لیست گزارشات

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
پژوهشگاه نیرو

عنوان گزارش : استاندارد تابلوهای فشار ضعیف و متوسط

عنوان پروژه: "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی"

کد پروژه: PTRVT02

کارفرما: سازمان توانیر

پژوهشکده انتقال و توزیع نیرو
گروه پژوهشی خط و پست
آبان‌ماه ۱۳۸۲

پیشگفتار

گزارشات حاضر براساس موافقتنامه ۱۰۱-۸۰-۲۷۳ مورخ ۸۰/۷/۲۲ با موضوع "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی" که مابین شرکت توانیر و پژوهشگاه نیرو منعقد شده است تهیه گردیده است. این گزارشات براساس استانداردهای موجود در زمینه شبکه و تجهیزات توزیع فشار متوسط و فشار ضعیف تدوین شده است. فهرست کلیه گزارشات در جدول صفحه بعد قید شده است.

لیست گزارشات مربوط به پروژه "بررسی، تحقیق و تهیه ضوابط و معیارهای فنی"

رئوس کلی / گزارشات	شبکه‌های توزیع نیروی برق فشار متوسط و ضعیف	کابلهای فشار ضعیف و متوسط برق	پستهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت هوایی و زمینی	انشعابات برق مشترکین
۱	- طراحی خطوط توزیع هوایی		- پستهای هوایی توزیع	- مقررات عمومی و خصوصی انشعابات برق مشترکین
۲	- هادیهای خطوط هوایی توزیع		- کلیات پستهای توزیع ۲۰ و ۳۳ کیلوولت زمینی	- کنتورهای اکتیو
۳	- یراق‌آلات خطوط هوایی		- تاسیسات پستهای ۲۰ و۳۳ کیلوولت زمینی	- کنتورهای راکتیو
۴	- حریم خطوط هوایی		- معماری و ساختمان پستهای توزیع زمینی	- کنتورهای استاتیکی
۵	- کراس‌آرم‌ها و سرتیرهای خطوط توزیع هوایی		- سیستم زمین پستهای توزیع	فیوزهای فشارضعیف
۶	- تیرهای فلزی، بتونی و چوبی		- ترانسفورماتورهای توزیع	- کلیدهای اتوماتیک
۷	- مقره‌های توزیع		- کلیدهای قدرت ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	- کنتاکتورهای نوع ضعیف
۸			- سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	- کلیدهای قابل قطع زیربار
۹			- کابلهای فشار متوسط و ضعیف	- ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت
۱۰			- کات‌اوت‌های فشار متوسط	- ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت
۱۱			برقگیرهای فشار متوسط	- یراق‌آلات کابلهای شبکه‌های توزیع

بخش اول
اصول طراحی و مهندسی

فهرست مطالب

لیست گزارشات

مقدمه ۱
۱-هدف ۲
۲-دامنه کاربرد ۲
۳-نیازها و خواسته ها ۲
۳-۱-کلیات ۲
۳-۲-نیازهای کلی ۳
۴-تعاریف ۳
۴-۱-تعاریف کلی ۳
۴-۱-۱-فشار ضعیف ۳
۴-۱-۲-فشار متوسط ۳
۴-۱-۳-فشار قوی ۴
۴-۱-۴-کلیدهای فشار ضعیف ۴
۴-۱-۵-کلیدهای فشار قوی ۴
۴-۲-تابلوها ۴
۴-۲-۱-تابلوهای قدرت و فرمان ۴
۴-۲-۲-تابلوهای قدرت ۴
۴-۲-۳-تابلوهای فرمان ۵
۴-۳-انواع تابلوها ۵
۴-۳-۱-تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی ۵
۴-۳-۲-تابلوهای قدرت و فرمان فلزی (متال کلد) ۵
۴-۳-۳- تابلوهای قدرت و فرمان سلولی ۶
۴-۳-۳-تابلوهای قدرت و فرمان مونتاژ کارخانه ۶
۴-۳-۴-تابلوهای تمام بسته ۶

۴-۳-۴-۱-تابلوی تمام بسته ایستاده ۷
۴-۳-۴-۲-تابلوی ایستاده تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو ۷
۴-۳-۴-۳-تابلوی ایستاده، تمام بسته کشویی ۷
۴-۴-مدارات ۷
۴-۴-۱-مدار اصلی ۷
۴-۴-۲-مدار فرعی ۸
۴-۵-قسمت های مختلف تابلو ۸
۴-۵-۱-محفظه ۸
۴-۵-۲-خانه ۸
۴-۵-۳-جداره ۸
۴-۵-۴-دریچه حفاظتی ۸
۴-۵-۵-بوشینگ ۸
۴-۶-اجزاء تابلو ۹
۴-۶-۱-کلیدهای قدرت ۹
۴-۶-۲-کلیدهای جداکننده ۹
۴-۶-۳-کنتاکتور ۹
۴-۶-۴-فیوز ۹
۴-۶-۵-رله ۹
۴-۶-۶-شینه ۱۰
۴-۶-۷-کلید زمین ۱۰
۴-۶-۸-ترانسفورماتور جریان ۱۰
۴-۶-۹-ترانسفورماتور ولتاژ ۱۰
۴-۷-مقادیر نامی ۱۰
۴-۷-۱-جریان نامی ۱۰
۴-۷-۲-جریان ایستادگی کوتاه مدت ۱۰
۴-۷-۳-جریان ایستادگی پیک ۱۱

۴-۷-۴-جریان نامی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه ۱۱
۴-۷-۵-سطح عایقی ۱۱
۴-۷-۶-فرکانس نامی ۱۱
۴-۷-۷-ولتاژ نامی ۱۱
۵-اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی ۱۲
۵-۱-مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستمی که تابلو در آن نصب و مورد بهره برداری قرار می گیرد ۱۲
۵-۲-مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی منطقه و محلی که تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف توزیع در آن مورد استفاده قرار می گیرند ۱۲
۵-۳-مطالعات و محاسبات الکتریکی شبکه ۱۳
۶-شاخصها و پارامترهای مشخص کننده طراحی ۱۳
۶-۱-اطلاعات عمومی ۱۳
۶-۱-۱-تعداد فاز ۱۳
۶-۱-۲-فرکانس نامی ۱۳
۶-۱-۳-ولتاژ نامی: ۱۳
۶-۱-۴-بیشینه ولتاژ سیستم ۱۴
۶-۱-۵-سیستم زمین ۱۴
۶-۲-شرایط کار عادی ۱۴
۶-۲-۱-درجه حرارت محیط ۱۴
۶-۲-۱-۱-درجه حرارت محیط برای تابلوهای نصب شده در فضای بسته (داخل ساختمان) ۱۴
۶-۲-۱-۲-درجه حرارت محیط برای تابلوهای قدرت و فرمان، نصب شده در فضای آزاد... ۱۵
۶-۲-۲-شرایط جوی ۱۵
۶-۲-۲-۱-نصب در فضای بسته ۱۵
۶-۲-۲-۲-نصب در فضای آزاد ۱۵

۶-۲-۳-آلودگی ۱۵
۶-۲-۴-درجه آلودگی برای محیطهای صنعتی ۱۶
۶-۲-۵-بار زلزله ۱۶
۶-۲-۶-ارتفاع ۱۶
۶-۲-۷-سرعت وزش باد..... ۱۷
۶-۲-۸-ضخامت یخ ۱۷
۶-۳-شینه ها..... ۱۸
۶-۳-۱-نوع شینه ۱۸
۶-۳-۲-جنس شینه ها..... ۱۸
۶-۳-۳-آرایش شینه ها ۱۸
۶-۳-۴-فاصله خزشی و فاصله هوایی ۱۹
۶-۳-۴-۱-فاصله خزشی..... ۱۹
۶-۳-۴-۲-نسبت d/L_d..... ۲۱
۶-۳-۴-۳-نیروی الکترومغناطیسی وارد بر هادی ها ۲۲
۶-۳-۵-مقدار کمینه فاصله از زمین..... ۲۲
۶-۳-۶-جریان نامی عادی ۲۲
۶-۳-۷-ابعاد شینه ها..... ۲۲
۶-۳-۷-۱-سطح مقطع شینه‌ها با در نظر گرفتن اثرات حرارتی در طول جریان کوتاه مدت
..... ۲۴
۶-۳-۸-ضریب انبساط حرارتی..... ۲۴
۶-۳-۹-وزن هادی ۲۵
۶-۳-۱۰-جریان حرارتی مجاز دائمی..... ۲۵
۶-۳-۱۱-افزایش دما در طول اتصال کوتاه ۲۵
۶-۴-کلیدهای قدرت..... ۲۶
۶-۴-۱-نوع کلید ۲۶
۶-۴-۱-۱-کلیدهای خلاء..... ۲۶

