیز ایفا نماید. اجزای مهم این تابلوها عبارتند از:

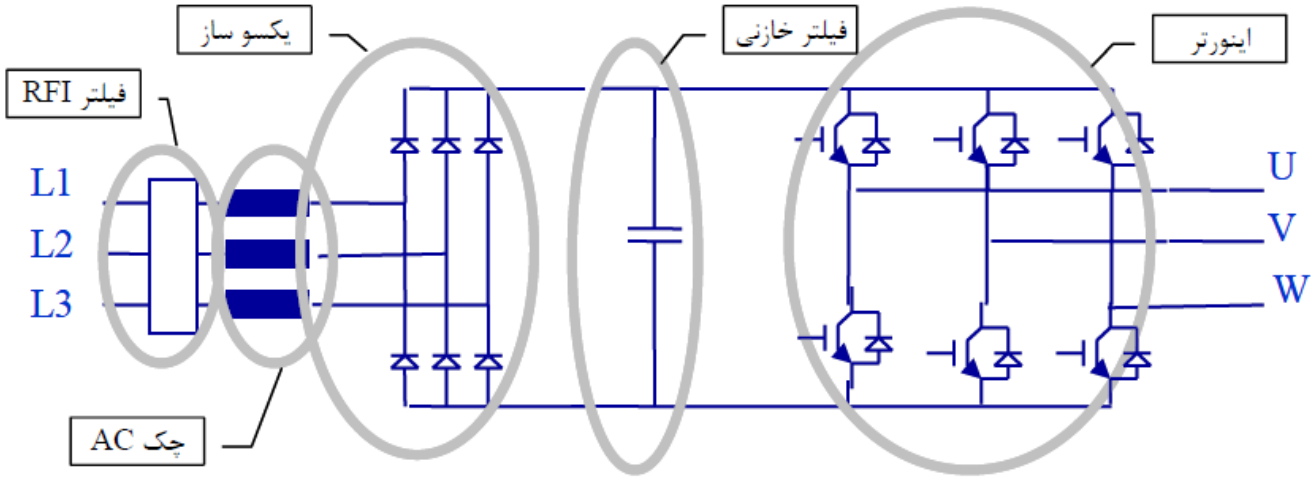
- چهارچوب ، دربهای جلو و پشت تابلو و قفلهای تابلو
- کلید فیوز برای قطع و وصل و حفاظت خطوط ورودی تابلو
- کنتاکتور قدرت همراه با بی متال یا کلید MCB یا کلید MCCB برای قطع و وصل و حفاظت خطوط سه فاز ورودی
- فیلترهای RC و LC برای حذف هارمونیکهای ورودی از شبکه به درایو و بالعکس
- فیلتر حذف هارمونیک از درایو به موتور و بالعکس
- رکتیفایر یا یکسو کننده کنترل شده بوسیله تریستورها ، یا یکسو کننده کنترل نشده بوسیله دیودهای قدرت
- خازنهای صافی همراه با مقاومت تخلیه ی بار الکتریکی خازنها
- مقاومت شارژ اولیه خازنهای صافی همراه با تایمر و کنتاکتور ، برای جلوگیری از جریان هجومی خازنهای صافی هنگام اتصال درایو به شبکه
- مقاومت ترمز برای مصرف انرژی الکتریکی ، هنگامی که موتور AC در اثر کاهش ناگهانی بار و عوامل دیگر تبدیل به ژنراتور می گردد.
- اینورتر برای تبدیل ولتاژ DC به AC
- بردهای کنترلی
- وسایل اندازه گیری و حفاظتی همراه با CTها و مقاومت های شنت
- سیستم تهویه درایو
- کلید دو وضعیتی انتخاب فرمان از تابلو یا کنترل از راه دور
- سیستم PLC همراه با CPU ، منبع تغذیه ، کارتهای I O ، ورودی ها و خروجی های آنالوگ برای کنترل درایو
- مدارات فرمان الکتریکی و الکترونیکی درایو ، همراه با وسایل جداکننده ی سیستم فرمان از سیستم قدرت
- گرمکن برقی همراه با ترموستات
- چراغ روشنایی همراه با میکروسوییچ
- پورت ۹ پینه برای برنامه ریزی و تنظیم پارامترهای درایو
- شینه های ارت و ترمینالهای مربوط به خطوط AC و DC

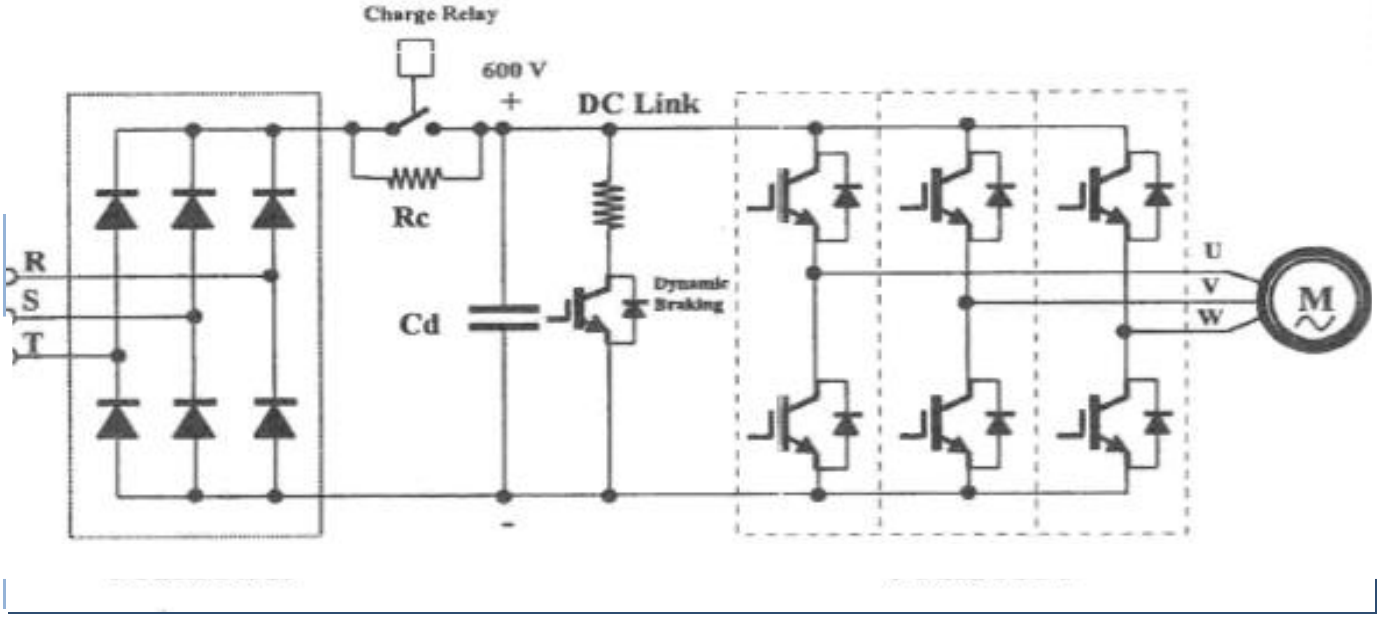
- پلاکهای تابلو و اجزای درایو
- لیست آلارم ها همراه با **LED** ها
- علامت احتیاط بمنظور اعلام اخطار جهت جلوگیری از خطر برق گرفتگی

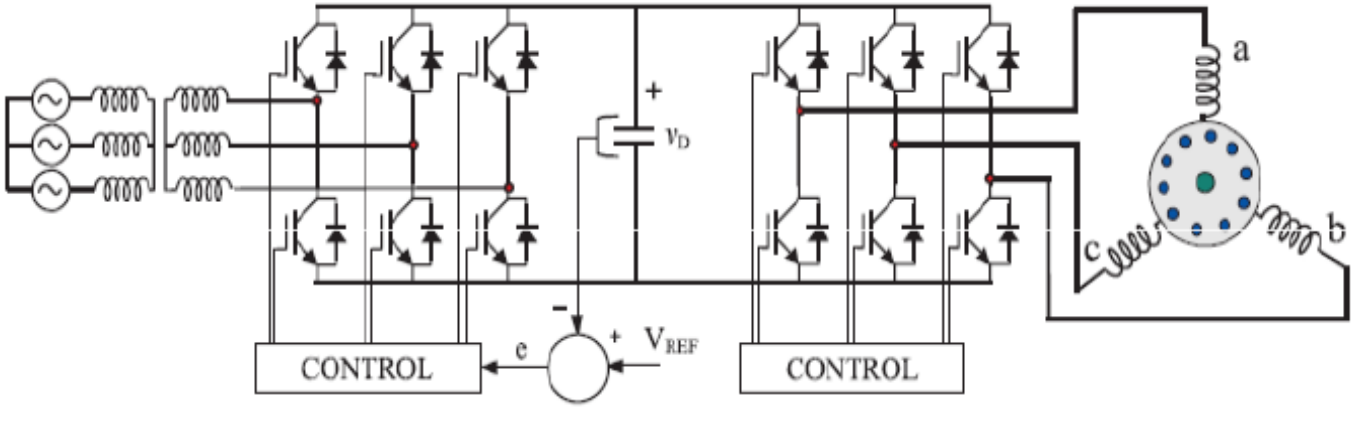
شکل اجزای اصلی یک دستگاه درایو موتور **AC** را نشان می دهد.



شکل های ذیل سه مدار الکتریکی و الکترونیکی سه دستگاه FC را نشان می دهد.







۶- آشنایی با اجزا و ساختمان تابلوهای فشار متوسط

تابلوهای قدت و فرمان فشار متوسط که دارای ولتاژی از ۱ تا ۳۳ کیلو ولت است. ساختمان و اجزا این تابلوها مطابق استاندارد عبارتند از :

۱- ۶ تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی (Metal Enclosed)

مجموعه تابلوهای قدرت و فرمان که دارای پوشش خارجی فلزی بوده و دارای اتصال زمین می باشند و به استثنای اتصالات خارجی بطور کامل مونتاژ شده اند.

۲- ۶ تابلوهای قدرت و فرمان فلزی (Metal Clad)

به تابلوهای قدرت و فرمانی گفته می شود که اجزای بکار رفته در تابلو در خانه های بسته فلزی که زمین شده اند ، قرار گرفته اند. خانه های بسته فلزی شامل اجزایی به این شرح است:

- کلید اصلی که عمداً از نوع کم روغن ، SF6 و خلاء می باشند.
- اجزایی که به یک طرف کلید اصلی متصلند مانند فیدرها
- اجزایی که به طرف دیگر کلید اصلی متصلند مانند شینه ها ، جایی که بیش از یک گروه از شینه ها وجود دارد ، هر گروه دارای خانه های جداگانه است.

۳- ۶ تابلوهای قدرت و فرمان سلولی (Cubicle)

به تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی گفته می شوند که دارای مشخصاتی به این شرح می باشند:

- فاقد هر نوع جداره ای هستند.
- تعداد خانه های آنها کمتر از تعدادی است که برای تابلوهای فلزی مورد نیاز می باشد.
- دارای جداره های فلزی نمی باشد.
- دارای جداره های فلزی با درجه حفاظتی کمتری هستند.

۴- ۶ تابلوهای قدرت و فرمان مونتاژ کارخانه

تابلوهای قدت و فرمان فشار متوسط که در کارخانه ساخته و مونتاژ می شوند و مسؤلیت آزمایش آنرا کارخانه ی سازنده بعهده می گیرد.

۵- ۶ تابلوهای تمام بسته

این تابلوها عبارتند از مجموعه سوار شده در کارخانه که تمام جوانب آن جز سطح نصب که ممکن است باز باشد ، به نحوی بسته باشد که حداقل درجه حفاظت IP20 تأمین شود. تابلوهای تمام بسته فشار متوسط به اشکال مختلف ساخته می شوند که عمده ترین آنها عبارتند از:

- تابلوهای تمام بسته ایستاده

منظور تابلویی است که بتواند بطور مستقل و بدون اتکا به دیوار ، در روی کف ساختمان استقرار پیدا کند.

- تابلوی تمام بسته ایستاده قابل دسترسی و فرمان از جلو

عبارتست از تابلویی که وسایل فرمان مانند دسته یا کلیدهای فشاری ، وسایل اندازه گیری در قسمت جلوی تابلو قرارگرفته و سایر تجهیزات و لوازم مانند کلیدهای جداکننده غیرقابل قطع زیر بار ، کلیدهای جداکننده قابل قطع

زیر بار ، کلیدهای قدرت ، فیوزها ، ترانس جریان ، ترانس ولتاژ و سرکابلها در داخل تابلو نصب می شود و بوسیله یک در لولایی مجهز به قفل الکتریکی و مکانیکی که فقط پس از قطع کلید قابل باز شدن است ، دسترسی برای اتصالات ، تعمیرات ، تعویض و غیره امکان پذیر است.

۶-۴ تابلو تمام بسته ایستاده کشویی

این تابلو بطور کلی از دو قسمت اصلی ثابت و متحرک کاملاً مجزا تشکیل شده است.

قسمت اول : بدنه ی تابلو می باشد که بصورت سلول ساخته شده و شینه کشی ، محل اتصال کابلهای ورودی و خروجی ، دریچه های اتصال و فیش های اتصال کلید در این قسمت تعبیه گردیده و در بالاترین قسمت آن نیز وسایل اندازه گیری نصب می شود.

قسمت دوم : که کلید در داخل آن نصب شده است ، اسکلتی است متحرک که ارابه نیز نامیده می شود به صورت کشویی با کمک چرخ ، دقیقاً داخل سلول فوق الذکر قرارگرفته و اتصالات لازم را برقرار می سازد. سمت جلوی اسکلت باید کاملاً بسته باشد و قسمت فرمان کلید ماند دسته و یا کلیدهای فشاری روی این قسمت نصب گردد. قسمت کشویی باید دارای قفل بوده و فقط پس از قطع کلید قابل خارج کردن و جاگذاری باشد.

۷- تعاریف اجزای مهم ساختمان تابلوهای توزیع برق

۷ -۱ محفظه

قسمت در برگیرنده تابلوی قدرت و فرمان با پوشش فلزی را گویند که باعث جلوگیری از تماس افراد بطور اتفاقی با قسمتهای برقدار و قطعات متحرک آن می شود و همچنین وسایل داخلی را در مقابل اثرات خارجی حفاظت می کند.

۷ -۲ خانه (Compartment)

بخشی از تابلوی قدرت یا فرمان با پوشش فلزی را می گویند که به غیر از جایی که برای انجام اتصالات ، کنترل و یا تهویه بایستی باز بماند ، محاط شده باشد.

۷ -۳ جداره (Partition)

جزیی از پوشش یک خانه است که آن را ار خانه های دیگر جدا می کند.

۷-۴ پوشش

قسمت خارجی تابلوی قدرت و کنترل با روپوش فلزی را گویند.

۷ -۵ درب

به پوشش کشویی یا لولایی گویند.

۷ -۶ دریچه حفاظتی (Shutter)

جزیی است که می تواند دو وضعیت داشته باشد:

- وضعیتی که اجازه می دهد کنتاکت های متحرک با کنتاکت های ثابت درگیر شوند.
- وضعیتی که بصورت قسمتی از پوشش یا جداره در آمده و کنتاکت های ثابت را می پوشاند.

۷-۷ بوشینگ

ساختاری است که یک هادی را از میان یک پوشش و یا جداره عبور داده و آن را نسبت به آنها عایق می کنند و شامل متعلقات اتصالات به جداره و پوشش نیز می باشد.

۸- ۷ جزء جداشدنی

جزیی که بطور کامل حتی هنگامی که مدار اصلی برقدار باشد ، قابل خارج نمودن از تابلوی قدرت یا کنترل می باشد.

۹- ۷ جزء خارج شونده

جزء جداشدنی که بتوان آنرا به موقعیتی با فاصله عایقی کافی خارج ساخت ، در حالتیکه وابستگی مکانیکی آن با مجموعه ساخته شده در کارخانه برقرار بماند.

۱۰- ۷ وضعیت کار (وضعیت اتصال)

وضعیتی که در آن جزء جداشدنی برای انجام کارعادی خود ، بطور کامل وصل شده باشد.

۱۱- ۷ وضعیت قطع

وضعیتی برای جزء خارج شونده که در آن وضعیت فاصله عایقی در مدارهای آن ایجاد شده ، در حالی که وابستگی مکانیکی آن با محفظه باقی می ماند.

۱۲- ۷ وضعیت آزمون

وضعیت قطع برای جزء خارج شونده در حالی که مدارات کنترلی متصل بوده و اجازه انجام آزمایشهای عملکرد مکانیکی روی جزء خارج شونده را می دهد.

۱۳- ۷ وضعیت جداشده

وضعیتی برای جزء جداشدنی در حالی که خارج از محفظه است و بطور مکانیکی نیز از آن جداشده است.

۱۴- ۷ وضعیت زمین

وضعیتی است که هنگام بستن یک کلید ، باعث زمین شدن و اتصال کوتاه مدار اصلی می شود.

۱۵- ۷ مدار اصلی (برای مجموعه تابلوی قدرت و فرمان با پوشش فلزی)

کلیه قسمتهای هادی یک تابلو (شامل هادی ها و وسایل کلیدزنی)که در مدار برای انتقال انرژی الکتریکی کاربر دارد.