۶-۴-۱-۲-کلیدهای SF6..... ۲۶
۶-۴-۱-۳-کلیدهای کم روغن ۲۷
۶-۴-۲-سطوح عایقی ۲۹
۶-۴-۳-نوع مکانیزم عملکرد ۲۹
۶-۴-۳-۱-انواع مکانیزم عملکرد ۳۰
۶-۴-۳-۱-۱- مکانیزم فنری..... ۳۰
۶-۴-۳-۱-۲- مکانیزم هیدرولیکی (روغنی)..... ۳۰
۶-۴-۳-۱-۳- مکانیزم هوای فشرده (پنوماتیکی)..... ۳۱
۶-۴-۳-۲-روش عملکرد ۳۱
۶-۴-۳-۲-۱- نیازهای عمومی ۳۲
۶-۴-۳-۲-۲- انرژی ذخیره شده مکانیزمهای نوع XM، XE و XEM..... ۳۲
۶-۴-۳-۲-۳- تعداد و نوع کنتاکتهای کمکی اضافی..... ۳۳
۶-۴-۳-۲-۴- ولتاژ و فرکانس تغذیه ۳۳
۶-۴-۴-تعداد پل ها ۳۴
۶-۴-۵-کلاس کلید..... ۳۴
۶-۴-۶-ولتاژ نامی کلید ۳۴
۶-۴-۷-جریان نامی..... ۳۴
۶-۴-۸-جریان نامی قطع شارژ خط ۳۵
۶-۴-۸-۱-جریان نامی قطع شارژ یک واحد بانک خازنی..... ۳۵
۶-۴-۸-۲-جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت ۳۵
۶-۴-۸-۳-جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی..... ۳۶
۶-۴-۸-۴-جریان نامی قطع بار اندوکتیو کم ۳۷
۶-۴-۸-۵-ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم ۳۷
۶-۴-۸-۶-ولتاژ بازیافتی گذرا (استقرار) برای اتصالی های در مجاورت ترمینال کلید ((TRV
..... ۳۷
۶-۴-۸-۷-توالی عملکرد نامی ۳۸

۶-۴-۹-جریان نامی قطع اتصال کوتاه ۴۰
۶-۴-۱۰-محاسبات اتصال کوتاه ۴۰
۶-۴-۱۰-۱-محاسبه جریان اتصال کوتاه ۴۱
۶-۴-۱۱-جریان نامی اتصال کوتاه وصل ۴۲
۶-۴-۱۲-مدت زمان اتصال کوتاه ۴۳
۶-۴-۱۳-زمان نامی قطع ۴۳
۶-۴-۱۴-جریان نامی ایستادگی کوتاه مدت ۴۳
۶-۴-۱۵-کمترین فاصله خزشی(Minimum creepage distance) ۴۴
۶-۴-۱۶-حفاظت اولیه کلیدها ۴۵
۶-۴-۱۶-۱-رله اولیه جریان زیاد ۴۶
۶-۴-۱۶-۱-۱- عنصر جریان زیاد تاخیری ۴۶
۶-۴-۱۶-۱-۲- عنصرجریان زیاد آنی ۴۷
۶-۴-۱۶-۱-۳- وسیله نشان دهنده وضعیت عملکرد رله ۴۷
۶-۵-کلید زمین و کلید جداکننده ۴۷
۶-۵-۱-جریان پیک وصل کنندگی کلید زمین ۴۷
۶-۵-۲-جریان نامی قطع کننده ها ۴۸
۶-۵-۳-جریان نامی ایستادگی زمان کوتاه ۴۸
۶-۵-۴-جریان نامی ایستادگی پیک ۴۸
۶-۵-۵-جریان نامی عبور اتصال کوتاه ۴۸
۶-۵-۶-مدت زمان نامی اتصال کوتاه ۴۸
۶-۵-۷-ولتاژ نامی تغذیه وسایل قطع و وصل کننده و مدارات کمکی ۴۹
۶-۵-۸-سطوح عایقی ۴۹
۶-۶-ترانسفورماتور جریان ۴۹
۶-۶-۱-نوع ترانسفورماتور جریان ۴۹
۶-۶-۱-۱-نوع ترانسفورماتور جریان از نظر عایقبندی ۴۹
۶-۶-۱-۲-نوع ترانسفورماتور جریان از نظر ساختمانی ۴۹

۶-۶-۲-سطح ولتاژ ایستادگی در مقابل ضربه ناشی از صاعقه ۵۰
۶-۶-۳-فاصله خزشی مقره ۵۰
۶-۶-۴-جریان نامی اولیه ۵۰
۶-۶-۵-جریان نامی ثانویه ۵۰
۶-۶-۶-جریان نامی حرارتی کوتاه مدت ۵۱
۶-۶-۷-جریان نامی دائمی حرارتی ۵۱
۶-۶-۸-محدودیت افزایش درجه حرارت ۵۲
۶-۶-۹-ظرفیت نامی خروجی ۵۲
۶-۶-۱۰-کلاس دقت ۵۳
۶-۶-۱۰-۱-کلاس دقت ترانسفورماتورهای جریان اندازه گیری ۵۳
۶-۶-۱۰-۲-کلاس دقت ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی ۵۳
۶-۶-۱۱-تغییر در نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان ۵۴
۶-۷-ترانسفورماتور ولتاژ ۵۴
۶-۷-۱-نوع ترانسفورماتور ولتاژ ۵۴
۶-۷-۲-کلاس عایقی ۵۴
۶-۷-۳-ولتاژ نامی اولیه ۵۴
۶-۷-۴-ولتاژ نامی ثانویه ۵۵
۶-۷-۵-خروجی نامی ۵۵
۶-۷-۶-ضریب نامی ولتاژ ۵۵
۶-۷-۷-ظرفیت پایداری اتصال کوتاه ۵۶
۷-روش قدم به قدم طراحی ۵۶
۷-۱-مشخصات و ویژگیهای سیستم ۵۶
۷-۲-شرایط محیطی محل نصب ۵۷
۷-۳-پارامترهای فنی تابلو ۵۷
۷-۳-۱-محاسبات الکتریکی شبکه ۵۷
۷-۳-۲-اطلاعات عمومی ۵۷

۷-۳-۳-شرایط محیطی ۵۸
۷-۳-۴-شینه‌ها ۵۸
۷-۳-۵-کلیدهای قدرت ۵۹
۷-۳-۶-کلیدهای جدا کننده و کلید زمین ۵۹
۷-۳-۷-ترانسفورماتور جریان ۶۰
۷-۳-۸-ترانسفورماتور ولتاژ ۶۰
۸-یک نمونه طراحی ۶۱
۸-۱-مشخصات سیستم : ۶۱
۸-۲-شرایط محیطی محل نصب ۶۱
۸-۳-تعیین پارامترهای انتخاب تابلو ۶۱
۸-۳-۱-شینه ها ۶۲
۸-۳-۲-کلید قدرت ۶۳
۸-۳-۳-ترانسفورماتور جریان: ۶۳
۸-۳-۴-ترانسفورماتور ولتاژ ۶۳
۸-۳-۵-کلید قطع کننده و کلید زمین: ۶۴

فهرست اشکال

شکل ۶-۱ : نمایش **TRV** با روش چهار پارامتری ۳۸
شکل ۶-۲ : درصد مولفه DC نسبت به زمان ۴۲

فهرست جداول

جدول (۴-۱) : درجات مختلف حفاظت ۶
جدول(۶-۱):ضرایب تصحیح برحسب ارتفاع ۱۷
جدول (۶-۲): ضریب عملی برحسب کاربرد عایق برای تعیین فاصله خزشی ۲۰
جدول (۶-۳): کمترین فاصله خزشی برحسب درجه آلودگی ۲۰
جدول (۶-۴) : فاصله هوایی شینه های داخلی (شینه باز و شینه پوششدار) ۲۱
جدول (۶-۵): فاصله هوایی شینه خارجی ۲۱
جدول (۶-۶): مقایسه بعضی از مشخصه های کلیدهای SF6 ، خلاء و کم روغن ۲۸
جدول (۶-۷): هماهنگی بین مقادیر نامی کلیدهای قدرت ۳۹
جدول (۶-۸): ولتاژ مستقیم مدارات کمکی ۳۹
جدول (۶-۹): ولتاژ متناوب مدارات کمکی ۴۰
جدول(۶-۱۰): کمترین فاصله هوایی در هوا ۴۵
جدول (۶-۱۱): ضرایب ولتاژ نامی ۵۶

فهرست مطالب

مقدمه

تابلوهای فشار ضعیف و فشار متوسط نقش مهمی را در صنعت توزیع برق ایفا می‌کنند لذا طراحی و انتخاب صحیح و اصولی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجا که بسیاری از مشکلات و پیشامدها ناشی از انتخاب و طراحی نادرست تابلوها و یا استفاده نامناسب از آنها می‌باشد، در این گزارش سعی شده است که به اصول طراحی و مهندسی تابلوهای فشار ضعیف و متوسط برق، مبانی و معیارهای لازم برای طراحی، حداقل اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی و انتخاب و نحوه کسب و استفاده از آنها و ملاحظات طراحی با توجه به ملاحظات بهداشت و ایمنی و نیز ملاحظات اقتصاد مهندسی پرداخته شود. همچنین در پایان یک مثال کاربردی برای طراحی و انتخاب تابلوهای فشار متوسط توزیع ارائه شده است.

فهرست مطالب

۱- هدف

هدف از این استاندارد، ارائه معیارهای مهندسی جهت طراحی و انتخاب تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف توزیع می باشد بطوری که مشخصات آن بصورت بهینه تعیین می گردد.

۲- دامنه کاربرد

این استاندارد تنها در ارتباط با تابلوهای غیر کمپکت قابل نصب در پستهای زمینی توزیع تهیه شده است.

۳- نیازها و خواسته ها

۳-۱- کلیات

سیستم های قدرت شامل تولید، انتقال و توزیع می باشد. تابلوها به منظور حفاظت و کنترل مدار الکتریکی یک سیستم قدرت، مورد نیاز می باشند. تابلوهای فشار ضعیف و فشار متوسط توزیع، وظیفه کنترل قطع و وصل خطوط فشار ضعیف و فشار متوسط توزیع انرژی را به منظور تنظیم وحفاظت بعهده دارند.

تابلوها دو عملیات اصلی را عهده دار می باشند :

۱- عملیات حفاظت سیستم توزیع در شرایط غیرعادی شبکه

۲- عملیات کنترل سیستم توزیع در شرایط عادی شبکه

تابلوها در کلیه شرایط عادی و غیرعادی به شبکه متصل هستند بنابراین اثرات تمامی موارد مربوط به شرایط فوق نباید باعث خرابی یا عدم عملکرد صحیح آنها شود. تابلوهای توزیع باید قابلیت تحمل جریان اتصال کوتاه و اثرات ناشی از آن و عملکرد مناسب در حالت گذرا را داشته باشند.

ادامه جدول ۷-۱ :

مشخصات فنی	مقدار استاندارد
۷- کلیدهای مینیاتوری	۳
۷-۱- تعداد قطب	
۷-۲- واسطه قطع	
۷-۳- نوع طبقه بندی	
۷-۴- ولتاژ آزمون عایقی (ولت-پیک)	
۷-۵- ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی ۱ دقیقه (کیلوولت-موثر)	
۷-۶- جریان نامی (آمپر)	
۷-۷- ولتاژ نامی (ولت)	
۷-۸- جریان حرارتی(آمپر)	
۷-۹- فرکانس نامی	
۷-۱۰- درجه حفاظت بدنه	I_p ۴۵
۷-۱۱- جریان نامی قطع	
۷-۱۲- قدرت قطع	
۸- ترانسفورماتور جریان:	
۸-۱- ولتاژ نامی (ولت)	۴۰۰
۸-۲- فرکانس نامی (هرتز)	۵۰
۸-۳- قدرت نامی (ولت آمپر)	۵
۸-۴- کلاس دقت	۰/۵
۸-۵- نسبت تبدیل	۲۰۰۰/۵-۱۵۰۰/۵
۸-۶- جریان نامی (آمپر)	۱۶۰۰
۹- کلید فیوز:	
۹-۱- جریان نامی (آمپر)	۴۰۰-۲۵۰-۱۶۰-۱۲۵۰ (روشنایی)
۹-۲- ولتاژ نامی (ولت)	۴۰۰
۹-۳- جریان اتصال کوتاه مجاز ۱ ثانیه ای (کیلوآمپر)	۳۰-۳۵
۹-۴- جریان حرارتی مجاز دائمی (آمپر)	۱۶۰-۲۵۰
۹-۵- حداکثر ولتاژ شبکه (ولت)	۶۰۰
۹-۶- ولتاژ نامی قابل تحمل ضربه ای (کیلوولت)	۸

82461077

۳-۲- نیازهای کلی

تابلوهای توزیع باید نیازهای زیر را برآورده نمایند.

۱- بطور پیوسته ولتاژ و جریان نامی شبکه را بدون ایجاد حرارت اضافی، شکست عایقی و یا خرابی در هر یک از اجزاء تحمل نمایند.

۲- در حالت اضافه جریان ناشی از اتصال کوتاه یا بروز عیب در شبکه به خوبی عمل کرده و قطع مناسب را انجام دهند.

۳- به دلیل نقش اساسی تابلوها در حفاظت و تنظیم سیستم توزیع، از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشند. از این رو انتخاب درست و صحیح مشخصات آنها دقت خاصی را طلب می کند.

۴- تابلوها تا حد امکان باید ساده، سریع و قابل اطمینان بوده و پایداری و عملکرد مناسب جهت برآوردن نیازهای سیستم داشته باشند.

عوامل مهمی که برای انتخاب تابلوهای توزیع موثر و لازم است عبارتند از:

- مشخصات شبکه و سیستمی که تابلو به آن متصل می گردد.
- شرایط محیطی و اقلیمی محلی که تابلو در آن نصب می گردد.
- مشخصه های فنی، پارامترها و شاخص های مورد نیاز جهت طراحی و انتخاب.

فهرست مطالب

۴- تعاریف

۴-۱- تعاریف کلی

۴-۱-۱- فشار ضعیف

ولتاژهای زیر ۱ کیلوولت را اصطلاحاً فشار ضعیف گویند.

۴-۱-۲- فشار متوسط

ولتاژهای بین ۱ کیلوولت تا ۳۳ کیلوولت را اصطلاحاً فشار متوسط گویند.

۴-۱-۳- فشار قوی

ولتاژهای بالای ۳۳ کیلوولت را فشار قوی گویند.

۴-۱-۴- کلیدهای فشار ضعیف

کلیدهایی که در ولتاژ زیر ۱ کیلوولت بکار می روند را کلیدهای فشار ضعیف گویند.

۴-۱-۵- کلیدهای فشار قوی

کلیدهایی که در ولتاژ بالای ۱ کیلوولت بکار می روند را کلیدهای فشار قوی گویند.

۴-۲- تابلوها

۴-۲-۱- تابلوهای قدرت و فرمان[۱]

ترکیبی از وسایل کلید زنی همراه با تجهیزات کنترلی، حفاظتی و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوطه، محفظه ها و سازه های نگهدارنده آنها می باشد.

۴-۲-۲- تابلوهای قدرت[۲]

ترکیبی از وسایل کلیدزنی همراه با تجهیزات کنترل، اندازه گیری، حفاظت و تنظیم است که شامل وسایل جنبی اتصالات مربوطه و محفظه ها و سازه های نگهدارنده آنها نیز می باشد و اصولاً با تولید، انتقال و توزیع و تبدیل انرژی بکار می رود.

---

[۱]- Switchgear and controlgear

[۲]- Switchgear

۴-۲-۳- تابلوهای فرمان[۳]

ترکیبی از وسایل کلیدزنی همراه با تجهیزات کنترلی، اندازه گیری، حفاظت و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوطه، محفظه ها و سازه های نگهدارنده آنها می باشد و اصولاً برای کنترل تجهیزات مصرف کننده انرژی الکتریکی بکار می رود.

۴-۳-انواع تابلوها

۴-۳-۱- تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی[۴]

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

۴-۳-۲- تابلوهای قدرت و فرمان فلزی (متال کلد)

به تابلوهای قدرت و فرمانی گفته می شود که اجزاء بکار رفته در تابلو در خانه های بسته فلزی که زمین شده اند، قرار گرفته است.

این تابلوها حداقل خانه های بسته فلزی که شامل اجزاء زیر است را شامل می شوند :

الف- کلید اصلی

ب – اجزایی که به یک طرف کلید اصلی متصلند مانند فیدرها.

ج – 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 ای جداگانه است.

---

[۳]- Controlgear

[۴]- Metal encloused

۴-۳-۳- تابلوهای قدرت و فرمان سلولی

به تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی، به جز تابلوهای متال کلد مشخص شده در بنـــــد ۴-۳-۲ گفته می شود. این تابلو یکی از مشخصات زیر را داراست:

الف- یا فاقد هر نوع جداره ای هستند.

ب – یا تعداد خانه های آنها کمتر از تعدادی است که برای تابلوهای فلزی نیاز می باشد.

ج – یا دارای جداره های فلزی نمی باشند.

د - یـا جـداره های فلزی دارای درجه حفاظت کمتری نسبت به مقادیر مشخص شده در جدول ۴-۱ هستند.

جدول (۴-۱) : درجات مختلف حفاظت

ارقام مشخصه	توضیحات
IPX2	حفاظت در مقابل نزدیک شدن به قسمتهای باردار و یا تماس با قسمتهای متحرک داخلی با انگشتان
IPX3	حفاظت در مقابل قسمتهای باردار و یا قسمتهای متحرک، توسط ابزار، سیم یا اشیاء مشابه با ضخامت بیش از ۲/۵ میلیمتر
IPX6	حفاظت کامل در مقابل نزدیک شدن به قطعات باردار و یا تماس با قطعات متحرک

۴-۳-۳- تابلوهای قدرت و فرمان مونتاژ کارخانه

تابلوهـای قـدرت و فـرمان کـه در کارخانـه سـاخته شـده و قابل حمل بوده و مسئولیت آزمایش آن را کارخانه سازنده بعهده گرفته است.

۴-۳-۴- تابلوهای تمام بسته

ایـن تابلوهـا عبارتند از مجموعه سوار شده در کارخانه که تمام جوانب آن، جزء سطح نصب که ممکن است باز باشد، به نحوی بسته باشد که حداقل درجه حفاظت 20 I_P تامین شود. تابلوهای بسته فشارقوی به اشکال مختلف ساخته می‌شود.

۴-۳-۴-۱- تابلوی تمام بسته ایستاده

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

۴-۳-۴-۲- تابلوی ایستاده تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو

عبارت است از تابلویی که وسایل فرمان، مانند دسته یا کلیدهای فشاری، و وسایل اندازه گیری، در قسمت جلوی تابلو قرار گرفته، و سایر تجهیزات و لوازم مانندکلیدهای جداکننده غیرقابل قطع زیربار، کلیدهای جداکننده قابل قطع زیربار، کلیدهای قدرت، فیوزها، ترانس جریان، ترانس ولتاژ و سرکابل ها داخل تابلو نصب می شود و بوسیله یک در لولایی مجهز به قفل الکتریکی یا مکانیکی که فقط پس از قطع کلید، قابل باز شدن است، دسترسی برای اتصالات، تعمیرات، تعویض و ... امکان پذیر است.