۱۶- ۷ مدار فرعی (برای مجموعه تابلوی قدرت و فرمان با پوشش فلزی)

کلیه قسمتهای هادی یک مجموعه که در تشکیل مداری برای کنترل ، اندازه گیری ، حفاظت و تنظیم و غیره بکار رفته باشد.

۱۷- ۷ مکانیزم های عملکرد کلید های قدرت

هر کلید قدرت دارای مکانیزم عملکردی است . انواع این مکانیزم ها عبارتند از :

- مکانیزم XM با انرژی ذخیره شده در فنر ، در این مکانیزم فنر بطور دستی شارژ شده و توسط عملکرد دستی نیز آزاد می شود.

- مکانیزم XE مانند مکانیزم XM است ، با این تفاوت که فنر توسط بوبین برقی قطع (Tripping Coil) آزاد می شود.

- مکانیزم XEM عملکرد ذخیره انرژی در فنر توسط موتور انجام شده و توسط دست یا بوبین برقی آزاد می شود.

۱۸- ۷ سیستم اینترلاک

سیستم اینترلاک باید از بروز حوادث خطر ناک که بطور تصادفی رخ می دهد ، جلوگیری کند و از برخورد اپراتور با قسمتهای برقدار ممانعت کند. در تابلوهای **MV** بایستی اینترلاک هایی به این شرح ایجاد شده باشد:

-قسمت خارج شونده ، فقط هنگامی از وضعیت قطع به وضعیت کار برود که سوکت اتصالات فشارضعیف به پریز آن متصل شده باشد.

- کلید قدرت هنگامی بتواند عمل کند که قسمت خارج شونده ، بطور صحیح در وضعیت آزمون یا کار قرارگرفته باشد.

– قسمت خارج شونده ، فقط موقعی از وضعیت آزمون به وضعیت سرویس و کار و یا بالعکس برود که کلید قدرت قطع باشد و وضعیت **OFF** را نشان دهد.

– هنگامی که قسمت خارج شونده در وضعیت کار می باشد ، سوکت اتصالات فشارضعیف نتواند از محل استقرار آن خارج شود.

– قسمت خارج شونده در حالی که کلید زمین بسته است ، نتواند از وضعیت آزمون به وضعیت کار برود.

– کلید زمین فقط هنگامی که قسمت خارج شونده بطور صحیح در وضعیت قطع قرار دارد ، بتواند خارج شود.

– اینترلاک های الکتریکی و یا الکتریکی مکانیکی ، باید بنا بر نیاز برای کلیدهای قدرت و کلیدهای زمین ایجاد شده باشد.

– هنگامی که کلید قدرت توسط اهرم دستی اضطراری مورد استفاده قرار می گیرد ، امکان تغییر وضعیت فنر بصورت الکتریکی نباشد.

-برای فیدرهای خازنی ، کلید اینترلاک باید بین کلید زمین و قفل درب بانک خازنی قرار داشته باشد.

۸- مشخصات الکتریکی تابلوهای توزیع

۸ -۱ ولتاژ اسمی تابلوهای قدرت و فرمان

مطابق استاندارد بین المللی IEC60038 ولتاژ یا فشار الکتریکی تجهیزات پست ها دارای تقسیم بندی پنج گانه است:

۱-۱ فشار ضعیف (Low Voltage) یا LV که مقدار ولتاژ نامی خط شبکه تغذیه تجهیزات برابر است با:

(۱۰۰ V < VL ≤ ۱KV)

ولتاژهای نامی خط تجهیزات فشار ضعیف استاندارد :۲۰۸ ، ۲٤۰ ، ٤۰۰ ، ٤۱۵ ، ٤۸۰ ، ٦۰۰ ، ٦۹۰ و ۱۰۰۰

۱-۲ فشار متوسط (Medium Voltage) یا MV که ولتاژ نامی خط شبکه تغذیه تجهیزات برابر است با:

(۱ KV < VL ≤ ۳۵ KV)

ولتاژ نامی خط فشار متوسط استاندارد برای تجهیزات برحسب کیلو ولت برابر است با:

۳/۳ ، ٤/۱٦ ، ٦ ، ٦/۳ ، ٦/٦ ، ٦/۹ ، ۱۰ ،۱۱ ، ۱۲/٤۷ ، ۱۳/۲ ، ۱۳/۸ ، ۱۵ ، ۲۰ ، ۲۲ ، ۲٤/۹٤ ، ۳۳ ، ۳٤/۵ و ۳۵

بیشترین ولتاژ خط قابل تحمل برای تجهیزات فشار متوسط : ۳/٦ ، ۷/۲ ، ۱۲ ، ۱۷/۵ ،۲٤ ، ۳٦ و ٤۰/۵ کیلو ولت

۱-۳ فشار قوی (High Voltage) یا HV که ولتاژ نامی خط شبکه تغذیه تجهیزات برابر است با:

(۳۵ KV < VL ≤ ۲۳۰KV)

ولتاژ نامی خط فشارقوی استاندارد برابر است با: ٤۵ ، ٦٦ ، ٦۹ ، ۱۱۰، ۱۱۵، ۱۳۲ ، ۱۳۸، ۱۵۰ ، ۲۲۰ و ۲۳۰ کیلوولت

بیشرین ولتاژ قابل تحمل برای تجهیزات فشارقوی برابر است با : ۵۲ ، ۷۲/۵ ، ۱۲۳ ، ۱٤۵ ، ۱۷۰ و ۲٤۵ کیلوولت

۱-٤ فوق فشارقوی (Extra High Voltage) یاEHV که ولتاژ نامی خط شبکه تغذیه تجهیزات برابر است با:

(VL ⍰ ۲۳۰KV)

ولتاژ نامی خط فوق فشارقوی استاندارد در خطوط انتقال برابر است با: ۳٤۵ ، ٤۰۰ ، ۵۰۰ ، ۷۵۰ کیلوولت

بیشرین ولتاژ قابل تحمل برای تجهیزات فوق فشارقوی برابر است با : ۳٦۰، ٤۲۰ ، ۵۵۰ ، ۸۰۰ کیلوولت

۱-۵ مقادیر ولتاژ نامی استاندارد جهت تغذیه ی هیتر ها ، مدارات کمکی ، مدارهای کنترل و اینترلاک (چفت و بست) در پست ها

D.C.		A.C.	
Nominal values		Nominal values	
Preferred V	Supplementary V	Preferred V	Supplementary V
	2.4		
	3		
	4		
	4.5		
	5		5
6		6	
	7.5		
	9		
12		12	
	15		15
24		24	
	30		
36			36
	40		
48		48	
60			60
72			
	80		
96			
			100
110		110	
	125		
220			
	250		
440			
	600		

۲- ۸ جریان اسمی (برای یک مدار)

مقدار جریانی که یک مدار از تابلوی قدرت یا فرمان ، تحت شرایط مشخص شده بطور مداوم می تواند تحمل کند و با مقدار **rms** سنجیده می شود. مقادیر جریان اسمی فیدرها ، شینه ها ، کلیدها ، اجزای مدار فرمان و .... مطابق استاندارد **IEC60059** انتخاب می شود. در مواردی ۱/۵ ، ۳ ، ۶ و ۷/۵ را به ترتیب بجای ۱/۶ ، ۳/۱۵ ، ۶/۳ و ۸ جایگزین شود.

جریان پایه : ۸ ، ۳/۶ ، ۵ ، ۴ ، ۳/۱۵ ، ۲/۵ ، ۲ ، ۱/۶ ، ۱/۲۵ ، ۱

۸۰ ، ۶۳ ، ۵۰ ، ۴۰ ، ۳۱/۵ ، ۲۵ ، ۲۰ ، ۱۶ ، ۱۲/۵ ، ۱۰

۸۰۰ ، ۶۳۰ ، ۵۰۰ ، ۴۰۰ ، ۳۱۵ ، ۲۵۰ ، ۲۰۰ ، ۱۶۰ ، ۱۲۵ ، ۱۰۰

۸۰۰۰ ، ۶۳۰۰ ، ۵۰۰۰ ، ۴۰۰۰ ، ۳۱۵۰ ، ۲۵۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۱۶۰۰ ، ۱۲۵۰ ، ۱۰۰۰

۸۰۰۰۰ ، ۶۳۰۰۰ ، ۵۰۰۰۰ ، ۴۰۰۰۰ ، ۳۱۵۰۰ ، ۲۵۰۰۰ ، ۲۰۰۰۰ ، ۱۶۰۰۰ ، ۱۲۵۰۰ ، ۱۰۰۰۰

۲۰۰۰۰۰ ، ۱۶۰۰۰۰ ، ۱۲۵۰۰۰ ، ۱۰۰۰۰۰

۳-۸ جریان اسمی ایستادگی کوتاه مدت (برای یک مدار)

مقدار جریان اسمی ایستادگی کوتاه مدت ، مقدار مؤثر جریانی است که به مدت یک ثانیه از مدار تابلوی قدرت و فرمان عبور می کند و مدار مربوطه می تواند تحت شرایط تعیین شده این جریان را تحمل کند. برای زمانهای بزرگتر از یک ثانیه ، رابطه بین جریان و زمان بصورت (مقدار ثابت = $I^2 t$) خواهد بود.

۴- ۸ جریان اسمی ایستادگی پیک (برای یک مدار)

مقدار پیک جریانی است که مدار تابلوی قدرت و فرمان می تواند تحت شرایط مشخص شده ، برای استفاده در برابر آن ایستادگی کند. مقدار جریان اسمی ایستادگی پیک مطابق استاندارد **IEC** ، ۲/۵ برابر جریان اسمی کوتاه مدت انتخاب می شود.

۵- ۸ فرکانس اسمی

فرکانس کار تابلو ی قدرت و فرمان که تابلو و مقادیر مشخصه وسایل در ارتباط با تابلو بر آن اساس طرح شده است. فرکانس اسمی برای تابلو در ایران ، ۵۰ هرتس انتخاب می شود.

۶- ۸ مقدار اسمی سطح عایقی

به مجموعه مقادیر ولتاژ با فرکانس قدرت و ضربه که ایستادگی عایقی تابلوهای قدرت و فرمان را در برابر تنش های دی الکتریکی مشخص می کند ، اطلاق می شود. مقادیر اسمی سطح عایقی تابلوهای فشار متوسط برای تأسیساتی که به خارج راه دارند از جدول ۵ بدست می آید.

ولتاژ اسمی برحسب کیلوولت مؤثر	ولتاژ ایستادگی ضربه ای بر حسب کیلوولت		ولتاژ ایستادگی برای یک دقیقه با فرکانس ۵۰ هرتس (کیلوولت مؤثر)		
	نسبت به زمین و بین فازها	بین فاصله عایق	نسبت به زمین و بین فازها		بین فاصله عایق
			آزمون نوعی	آزمون معمول (روتین)	
۳/۶	۴۵	۵۲	۲۱	۱۶	۲۵
۷/۲	۶۰	۷۰	۲۷	۲۲	۳۵
۱۲	۷۵	۸۵	۳۵	۲۸	۴۵
۱۷/۵	۹۵	۱۱۰	۴۵	۳۸	۶۰
۲۴	۱۲۵	۱۴۵	۵۵	۵۰	۷۵
۳۶	۱۷۰	۱۹۵	۷۵	۷۰	۱۰۰
۷۲/۵	۳۲۵	۳۷۵	۱۴۰	۱۴۰	۱۹۰

جدول ۵

۸-۷ شینه‌های مورداستفاده در تابلوها عموما" از جنس مس یا آلومینیوم با قابلیت هدایت الکتریکی و خواص مکانیکی خوب می‌باشند. دراین پیوست برای شینه‌های مسی از استاندارد VDE0201 و برای شینه‌های آلومینیومی از استاندارد VDE0202 استفاده شده است.

مشخصات شینه های مسی و آلومینیومی مطابق جدول ۶ است.

جنس و کدشناسایی	تنش کشش گسستن $R_m(N/mm^2)$	مدول الاستیسیته (مدول یانگ) $E(N/mm^2)$	کشش نهایی $R_{p0/2}$ حداقل N/mm^2	کشش نهایی $R'_{p0/2}$ حداکثر N/mm^2	سختی برنیل HB 10 N/mm^2	رسانایی در ۲۰°c $m/\Omega.mm^2$ حداقل
مس						
E-Cu F25	۲۵۰	۱۱×۱۰^۴	۲۰۰	۲۹۰	۷۰۰-۹۵۰	۵۶
E-Cu F30	۳۰۰	۱۱×۱۰^۴	۲۵۰	۳۶۰	۸۰۰-۱۰۵۰	۵۶
E-Cu F37	۳۷۰	۱۱×۱۰^۴	۳۳۰	۴۰۰	۹۵۰-۱۱۵۰	۵۵
آلومینیوم						
E-Al F6.5/7	۶۵/۷۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۲۵	۸۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۵/۴
E-Al F8	۸۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۵۰	۱۰۰	۲۲۰-۳۲۰	۳۵/۲
E-Al F10	۱۰۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۷۰	۱۲۰	۲۸۰-۳۸۰	۳۴/۸

جدول ۶

نوع ماده	چگالی Kg/dm^3	رسانایی در $20^\circ c$ $m/\Omega .mm^2$	رسانایی در $60^\circ c$ $m/\Omega .mm^2$	نسبت رسانایی بر چگالی	مقاومت ویژه در $20^\circ c$ $\Omega .mm^2/m$	غلظت جریان درحد دما[1] A/mm^2
مس E-Cu	۸/۹	۵۸	۴۸	۶/۳	۰/۰۱۷۸	۱۵۴
آلومینیوم E-Al	۲/۷	۳۵	۳۰	۱۳	۰/۰۲۸۶	۱۰۲

۱- چگالی درحد نامی، غلظت جریانی است که دمای هادی را از $35^\circ c$ تا $200^\circ c$ در مدت یک ثانیه بالا می‌برد.

ج -۲- حداکثر دمای پیوسته

برای شینه‌هایی که اتصالات آن با پیچ بوده و اکسیده نشده یا روغن‌کاری نشده باشند حدوداً $120^\circ c$ و درصورتیکه آبکاری نقره و یا شبیه به‌آن شده باشد این دما را می‌توان تا $160^\circ c$ درنظر گرفت.

باافزایش دما استحکام مواد هادی کاهش پیدا می‌کند، این اثر برای آلومینیوم سریعتر از مس می‌باشد، درحالت اتصال کوتاه دمای هادی آلومینیوم از $180^\circ c$ و دمای هادی مس از $200^\circ c$ نباید تجاوز

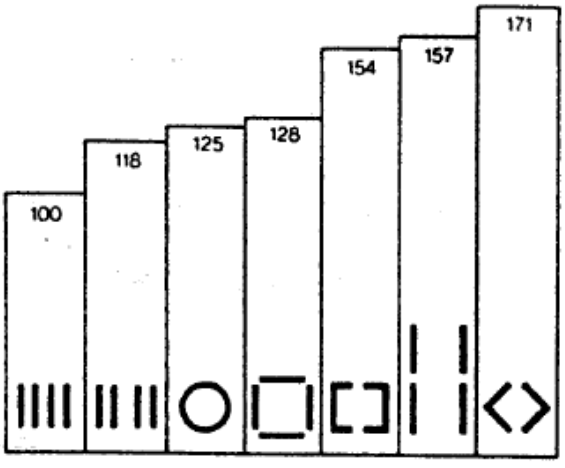
ج -۳- انتخاب شکل سطح مقطع شینه

شکل سطح مقطع هادی نه‌تنها بر روی استقامت پیچشی شینه موثر است بلکه روی ظرفیت باردهی شینه نیز اثرگذار می‌باشد. به هنگام استفاده از شینه در جریان مستقیم، به‌علت عدم‌وجود اثر پوستی، عامل مهم در انتخاب شکل سطح مقطع شینه، فقط تحمل حرارتی شینه درآن جریان می‌باشد.

در جریان متناوب، اثر پوستی عامل مهمی در افزایش مقاومت هادی می‌باشد، این اثر را می‌توان با انتخاب سطح مقطع مناسب کاهش داد، در جریانهای پایین شینه تکی یا دوبل تخت باتوجه‌به سهولت در نصب و فواصل مجاز کم، ترجیح داده می‌شود، و دراین حالت استفاده از شینه دوبل تلفات را پایین می‌آورد.

در جریانهای بالاتر از شینه‌های گرد (لوله‌ای) و ناودانی می‌توان استفاده نمود.

در شکل (۱) درصد باردهی شینه‌های مختلف که دارای سطح مقطع مجموع یکسان هستند با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۱

- جداول ظرفیت باردهی شینه‌های مختلف مسی و آلومینیومی

در جداول ۸ تا ۱۳ ظرفیت جریان پیوسته‌ای که هادیهای مسی و آلومینیومی می‌توانند از خود عبور دهند باتوجه‌به فرضیات زیر بدست آمده است:

الف- هوای محیط آرام و بدون حرکت است.

ب - قسمتهای اکسیده‌شده هادیهای لخت، دارای ضریب تشعشع ۰/۴ برای مس و ۰/۳۵ برای آلومینیوم هستند.

پ - هادیهای رنگ‌شده دارای ضریب تشعشع تقریبی ۰/۹ می‌باشند.

جداول مربوط به هادیهای مسی طبق استاندارد DIN ۴۳۶۷۱ و برای هادیهای آلومینیومی طبق DIN ۴۳۶۷۰ می‌باشد.