۴-۳-۴-۳- تابلوی ایستاده، تمام بسته کشویی

این تابلو به طور کلی از دو قسمت اصلی ثابت و متحرک کاملاً مجزا تشکیل شده است. قسمت اول بدنه تابلو می باشد که به صورت سلول ساخته شده و شینه کشی، محل اتصال کابلهای ورودی و خروجی، دریچه های اتصال فیش های اتصال کلید در این قسمت تعبیه شده است و در بالاترین قسمت آن نیز وسایل اندازه گیری نصب می شود. قسمت دوم، که کلید در روی آن نصب شده است، اسکلتی است متحرک که ارابه نیز نامیده می شود و بصورت کشویی با کمک چرخ، دقیقاً در داخل سلول فوق الذکر قرار گرفته، اتصالات لازم را برقرار می سازد. سمت جلو اسکلت مزبور باید کاملاً بسته باشد و قسمت فرمان کلید مانند 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 جاگذاردن باشد.

۴-۴- مدارات

۴-۴-۱- مدار اصلی

تمام بخشهای هادی یک تابلو (شامل هادیها و وسایل کلیدزنی) که در تشکیل مداری برای انتقال انرژی الکتریکی اصلی بکار رفته باشند.

۴-۴-۲- مدار فرعی

تمام بخشهای هادی یک تابلو به غیر از مدار اصلی که در تشکیل مداری برای کنترل، اندازه گیری، حفاظت و تنظیم بکار رفته باشند.

۴-۵- قسمت های مختلف تابلو

۴-۵-۱- محفظه

قسمت دربرگیرنده تابلو قدرت و فرمان با پوشش فلزی را گویند که باعث جلوگیری از تماس اتفاقی با قسمتهای برقرار و قطعات متحرک آن شده و تجهیزات داخلی را در مقابل اثرات خارجی حفاظت می کند.

۴-۵-۲- خانه

بخشی از تابلو قدرت یا فرمان با پوشش فلزی را گویند که به غیر از جایی که برای انجام اتصالات، کنترل و یا تهیه باید باز بماند درون محفظه بسته باشد.

۴-۵-۳- جداره

جزئی از تابلو که یک خانه را از خانه های دیگر جدا می کند.

۴-۵-۴- دریچه حفاظتی

جزئی از تابلو که می تواند بین دو حالت زیر حرکت کند:

- وضعیتی که اجازه می دهد کنتاکتهای متحرک با کنتاکتهای ثابت درگیر شوند.
- وضعیتی که به صورت قسمتی از پوشش یا جداره درآمده و کنتاکتهای ثابت را می پوشاند.

۴-۵-۵- بوشینگ

ساختار عایقی که هادی را بوسیله آن می توان از بین بخشهای غیرعایقی عبور داد.

۴-۶- اجزاء تابلو

۴-۶-۱- کلیدهای قدرت[۵]

وسیله قطع و وصل مکانیکی است که قادر به وصل، عبور و قطع جریان تحت شرایط نرمال مدار و نیز قطع و وصل و عبور برای مدت مشخص، تحت شرایط ویژه غیرنرمال مدار نظیر اتصال کوتاه می باشد.

۴-۶-۲- کلیدهای جداکننده[۶]

وسیله قطع و وصل مکانیکی است که در وضعیت باز، قادر به جدا کردن مدار، حسب نیاز تعریف شده، می باشد.

۴-۶-۳- کنتاکتور

وسیله قطع و وصل مکانیکی است که تنها یک وضعیت جذب[۷] به طریق غیردستی دارد، و قادر به وصل، عبور و قطع جریان تحت شرایط نرمال مدار شامل شرایط عملکرد اضافه بار، می باشد.

۴-۶-۴- فیوز

وسیله ای است که هنگام افزایش جریان از مقدار داده شده با ذوب شدن یک یا چند المان خاص مدار را باز می کند که این المان ها به طور خاصی طراحی و ساخته شده اند. بطور کلی فیوز نه تنها شامل المان ها، بلکه شامل تمام اجزاء ساختاری است که این عمل را انجام می دهد.

۴-۶-۵- رله

وسیله ای است که بصورت مکانیکی یا الکتریکی به وسایل کلیدزنی متصل شده و با آزاد کردن ضامن نگهدارنده یا دادن فرمان الکتریکی اجازه باز یا بسته شدن به کلید را می دهد.

۵- Circuit Breaker

۶- Disconnector

۷- rest

۴-۶-۶- شینه

مجموعه هادی هایی که تعدادی مدار بطور جداگانه به آن متصل است.

۴-۶-۷- کلید زمین

وسیله قطع و وصل مکانیکی برای قسمتهای زمین شده یک مدار تابلو، که قادر به تحمل جریان تحت شرایط غیرنرمال نظیر اتصال کوتاه در مدت زمان مشخص شده می باشد. این کلید جریان را تحت شرایط نرمال مدار از خود عبور نمی دهد.

۴-۶-۸- ترانسفورماتور جریان

وسیله ای که جهت تبدیل جریانهای با دامنه زیاد به جریانهایی که به راحتی و با مصرف انرژی ناچیز (تلفات اندک) با دستگاههای اندازه گیری فشار ضعیف قابل اندازه گیری است بکار می روند.

۴-۶-۹- ترانسفورماتور ولتاژ

وسیله ای که جهت تبدیل ولتاژهای با دامنه زیاد به ولتاژهایی که به راحتی و با مصرف انرژی ناچیز (تلفات اندک) با دستگاههای اندازه گیری فشار ضعیف قابل اندازه گیری است، بکار می روند.

۴-۷- مقادیر نامی

۴-۷-۱- جریان نامی

مقدار موثر جریان که مدار تابلوی قدرت و فرمان یا اجزاء کلیدزنی در حالت وصل بطور دائم، تحت شرایط مشخص شده و در محدوده افزایش حرارتی تعیین شده از خود عبور دهد.

۴-۷-۲- جریان ایستادگی کوتاه مدت

مقدار موثر جریانی است که مدار تابلوی قدرت یا فرمان یا اجزاء کلیدزنی در حالت وصل. در زمان کوتاه مشخص شده و شرایط تعیین شده بتواند از خود عبور دهد.

۴-۷-۳- جریان ایستادگی پیک

مقدار پیک جریانی است که مدار تابلوی قدرت و فرمان یا اجزاء کلیدزنی در حالت وصل، تحت شرایط مشخص شده جهت سرویس دهی، بتواند تحمل کند.

۴-۷-۴- جریان نامی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه

بیشترین مقدار موثر جریانی که مدار بتواند بدون آسیب الکتریکی، گرمایی یا مکانیکی و یا تغییر شکل دائمی در هر یک از اجزاء از خود عبور دهد.

۴-۷-۵- سطح عایقی

مقدار ولتاژی که تحت شرایط مشخص شده، پایداری عایقی هریک از اجزاء – که برای استفاده در آن سطح ولتاژ طراحی شده اند- تست می شود.

۴-۷-۶- فرکانس نامی

فرکانسی که مدار تابلو برای سرویس دهی تحت آن، در نظر گرفته شده است. در ایران فرکانس نامی ۵۰ هرتز است.

۴-۷-۷- ولتاژ نامی

مقدار موثر ولتاژ بین خطوط، که اجزاء تابلو برای استفاده تحت آن ولتاژ، در نظر گرفته شده اند.

فهرست مطالب

۵- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی

۵-۱- مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستمی که تابلو در آن نصب و مورد بهره برداری قرار می گیرد.

تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف توزیع باید اضافه ولتاژها و اضافه جریانها را در مدت زمان مورد نظر تحمل نمایند همچنین افزایش درجه حرارت آنها در شرایط نامی ولتاژ و جریان شبکه، نباید از حد مجاز تعیین شده تجاوز نماید. همه موارد فوق بستگی به مقادیر نامی شبکه توزیع دارند لذا در هنگام انتخاب تابلوها، داده های زیرباید دقیقاً مورد توجه قرار گیرند.

- ولتاژ نامی
- حداکثر ولتاژ سیستم
- سطح اتصال کوتاه
- فرکانس نامی
- نحوه زمین کردن نوترال

۵-۲- مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی منطقه و محلی که تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف توزیع در آن مورد استفاده قرار می گیرند

شرایط محیطی یکی از پارامترهای مهم در انتخاب تابلوها می باشد. در زیر پارامترهای محیطی موتر در انتخاب تابلوها ارائه می گردد:

- ارتفاع محل نصب از سطح دریا
- حداکثر درجه حرارت محیط
- حداقل درجه حرارت محیط
- متوسط درجه حرارت روزانه محیط
- میزان و نوع آلودگی
- درصد میزان رطوبت
- شتاب زلزله
- سرعت باد

- سایر شرایط غیرمعمول نظیر بخارآب، دود، گازهای قابل اشتعال، گردوخاک غیرمعمول و نمک و خوردگی های غیر عادی

از آنجائیکه کلیه تجهیزات نصب شده در پست در وضعیت مشابهی از نظر محیط مورد بهره برداری قرار می گیرند، لذا جهت هماهنگی لازم به استانداردهای مربوطه مراجعه شود.

۵-۳- مطالعات و محاسبات الکتریکی شبکه

۱- محاسبات پخش بار جهت تعیین بیشترین جریان دائمی عبوری تابلو با در نظر گرفتن روند رشد بار.
۲- تعیین نوع بار تغذیه شونده (مقاومتی، سلفی، خازنی)
۳- محاسبه بیشترین سطح اتصال کوتاه در محل تابلو
۴- تعیین دیاگرام تک خطی پست و مطالعه طرح مدارهای کنترلی و اینترلاک بین اجزاء پست.

فهرست مطالب

۶- شاخصها و پارامترهای مشخص کننده طراحی

۶-۱- اطلاعات عمومی

۶-۱-۱- تعداد فاز

تعداد فاز برای تابلوهای توزیع ۳ فاز می باشد.

۶-۱-۲- فرکانس نامی

فرکانس نامی در شبکه سراسری ایران ۵۰ هرتز می باشد.

۶-۱-۳- ولتاژ نامی:

مقدار موثر ولتاژ بین خطوط که تابلو برای استفاده تحت آن ولتاژ در نظر گرفته می شود و برای تابلوهای فشار متوسط توزیع ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می باشد.

۶-۱-۴- بیشینه ولتاژ سیستم

حداکثر ولتاژی که تابلو تحت آن مقدار ولتاژ مورد استفاده قرار می گیرد. برای تابلوهای فشار متوسط توزیع این مقدار ۲۴ و ۳۶ کیلوولت می باشد.

۶-۱-۵- سیستم زمین

انواع سیستم زمین عبارتند از:

۱- سیستم زمین ایزوله:

سیستمی که هیچ ارتباطی با زمین ندارد مگر از طریق تجهیزات حفاظتی یا اندازه گیری با امپدانس بسیار بالا.

۲- سیستم موثر زمین شده:

سیستمی است که نول آن زمین شده است و امپدانس زمین به گونه ای است که نسبت ولتاژ فاز سالم به زمین به هنگام اتصال کوتاه تک فاز به ولتاژ فاز به زمین در حالت عادی از ۱/۴ تجاوز نمی کند.

۳- سیستم غیر موثر زمین شده :

سیستمی است که نول آن زمین شده است و امپدانس زمین به گونه ای است که نسبت ولتاژ فاز سالم به زمین هنگام اتصال کوتاه تک فاز به ولتاژ فاز به زمین در حالت عادی بیشتر از ۱/۴ است.

۶-۲- شرایط کار عادی

تابلوهای قدرت و فرمان طراحی شده براساس این استاندارد باید تحت شرایط کاری زیر مورد استفاده قرار گیرند.

۶-۲-۱- درجه حرارت محیط

۶-۲-۱-۱- درجه حرارت محیط برای تابلوهای نصب شده در فضای بسته (داخل ساختمان)

درجه حرارت محیط نباید بیشتر از $40^{\circ}C$ باشد و مقدار متوسط آن در طول ۲۴ ساعت نباید از $35^{\circ}C$ بیشتر شود. حداقل درجه حرارت $-5^{\circ}C$ می باشد.

۶-۲-۱-۲- درجه حرارت محیط برای تابلوهای قدرت و فرمان، نصب شده در فضای آزاد

درجه حرارت محیط نباید بیشتر از $40^{\circ}C$ باشد و مقدار متوسط آن در طول ۲۴ ساعت نباید از $35^{\circ}C$ بیشتر شود. حداقل درجه حرارت محیط:

- در شرایط آب و هوایی معتدل : $-25^{\circ}C$
- در شرایط آب و هوایی سرد و یخبندان : $-50^{\circ}C$

نکته :

جهت استفاده تابلو در شرایط یخبندان، توافقات لازم بین خریدار و سازنده، باید صورت گیرد.

۶-۲-۲- شرایط جوی

۶-۲-۲-۱- نصب در فضای بسته

باید هوای اطراف تابلو پاکیزه بوده و رطوبت آن در دمای $40^{\circ}C$ از ۵۰٪ افزایش نیابد. مطابق استاندارد IEC-694 مقدار رطوبت اندازه گیری شده در طول ۲۴ ساعت نباید از ۹۸٪ بیشتر شود. ممکن است در درجه حرارت پایین تر، رطوبتهای بالاتر از این مقدار نیز قابل قبول باشد. مثلاً ۹۰٪ رطوبت در ۲۰ درجه سانتیگراد.

۶-۲-۲-۲- نصب در فضای آزاد

ممکن است در بدترین حالت، در درجه حرارت تا $25^{\circ}C$ رطوبت به ۱۰۰٪ نیز برسد.

۶-۲-۳- آلودگی

هرگونه ذرات معلق و گردو غبار، گازهای خورنده و قابل اشتعال و دود و بخار و نمک در تعریف آلودگی می گنجد.

استاندارد آلودگی به شرایط محیطی بر می گردد که تابلو جهت نصب در آن درنظر گرفته شده است.

چهار درجه آلودگی جهت ارزیابی فاصله هوایی وفاصله خزشی ارائه می گردد.

۱- درجه آلودگی ۱:

محیط هیچگونه آلودگی نداشته و خشک نمی باشد و هیچ هدایتی از طریق آلودگی صورت نگیرد.

۲- درجه آلودگی ۲:

شرایط هوا نرمال است. هیچ هدایت الکتریکی از طریق آلودگی صورت نمی گیرد. در صورت غلظت هوا ممکن است به طور موقت هدایت الکتریکی صورت گیرد.

۳- آلودگی درجه ۳:

هوا خشک و آلوده است ولی هیچگونه رسانایی از این طریق صورت نمی گیرد.

۴- آلودگی درجه ۴:

آلودگی باعث ایجاد رسانایی الکتریکی می شود بعنوان مثال گردو غبارهای هادی یا باران و برف

۶-۲-۴- درجه آلودگی برای محیطهای صنعتی

به غیر از موارد خاص، در مورد تابلوهایی که برای محیطهای صنعتی در نظر گرفته می شوند، درجه آلودگی ۳ برای محیط نصب آنها در نظر گرفته می شود.

۶-۲-۵- بار زلزله

بار زلزله بعنوان ضریبی از شتاب ثقل زمین بین 3g و 5g انتخاب می شود.

۶-۲-۶- ارتفاع

ارتفاع محل نصب نباید بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد.

نکته:

۱- مقادیر نامی سطح عایقی ارائه شده برای تابلوهای قدرت و فرمان، برای ارتفاعهای ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن بکار می رود. در انتخاب تابلوهای قدرت و فرمان که در ارتفاعهای بیش از ۱۰۰۰ متر (تا ۳۰۰۰ متر) مورد استفاده قرار می گیرد، باید ضرایب تصحیح مطابق جدول ۶-۱ اعمال شود.

جدول(۶-۱):ضرایب تصحیح برحسب ارتفاع

ضریب تصحیح برای ولتاژهای نامی	ضریب تصحیح برای ولتاژهای آزمون نسبت به سطح دریا	ماکزیمم ارتفاع
۱	۱	۱۰۰۰
۰/۹۵	۱/۰۵	۱۵۰۰
۰/۸	۱/۲۵	۳۰۰۰

برای حالتی که ارتفاع بین ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ متر قرار دارد با استفاده از میان یابی خطی از جدول فوق ضرایب تصحیح بدست می آیند.

۲- هوای محیط آلوده نبوده و دارای گردو خاک، دود، گازهای قابل اشتعال و خورنده و بخار و نمک نمی باشد.

۳- برای تاسیسات هوای آزاد، سازنده باید وجود رطوبت، باران، برف، لایه ای از یخ یا برف تا ۵ کیلوگرم بر متر مربع و تغییرات سریع دما و فشار بالا تا ۷۰۰ نیوتن بر مترمربع و اثرات تشعشع خورشیدی را در نظر بگیرد.

۵- برای نصب به جز شرایط فوق، خریدار باید با سازنده مشورت کند.

۶-۲-۷- سرعت وزش باد

در تابلوهای نصب شده در فضای آزاد، در صورت افزونی سرعت باد از ۳۴ m/s باید مقدار آن برای سازنده مشخص گردد.

۶-۲-۸- ضخامت یخ

در مواردی که ضخامت یخ در تابلوهای بیرونی بیش از ۲۰mm باشد باید با سازنده توافق حاصل گردد.

۶-۳- شینه ها

۶-۳-۱- نوع شینه

انواع شینه عبارتند از:

۱- شینه بیرونی یا خارجی

۲- شینه باز یا با پوشش فلزی (Metal- encloused)

۳- شینه با پوشش فلزی فاز مجزا

۴- شینه با پوشش فلزی فاز غیر مجزا

۵- شینه با پوشش فلزی فاز جدا (ایزوله)

۶- شینه سخت یا انعطاف پذیر

۶-۳-۲- جنس شینه ها

جنس شینه ها باید از نوعی باشدکه مقاومت الکتریکی بسیار کم، قابلیت تحمل اضافه حرارت بالا و خواص مکانیکی خوب و قیمت کم داشته باشد.

جنس شینه ها معمولاً از آلومینیم یا مس است و نوع جنس آن با توجه به پارامترهای فنی و اقتصادی تعیین می گردد.

۶-۳-۳- آرایش شینه ها

تابلو و تجهیزات آن به چند روش مختلف می توانند به شینه ها در پستهای تولید، انتقال و توزیع اتصال برقرار کنند. انتخاب آرایش شینه ها با در نظر گرفتن اثرات زیر است:

۱- درجه انعطاف پذیری جهت عملکرد مورد نظر

۲- اهمیت بار و شرایط منطقه

۳- صرفه اقتصادی و قابلیت عملکرد و شرایط زیست محیطی و اقلیمی

۴- شرایط فنی

۵- تعمیر، نگهداری و امنیت کارکنان

۶- سادگی طراحی

۷- پیش بینی توسعه

۸- مناطق حفاظت شده

برای پستهای کوچک و متوسط، شینه تکی مورد استفاده قرار می گیرد.