در جدول ۸ مشخصات باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی آمده است، در محاسبه مقادیر این جدول دمای محیط $35^{\circ}c$ و دمای هادی $65^{\circ}c$ درنظر گرفته شده است. فاصله بین دو شینه که

پهنا × ضخامت mm × mm	سطح مقطع mm^2	وزن[1] Kg/m	جنس ماده[2]	جریان پیوسته متناوب			
				تعداد هادی رنگشده		تعداد هادی لخت	
۱۲ × ۵	۵۹/۵	۰/۵۲۹	E-Cu F37	۲۰۳	۳۴۵	۱۷۷	۳۱۲
۱۲ × ۱۰	۱۱۹/۵	۱/۰۶۳	E-Cu F37	۳۲۶	۶۰۵	۲۸۵	۵۵۳
۲۰ × ۵	۹۹/۱	۰/۸۸۲	E-Cu F37	۳۱۹	۵۶۰	۲۷۴	۵۰۰
۲۰ × ۱۰	۱۹۹	۱/۷۷	E-Cu F30	۴۹۷	۹۲۴	۴۲۷	۸۲۵
۳۰ × ۵	۱۴۹	۱/۳۳	E-Cu F37	۴۴۷	۷۶۰	۳۷۹	۶۷۲
۳۰ × ۱۰	۲۹۹	۲/۶۶	E-Cu F30	۶۷۶	۱۲۰۰	۵۷۳	۱۰۶۰
۴۰ × ۵	۱۹۹	۱/۷۷	E-Cu F37	۵۷۳	۹۵۲	۴۸۲	۸۳۶
۴۰ × ۱۰	۳۹۹	۳/۵۵	E-Cu F30	۸۵۰	۱۴۷۰	۷۱۵	۱۲۹۰
۵۰ × ۵	۲۴۹	۲/۲۲	E-Cu F37	۶۹۷	۱۱۴۰	۵۸۳	۹۹۴
۵۰ × ۱۰	۴۹۹	۴/۴۴	E-Cu F30	۱۰۲۰	۱۷۲۰	۸۵۲	۱۵۱۰
۶۰ × ۵	۲۹۹	۲/۶۶	E-Cu F30	۸۲۶	۱۳۳۰	۶۸۸	۱۱۵۰
۶۰ × ۱۰	۵۹۹	۵/۳۳	E-Cu F30	۱۱۸۰	۱۹۶۰	۹۸۵	۱۷۲۰
۸۰ × ۵	۳۹۹	۳/۵۵	E-Cu F30	۱۰۷۰	۱۶۸۰	۸۸۵	۱۴۵۰
۸۰ × ۱۰	۷۹۹	۷/۱۱	E-Cu F30	۱۵۰۰	۲۴۱۰	۱۲۴۰	۲۱۱۰
۱۰۰ × ۵	۴۹۹	۴/۴۴	E-Cu F30	۱۳۰۰	۲۰۱۰	۱۰۸۰	۱۷۳۰
۱۰۰ × ۱۰	۹۸۸	۸/۸۹	E-Cu F30	۱۸۱۰	۲۸۵۰	۱۴۹۰	۲۴۸۰
۱۲۰ × ۵	۱۲۰۰	۱۰/۷	E-Cu F30	۲۱۱۰	۳۲۸۰	۱۷۴۰	۲۸۶۰

۱- وزن باتوجه‌به چگالی Kg/dm^3 ۸/۹ حساب شده است.

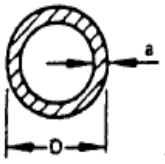
۲- مواد E-Cu و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500 Sheet 3 می‌باشند و لبه شبنه‌های تخت مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

جدول ۸

جدول ۹ شینه‌های مسی باسطح مقطع لوله‌ای‌شکل، دمای محیط c°۳۵،

دمای هادی c°۶۵ و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر با ۲/۵ برابر

قطر خارجی لوله می‌باشد



جریان پیوسته شینه		جنس ماده[۲]	وزن[۱] Kg/m	سطح مقطع mm	ضخامت جداره mm	قطر خارجی mm
لخت	رنگ‌شده					
۳۲۹	۳۸۴	E-Cu F37	۱/۰۱	۱۱۳	۲	۲۰
۳۹۲	۴۵۷	E-Cu F37	۱/۴۳	۱۶۰	۳	
۴۳۸	۵۱۲	E-Cu F30	۱/۷۹	۲۰۱	۴	
۴۷۵	۵۵۴	E-Cu F30	۲/۱۰	۲۳۶	۵	
	۵۹۱	E-Cu F25	۲/۳۵	۲۶۴	۶	
۵۰۶						
۵۰۸	۶۰۲	E-Cu F37	۱/۶۸	۱۸۸	۲	۳۲
۶۱۱	۷۲۵	E-Cu F37	۲/۴۴	۲۷۳	۳	
۶۹۳	۸۲۱	E-Cu F30	۳/۱۴	۳۵۲	۴	
۷۶۰	۹۰۰	E-Cu F30	۳/۷۸	۴۲۴	۵	
۸۲۱	۹۷۳	E-Cu F25	۴/۳۷	۴۹۰	۶	
۶۲۴	۷۴۴	E-Cu F37	۲/۱۳	۲۳۹	۲	۴۰
۷۵۳	۸۹۹	E-Cu F37	۳/۱۱	۳۴۹	۳	
۸۵۷	۱۰۲۰	E-Cu F30	۴/۰۴	۴۵۲	۴	
۹۴۴	۱۱۳۰	E-Cu F30	۴/۹۰	۵۵۰	۵	
۱۰۲۰	۱۲۲۰	E-Cu F25	۵/۷۲	۶۴۱	۶	
۹۲۸	۱۱۲۰	E-Cu F37	۳/۹۵	۴۴۳	۳	۵۰
۱۰۶۰	۱۲۷۰	E-Cu F30	۵/۱۶	۵۷۸	۴	
۱۱۷۰	۱۴۱۰	E-Cu F30	۶/۳۱	۷۰۷	۵	
۱۲۷۰	۱۵۳۰	E-Cu F25	۷/۴۰	۸۲۹	۶	
۱۴۲۰	۱۷۰۰	E-Cu F25	۹/۴۲	۱۰۶۰	۸	
۱۱۵۰	۱۳۹۰	E-Cu F30	۵/۰۴	۵۶۵	۳	۶۳
۱۳۲۰	۱۵۹۰	E-Cu F30	۶/۶۱	۷۴۱	۴	
۱۴۶۰	۱۷۶۰	E-Cu F30	۸/۱۳	۹۱۱	۵	
۱۵۹۰	۱۹۲۰	E-Cu F25	۹/۵۸	۱۰۷۰	۶	
۱۷۸۰	۲۱۵۰	E-Cu F25	۱۲/۳	۱۳۸۰	۸	
۱۴۴۰	۱۷۵۰	E-Cu F30	۶/۴۷	۷۲۶	۳	۸۰
۱۶۵۰	۲۰۱۰	E-Cu F30	۸/۵۲	۹۵۵	۴	
۱۸۲۰	۲۲۳۰	E-Cu F30	۱۰/۵	۱۱۸۰	۵	
۱۹۹۰	۲۴۳۰	E-Cu F25	۱۲/۴	۱۴۰۰	۶	
۲۲۴۰	۲۷۳۰	E-Cu F25	۱۶/۱	۱۸۱۰	۸	
۱۷۷۰	۲۱۷۰	E-Cu F30	۸/۱۵	۹۱۴	۳	۱۰۰
۲۰۳۰	۲۴۹۰	E-Cu F30	۱۰/۸	۱۲۱۰	۴	
۲۲۵۰	۲۷۶۰	E-Cu F30	۱۳/۳	۱۴۹۰	۵	
۲۴۶۰	۳۰۲۰	E-Cu F25	۱۵/۸	۱۷۷۰	۶	
۳۳۳۰	۳۴۱۰	E-Cu F25	۲۰/۶	۲۳۱۰	۸	

۱- محاسبات برای چگالی مس $8/9\ Kg/dm^3$ انجام شده است.

۲- مواد E-Cu یا سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500، Sheet 2 می‌باشد و لوله‌ها مطابق DIN 1754 می‌باشد.

جدول ۹

۱۰

مشخصات باردهی شین مسی از پروفیل U برای جریان متناوب در جدول (ج-۵) امده است که

دراین جدول محاسبات براساس دمای محیط ۳۵°c و دمای هادی ۶۵°c درنظر گرفته شده است.

جدول ج-۵

تعداد شینه‌های هر فاز													
						[		[]					
ابعاد پروفیل برحسب میلیمتر					جنس	مقطع	وزن	لخت	رنگشده	مقطع	وزن	لخت	رنگشده
Nr.	h	b	s	d	E-Cu	mm'	Kg/m	A	A	mm'	Kg/m	A	A
۶	۶۰	۳۰	۴	۲۵	F30	۴۴۸	۳/۹۹	۹۹۰	۱۱۰۰	۸۹۶	۷/۹۸	۲۱۰۰	۲۲۵۰
۸	۸۰	۳۷/۵	۶	۲۵	F30	۸۵۸	۷/۶۵	۱۶۵۰	۱۸۰۰	۱۷۲۰	۱۵/۳	۲۹۰۰	۳۲۰۰
۱۰	۱۰۰	۳۷/۵	۸	۲۵	F30	۱۲۷۰	۱۱/۳	۲۳۰۰	۲۵۰۰	۲۵	۲۲/۶	۳۹۰۰	۴۳۰۰

۱۱

در جدول (ج-۶) مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی آمده است، در محاسبه مقادیر، دمای محیط ۳۵°c و دمای هادی ۶۵°c درنظر گرفته شده است. و فاصله بین دو شینه که بطورعمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته‌اند برابر ضخامت شینه می‌باشد.

جدول ۱۱

پهنا × ضخامت mm × mm	سطح مقطع mm²	وزن[1] Kg/m	جنس ماده[2]	جریان پیوسته متناوب تا فرکانس ۶۰ هرتز			
				تعداد هادی رنگ‌شده		تعداد هادی لخت	
۱۲ × ۵	۵۹/۵	۰/۱۶۰	E-Al F10	۱۶۰	۲۹۲	۱۳۹	۲۶۳
۱۲ × ۱۰	۱۱۹/۵	۰/۳۲۲	E-Al F10	۲۵۷	۴۹۰	۲۲۴	۴۴۰
۲۰ × ۵	۹۹/۱	۰/۲۶۸	E-Al F10	۲۵۴	۴۴۶	۲۱۴	۳۹۲
۲۰ × ۱۰	۱۹۹	۰/۵۳۸	E-Al F10	۳۹۳	۷۳۰	۳۳۱	۶۴۳
۳۰ × ۵	۱۴۹	/۴۰۳	E-Al F10	۳۵۶	۶۰۶	۲۹۵	۵۲۶
۳۰ × ۱۰	۲۹۹	۰/۸۰۸	E-Al F10	۵۳۶	۹۵۶	۴۴۵	۸۳۲
۴۰ × ۵	۱۹۹	۰/۵۳۸	E-Al F10	۴۵۶	۷۶۲	۳۷۶	۶۵۸
۴۰ × ۱۰	۳۹۹	۱/۰۸	E-Al F10	۶۷۷	۱۱۸۰	۵۵۷	۱۰۳۰
۵۰ × ۵	۲۴۹	۰/۶۷۳	E-Al F10	۵۵۶	۹۱۶	۴۵۵	۷۸۶
۵۰ × ۱۰	۴۹۹	۱/۳۵	E-Al F10	۸۱۵	۱۴۰۰	۶۶۷	۱۲۱۰
۶۰ × ۵	۲۹۹	۰/۸۰۸	E-Al F10	۶۵۵	۱۰۷۰	۵۳۳	۹۱۰
۶۰ × ۱۰	۵۹۹	۱/۶۲	E-Al F10	۹۵۱	۱۶۱۰	۷۷۴	۱۳۹۰
۸۰ × ۵	۳۹۹	۱/۰۸	E-Al F10	۸۵۱	۱۳۶۰	۶۸۸	۱۱۵۰
۸۰ × ۱۰	۷۹۹	۲/۱۶	E-Al F10	۱۲۲۰	۲۰۰۰	۹۸۳	۱۷۲۰
۱۰۰ × ۵	۴۹۹	۱/۳۵	E-Al F6.5	۱۰۵۰	۱۶۵۰	۸۴۶	۱۳۹۰
۱۰۰ × ۱۰	۹۹۹	۲/۷۰	E-Al F6.5	۱۴۸۰	۲۳۹۰	۱۱۹۰	۲۰۵۰
۱۰۰ × ۱۵	۱۵۰۰	۴/۰۴	E-Al F6.5	۱۸۰۰	۲۹۱۰	۱۴۵۰	۲۵۰۰
۱۲۰ × ۱۰	۱۲۰۰	۳/۲۴	E-Al F6.5	۱۷۳۰	۲۷۵۰	۱۳۹۰	۲۳۶۰
۱۲۰ × ۱۵	۱۸۰۰	۴/۸۶	E-Al F6.5	۲۰۹۰	۳۳۲۰	۱۶۸۰	۲۸۵۰

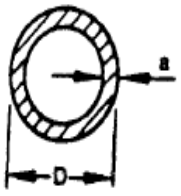
۱۲

۱- وزن بانوجه به چگالی ۲/۷Kg/dm³ محاسبه شده است.

۲- مواد E-Al و سایر مواد بانوجه‌به استاندارد DIN 40501, Sheet 3 برده و لبه شینه‌های تخت مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده‌اند.

مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی لوله‌ای‌شکل در جدول (۶-۷) آمده است، دمای

محیط c °۳۵ و دمای هادی c °۶۵ درنظر گرفته شده است و فاصله بین خط مرکزی دو فاز مجاور بزرگتر یا برابر با ۲ برابر قطر خارجی شینه می‌باشد.



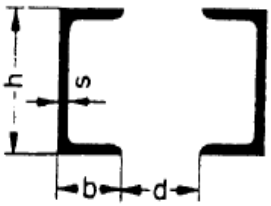
جدول ۱ ۱۲/۰۰۰ شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع لوله‌ای‌شکل، دمای محیط c °۳۵، دمای هادی c °۶۵ و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر با ۲/۵ برابر قطر خارجی لوله می‌باشد

جریان پیوسته شینه		جنس ماده	وزن Kg/m	سطح مقطع mm²	ضخامت جداره mm	قطر خارجی mm
لخت	رنگشده					
۲۵۷	۳۰۵	E-Al F10	۰/۳۰۵	۱۱۳	۲	۲۰
۳۰۵	۳۶۳	E-Al F10	۰/۴۳۳	۱۶۰	۳	
۳۴۲	۴۰۷	E-Al F10	۰/۵۴۴	۲۰۱	۴	
۳۷۰	۴۴۰	E-Al F10	۰/۶۳۶	۲۳۶	۵	
۳۹۲	۴۶۵	E-Al F10	۰/۷۱۳	۲۶۴	۶	
۳۹۵	۴۷۸	E-Al F10	۰/۵۰۹	۱۸۸	۲	۳۲
۴۷۶	۵۷۵	E-Al F10	۰/۷۳۹	۲۷۳	۳	
۵۳۹	۶۵۳	E-Al F10	۰/۹۵۰	۳۵۲	۴	
۵۹۲	۷۱۶	E-Al F10	۱/۱۵	۴۲۴	۵	
۶۳۶	۷۶۹	E-Al F10	۱/۳۲	۴۹۰	۶	
۴۸۵	۵۹۱	E-Al F10	۰/۶۴۵	۲۳۹	۲	۴۰
۵۹۵	۷۱۴	E-Al F10	۰/۹۴۲	۳۴۹	۳	
۶۶۷	۸۱۳	E-Al F10	۱/۲۲	۴۵۲	۴	
۷۴۳	۸۹۶	E-Al F10	۱/۴۸	۵۵۰	۵	
۷۹۲	۹۶۶	E-Al F10	۱/۷۳	۶۴۱	۶	
۷۲۰	۸۸۶	E-Al F10	۱/۲۰	۴۴۳	۳	۵۰
۸۲۲	۱۰۱۰	E-Al F10	۱/۵۶	۵۷۸	۴	
۹۰۹	۱۱۲۰	E-Al F10	۱/۹۱	۷۰۷	۵	
۹۸۳	۱۲۱۰	E-Al F10	۲/۲۴	۸۲۹	۶	
۱۱۱۰	۱۳۷۰	E-Al F7	۲/۸۵	۱۰۶۰	۸	
۱۲۱۰	۱۴۹۰	E-Al F7	۳/۳۹	۱۲۶۰	۱۰	
۸۹۲	۱۱۱۰	E-Al F10	۱/۵۳	۵۶۵	۳	۶۳
۱۰۲۰	۱۲۷۰	E-Al F10	۲/۰۰	۷۴۱	۴	
۱۱۳۰	۱۴۰۰	E-Al F10	۲/۴۶	۹۱۱	۵	
۱۲۳۰	۱۵۲۰	E-Al F10	۲/۰۰	۱۰۷۰	۶	
۱۳۹۰	۱۷۳۰	E-Al F7	۳/۷۳	۱۳۸۰	۸	