۶-۳-۴- فاصله خزشی و فاصله هوایی

۶-۳-۴-۱- فاصله خزشی

می نیمم فاصله خزشی نامی عایق خارجی شیشه یا سرامیک که بین فاز و زمین یا بین فازها و یا بین ترمینالهای قطب کلید قدرت با رابطه زیر تعیین می گردد.

$$L_t = a \times L_f \times U_r \times K_D$$

L_t : کمترین فاصله خزشی نامی (mm)

a : ضریب عملی که با توجه به نوع عایق مطابق جدول ۶-۲ تعیین می گردد

L_f : می نیمم فاصله خزشی نامی مطابق جدول ۶-۳ می باشد.

U_r : ولتاژ نامی تابلو

K_D : ضریب تصحیح برحسب مقدار متوسط قطر (D_m) مطابق مقادیر زیر انتخاب می گردد :

$D_m < 300$ mm	$K_D = 1$
$300 \le D_m \le 500$mm	$K_D = 1.1$
$500 < D_m$mm	$K_D = 1.2$

نکته:

اگر عایق بین فازها استفاده می شود باید فاصله خزشی در ضریب $\sqrt{3}$ ضرب شود (سیستم ۳ فاز)

جدول (۶-۳): ضریب عملی برحسب کاربرد عایق برای تعیین فاصله خزشی

کاربرد عایق	ضریب عملی
بین فاز و زمین	1.0
بین فازها	$\sqrt{3}$
در طول کنتاکتهای باز یک کلید قدرت یا کلید معمولی	1.0

جدول (۶-۳): کمترین فاصله خزشی برحسب درجه آلودگی

درجه آلودگی	کمترین فاصله خزشی نامی mm/kv	فاصله خزشی / آرگ
سبک	۱۶	≤۳/۵
متوسط	۲۰	≤۳/۵
سنگین	۲۵	≤ ۴
خیلی سنگین	۳۱	≤ ۴

محیطها برحسب درجه آلودگی به ترتیب زیر تقسیم بندی می شوند:

۱- آلودگی سبک (درجه ۱) :

- نواحی بدون تاسیسات صنعتی و دارای تراکم مسکونی محدود و مجهز به وسایل گرمازا
- نواحی با تراکم صنعتی و خانگی محدود ولی دارای باد و باران متناوب
- نواحی کشاورزی، مناطق کوهستانی و کلیه نواحی بین ۱۰ تا ۲۰ کیلومتری دریا (نباید از سوی دریا بادی بوزد)

۲- آلودگی متوسط (درجه ۲):

- نواحی صنعتی که دود آلوده کننده تولید نمی کند
- نواحی دارای تراکم مسکونی متوسط مجهز به وسایل گرمازا
- نواحی با تراکم صنعتی و مسکونی بالا ولی دارای بادو باران متناوب
- نواحی که در معرض وزش بادهای دریایی قرار می گیرند ولی با ساحل فاصله دارند (حداقل چندین کیلومتر)

۳- آلودگی سنگین (درجه ۳):

- مناطق با تراکم صنعتی بالا و حومه شهری بزرگ با تراکم وسایل گرمازای آلوده کننده بالا
- نواحی نزدیک دریا یا نواحی که در هر صورت در معرض بادهای شدید دریایی قرار دارند.

۴- آلودگی خیلی سنگین (درجه ۴):

- مناطقی که در معرض گردو خاکهای هادی و دودهای صنعتی قرار دارد که بخصوص لایه های ضخیم هادی ایجاد می کند
- نواحی بسیار نزدیک به ساحل که در معرض پاشیدن آب دریا و بادهای شدید از سمت دریا قرار می گیرند.
- نواحی بیابانی که برای مدت طولانی بدون باران بوده و در معرض باد شدید همراه با ماسه و نمک قرار دارد.

۶-۳-۴-۲- نسبت L_d/d

نسبت L_d/d برای فاصله خزشی به منظور اجتناب از اتصال کوتاه محلی بکار می رود و باید کمتر از ۵ باشد. این نسبت باید در بدترین شرایط در هر وضعیتی چک شود.

d : فاصله هوایی اندازه گیری شده بطور مستقیم بین دو نقطه مشخص بخش عایق یا بین هر نقطه از عایق و نقطه دیگری از بخش فلزی(جداول ۶-۴ و ۶-۵)

L_d : بخشی از مسیر خزشی اندازه گیری شده بین دو نقطه فوق

جدول (۶-۴) : فاصله هوایی شینه های داخلی (شینه باز و شینه پوشش‌دار)

ولتاژ نامی (kv)	حداقل فاصله هوایی تا زمین (mm)		حداقل فاصله هوایی بین فازها (mm)	
	شینه باز	شینه پوشش‌دار	شینه باز	شینه پوشش‌دار
۰/۴۰۰	۱۹	۱۶	۲۶	۱۹
۲۰	۱۴۰	۱۴۰	۲۴۲	۲۴۲
۳۳	۲۲۳	۲۲۳	۳۵۶	۲۵۶

جدول (۶-۵): فاصله هوایی شینه خارجی

ولتاژ نامی (kv)	کمترین فاصله هوایی تا زمین (mm)	کمترین فاصله هوایی بین فازها (mm)
۲۰	۲۷۹	۳۳۰
۳۳	۳۸۱	۴۳۱

۶-۳-۴-۳- نیروی الکترومغناطیسی وارد بر هادی ها

دو هادی مجاور، نیروی زیر را بر هم وارد می کنند:

$$F=\frac{\mu_0}{2\pi} i_1 i_2 \frac{L}{a}$$

i_1, i_2 : مقادیر جریان لحظه ای دو هادی

L : فاصله دو هادی (اندازه گیری شده از وسط پوشش عایقی)

a : فاصله دو هادی (اندازه گیری شده از وسط هادی)

محاسبه پیک نیرو الکترومغناطیسی بین دو هادی اصلی در طول اتصال کوتاه سه فاز:

$$Fm_3=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{\sqrt{3}}{2} i_P^2 \frac{L}{a_m}$$

ip : مقدار پیک جریان اتصال کوتاه در حالت اتصال کوتاه سه فاز متقارن

a_m : فاصله موثر بین هادی های اصلی

فاصله بین دو هادی، با توجه به توضیحات فوق، باید به گونه ای انتخاب شود که در مقابل نیروهای الکترو مغناطیسی وارده، آسیب نبینند.

۶-۳-۵- مقدار کمینه فاصله از زمین

فاصله بین بالاترین بخش از تجهیزات زمین شده از زمین می باشد. این امر به جهت ایمنی افراد هنگام حرکت در محیط پست می باشد.

۶-۳-۶- جریان نامی عادی

مقادیر جریان اسمی عادی مدارات از قبیل فیدرها مطابق استاندارد IEC-59 انتخاب شود.

۶-۳-۷- ابعاد شینه ها

سطح مقطع شینه ها با توجه به جریان نامی عبوری و نوع هادی مشخص می شود. سطح مقطع شینه نول و شینه حفاظت زمین نباید از نصب سطح مقطع شینه فاز کمتر باشد. شینه فاز باید قادر به تحمل ۱۵۰٪ جریان نامی باشد. برای محاسبه سطح مقطع شینه مراحل زیر را انجام می‌دهیم :

I- ابتدا ضرایب تصحیح را به ازای شرایط محیطی و نوع نصب بدست می آوریم. ضرایب استاندارد عبارتند از:

۱- ضرایب تصحیح درجه حرارت محیط:

- برای اضافه دمای $40\ ^{\circ}C$ در میانگین دمای محیط $35\ ^{\circ}C$: ۰/۸۸

- برای اضافه دمای $35\ ^{\circ}C$ در میانگین دمای محیط $30\ ^{\circ}C$:۰/۷۶

۲- ضریب تصحیح نوع نصب:

- نصب در فضای آزاد ۰/۹۵ – ۰/۸۵

- نصب در فضای سرپوشیده با تهویه ضعیف ۰/۸ –۰/۶

- نصب در فضای سرپوشیده با تهویه مناسب ۰/۶–۰/۵

II – سپس جریان متناسب با این ضرایب را محاسبه می کنیم

$$\text{جریان تصحیح شده} = \frac{\text{I نامی}}{\text{حاصلضرب ضرایب تصحیح}}$$

III – با توجه به نکات زیر سطح مقطع را برای جریان بدست آمده محاسبه می کنیم :

نکات:

۱- طبق استاندارد VDE 4014/16 چگالی جریان برای هادی مسی $165\ A/cm^2$ و برای هادی آلومینیمی $118\ A/cm^2$ پیشنهاد می شود.