ادامه جدول ۱۲

قطر خارجی mm	ضخامت جداره mm	سطح مقطع mm^2	وزن Kg/m	جنس ماده	جریان پیوسته شینه	
					رنگ‌شده	لخت
۸۰	۳	۷۲۶	۱/۹۶	E-Al F10	۱۳۹۰	۱۱۱۰
	۴	۹۵۵	۲/۵۸	E-Al F10	۱۶۰۰	۱۲۸۰
	۵	۱۱۸۰	۳/۱۸	E-Al F10	۱۱۷۰	۱۴۲۰
	۶	۱۴۰۰	۳/۷۷	E-Al F10	۱۹۲۰	۱۵۴۰
	۸	۱۸۱۰	۴/۸۹	E-Al F7	۲۲۰۰	۱۷۶۰
	۱۰	۲۲۰۰	۵/۹۴	E-Al F7	۲۴۱۰	۱۹۲۰
۱۰۰	۳	۹۱۴	۲/۴۷	E-Al F10	۱۷۲۰	۱۳۷۰
	۴	۱۲۱۰	۳/۲۶	E-Al F10	۱۹۸۰	۱۵۷۰
	۵	۱۴۹۰	۴/۰۳	E-Al F10	۲۲۰۰	۱۷۵۰
	۶	۱۷۷۰	۴/۷۸	E-Al F10	۲۳۹۰	۱۹۰۰
	۸	۲۳۱۰	۶/۲۴	E-Al F7	۲۷۴۰	۲۱۷۰
۱۲۰	۴	۱۴۶۰	۳/۹۴	E-Al F10	۲۳۶۰	۱۸۶۰
	۵	۱۸۱۰	۴/۸۸	E-Al F10	۲۶۲۰	۲۰۷۰
	۶	۲۱۵۰	۵/۸۰	E-Al F10	۲۸۶۰	۲۲۵۰
	۸	۲۸۲۰	۷/۶۰	E-Al F7	۳۲۷۰	۲۵۸۰
	۱۰	۳۴۶۰	۹/۳۳	E-Al F7	۳۵۹۰	۲۸۳۰
۱۶۰	۴	۱۹۶۰	۵/۲۹	E-Al F10	۳۱۱۰	۲۴۳۰
	۵	۲۴۴۰	۶/۵۷	E-Al F10	۳۴۶۰	۲۷۱۰
	۶	۲۹۰۰	۷/۸۴	EAlu F10	۳۷۸۰	۲۹۵۰
	۸	۳۸۲۰	۱۰/۳	E-Al F7	۴۳۴۰	۳۳۹۰
	۱۰	۴۷۱۰	۱۲/۷	E-Al F7	۴۷۶۰	۳۷۲۰

مشخصات باردهی شینه آلومینیومی از پروفیل U برای جریان متناوب و دمای محیط $35^{\circ}c$ و دمای هادی $65^{\circ}c$ در جدول ۱۳ آورده شده است. هنگامیکه شکل پروفیل بصورت [] قرار گرفته است، و فاصله بین خط مرکز دو فاز بزرگتر یا مساوی 2h می‌باشد. مواد استفاده‌شده E-Al و یا سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40501, Sheet 3 می‌باشد.



جدول (ج-۸)
۱۳

جریان پیوسته شینه				جنس ماده	وزن		سطح مقطع		ابعاد			
لخت		رنگشده			[ ]	[]	[ ]	[]	d	s	b	h
[]	[ ]	[]	[ ]		Kg/m	Kg/m	mm²	mm²	mm	mm	mm	mm
۱۳۷۰	۶۸۵	۱۸۰۰	۸۸۰	E-Al F6.5	۲/۴۴	۲/۲۲	۸۹۶	۴۴۸	۲۵	۴	۳۰	۶۰
۲۰۰۰	۱۱۴۰	۲۵۴۰	۱۲۶۰	E-Al F8	۴/۶۴	۲/۳۲	۱۲۷۰	۸۵۸	۲۵	۶	۳۷/۵	۸۰
۲۷۰۰	۱۵۵۰	۳۴۵۰	۲۰۰۰	E-Al F8	۶/۹۴	۳/۴۷	۲۵۴۰	۱۲۷۰	۲۵	۸	۳۷/۵	۱۰۰

ج ـ ایب تصحیح

درصورتیکه شرایط واقعی با شرایط فرض‌شده در جداول ۸ تا ۱۳ فرق داشته باشد بایستی جریان خواندەشده از جدول بصورت زیر تصحیح گردد.

$$I_{con} = I_{table} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5$$

که در فرمول فوق:

I_{con} : جریان پیوسته‌ایست که شینه می‌تواند از خود عبور دهد.

I_{table} : مقدار جریان خواندەشده از جداول ۸ تا ۱۳ باتوجه‌به سطح مقطع انتخابی می‌باشد.

k_1 : ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به تغییرات رسانایی می‌باشد.

k_2 : ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به تغییرات دمای محیط و شینه از مقادیر فرض‌شده می‌باشد.

k_3 : ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به تاثیرات حرارتی ناشی از نحوه قرار گرفتن شینه‌ها نسبت به هم می‌باشد.

k_4 : ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به تاثیرات الکتریکی ناشی از نحوه قرار گرفتن شینه‌ها نسبت به هم می‌باشد.

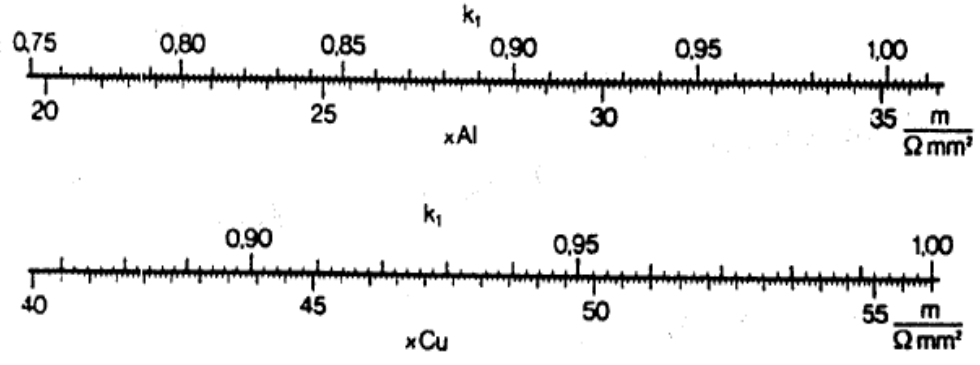
k_5 : ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به ارتفاع نصب تابلو از سطح دریا می‌باشد.

- ضریب تصحیح k_1

باتوجه‌به جنس شینه و رسانایی ماده مورد استفاده بایستی جریان خوانده‌شده از جداول ۸ تا ۱۳ تصحیح گردد. در شکل ۲ ضریب تصحیح k_1 برای شینه آلومینیومی و مسی آمده است.

تغییر مقدار رسانایی برای آلومینیوم از مقدار $35/1\ m/\Omega mm^2$ و برای مس از $56\ m/\Omega mm^2$ درنظر گرفته شده است.

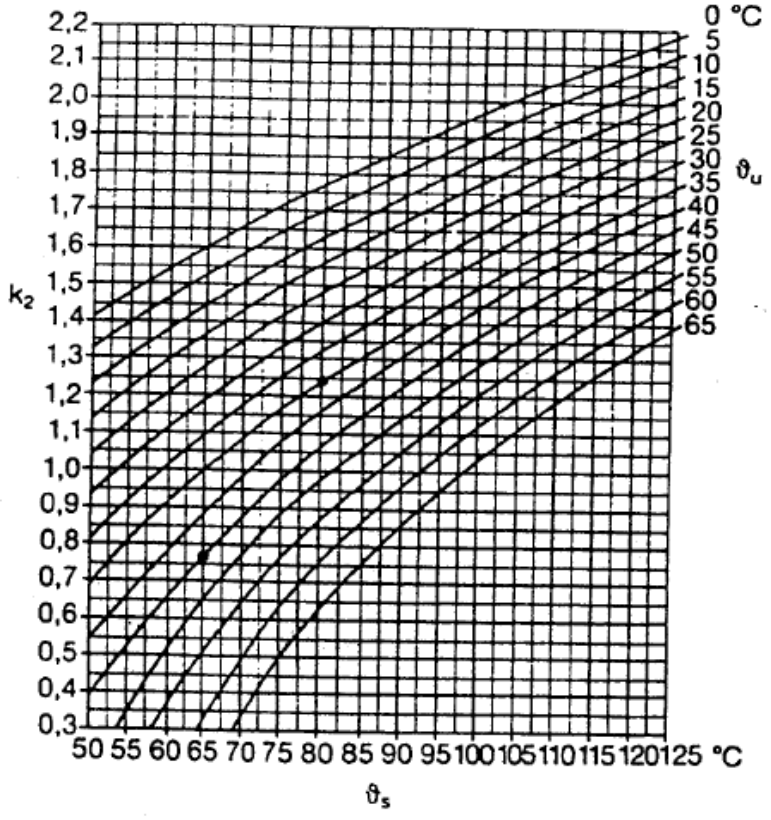
برای مثال شینه آلومینیوم با $k = 30\ m/\Omega mm^2$ ضریب تصحیح برابر ۰/۹۲۵ می‌شود.



شکل ۲ ضریب تصحیح K_1 با تغییر رسانایی ماده مورداستفاده

- ضریب تصحیح k_2

اگر دمای محیط و شینه با مقادیر درنظر گرفته‌شده در جداول ۸ تا ۱۳ فرق داشته باشد ضریب تصحیح مطابق شکل ۳ بدست می‌آید.



شکل ۳ ضریب تصحیح k_2 برای مقادیر دمای غیر از ۳۵° c برای هوا و ۶۵° c برای هادی، θ_s دمای شینه θ_u دمای متوسط هوا در ۲۴ ساعت

هنگام انتخاب سطح مقطع شینه، باید توجه شود که حداکثر دمای عملکرد مجاز تجهیزات و اتصالات و مواد عایقی مربوطه مناسب این کار باشد.

برای مثال، اگر $\theta_u = ۳۵° c$ و دمای حداکثر شینه ۸۰° c (ازدیاد حرارت ۴۵°) ضریب $k_2 = ۱/۲۴$ می‌شود و برای دمای محیط $\theta_u = ۴۵°$ و دمای شینه $\theta_s = ۶۵° c$ (ازدیاد حرارت ۲۰°) ضریب $k_2 = ۰/۷۷$ می‌شود.

- ضریب تصحیح k_3

ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به اثر حرارتی با درنظر گرفتن نحوه قرارگیری شینه‌ها، به هنگامیکه شینه‌ها بصورت دوبل و پهنای آن بصورت افقی قرار گرفته است بصورت زیر می‌باشد (برای شینه‌هایی به عرض ۲۰۰-۵۰ میلیمتر و ضخامت ۱۰-۵ میلیمتر)

برای شینه‌های رنگ‌شده $k_3 = ۰/۸۵$.

برای شینه‌های رنگ‌شده k_τ = ۰/۸۵ .

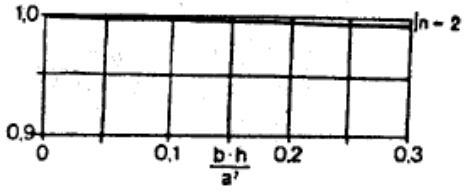
برای شینه‌های رنگ‌نشده k_τ = ۰/۸ .

(لازم به ذکر است که نصب شینه‌ها بطورافقی، به‌علت تشعشع حرارتی نامناسب‌تر و خنک شدن کمتر، باعث کاهش باردهی شینه می‌شود)

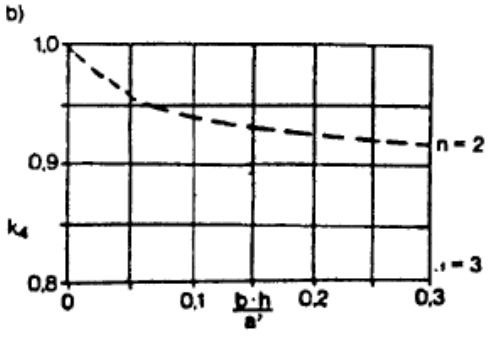
- ضریب تصحیح k_τ

ضریب تصحیح جریان باتوجه‌به اثر الکتریکی با درنظر گرفتن نحوه قرارگیری شینه‌ها برای شینه‌های مسی و آلومینیومی در شکل ۴ و ۵ آمده است.

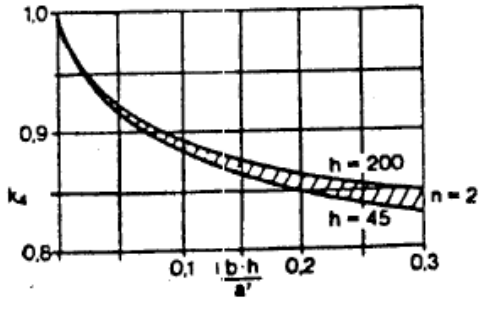
الف-



ب -



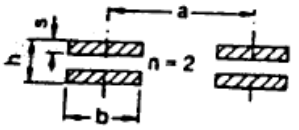
پ -



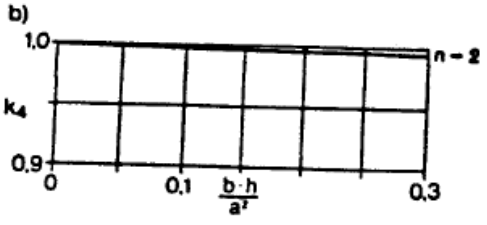
شکل ۴ ضریب تصحیح k_τ با درنظر گرفتن اثر پوستی برای شینه‌های آلومینیومی و فواصل کم بین فازها

الف- ضریب تصحیح k_τ برای ضخامت شینه s=۵ mm، ب - ضریب تصحیح k_τ برای ضخامت شینه s=۱۰ mm، پ - ضریب تصحیح k_τ برای ضخامت شینه s=۱۵ mm

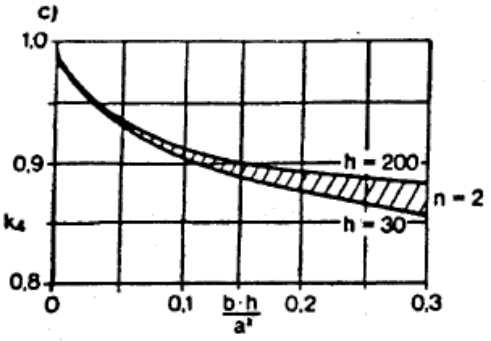
الف-



ب -



پ -



شکل ۵ ضریب تصحیح k_4 برای تاثیراثر پوستی برای هادی مسی بادرنظرگرفتن فاصله‌کم بین فازها

الف- مثال از نوع شکل قرار گرفتن هادی برای $n = ۲$

ب - ضریب تصحیح k_4 برای ضخامت هادی $s = ۵$ mm

پ - ضریب تصحیح k_4 برای ضخامت هادی $s = ۱۰$ mm بصورت تابعی از $b.h/a^۲$ که b، h و a برحسب میلیمتر می‌باشد و n تعداد هادیها در هر فاز می‌باشد.

۰ ضریب تصحیح k_5

ضریب تصحیح جریان (k_5) باتوجه‌به ارتفاع و فشار محل نصب شینه در جدول ۱۴ آمده است.

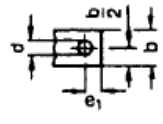
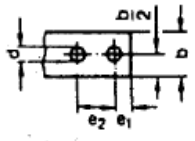
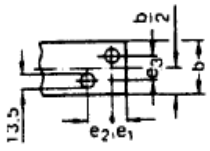
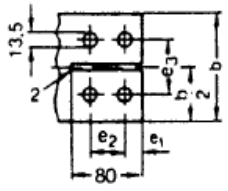
جدول ۱۴ ضریب تصحیح k_5 برای نصب شینه‌ها در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا

ارتفاع بالاتر از سطح دریا	ضریب تصحیح k_5
۱۰۰۰	۱
۲۰۰۰	۰/۹۹
۳۰۰۰	۰/۹۶
۴۰۰۰	۰/۹

- اتصالات شین

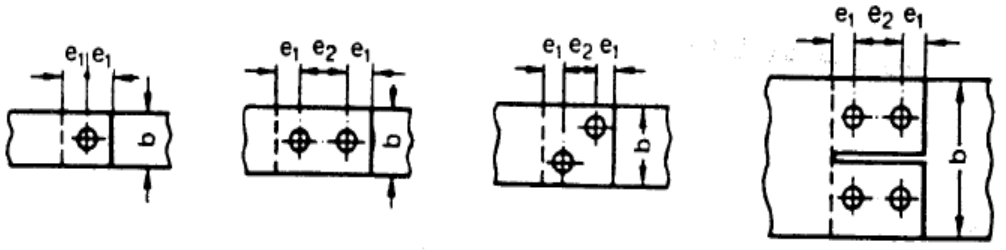
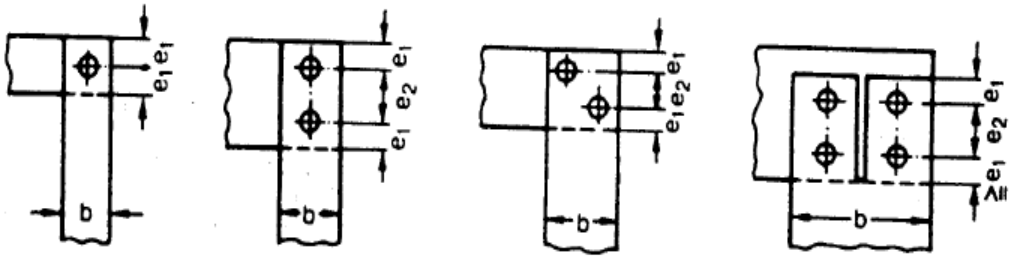
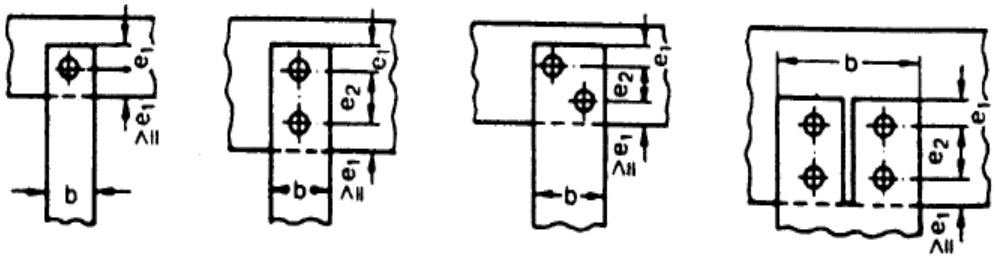
به هنگام ارتباط شینها به یکدیگر و گرفتن انشعاب باید دقت شود که مقاومت شین در محل اتصال تا حد امکان کوچک نگهداشته شود. تا از ازدیاد حرارت در محل اتصال جلوگیری گردد. به هنگام اتصال دو شینه سطح تماس بایستی بوسیله سوهان یا برس سیمی کاملا" تمیز گردد. سپس باتوجه‌به جداول زیر تعداد و اندازه سوراخها بر روی شینه مشخص شده و اتصال توسط پیچ و مهره صورت گیرد.

جدول ۱۵ طرز آماده کردن شینه‌های تخت برای اتصال (ابعاد به میلیمتر)

پهنای هادی	۱۲-۵۰			۲۵-۶۰			۶۰			۸۰-۱۲۰		
شکل	I			II			III			IV		
سوراخ انتهای شین												
ابعاد	b	d	e_1	d	e_1	e_2	e_1	e_2	e_3	e_1	e_2	e_3
	۱۲	۵/۵	۶	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	۱۵	۶/۶	۷/۵	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	۲۰	۹	۱۰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	۲۵	۱۱	۱۲/۵	۱۱	۲/۵	۳۰	—	—	—	—	—	—
	۳۰	۱۱	۱۵	۱۱	۱۵۱	۳۰	—	—	—	—	—	—
	۴۰	۱۳/۵	۲۰	۱۳/۵	۲۰	۴۰	—	—	—	—	—	—
	۵۰	۱۳/۵	۲۵	۱۳/۵	۲۰	۴۰	—	—	—	—	—	—
	۶۰	—	—	۱۳/۵	۲۰	۴۰	۱۷	۲۶	۲۶	—	—	—
	۸۰	—	—	—	—	—	—	—	—	۲۰	۴۰	۴۰
	۱۰۰	—	—	—	—	—	—	—	—	۲۰	۴۰	۵۰
	۱۲۰	—	—	—	—	—	—	—	—	۲۰	۴۰	۶۰

رواداریهای مجاز برای فواصل مرکز سوراخها برابر ۰/۳ ± میلیمتر می‌باشد.

جدول ۱۶ مثالهایی از اتصالات پیچ و مهره‌ای برای شینه‌های تخت

اتصال طولی	
اتصال با زاویه	
اتصال صلیبی	

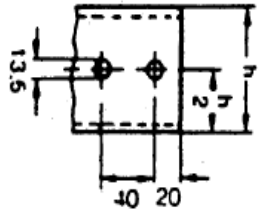
مقادیر نمونه‌ای b، d و e_1 و e_2 در جدول ۱۵ آمده است.

در اتصالاتی که فقط از یک پیچ استفاده شده است باید اطمینان حاصل شود تا از شل شدن اتصال جلوگیری گردد. در اتصالات صلیبی پهنای شینه افقی (شینه اصلی) بزرگتر یا برابر شینه انشعابی باید باشد.

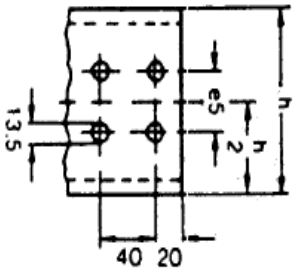
جدول ۱۷ سوراخهای لازم جهت اتصالات شین Uشکل (ابعاد به میلیمتر)

سوراخ انتهای شین

شینه به پهنای ۶۰ تا ۸۰ میلیمتر



شینه به پهنای ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلیمتر



مقادیر نمونه‌ای e_5 در جدول ۱۸ آمده است.

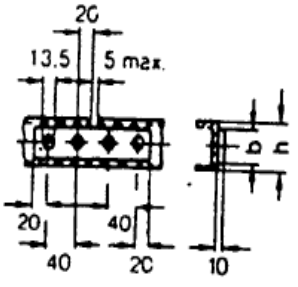
h برابر ارتفاع پروفیل Uشکل می‌باشد.

رواداری مجاز برای فواصل مرکز سوراخها برابر ۰/۳ ± میلیمتر می‌باشد.

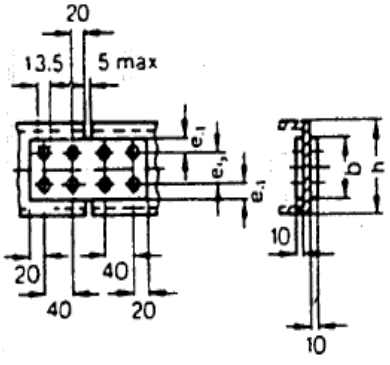
برای اتصال شینه‌های لوله‌ای و یا پروفیل Uشکل از کلمپهای مخصوص باید استفاده نمود. طرز آماده کردن‌محل ارتباط شینه‌ها به همراه اشکال مربوطه در زیر آمده است.

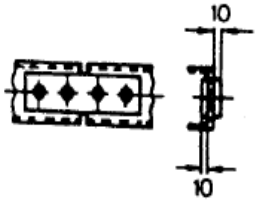
جدول ۱۸ نمونه‌هایی از اتصالات طولی در شبنه از نوع پروفیل ∟ شکل (ابعاد به میلیمتر)

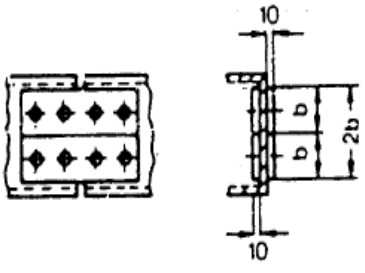
پهنای هادی از ۶۰ تا ۸۰ میلیمتر



پهنای هادی از ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلیمتر



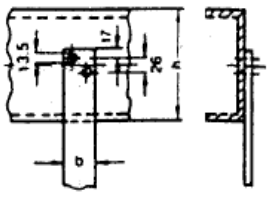




h	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۶۰
b	۵۰	۵۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۶۰
e_4	—	—	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰
e_5	—	—	۴۰	۴۰	۵۰	۶۰

جدول ۱۹ نمونه‌هایی از اتصالات صلیبی در شینه‌هایی از نوع پروفیل Uشکل

(ابعاد برحسب میلیمتر)



برای b = ۱۲-۵۰ mm

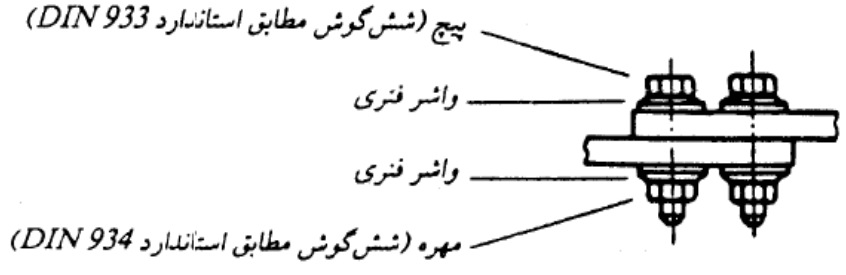
مناسب برای انواع پروفیلهای Uشکل

برای b = ۶۰ mm

برای پروفیلهای U و U80

b	۱۲	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
d	۵/۵	۶/۶	۹	۱۱	۱۱	۱۳/۵	۱۳/۵	۱۳/۵

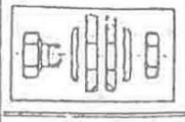
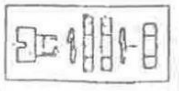
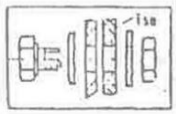
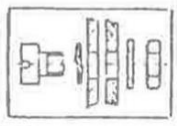
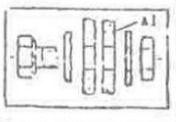
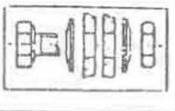
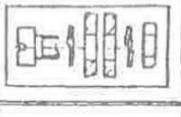
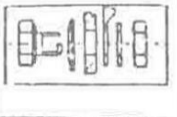
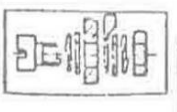
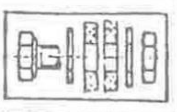
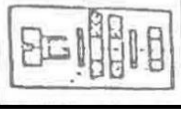
شکل ۶ طرز ارتباط شین با پیچ و مهره را نشان می‌دهد.

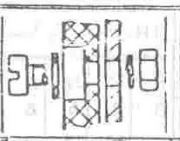
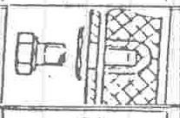
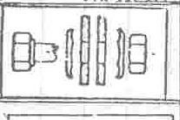
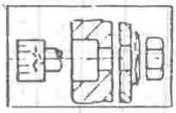
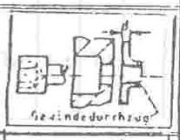
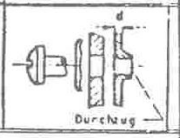
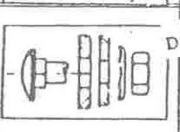
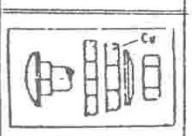
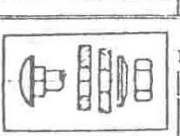
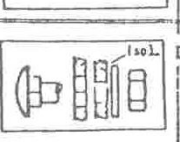
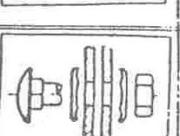
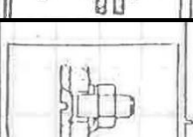
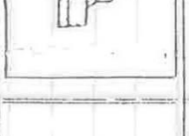


شکل ۶

دستور العمل کارگاهی برای تنظیم گشتاور اتصالات پیچ و مهره‌ای

محدوده، کاربرد: پیچ و مهره گالوانیزه (گالوانیزه‌گرم) و روغن‌کاری شده

مورد مصرف	نحوه اتصالات		میزان گشتاور (N.m)									
			M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
اتصالات قطعات آهنی بطور عمومی و همچنین بستن دستگاههای بدنه آهنی به یکدیگر		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 ۲عدد واشر خاردار SN 70093 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	7.2	12	30	60	105	260	505	865
		پیچ سراستوانه‌ای DIN 84-4/8 ۲ عدد واشر فنری DIN 127 مهره شش گوش DIN 934-8	0.67	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-
اتصال آهن ب صفحات عایق		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 ۱عدد واشر خاردار SN 70093 ۱ عدد واشر تخت DIN 9021 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	3.7	6.4	15.8	31.1	54.8	134	263	452
		پیچ سراستوانه‌ای DIN 933-8/8 ۱ عدد واشر تخت SN 70093 ۱ عدد واشر فنری DIN 9021 مهره شش گوش DIN 934-8	0.7	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-
= اتصل آهن با آلومینیوم بخاطر جنس بدنه‌ها		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 ۱عدد واشر خاردار SN 70093 ۱ عدد واشر تخت DIN 9021 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	2.5	4	10	20	35	85	115	280
			-	-	5	8	20	40	70	170	330	560
اتصال مس با مس بطورمثال: ابزار دقیق		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 واشر فنری DIN 6796 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	5	8	20	40	70	170	330	560
کلیدها باسباها اتصار		پیچ سراستوانه‌ای DIN 84-4/8 ۲ عدد واشر فنری DIN 127 مهره شش گوش DIN 934-4	0.67	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-
اتصالات کابل‌ها سرسیم‌ها و کابلشوها باگشتاور داده شده		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 ۱عدد واشر تخت DIN 125 ۱ عدد واشر فنری DIN 6796 مهره شش گوش DIN 934-4	-	-	5	8	20	40	70	170	330	560
برای ۲ اتصال هم قابل استفاده است		پیچ سر استوانه‌ای DIN 84-4/8 واشر تخت DIN 125 واشر فنری(۲عدد) DIN 127 مهره شش گوش DIN 934-4	0.67	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-
صفحه، عایق یا صفحه عایق شده (با پوشش عایقی)		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 ۲ عدد واشر تخت DIN 9021 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	3.7	6.4	15.8	31.1	54.8	134	263	452
		پیچ سر استوانه‌ای DIN 84-4/8 ۲ عدد واشر تخت DIN 125 مهره شش گوش DIN 934-4	0.7	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-

مورد مصرف	نحوه اتصالات		میزان گشتاور (N.m)									
			M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
اتصال قطعات ساخته شده از عایق		پیچ سر استوانه‌ای DIN 84-4/8 واشر تخت DIN 125 واشر فنری DIN 127 مهره شش گوش DIN 934-4	0.7	1.5	3	-	-	-	-	-	-	-
اتصال قطعات ریخته‌گری رزوه (دنده) شده		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 واشر خاردار SN 70093	-	-	3.7	6.4	15.2	31.1	54.8	134	263	452
اتصال قطعات آلومینیومی با آلومینومی		پیچ شش گوش DIN 933-8/8 واشر فنری SN 70093 مهره شش گوش DIN 9021	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با آهنی		پیچ آلن DIN 912-8/8 واشر خاردار SN 70093 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	12	30	-	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با آهنی برای $d \geq 4mm$		پیچ آلن DIN 912-8/8	-	-	-	3.6	8.7	17	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با آهن برای $d \geq 4mm$		پیچ سرعدسی SN 68003 ST واشر خاردار SN 70093	-	-	4	6.4	-	-	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با آهنی		پیچ سرگرد باخارچنار پر DIN603-8/8 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	12	30	60	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با مسی		پیچ سرگردخارچنار پر DIN 603-8/8 واشر فنری DIN 6796 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-
اتصال قطعات مسی با مسی		پیچ سرگردخارچنار پر DIN 603-8/8 واشر فنری DIN 6796 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با مواد عایقی		پیچ سرگردخارچنار پر DIN 603-8/8 واشر تخت DIN 125 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	-	-	31	-	-	-	
اتصال قطعات آهنی با آهنی		پیچ سرگردخارچنار پر DIN 603-8/8 ۲ عدد واشر خاردار SN 70093 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	-	-	60	-	-	-	-
اتصال قطعات آهنی با آهنی		پیچ سر خزینه DIN 964-4/8 واشر فنری DIN 6796 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	3	5.1	12.6	24.5	-	-	-	-
		پیچ سر خزینه DIN 964-5/6 واشر فنری DIN 6796 مهره شش گوش DIN 934-8	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-
قطعات آهنی با آهنی			-	1.5	3	5.1	12.6	-	-	-	-	-
قطعات آهنی با مواد عایق		واشر تخت DIN 125 مهره شش گوش DIN 934-8	-	1.5	3	5.1	12.6	-	-	-	-	-
قطعات آهنی با پلاکسی گلاس			-	1.5	2.5	4.5	10	-	-	-	-	-

۹- رنگ آمیزی تابلوهای برق و مراحل آن

متناسب با شرایط محل نصب و همچنین شرایط بهره رداری بایشتی تابلوهای برق رنگ آمیزی شود.

مراحل رنگ آمیزی تابلوهای برق عبارتست از:

۱- چربی زدایی

۲- زنگ زدایی

۳- فسفاته کاری

۴- رنگ کاری

هریک از پروسه های فوق متناسب با شرایط محیطی محل نصب و بهره برداری متفاوت خواهد بود که مطابق با استاندارد بایستی اجرا گردد.

۱۰- طریقه صحیح تحویل گیری و حمل تابلوها

تابلوهایی که باید در پستهای توزیع برق نصب شوند ، طبق مشخصات فنی خریدار در کارخانه سازنده ، مونتاژ و بعد از تکمیل برگه آزمون های معمول (روتین) کارخانه ، به محل پست حمل می گردند. البته آزمون نوعی که برای تأیید مشخصه های طراحی است قبلاً بر روی نمونه ای از تابلوها انجام گرفته است . مدارکی که همراه با تابلوها از طرف کارخانه سازنده ، همراه با تابلو تحویل خریدار می شود عبارت از برگه های آزمون نوعی و روتین و دستورالعمل ها نصب و راه اندازی ، بهره برداری ، سرویس و نگهداری و تعمیرات و عیب یابی تابلوها می باشد. تابلوهایی که بصورت دمونتاژ به خریدار تحویل می شود بایستی نقشه مونتاژ تابلو هم به خریدار تحویل شود ، آزمون روتین بعد از مونتاژ و نصب تابلو در محل بایستی انجام شود . برای جلوگیری از صدمات مکانیکی و یا تأثیرات محیطی ناشی از حمل و نقل و پیاده کردن تابلو و یا انبار نمودن تابلوها بایستی تابلوها بعد از ساخت بگونه ای مناسب بسته بندی شوند. بر روی بسته بندی اطلاعات لازم از جمله نام شرکت سازنده ، بایستی درج شده باشد. قبل از تخلیه تابلو از وسیله نقلیه می باید از وضعیت ظاهری آن بازدید و پس از تخلیه از بدنه ، چهارچوب و درب تابلوها ، معاینه ی دقیقی بعمل آید و درصورت آسیب دیدگی ، مراتب به کارخانه سازنده گزارش شود.