۲- برای شینه ای مسی، جهت ایمنی بیشتر می توان چگالی جریانی را معادل $116\ A/cm^2$ درنظر گرفت.

$$\text{سطح مقطع } (cm^2) \text{ برای هادی مسی} = \frac{\text{جریان تصحیح شده (A)}}{165\ (A/cm^2)}$$

$$\text{سطح مقطع } (cm^2) \text{ برای هادی آلومینیم} = \frac{\text{جریان تصحیح شده (A)}}{118\ (A/cm^2)}$$

۶-۳-۷-۱- سطح مقطع شینه‌ها با در نظر گرفتن اثرات حرارتی در طول جریان کوتاه مدت

سطح مقطع شینه‌ها در این حالت از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$S=\frac{I}{\alpha}\sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

s : سطح مقطع مورد نظر(mm^2)

I : مقدار موثر جریان(A)

α : $(\frac{A}{mm^2})\left(\frac{s}{k}\right)^{\frac{1}{2}}$ برای مس : ۱۳

برای آلومینیوم : ۸/۵

برای آهن : ۴/۵

t : زمان (ثانیه)

$\Delta\theta$: اضافه حرارت (کلوین) برای هادیهای شینه $180^{\circ}K$ است.

اگر زمان بیش از ۲ ثانیه و کمتر از ۵ ثانیه است می‌توان $\Delta\theta$ را $215^{*\circ}$ در نظر گرفت.

۶-۳-۸- ضریب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی هادی برای محاسبه افزایش درجه حرارت در طول شرایط اتصال کوتاه بکار می رود.

$$\left[\frac{I}{c}\right]^2(1+\alpha\theta)\times10^{-2}T=c$$

$$T: \frac{\text{افزایش درجه حرارت}}{\text{ثانیه}} \times \text{مدت زمان اتصال کوتاه } [^{\circ}C]$$

$$c: \begin{vmatrix} CU: 0.54 \\ AL: 1.17 \end{vmatrix}$$

I : مقدار موثر جریان اتصال کوتاه

α : ضریب حرارتی هادی در ۲۰ °C

مس	0.00393		
آلیاژ آلومینیم	(EIE-M)	0.00403	
آلیاژ آلومینیم	(E91E-w_p)	0.00364	

θ : دما قبل از اتصال کوتاه $[^{\circ}C]$

A : سطح مقطع هادی $[mm^2]$

۶-۳-۹- وزن هادی

وزن هادی جهت محاسبه نیروی مکانیکی وارد بر شینه ها مورد محاسبه قرار می گیرد.

۶-۳-۱۰- جریان حرارتی مجاز دائمی

مقدار موثر جریان مجاز دائم در درجه حرارت و اضافه حرارت تعیین شده مطابق با استاندارد، می باشد. این مقدار، برابر با ضریبی از جریان نامی در نظر گرفته می شود.

۶-۳-۱۱- افزایش دما در طول اتصال کوتاه

در حالت عادی اثرات پوستی و همجواری در نظر گرفته نمی شود. برای سطح مقطع های بالای $600\ mm^2$ اثر پوستی منظور می شود.

روش محاسبه:

برای محاسبه باید پارامترهای m و n برای اثرات گرمایی مطابق با زمان مولفه های a.c و d.c جریان اتصال کوتاه درنظر گرفته شود.

$$I_{th} = I'_{sc}\ \sqrt{m+n}$$

I'_{sc}: مقدار موثر جریان اتصال کوتاه متقارن اصلی

m,n : برای شبکه توزیع مقدار n معمولاً برابر ۱ در نگر گرفته می شود. مقدار m,n در شکل ۱۲b و ۱۲a ، IEC 865 آمده است.

f : فرکانس سیستم = ۵۰ Hz

وقتی چندین اتصال کوتاه پشت سرهم و بدون فاصله زمانی کافی اتفاق بیفتد.

$$I_{th} = \sqrt{\frac{1}{T_k}\sum_{i=1}^{n} T_{K_i} I_{th_i}^2}$$

$$T_k = \sum_{i=1}^{n} T_{K_i}$$

T_K : مدت زمان عبور جریان اتصال کوتاه

I_{th} و T_k توسط سازنده ارائه می شود.

۶-۴- کلیدهای قدرت

۶-۴-۱- نوع کلید

۶-۴-۱-۱- کلیدهای خلاء

قطع کننده های خلاء برای عملکرد باید به قدرت خیلی کمی نیاز داشته باشند و داری عمر طولانی بوده و در حداقل عملکرد ۱۰،۰۰۰ بار در جریان نامی نیاز به تعمیر و نگهداری نداشته باشد و در جریان نامی اتصال کوتاه تا حداقل صدبار نیاز به تعمیر نداشته باشد. محفظه قطع کننده باید کاملاً خلاء بوده و فشار آن با تاثیرات خارجی افزایش نیابد و در هر مرحله ساخت باید آزمونهای نشتی، بعد از تخلیه هوا و بعد از پمپ کردن، در مورد خلاء کردن قسمت قطع کننده، با اندازه گیری دقیق صورت گیرد.

۶-۴-۱-۲- کلیدهای SF6

این کلیدها باید به گونه ای ساخته شوند که نشت گاز به میزان حداقل ممکن محدود شود و تحت کلیه شرایط کاری، این میزان به بیش از ۱٪ نرسد. کنترل فشار گاز باید به راحتی امکان پذیر باشد و فشار گاز در تمام اوقات نباید کمتر از مقدار تعیین شده عایقی باشد. باید پیش بینی ها و تسهیلات لازم برای بررسی فشار گاز و افزودن گاز در محفظه قطع صورت گیرد. این فشار باید توسط سنسور مخصوص کنترل شود تا در هنگامی که فشار گاز به پایین تر از مقدار مجاز خود رسید عمل کند، در موقع نصب گاز SF6 را به میزان ۲۰٪ بیشتر از حد لازم جهت جبران نشتی پر می کنند.

درهر شرایطی کلیدهای قدرت باید بدون ایجاد تغییر شکل یا ایجاد خطا در هر قسمت، قادر به تحمل درجه خلاء تا ۸ میلی بار باشند.

گاز SF6 باید منطبق بر استاندارد IEC-376 بوده و تحت شرایط نامی ذکر شده از هر حیث مناسب باشد. ریز اطلاعات و روشهای آزمون بکار رفته در کنترل کیفیت گاز استفاده شده در کلید باید توسط سازنده ارائه شود.

ریز آزمون های پیشنهادی که شرایط گاز SF6 را پس از انجام دوره سرویس ارزیابی می کند، باید در پیشنهاد ارائه شود، به ویژه در حالتی که گاز محتوی رطوبت باشد.

پیشنهاد دهنده باید اطمینان دهد که گاز SF6 در شرایط دمای محیط و شرایط نامی ذکر شده به هنگام عملکرد کلید، در حالت گازی باقی بماند.

۶-۴-۱-۳- کلیدهای کم روغن

قطع کننده های کم روغن باید به طور کامل از هر طرف پوشیده و بسته بوده و هیچگونه نشتی روغن تحت شرایط کار نداشته باشد. باید سطح صدا، حداقل بوده و عملکرد آنها باعث ایجاد قوس مجدد نشود. روغن باید به میزان کافی و با در نظر گرفتن ۱۰٪ جهت جبران تلفات پر شود.

لوازم زیر باید برای کلیدهای روغن فراهم گردد.

۱- نمایشگر سطح روغن

۲- شیر برای پرکردن روغن

۳- شیر برای نمونه گیری

۴- شیر تخلیه

توضیح:

در حال حاضر در شبکه توزیع موجود در ایران، اکثر کلیدهای قدرت بکار رفته در تابلوها از نوع کم روغن می باشد. در حالیکه کلیدهای قدرت SF6 و خلاء به مراتب از لحاظ کارایی و اقتصادی مناسب تر می باشند در جدول (۶-۶). در آینده کلیدهای SF6 و خلاء جایگزین کلیدهای کم روغن خواهد شد. لذا در این استاندارد کلید نوع SF6 و خلاء جهت تابلوهای توزیع توصیه می گردد

جدول (۶-۶): مقایسه بعضی از مشخصه های کلیدهای SF6 ، خلاء و کم روغن

شرح مشخصه	SF6	خلاء	کم روغن
قابلیت قطع جریان اتصال کوتاه و جریان نامی	تا ۵۰ دفعه اتصال کوتاه نامی و تا ۱۰ هزار دفعه جریان نامی	تا ۱۰۰ دفعه اتصال کوتاه نامی و تا ۲۰۰۰۰ دفعه جریان نامی	حدود ۴ دفعه اتصال کوتاه و تا ۲۰۰۰ دفعه جریان نامی
تعداد دفعات قطع و وصل تا سرویس مکانیزم عمل	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ دفعه	۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ دفعه	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ دفعه
هزینه های تعمیر محفظه قطع	تعمیر کامل شامل پیاده کردن کل محفظه میگردد دستمزد بالا- جنس ارزان	کل محفظه قطع باید تعویض گردد. دستمزد پایین – جنس گران	دستمزد متوسط جنس ارزان
تناسب با وصل مجدد مکرر	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
تناسب با کلیدزنی ترانسفورماتور	مناسب	مناسب	مناسب
کلیدزنی مجموعه های خازنی منفرد	خیلی مناسب	خیلی مناسب	مناسب – ولی بدلیل تعدد قطع و وصل نامناسب
کلیدزنی مجموعه های خازنی پشت به پشت	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
کلیدزنی راکتور	مناسب	مناسب	مناسب – ولی بدلیل تعدد قطع و وصل نامناسب
استقامت عایقی بین کنتاکتها در حالت باز	بالا	خیلی بالا (ولی بستگی به وضعیت کنتاکتها نوسان دارد)	پایین
نظارت بر شرایط کلید	نظارت بر فشار گاز SF6 با اندازه گیر فشار و علامت از راه دور		نظارت چشمی بر سطح و وضع روغن
ایمنی پرسنل به هنگام خطای کلید	خوب	خیلی خوب	ضعیف

توجه: مقادیر داده شده برای تعداد قطع و وصل جنبه کلی داشته و در هر مورد می باید به دستورالعملهای سازنده مراجعه گردد.