باید دقت شود که تابلوها همواره در حالت قائم جابجا شوند و دقت شود که چون نصب تابلوها در آخرین مرحله از عملیات ساختمانی پست انجام می گیرد ، بنابراین تحویل ، بارگیری و حمل تابلوها باید زمانی انجام شود که بمحض تخلیه تابلو در محل پست ، نصب آن آغاز شود.

۱۱- نحوه ی نصب تابلوهای LV

در این قسمت نکات کلی برای نصب تابلوهای LV و MV بیان می شود. این نکات به همراه توصیه های کارخانه سازنده در این مورد باید استفاده شود.

۱- ۱۱ نکاتی که قبل از نصب تابلو ها بایستی رعایت گردد عبارتند از:

- محوطه های جداگانه برای تابلوهای LV و MV توصیه می گردد. البته اگر هر دو تابلو تمام بسته باشند ، نصب هر دو تابلو در یک محوطه مشکلی ایجاد نمی کند.
- محوطه و محل نصب تابلوها باید طوری باشد تا آبهای سطحی جاری و یا طوفان و سیل به آن آسیبی نرساند.
- دمای محیطی که تابلوها در آن نصب می شود ، بالاتر از ۵- درجه سانتی گراد باشد. در غیر این صورت استفاده از گرمکن برقی توصیه می گردد.
- تهویه محوطه نصب تابلو باید به خوبی صورت گرفته تا از زنگ زدن تابلوها و تجمع گرد و غبار در محیط جلوگیری شود.
- سقف پست نباید گچ کاری شود ، زیرا در اثر ریزش گچ از سقف ، خطر اتصال کوتاه برای تابلوها وجود دارد.
- درب اصلی باید به اندازه ای باشد که ورود و خروج تابلوها مشکل نباشد.
- فاصله تابلوها از دیوارهای پست ، مطابق استاندارد انتخاب شود تا تهویه تابلوها به خوبی انجام شده و امکان دسترسی به کلیه قسمتهای تابلو برای انجام سرویس و نگهداری و تعمیر آنها مقدور باشد.
- با توجه به حداقل زمان عملکرد سیستم حفاظتی و قدرت اتصال کوتاه پست ، سیستم زمین مناسب ایجاد شده باشد.
- چیدمان تابلوها بایستی در محوطه پست طوری انجام شود که خطر برق گرفتگی برای اپراتورهای نداشته باشد.
- برای جابجایی تابلو هنگام نصب ، از وسایل مناسب مانند جرثقیل و لیفتراک استفاده شود. درصورتی که کف تابلو از قطعات فلزی مستحکم مانند ناودانی ساخته شده باشد ، قراردادن لوله زیر کلاف تحتانی و یا لغزاندن آن روی صفحات فلزی مجاز می باشد.
- دقت شود که تابلوها همواره در وضعیت قائم جابجا شوند.

۲- ۱۱ نصب تابلوهای LV در محوطه باز

- تابلوهایی که در محوطه باز نصب می شوند باید بر روی سکوی بتنی یا آجری که ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر از کف تمام شده محوطه مربوطه ارتفاع داشته باشد ، نصب می شود. سکوی یاد شده از نوع توخالی بوده و باید دیواره ای به ضخامت ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر باشد. این دیواره ها باید برای تابلوهای LV نیم متر و برای تابلوهای MV یک متر پایین تر از کف تمام شده محوطه شروع و تا ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر بالاتر از کف مزبور ادامه داشته باشد. لبه خارجی سکو بصورت نیم گرد یا پخ ساخته شود و از هر چهار طرف حداقل ۱۰ سانتیمتر بزرگتر از بدنه تابلو بوده و لبه داخلی آن حداقل ۵ سانتیمتر از بدنه تابلو فاصله داشته باشد.
- محل نصب تابلوهای قابل نصب در فضای باز ، باید طوری پیش بینی شود که در جلوی آن محل کافی برای دسترسی به تابلو وجود داشته باشد.
- برای نصب تابلو روی سکوی بتونی در نواحی مرطوب ، ابتدا کلافی از نبشی آهنی تهیه کنید ، سپس تابلو به آن پیچ و مهره گردد ، تا تابلو با کف بتونی سکو تماس مستقیم نداشته باشد.

- دقت شود که موقع نصب کلاف نبشی یا قاب فلزی روی سکوی بتونی ، قاب فلزی دقیقاً تراز بوده و ناصافی آن در تمام طول قاب کمتر از ۲ میلیمتر باشد.

۳-۱۱ نصب تابلوهای LV در پست های سرپوشیده

تابلوهای ایستاده تمام بسته و قابل دسترسی و فرمان از جلو و کشویی باید به یکی از دو روش زیر نصب شوند:

- نصب بر روی اطاقک کابل

برای نصب این قبیل تابلوها بر روی اطاقک کابل باید یک دهانه به شکل مستطیل ، مناسب با ابعاد کف تابلو در سقف اطاقک مزبور احداث و تابلو بر روی آن نصب شود. طول دهانه مورد نظر باید ۲۰ سانتیمتر کمتر از عرض مجموع تابلو و عرض آن ۲۰ سانتیمتر کمتر از عمق تابلوی مربوطه خواهد بود. لبه دهانه باید با آهن نبشی ۴ (۴سانتیمتر در ۴ سانتیمتر) مهار شود.

- نصب بر روی کانال

طول کانال مورد نظر که تابلو بر روی آن نصب می شود ، باید ۲۰ سانتی متر کمتر از عرض مجموع تابلو باشد و عرض آن نیز ۲۰ سانتیمتر کمتر از عمق تابلوی مربوطه خواهد بود. عمق کانال برای تابلوهای LV ، ۸۰ سانتیمتر و برای تابلوهای MV ، ۱۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود. این کانال باید برای ورود و خروج کابلها به کانال کابل کشیها مرتبط باشد و لبه دهانه کانال با آهن نبشی ۴ (۴ سانتیمتر در ۴ سانتیمتر) مهار شود.

- استقرار و نصب تابلو در پست های سرپوشیده

چنانچه تابلو ها بصورت سلولهای جداگانه باشند ، استقرار آنها باید از دورترین تابلو نسبت به درب ورودی پست باشد. بعد از قرارگرفتن هر سلول بر روی چهارچوب فلزی بکمک شاقول و تراز باید تنظیم شود.

اتصال سلولها به یکدیگر توسط پیچ و مهره و طبق دستورالعمل کارخانه سازنده باش و موقعیت سلولها بکمک سوراخهایی که به رنگ قرمز علامت گذاری شده اند ، کنترل شود.

برای اتصال سلولها به یکدیگر از سلولهای کناری شروع کرده و بعد از تنظیم امتداد آنها ، پیچ و مهره های پایینی و بالایی را به ترتیب محکم نمود. در صورتی که نیاز به جابجایی مختصر یکی از سلولها در محل استقرار باشد ، نیروی جابجایی به کلاف زیرین وارد شود. زیرا در غیر این صورت سلول صدمه خواهد دید. برای ثابت کردن تابلو و جلوگیری از جابجایی جزیی در طول مدت کلیدزنی ، بهتر است که تابلوها روی کف پست با استفاده از پیچ خود باز شو (رول بولت) محکم شود.

۴- ۸ نصب قطعات و اجزای تابلو

بعد از استقرار تابلو ، شینه های اصلی در سلولهای جداگانه را باید به هم وصل کرد. ابتدا بست های موقت که برای حمل و نقل تعبیه شده باز می شود. سپس شینه ها با توجه به ردیف رنگهای مشخص شده و استاندارد ، طبق دستورالعمل کارخانه سازنده به هم اتصال داده می شود. این اتصال توسط پیچ و مهره های دریافتی از کارخانه سازنده انجام می شود. سطح شینه ها به یکدیگر و به یراق آلات باید از هرگوه چربی و گرد وغبار پاک

شود. سفت کردن پیچ ها با آچار مخصوص (تورک متر) و با توجه به گشتاور تعیین شده توسط سازنده صورت می گیرد. سپس وسایل ابزار دقیق ، اندازه گیری و حفاظتی تابلو درصورتی که جداگانه حمل شده باشند ، طبق نقشه و دستورالعمل سازنده در محل مشخص شده ، نصب گردد. کلیه سیم کشی های داخلی تابلو و اتصال مدارهای ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی ، فرمان و آلارم و غیره طبق نقشه های سازنده ، با استفاده از سیم مسی مفتولی تک لا با سطح مقطع ۲/۵ میلی مترمربع و ولتاژ عایقی حداقل ۱۰۰۰ ولت انجام گیرد. دسته بندی و فرم دهی این سیم ها باید بگونه ای باشد که تعویض هرکدام درصورت نیاز ، بدون بازکردن سایر مدارها امکان پذیر باشد. بعد از نصب اجزا و قطعات داخل تابلو ، باید گرد وغبار داخل آنها به خوبی پاک شود و نصب تجهیزات و اجزا بدقت مورد بازدید و بررسی قرارگیرد. برای این کار تمام اتصالات پیچ و مهره ها ، روغن کاری قسمتهای متحرک ، تنظیم سوییچ ها ، رله ها و سالم بودن مدارات مربوط به سیگنالهای آلارم ، همچنین عملکرد ارابه ها و مدار های کشویی دقیقاً بازرسی شوند. اتصالهای زمین بدنه ، قاب و محفظه های تابلو از نظر محکم بودن کنترل شوند. در صورت وجود سرکابل ، این وسیله نیز به دقت به چهارچوب سلولها محکم شوند. در خاتمه مدارها و سلولها باید شماره گذاری شوند.

۱۲- آزمایشات قبل از بهره برداری تابلوها

بعد از نصب و قبل از اینکه تابلوهای برق تحت بار قرار بگیرند ، کلیه تجهیزات داخل سلولها از قبیل کلیدها ، مکانیزم های عمل کننده ، ترانسفورماتورهای اندازه گیری و حفاظتی و غیره باید بازرسی و آزمایش شوند و کلیه سیم بندیها و مدارهای الکتریکی ، مطابق دیاگرام های سازنده بازرسی و کنترل گردند. همچنین استحکام اتصال سیم ها به ترمینالها مورد بازدی قرارگیرد. درصورتی که عمل مونتاژ و نصب قطعات آن در محل پست انجام گرفته باشد ، انجام آزمایشات معمول یا روتین لازم است و درصورتی که تابلوها بصورت یکپارچه از کارخانه به محل مصرف آورده شده است ، تأییده آزمون کارخانه برای این کار کافی است.

۱۳- آزمایشات تابلوهای LV

کارخانجات سازنده تابلوهای توزیع دو نوع آزمایش برای تابلوهای ساخته شده انجام می دهند . این آزمایشات براساس استانداردهای جهانی و پذیرفته شده توسط کارخانه سازنده انجام می شود و هنگام تحویل تابلو شرح و مدارک و مستندات آن به خریدار ارائه می شود . این آزمایشات عبارتند از آزمایشات نوعی و معمول یا روتین.

۱-۱۳ آزمایشات نوعی و تعیین تطابق ها

هدف از انجام آزمایشات نوعی ، تأیید مشخصه های طراحی است ، این آزمایشات بر روی نمونه ای از مجموعه یا زیر مجموعه ها انجام می گیرد. این آزمایشات عبارتند از:

- آزمون ولتاژ ضربه ای (خشک)
- آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)
- آزمون افزایش دما
- آزمون جریان کوتاه مدت بر روی مدار اصلی
- آزمون جریان کوتاه مدت روی مدارات زمین
- آزمون تعیین مطابقت ظرفیتهای قطع و وصل
- آزمون عملکرد مکانیکی
- آزمون تعیین مطابقت درجات حفاظتی IP
- آزمون مقاوم بودن در مقابل شرایط جوی برای تابلوهای قابل نصب در محوطه باز

۲- ۱۳ آزمایشات معمول (روتین)

- آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)
- آزمون ولتاژ روی مدارات کمکی
- آزمون عملکرد مکانیکی
- آزمون وسایل کمکی الکتریکی و مکانیکی (اینترلاک ها)
- آزمون وسایل کمکی الکتریکی ، هیدولیکی و پنوماتیکی
- تعیین تطابق سیم کشی با نقشه های موجود

۳-۱۳ آزمایشات دوره ای تابلوهای LV

در آزمایشات دوره ای علاوه بر انجام آزمون های روتین بایستی آین آزمایشات نیز انجام شود:

-تست مقاومت عایقی

- تست PI یا اندیس پلاریزاسیون

-تست های مربوط به روغن برای کلیدهای کم روغنی (آزمایش های ولتاژ شکست ، تانژانت دلتا، عدد اسیدی ، میزان رطوبت).

- تست اهمی قطب های کلیدهای قدرت و اطمینان از مقدار میکرواهم مجاز آنها

-تست مقاومت زمین تابلو

۱۴- نحوه زمین کردن مناسب پست و تابلوهای LV

یک هادی زمین در تمام طول تابلوهای قدرت و فرمان **LV** بایستی کشیده شود. چگالی جریان در هادی زمین از ۲۰۰ آمپر بر میلی متر مربع نباید تجاوز کند. همچنین سطح مقطع هادی زمین نباید از ۳۵ میلی متر مربع کمتر باشد. هادی زمین در انتها بوسیله ترمینال مناسب به سیستم زمین تأسیسات متصل می شود. هر واحد از محفظه ها باید به هادی زمین متصل باشد. تمام قسمتهای فلزی که به مدارات اصلی و کمکی تعلق ندارند ، بایستی به هادی زمین متصل شوند.

سوارکردن چهارچوب تابلو ، درب ، پوششها ، جداره ها و سایر قسمتهای یک واحد با پیچ و مهره و یا جوش برای تأمین تداوم الکتریکی قابل قبول می باشد. درب سلولهایی که در آنها تجهیزات نصب شده اند ، باید با وسایل مطمئن به اسکلت متصل شوند.

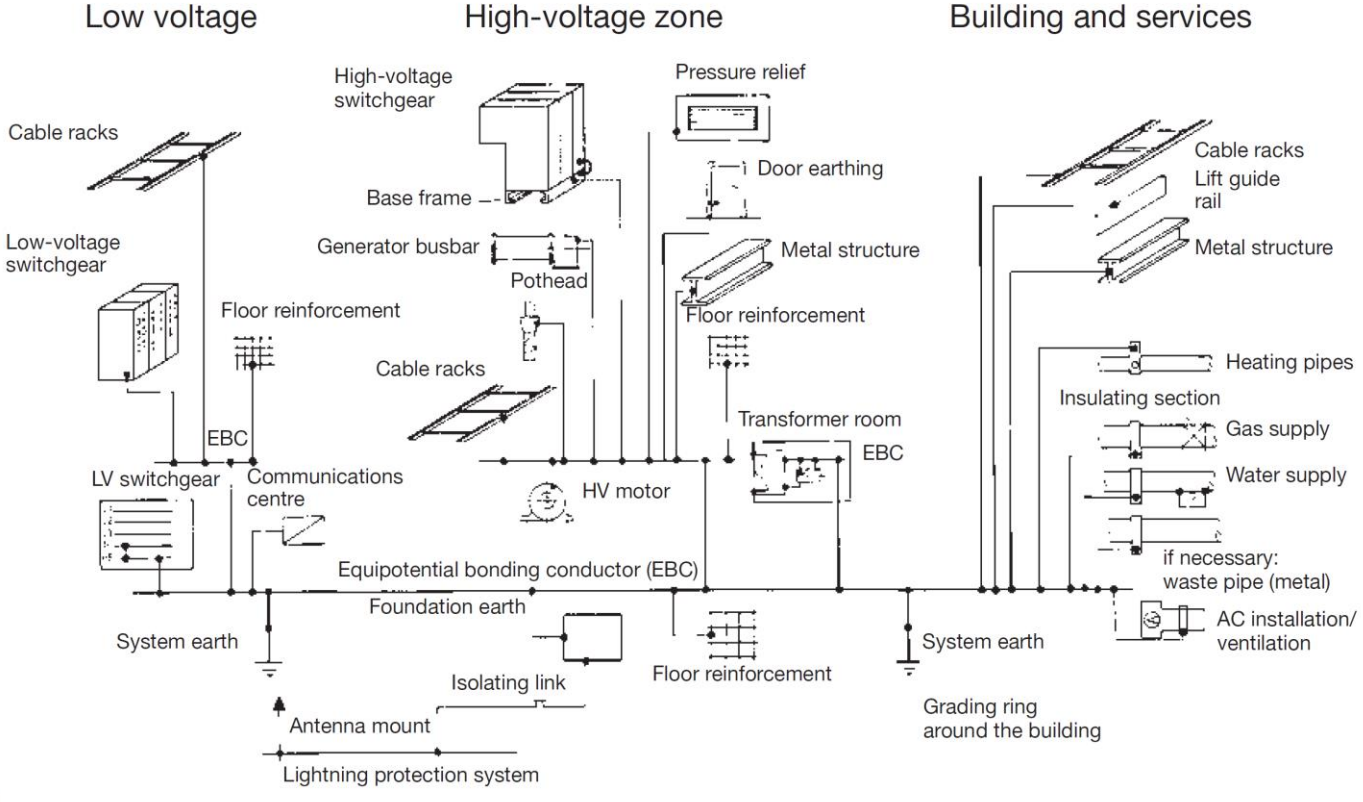
بخش های فلزی اجزای خارج شونده که معمولاً زمین شده اند ، باید بصورت زمین باقی بمانند. در ضمن این قسمتها بایستی در وضعیت قطع و تا هنگامی که تمام مدارات کمکی قطع نشده اند به زمین متصل باشند.

با توجه به تنش های حرارتی و مکانیکی ناشی از جریانهایی که این هادی ها حمل می کنند ، باید از پیوستگی مدارات زمین اطمینان حاصل کرد.

در جاهاییکه اتصالات زمین بایستی جریان کامل اتصال کوتاه سه فاز را حمل کنند (برای مثال : حالتی که کلیدهای زمین بکار می روند) ، این اتصالات ابعاد مناسبی باید داشته باشند.

توجه : جریانی که بین هادی زمین و نقطه اتصال کوتاه سه فاز مدار زمین ، توسط هادی ها حمل می شوند به مقدار قابل توجهی به نقطه خنثی ایزوله شده و سیستمهای زمین بستگی دارد.

هر قسمت از مدار اصلی که بتواند از بقیه قسمتها جدا گردد بایستی امکان زمین شدن داشته باشند.



Earthing system with equipotential bonding between HV/LV indoor switchboards and building services

۱۵- رعایت نکات ایمنی در کار با تابلوهای فشارضعیف

قبل از شروع بکار سرویس و نگهداری و تعمیر تابلوهای فشارضعیف و فشار متوسط ، نکات ایمنی لازم را به دقت مطالعه نموده و آنها را بکار بگیرید. این نکات عبارتند از:

۱- مسؤلیت

ضروری است که تمام افرادی که با نگهداری و تعمیر تابلوهای توزیع LV در ارتباط هستند ، حس مسؤلیت پذیری داشته باشند. همچنین سازندگان باید تابلوها را ایمن طراحی نموده و کلیه اطلاعات لازم را در اختیار قرار قراردهند.

۲- روشهای تعمیر و نگهداری و ایمنی در کار

توصیه می شود که در تمام محوطه پستها و محلهای انجام کار ، بنابر نیاز و در طول عمر تابلوها یک سری از قواعد ایمنی بصورت مدون در معرض دید افراد قرارگیرد و بصورت مشخصی دنبال شود تا حدود دسترسی افراد و نوع و طرز نگهداری تابلوها بصورت مشخصی به اجرا درآید.

۳- تجهیزات خاموش کردن آتش

تمام افرادی که مسؤلیت نگهداری تابلو های توزیع را بعهده دارند ، هنگام بروز آتش سوزی باید اطلاعات لازم را داشته باشند. نوع وسایل آتش خاموش کن باید مناسب نوع تجهیزات تابلوها بوده و برای استفاده در پست خطری نداشته باشند. این وسایل باید با توجه به دستورات سازندگان تهیه و دارای برچسب راه اندازی و نگهداری باشند.

۴- کمکهای اولیه

کلیه افراد مرتبط با نگهداری تابلوهای توزیع LV ، آموزشهای لازم برای برخورد با شخص برق گرفته را فراگرفته باشند و وسایل کمکهای اولیه در دسترس باشد. همچنین تلفن و آدرس تعدادی از نزدیکترین مراکز درمانی و بیمارستانها در دسترس باشند.

۵- برچسب ها و دستورالعمل ها

قواعد کار مربوطه در دسترس تمام افراد مسؤل ، روی سوییچگیرها و تابلوها نصب و نحوه ی رفتار با شخص برق گرفته نمایش داده شود. همچنین حفاظت های تأسیسات در دسترس بوده و اخطارهای لازم مربوط به هر وسیله برای افراد و کارکنان بر روی تابلوها قابل مشاهده باشند. درصورت بوجود آمدن تغییرات در روند نگهداری و عملکرد سالم تابلوها ، این تغییرات روی هر تابلو درج گردد.

۶- دسترسی

تابلوها باید طوری طراحی و ساخته شوند که مانع از دسترسی افراد غیر مجاز گردد و نیز درجه حفاظت I P بر روی آن قابل دیدن باشد.

۷- اقدامات حفاظتی و عایقی قبل از شروع بکار

۷-۱ قبل و بعد از بی برق شدن تابلو ، با یک نمایشگر ولتاژ مناسب ، ولتاژ خوانده شود.

۷-۲ وقتی کلید جداکننده قطع می شود ، باید نشانگر روی OFF قرارگیرد و نقطه ی ایزوله شده مشخص باشد.

۷-۳ قبل از اطمینان از بی برق شدن و دشارژ و زمین شدن هادی مورد نظر از تعمیر آن خودداری گردد.

۷-۴ از برقدار شدن تصادفی تابلوها جلوگیری شود.

۷-۵ به مدارات کنترل کلیدها ، اینترلاکها و جداسازی قطعات ، نباید اعتماد داشت و احتمال دوباره برقدارشدن مدار اصلی و یا کمکی در تابلوها مدنظر قرارگیرد.

۷-۶ تجهیزات تابلوها دارای منابع تغذیه متفاوت می باشند که با خط اصلی فرق می کند (مانند هشدار دهنده ها ، اینترلاکها ، مدارات گرمازا ، روشنایی ، منابع باطری و سیستم **PLC**) لذا هنگام بی برق کردن مدار اصلی و هنگامیکه کلید جداکننده ، حالت خاموش و قطع را نشان می دهد ، تمامی خطوط بی برق نیستند ، لذا برای جلوگیری از وقوع اشتباه باید پیامهای هشداردهنده ی مناسب نصب گردد. درضمن باید از برقدارشدن معکوس ترانسفورماتورهای ولتاژ و یا بازشدن ثانویه ترانسفورماتورهای جریان جلوگیری کرد.

۷-۷ تمام سطوحی که در تابلو شامل هادیهای برقدار می باشد ، در حالت عادی باید قابل دسترسی نبوده و دریچه های حفاظتی بسته باشند.

۷-۸ رله ها نباید در مدارات کنترل عایقی (اینترلاکها ، کلیدها و نظایر آنها) بکار بروند تا از برقدار شدن اتفاقی جلوگیری گردد.

۷-۹ درصورت عدم وجود کلید زمین (**Earthing Switch**) در مورد زمین کردن با سیم این نکات رعایت شود:

-تمامی فازها زمین گردند ، حتی اگر کار روی فاز دیگری صورت می گیرد.

- قبل از وصل کردن سیم زمین به فاز ، ابتدا سیم زمین به سیستم زمین وصل شود و پس از اینکه از صحت اتصال و محکم بودن آن اطمینان حاصل شد ، آن را به فاز متصل نمود.

- بعد از انجام کار سیم زمین ، ابتدا از هادی فاز جدا شده و سپس از سیستم زمین جداگردد.

- سیم زمین به هیچ عنوان نباید برای سلولها یا قسمتهایی که در معرض هادی های برقدار فشار متوسط هستند بکار رود.

۸- جلوگیری از آلودگی

ورود بخار ، گرد و خاک ، جانوران موذی به داخل تابلو باعث عدم کارکرد صحیح و بوجود آمدن خطا می شود. لذا در طول مدت تعمیر و نگهداری و یا موقع بازرسی برای جلوگیری از موارد ذکر شده ، اقدامات لازم باید صورت گیرد و پس از اتمام کار بازرسی نهایی صورت گرفته و از قفل بودن درب تابلوها اطمینان حاصل شود.

۹- انرژی ذخیره شده خازنی

تجهیزات الکتریکی مانند کابلها ، خازنها با توجه به ظرفیت خازنی آنها ، می توانند مقدار زیادی انرژی در خود ذخیره کنند ، بنابراین باید از نبود ولتاژ بر روی تجهیزات ، ناشی از تجمع بار خازنی مطمئن بود.

۱۰- آزمایشات

تمام تجهیزات باید قبل و بعد از بکارگیری آزمایش شوند و به صحت عملکرد قطعات ثابت و متحرک ، پاکیزگی و وضعیت داخلی ، وضعیت عایقی و توصیه های کارخانه سازنده توجه شود. همچنین آلودگی سطح عایقها ، وضعیت اتصالات ، عملکرد مکانیکی و روغن کاری قطعات ، وضعیت قفلها و وسایل حفاظتی بررسی گردد.

۱۱- دوره های تعمیر و نگهداری

به علت تنوع شرایط کاری ، محیطی ، امکانات پرسنلی و ابزار آلات در مورد هر تأسیسات به راحتی در این مورد نمی توان نظر داد. ولی کارخانه ی سازنده در هر مورد باید حداقل تکرار دوره نگهداری تابلوها را مشخص کند. این تکرار به عوامل زیادی وابسته است ، از جمله:

شرایطی که تابلو تحت آن کار می کند ، نوع کار تابلو ، برای تابلوهایی که مرتباً در حال کار می باشند با توجه به نوع کار آنها ، به یک نگهداری معمولی (روتین) که بطور منظم تکرار می شود نیاز می باشد. فاصله بین دو نگهداری به تعداد عملکرد تجهیزات داخل تابلو در زمان مشخصی و نیز توصیه کارخانه سازنده بستگی دارد.

۱۲- نگهداری معمول (روتین)

اساس این عمل بر پایه بازرسیهای منظم و آزمایشهای مشخص در فواصل زمانی معین می باشد. آزمایشات برای صحت اتصالات ، روغن کاری ، تنظیم و آزمون عایقی صورت می گیرد.

۱۳- نگهداری و تعمیرات بعد از وقوع خطا در پست

بعد از وقوع اتصال کوتاه در پست ، تمام اجزای مرتبط و کلیه اتصالات و رله هایی که عمل کرده اند ، باید مورد آزمایش قرار گیرند.

۱۴- تهیه کارت مشخصه تابلو

توصیه می شود که کارت مشخصه ی تابلو ، حداقل دارای مشخصات ریر باشد:

۱-۱۴ مشخصات سازنده

۲-۱۴ لیست قطعات به تفکیک

۳-۱۴ جزییات مقادیر نامی فیوزها ، پایه فیوزها و تنظیم رله ها

۴-۱۴ جزییات نگهداری عملکرد و وضعیت موجود

۵-۱۴ توصیه های کارخانه سازنده ، شامل ماکزیمم فواصل زمانی بین تعمیرات و نگهداری

۶-۱۴ ثبت و بررسی هر خطا در سیستم

۱۶- تمیزکاری ، سرویس و نگهداری تابلوهای LV

برای تمیزکاری و سرویس و نگهداری تابلوهای LV بایستی موارد ی بدین شرح به مرحله ی اجرا درآید:

۱- پاکیزگی

برای عملکرد صحیح تجهیزات تابلو ها ، پاکیزگی و تهویه طبیعی یا اجباری ضروری است. قبل از برداشتن پوششها و دربها ، برای جلوگیری از ورود گرد وغبار و یا قطعات شل شده ، احتیاط لازم بعمل آید. همچنین برای تمیزکردن داخل تابلوها ، وسیله مکشی مانند جاروبرقی توصیه می شود. در هر مرحله از تمیزکردن ، تابلو باید بی برق باشد. برای تمیزکردن قطعات روغنی از پارچه جیر و یا ابر پلاستیکی نو استفاده شود. تکه های پارچه کتان نباید استفاده شوند و پارچه های بکاررفته باید بدون پرز و از لحاظ شیمیایی تمیز باشند.

اگر از مواد حلال برای تمیز کردن استفاده می شود ، دقت شود تا برای تجهیزات تابلو مضر نباشد و از مواد آتش زا و یا سمی به هیچ عنوان استفاده نگردد و در طول مدت تمیزکردن ، دقت شود که بدون دلیل دربها باز نماند. بعد از انجام کار دربها بسته و از نظر ایمنی مرتب باشد. بدقت اینترلاکها کنترل شوند و مراقب برچسب ها و علایم نصب شده باشید تا خللی در وضعیت آنها ایجاد نشود.

۲- علامت گذاری پوششها و اتصالات

تمام پوششها ، خروجی کابلها و غیره قبل از جابجایی علامت گذاری شوند و نیز اتصالات باز شده و یا ایجاد شده که بصورت موقت برای آزمایش در نظر گرفته شده ، بدقت مشخص شود تا بعداً بصورت اول درآید.

۳- چگونگی اتصالات

صحت اتصالات و سالم بودن آنها باید مرتباً بازرسی شوند و به هرگونه نشانه اضافه دما دقت شود. بعد از وقوع هرخطا ، پیچ و مهره ها ، پین ها و قفلها و تمام وسایلی که از آنها جریان عبور می کند و اتصالات زمین باید بدقت بررسی شده و درصورت تغییر وضعیت ، دوباره بصورت اول برگردانده شوند. به سفت و محکم شدن یک پیچ اکتفا نشود ، زیرا ممکن است به علت درازی پیچ و یا گیرکردن در سوراخ کور ، بعضاً شل شود.

ظرفیت حمل جریان یک اتصال الکتریکی به فشار محل اتصال بستگی دارد. هنگام که اتصال ناشی از تعداد سیمهای زیادی است ، این اتصال مطابق توصیه کارخانه سازنده انجام گیرد. اتصالات آلومینیوم به آلومینیوم و یا مس با برنج به دقت زیادی نیاز دارد که باید دستورات لازم در هر مورد دقیقاً رعایت گردد. اتصالات قدرت قابل حرکت مثل دوشاخه ها و سوکت ها باید از لحاظ عملکرد ، پاکیزگی و هرگونه نشانه اضافه دما بازرسی گردند. استفاده از عکس برداری به روش ترموویژن می تواند کمک مؤثری در تشخیص اتصالاتی که اضافه دما دارند ایفا کند. اتصالات قابل انعطاف بافته شده باید از لحاظ ساییدگی و از دست دادن قابلیت انعطاف بازرسی شده ودر صورت لزوم تعویض گردند.

۴- نگهداری عایقی و آزمون عایقی

بازرسی دوره ای از نکاتی است که بایستی همواره مدنظر باشند.

۴-۱ عایق های جامد

عایق های چینی و سایر عایق های جامد از لحاظ ترک خوردگی و یا سایر اثرات مکانیکی باید بازرسی گردند. بعد از وقوع هر خطا یا هر تعمیر و یا هر وقت که به کیفیت عایق شک گردد ، تست مقاومت عایقی باید انجام شود.

قبل از آزمایش ، عایق باید تمیز و خشک باشد. ولتاژ آزمایش با توجه به ولتاژ نامی تجهیزات انتخاب می گردد. جدول ۶ ر این مقادیر را نشان می دهد.

ولتاژ نامی تجهیزات مورد آزمایش (rms) KV	ولتاژ آزمایش توصیه شده برای تست مقاومت عایقی (به زمین و بین دو فاز) (dc) KV
تا ۱	۱
۱ تا ۳/۶	۲
۳/۶ تا ۳۶	۵

جدول ۶

مقاومت عایقی سیم های نازک (باسطح مقطع کم) ، مدارات روشنایی و مدارات فرمان با ولتاژ DC کمتر از ۵۰۰ ولت اندازه گیری می شود.

توجه: بعد از تست مقاومت عایقی ، عایق ها باید به زمین مناسب اتصال و دشارژ شوند.

۵- ایمنی پیوستگی زمین و نگهداری آن

تمام اجزای فلزی باید مطابق استاندارد زمین شوند و دقت شود که اتصالات مکانیکی و پیچ و مهره ها در محل اتصال سالم باشند. در طول مدت نگهداری توجه شود تا پیچ و مهره ها و اینترلاکهای مرتبط به خوبی عمل کنند.

۶- دریچه های حفاظتی و وسایل قفل کننده

عملکرد صحیح مجموعه های مکانیکی بازرسی شود و پیچ و مهره ها سفت و سایر قسمتها بطور آزادانه حرکت کنند. بجز مواردی که در توصیه های کارخانه ی سازنده آمده است ، یاتاقانها ، شفت ها و سایر قسمتهای لازم به مقدار کم روغن کاری شوند.

۷- اینترلاکها

هنگام امتحان اینترلاک ، احتیاط لازم برای جلوگیری از خطر ، برای دستگاه و اشخاص انجام شود تا از حوادث ناخواسته جلوگیری گردد. علت استفاده از اینترلاک ، اطمینان از عملکرد مشخص شده برای دستگاه است و اینکه اپراتور نتواند حالتی بوجود آورد که دستگاه برای آن طراحی نشده است و یا دستگاه هنگامی که برای شخص خطر

به بار می آورد ، عمل نکند. این حالت معمولاً شروع بکار وسیله ، خاموش کردن ، کلیدزنی و اجازه دسترسی می باشد.

۷-۱ نگهداری سیستم اینترلاک

شخص مسؤل نگهداری باید ، ماهیت و هدف استفاده از اینترلاک و جزییات و تجربه کار مربوطه را داشته باشد. دفترچه نصب و راه اندازی و نگهداری کارخانه بعنوان مرجع باید در دسترس باشد.

با توجه به نوع نصب اینترلاک ، این توصیه ها قابل استفاده است:

۷-۱-۱ توصیه ها از لحاظ مکانیکی

- پیچ ها ، اهرمها ، فنرها ، کشوها ، قفل و بست ها باید تمیز شده و بحد کافی روغن کاری شوند تا عملکرد صحیح داشته باشند.

- هر نشانه ای از پوسیدگی به دقت بررسی و در صورت لزوم قطعه معیوب تعویض شود.

- تمام اجزای ثابت مانند پیچ و مهره ها ، پیچ تنظیم ، پین ها و اشپیل ها باید بازرسی گردد.

۷-۱-۲ توصیه ها از لحاظ الکتریکی

- مدارات سیم بندی و ترمینالها کنترل شده و قسمتهای معیوب تعویض ویا تعمیر گردند.

- تست مقاومت عایقی روی مدارات کنترل انجام شود.

۷-۲ آزمایش نحوه عملکرد

بعد از بی باری شینه ها و فیدرها ، عملکرد تمام اینترلاکها باید بررسی شود. این آزمایشات می بایست هم در جهت عملکرد و هم در جهت عدم عملکرد اینترلاک ترتیب داده شود تا هم از کار صحیح سیستم اطمینان حاصل شود و هم نسبت به جلوگیری از خطر در مواقع لزوم ، مطمئن شد.

۸- تهویه

وسایل تهویه باید بررسی شده و اطمینان حاصل شود که جریان هوا مسدود نمی شود.

۹- تجهیزات گرمازا و روشنایی

این وسایل نیز باید به دقت بازرسی گردند و چراغ روشنایی داخل تابلو و عملکرد کلید فشاری متصل به درب و نیز گرمکن داخل تابلو و ترموستات و کلید آن مورد بازرسی قرارگیرند.

۱۰- ابزار آزمایش ها

این ابزار نیز در دوره های منظم باید بازرسی شوند.

۱۱- اتمام سرویس و نگهداری

تجهیزات باید عملکرد صحیح داشته و به دقت تنظیم شوند. همچنین باید از شل بودن قطعات ، سیم های اضافی و ... مطمئن بود. تمام پوششها ، وسایل اندازه گیری ، رله ها بصورت کاملاً ایمن در جای خود باشند و در صورت بازماندن درب دستگاه ، حفاظت بیشتری از آن محوطه بعمل آید.

۱۷- عیب یابی ، روشهای تشخیص عیب و تعمیر جزیی تابلوهای LV و MV

در این قسمت با استفاده از تست های دوره ای ، عکسبرداری انجام شده ترموویژن از اجزای مهم تابلوها و بازرسی ها ، تعمیر جزیی اجزای داخلی بکار رفته در تابلوهای توزیع LV و MV مورد بررسی قرار می گیرد. باید دقت شود که توصیه های کارخانه سازنده در هر مورد مدنظر قرارگیرد.

۱- شینه ها و محفظه های مخصوص آنها

ابتدا نگهدارنده ها شامل اتصالات و بست ها ، سرکابلها ، کابلشوها و نیز محفظه ها را تمیز و مورد بررسی قراردهید. درصورتی که اتصالات شل شده باشند ، آنها را محکم کنید.

۲- کلیدهای جداکننده با فیوز و بدون فیوز

قبل از انجام هر عملی روی تابلوها لازم است تا از بی برق شدن مدار کمکی و اصلی (ورودی و خروجی) اطمینان حاصل شود. با توجه به تنوع طرحهای کارخانجات مختلف ، رعایت این نکات لازم است.

۲-۱ تنظیم فواصل هادیها و کنتاکت ها

هنگام بازرسی از کلید ، فواصل و عایق های تمام قطب ها را توسط آزمایش دی الکتریک امتحان کنید ، سپس قطب ها را مطابق دستور شرکت سازنده تنظیم و رگلاژ نمایید.

۲-۲ عملکرد مکانیکی

مکانیزم عملکرد کلید ، اینترلاک ها ، قفل ها و نشانگر وضعیت کنتاکت ها (وضعیت کلید) را دقیقاً مورد بازرسی و کنترل قراردهید ، در صورت عدم عملکرد صحیح آنها ، نسبت به تنظیم ، تعمیر و یا تعویض قطعات معیوب اقدام کنید.

۲-۳ کنتاکت های اصلی و کمکی

کنتاکت های اصلی و کمکی را از نظر فرسودگی ، اضافه دما و تغییر شکل بدقت بازدید کنید و کلید را در وضعیت بسته قراردهید و بوسیله میکرو اهم متر مقاومت دوسر هر قطب کلید را اندازه بگیرید ، در صورتی که کلید کاملاً بسته باشد و مقدار مقاومت قطب های کلید بیش تر از ۱۰۰ میکرو اهم بود بایستی کنتاکت های معیوب تعویض شوند. اضافه دمایی که سبب خرابی کنتاکتها می شود ، ممکن است در اثر بدی تهویه ، اضافه بار ، شل بودن اتصالات و کافی نبودن نیروی کنتاکت ها و ... باشد.

توجه: سرویس نمودن کلیدهای جداکننده ، تیغه های زمین و کلیدهای قابل قطع زیر بار و همچنین مکانیزم آنها حداقل هر سه سال یکبار لازم است.

۳- کلیدهای قدرت

قبل از هرگونه تعمیر کلیدهای قدرت ، این توصیه ها بایستی مدنظر قرارگیرد.

الف_ قبل از شروع بکار تعمیر کلید ، ابتدا کلید را قطع کنید و فیوزهای مدارات اصلی و کمکی را بردارید.

ب_ برای کلیدهایی که فنر مکانیزم قطع و وصل آنها با موتور شارژ می شوند ، ابتدا منبع تغذیه موتور جدا شود.

ج _ برای کلیدهایی که مکانیزم فنری دارند ، فنر باید دشارژ شده و منبع تغذیه موتور قطع شود.

د_ فیورهای مدارات کنترل را بازکنید.

ه_ هر پوشش دریچه حفاظتی برقدار یا دارای کنتاکت برقدار باید بسته و قفل شو

۳-۱ صحت عملکرد کلید

برای حصول اطمینان از این امر باید در فواصل زمانی مشخص کلیدها باز و بسته شوند و برای قطع بهتر است از رله های حفاظتی مربوط به کلید مورد نظر استفاده شود. درصورت مشاهده هرگونه نقص در عملکرد کلید ، با توجه به دستورالعمل کارخانه سازنده ، نقص برطرف شود.

۳-۲ بازرسی ظاهری

بطور کلی هر بوی بد ناشی از اضافه دما ، نشت روغن در کلیدهای روغنی ، نشت گاز در کلیدهای SF6 ، صدای ناشی از شل بودن قطعات بایستی مورد توجه و بازرسی قرار گیرد. عایق های بیرونی ، مکانیزم قطع ، اتصال زمین و سایر قسمتهای قابل دید ، در صورت وجود وضعیت نامعمول مورد بازرسی قرارگیرد و توجه شود که تمامی کنتاکت ها با هم باز و بسته شوند.

۳-۳ پیاده کردن اجزای داخلی به منظور بازرسی و تعمیر

عملیات بازرسی ،تعمیر و نگهداری کلید به این شرح است:

۳-۳-۱ تابلو و محفظه کلید قدرت

هر تغییر شکل ظاهری ناشی از زنگ زدگی ، خوردگی و قوس الکتریکی بایستی مورد بررسی قرارگیرد و نسبت به رفع آن اقدام شود.

۳-۳-۲ مکانیزم قطع و وصل کلید

- مکانیزم قطع : این قسمت باید تمیز و آزمایش شود و قطعات فرسوده تعویض گردند. سپس روغن کاری به مقدار خیلی کم و با توجه به توصیه های کارخانه سازنده صورت گیرد.

- مکانیزم بستن : این قسمت نیز باید تمیز و آزمایش شود و قطعات فرسوده تعویض گردند و قسمتهای لازم مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده روغن کاری شده و اضافات آن پاک گردد.

در کلیدهای قدرتی که با فنر باز و بسته می شوند ، فنرها ، گیره ها ، چرخ دنده ها ، مفصلها ، رابط های پلاستیکی دقیقاً مورد کنترل و بازرسی قرارگیرند. در صورت مشاهده هر نقص نسبت به رفع آن اقدام شود و اگر فنر با موتور شارژ می شود ، موتور و اتصالات بررسی و کنترل شود و درصورت مشاهده هرگونه عیب و نقص ، نسبت به رفع آن اقدام شود.

۳-۳-۳ کنتاکت قوس اصلی

پس از بازکردن کنتاکت ها ، درصورت مشاهده ی هرگونه تغییر رنگ یا سوختگی در کنتاکت ها در اثر افزایش دما ، جرقه و یا خراب شدن به هر علت دیگر و مشاهده هرگونه نقص در فنرهای برگرداننده ی کنتاکت ها ، کنتاکت ها و فنر های برگرداننده ی آن را تعویض کنید.

۳-۳-۴ وسایل کنترل جرقه و دیواره های محوطه جرقه

این قسمت باید بازرسی و تمیز شود و در صورت معیوب شدن تعویض گردد.

۳-۳-۵ کنتاکت های کمکی ، اینترلاکها و وسایل نمایشگر

کنتاکت های کمکی باید تمیز و سالم نگهداری شوند ، زیرا عملکرد سایر قسمتها از جمله لوازم حفاظتی به درست عمل کردن وسایل این قسمت بستگی دارد. همچنین اینترلاکها و وسایل قفل کننده بایستی دقیقاً کنترل و

بررسی گردد. درصورت مشاهده هرگونه نقص نسبت به رفع آنها اقدام و قطعات فرسوده تعویض شوند.

۴- کلید قدرت SF6

کلیدهای SF6 هر سه سال یکبار بسته به کیفیت طرح کلید ، تعداد دفعات عملکرد ، سطح اتصال کوتاه در محل نصب ، تحت سرویس و نگهداری و تعمیر قرار می گیرند. این دوره زمانی ممکن است برحسب ضرورت تغییر کند ، اما در هر صورت نباید بیش از ۵ سال طول بکشد. مبنای تعمیر و نگهداری این نوع کلید قدرت بر توصیه کارخانه سازنده است.

۵- کلید قدرت خلاء

کپسول خلاء این نوع کلیدها بصورت محفظه ی بسته و کاملاً آب بندی بوده ، لذا تعمیر و نگهداری محفظه ی قطع و وصل غیر ممکن است و اندازه گیری فرسایش کنتاکت ها و صحت عملکرد آنها توسط روشی که کارخانه سازنده توصیه کرده است ، باید انجام گیرد.

۶- کلید فیوز و فیوز

ممکن است در اثر انتخاب نامناسب فیوز ، اضافه بار فیدر و شل بودن اتصالات ، اضافه دما ایجاد شده و سبب خرابی فیوز و پایه فیوز شود. حداقل سالی یکبار فیوز و کلید یا پایه ی مربوط به فیوز را مورد کنترل و بازرسی قرار داد و درصورت مشاهده هرگونه عیب ، نسبت به رفع آن اقدام گردد.

۷- کنتاکتورها ی قدرت و کمکی

عملکرد و مکانیزم باز و بسته شدن کنتاکتور بایستی مورد بازدید و کنترل قرار گیرد. همچنین فرسودگی فنر ها ، کنتاکت ها و عایق های کنتاکتورها را به دقت مورد بررسی قرار دهید. اضافه دمای ناشی از اضافه بار ، شل بودن کنتاکت ها و یا بد قرارگرفتن و کم بودن نیروی بین سطح کنتاکت ها و قوس الکتریکی ناشی از قطع و وصل بارهای سنگین توسط کنتاکتور سبب معیوب شدن کنتاکت ها و فرسودگی عایق کنتاکتور شود لذا در صورت مشاهده هرگونه نقص و عیب ، نسبت به تعویض قطعات فرسوده اقدام شود.

توجه : هرگز به کنتاکت ها سمباده نزنید زیرا پوشش مقاوم در برابر قوس الکتریکی که روی کنتاکت ها قرار دارد از بین رفته و سبب جوش خوردن تیغه های متحرک به تیغه های ثابت کنتاکت ها می شود. درصورت لزوم کنتاکت ها را با کنتاکت شور تمیز کنید.

۸- رله ها

رله ها ی زمانی و حفاظتی مورد استفاده در تابلوها ی توزیع ، باید مطابق برنامه ی تعمیر و نگهداری مورد کنترل و بازرسی قرارگیرند و درصورت لزوم نسبت به تنظیم آنها اقدام شود. همچنین درصورت مشاهده هرگونه نقص و عیب در دستگاه رله ، نسبت به تعویض آن اقدام گردد.

۹- ترانسفورماتورهای حفاظتی ، اندازه گیری و کنترل

۹-۱ ترانسفورماتور جریان

ابتدا باید از بی برقی تراتسفورماتور جریان و دشارژ آن اطمینان حاصل کرد. هنگام تعمیر و نگهداری ترانسفورماتور جریان ، بایستی دقت شود تا زمانی که سیم پیچ اولیه آن تحت ولتاژ است ، اتصال ثانویه آن باز

نشود ، زیرا امکان انفجار آن و صدمات جانی و مالی وجود دارد. بنابراین هنگام تعویض وسایل اندازه گیری و رله های حفاظتی ابتدا ثانویه ترانس جریان را اتصال کوتاه کرده و بعد از نصب و اتصال وسایل اندازه گیری و یا رله های حفاظتی به ترانس جریان ، اتصال کوتاه را از ثانویه بازکنید. هنگام تعمیر و سرویس تراتس جریان ، بدنه ترانس را تمیز و از لحاظ آسیب دیدگی مورد بررسی قراردهید. درصورت مشاهده هرگونه نقص و عیب ، نسبت به رفع عیب و یا تعویض آن اقدام شود. هنگام تعمیر و نگهداری ترانس جریان و یا تعویض آن ، تست مقاومت عایقی و تست اتصال سیم پیچی ثانویه باید صورت گیرد.

۹-۲ ترانسفورماتور جریان و کنترل

ابتدا باید از بی برقی ترانس و عایق بودن و دشارژ آن مطمئن شد و قبل از انجام کار آن را زمین کرد و دقت گردد تا بطور سهوی ثانویه برقدار نشود. بدنه ترانس را تمیز و از لحاظ آسیب دیدگی مورد بررسی قراردهید. درصورت مشاهده هرگونه نقص و عیب ، نسبت به رفع عیب و یا تعویض آن اقدام شود.

۱۰- محفظه کابل ها و ترمینال ها

این قسمت باید از لحاظ ایمنی و سالم بودن مورد بازرسی قرار گیرد و اتصال زمین آن مورد آزمون قرار گیرد ، همچنین سرکابلهای روغنی بایستی از لحاظ نشت روغن مورد بازرسی قرار گرفته تا وضعیت عایقی مطلوبی داشته باشند و از رطوبت دور باشند. محل اتصال کابلها به شینه ها بایستی بدقت مورد بررسی قرار گیرند و در صورت مشاهده هرگونه نقص نسبت به رفع آن اقدام شود.

۱۱- وسایل نمایشگر

وسایل اندازه گیری مانند آمپرمترها ، ولتمترها ، کنتورها و نظایر آنها با توجه به دستورالعمل سازندگان آنها مورد تنظیم و تعمیر قرارگیرند. این وسایل در دوره های زمانی مشخصی احتیاج به کالیبره کردن دارند ، که این دوره به دستورالعمل سازنده ، وضعیت نصب و ... بستگی دارد که در هرصورت از یک سال نباید بیشتر شود.

۱۲- اتصال زمین تابلو

از شینه ارت و وضعیت اتصال انشعاب ها بازدید بعمل آید و اتصال سیم ارت از دربها به چهارچوب تابلو کنترل شود. همچنین اتصال سیم زمین از سیستم ارتینگ به شینه ارت مورد بازرسی قرارگیرد و از نظر مقدار اهم مورد آزمون قرار گیرد.

۱۸- منابع و مآخذ

۱- نشریه IEC شماره ۱۴۴ : درجات حفاظتی برای تابلوهای فشار ضعیف و تجهیزات داخلی آن

۲- نشریه IEC شماره ۵۲۹ : طبقه‌بندی درجات حفاظتی برای محفظه‌ها

۳- نشریه IEC شماره ۲۹۸ : تابلوهای قدرت و فرمان فشارقوی

۴- نشریه IEC شماره ۴۳۹ : تابلوهای قدرت و فرمان فشار ضعیف سوار شده در کارخانه

۵- نشریه IEC شماره ۹۴۷ : کلیدهای قدرت فشار ضعیف

۶- نشریه BS شماره ۵۴۹۳ : پوشش حفاظتی برای تجهیزات آهنی و فولادی در مقابل زنگ زدگی

۷- نشریه ANSI شماره ۱-A۱۵۹ : روشهای زیرسازی قبل از رنگ کاری

۸- استاندارد ۱۹۲۸ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : تابلوهای فرمان و کنترل فشارضعیف سوار شده در کارخانه

۹- استاندارد ۱۹۲۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : تابلوهای فرمان و کنترل فشارضعیف سوار شده درکارخانه(مقررات مخصوص برای سیستم مجرای شینه‌کشی)

۱۰- ABB, Switchgear Manual, 12th edition

همراه محمد حیدری : 0912 386 85 27

Email: mheidarimohammad@gmail.com