۶-۴-۲- سطوح عایقی

برای تعیین سچوح عایقی پارامترهای زیر باید مشخص گردد :

- ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ضربه ناشی از صاعقه
- ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ولتاژ با فرکانس صنعتی
- ولتاژ ضربه کلیدزنی (در صورت دسترسی)

معمولاً سطح عایقی بوسیله ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ضربه ناشی از صاعقه تعیین می گردد. که این مقدار، ولتاژ فاز به زمین می باشد. مقادیر فوق براساس مطالعات عایقی و مقادیر استاندارد موجود در استاندارد IEC-694 انتخاب می گردد. در بعضی کاربردهای خاص، ممکن است سطوح عایقی استاندارد کافی نباشد. در این موارد:

- کلید استاندارد با ولتاژ نامی بالاتر انتخاب شود.
- کلید مخصوص انتخاب شود بطوری که شرایط آزمایش در حالت باز بودن کلید، سخت تر در نظر گرفته شود. در این حالت، مقدار نامی ولتاژ قطع و وصل قابل تحمل بین دو کنتاکت کلید در حالت باز مطابق استاندارد IEC-694 باشد.

۶-۴-۳- نوع مکانیزم عملکرد

عمل قطع و وصل کلید و خاموش کردن سریع قوس الکتریکی مستلزم صرف انرژی مکانیکی به دنبال فرمان قطع و وصل دستی یا اتوماتیکی (توسط رله) انرژی ذخیره شده در مکانیزم توسط یکسری ارتباطات مکانیکی به کنتاکت متحرک که در داخل محفظه قوس قرار دارد کنتقل شده و باعث حرکت سریع آن می‌شود در نتیجه مدار الکتریکی قطع یا وصل می‌گردد. از آنجا که مدت زمنا قطع کلید شامل زمان عملکرد رله حفاظتی، زمان عملکرد مکانیزم و زمان خاموش شدن قوس می‌باشد. کاهش رمان عملکرد مکانیزم در کاهش زمان کلی قطع کلید موثر است و از جمله با پارامترهای بسیار حساس در انتخاب کلید محسوب می‌شود. طبق آمارهای بدست آمده،اکثر مسائلی که در عملکرد کلیدها پیش می‌آید به علت اشکال در سیستم مکانیزم عملکرد کلید می‌باشد.

۶-۴-۳-۱- انواع مکانیزم عملکرد

عموماً سه نوع مکانیزم عمکرد فنری، هیدرولیکی، (روغنی) و پنوماتیکی (هوای فشرده) وجود دارد که به شرح زیر می‌باشد :

۶-۴-۳-۱-۱- مکانیزم فنری

در این نوع مکانیزم، انرژی لازم برای عملکرد کلید در فنر ذخیره می‌گردد. بطور معمول یک موتور،فنر مربوط به وصل کلید را شارژ می‌کند. پس از دادن فرمان وصل، انرژی موجود در این فنر باعث حرکت کنتاکت متحرک و وصل کلید می‌شود. بطور همزمان انرژی فنر وصل، فنر قطع کلید را شارژ می‌نماید. در نتیجه پس از هر فرمان وصل همواره فنر قطع شارژ شده در اختیار است. شارژ شدن فنر به دو صورت موتوری و دستی قابل انجام است. در هر بار عمل وصل کلید سوییچ‌هایی مدار تغذیه موتور را جهت شارژ فنر وصل و پس از شارژ فنر تغذیه موتور را قطع می‌کند.

ارزانی نسبی، ساده بودن نصب و نگهداری و امکان شارژ دستی در موقع نبودن برق از مزایای مکانیزم فنری است. محدود بودن انرژی قابل ذخیره در مکانیزم از معایب مکانیزم فنری است.

۶-۴-۳-۱-۲- مکانیزم هیدرولیکی (روغنی)

در مکانیزم هیدرولیکی یک موتور پمپ، روغن را به حرکت درآورده و حرکت پیستون‌ها در سیستم هیدرولیکی باعث ذخیره انرژی بصورت فشرده شدن گاز نیتروژن می‌گردد. این فشار روی روغن داخل لوله‌ها باقی مانده و در موقع لزوم سبب قطع و وصل کلید می‌گردد. فشار روغن باید بوسیله فشارسنج کنترل شده و در مواقع لزوم (مثلا وقتی که فشار روغن از حد معین افت پیدا می‌کند) بوسیله کنتاکتهای این فشارسنج از عمل وصل یا قطع و وصل مجدد جلوگیری شود.

قابلیت ذخیره انرژی زیاد، سروصدای کم هنگام قطع و وصل، کوچکی نسبی مکانیزم و امکان شارژ دستی از مزایای این نوع مکانیزم و گرانی نسبی، مشکل بودن نصب و تعمیر و نگهداری، نیاز به بازدیدهای دوره‌ای بیشتر و امکان وجود نشتی روغن یا نیتروژن از معایب آن است.

۶-۴-۳-۱-۳- مکانیزم هوای فشرده (پنوماتیکی)

در این سیستم هوای فشرده که در یک مخزن ذخیره شده است به عنوان منبع ذخیره انرژی بکار می‌رود. یک کمپرسور برای هر کلید یا یک سیستم کمپرسور مرکزی برای همه کلیدهای پست، هوای فشرده را تامین می‌کند. البته استفاده از سیستم کمپرسور مرکزی با توجه به پایین آوردن قابلیت اطمینان از جهت وابسته کردن همه کلیدهای به یک منبع توصیه نمی‌شود. مخزن هوای کلید باید دارای شیر اطمینان برای تخلیه هوای اضافی و جلوگیری از اضافه فشار هوا باشد. فشار هوا توسط یک فشارسنج که دارای کنتاکتهای لازم است و در موقع کاهش فشار به ترتیب مدار آلارم را وصل و مدار قطع و وصل اتوماتیک و مدار فرمان وصل را قطع می‌نماید.

قابلیت ذخیره انرژی زیاد و در نتیجه امکان انجام تعداد زیادی قطع و وصل (در صورت مناسب بودن حجم مخزن هوا) از مزایای مکانیزم هوای فشرده و مشکل بودن نسبی نصب، نیاز به بازدید دوره‌ای بیشتر، صدار شدید هنگام قطع و وصل و امکان نشتی هوا از اتصالات لوله‌ها و شیرهای اطمینان و عدم امکان شارژ دستی از معایب این نوع مکانیزم می‌باشد.

مکانیزم عملکرد کلید باید نیازهای زیر را تامین کند.

- دکمه های فشاری محلی قطع و وصل برای بکار انداختن مکانیکی اهرم های قطع و وصل باید تامین شده باشند. در صورت نیاز کلیدها باید جهت قطع و وصل از راه دور نیز مناسب باشند.
- کلیدها باید برای باز کردن فوری بعد از برقدار شدن کویل قطع، آزاد باشند.

۶-۴-۳-۲- روش عملکرد

هر کلید قدرت توسط یکی از مکانیزمهای عملکردی زیر عمل می کند:

الف- مکانیزم XM : انرژی ذخیره شده در فنر که به طور دستی، فنر شارژ شده و توسط عملکرد دستی نیز آزاد می شود.

ب – مکانیزم XE : مانند نوع XM است با این تفاوت که فنر توسط وسیله برقی آزاد می شود.

ج – مکانیزم XEM : عملکرد ذخیره انرژی در فنر توسط موتور انجام شده و توسط دست یا وسیله برقی آزاد می شود.

با توجه به نیاز به عملکرد اتوماتیک کلید در شرایطی که سیستمهای حفاظتی به کلید فرمان میدهد، لازم است عملکرد کلید به شکل موتوری باشد نه دستی.

۶-۴-۳-۲-۱- نیازهای عمومی

وسایل بستن کلید شامل کویل و موتور الکتریکی شارژ فنر باید در ولتاژی حدود ۱۱۵-۸۰ درصد ولتاژ نامی منبع تغذیه و در شرایط دمای بالای محیط عمل کند.

وسایل نمایشگر مکانیکی برای مشخص کردن عملکرد کلید قدرت باید در نظرگرفته شود. این وسایل باید وضعیت کلید قدرت را به صورت ON (1) یا OFF (0) نشان دهد. این نشان دهنده باید کلمه ON (1) را با حروف سفید رنگ در زمینه قرمز و OFF (0) را با حروف سفیدرنگ در زمینه سبز نشان دهد. هرجا که از اهرم دستی برای شارژ فنر استفاده می شود، باید این مکانیزم عملکرد طوری طراحی شود که یک اپراتور با قدرت بدنی متوسط به راحتی این کار را انجام دهد. حدوداً نیروی لازم برای این کار از ۴۰۰ نیوتن (حدود ۴۰ کیلوگرم نیرو) بیشتر نباشد.

۶-۴-۳-۲-۲- انرژی ذخیره شده مکانیزمهای نوع XM، XE و XEM

کلیدهای قدرتی که از مکانیزم بستن با عملکرد فنر استفاده می کنند باید مشخصات زیر را برآورند :

- امکان بسته شدن کلید قدرت در حال شارژ فنر وجود نداشته باشد. پیش از اینکه کلید قدرت بتواند بسته شود، باید شارژ فنر و مکانیزم شارژ برای بسته شدن آماده شود. اهرم شارژ فنر، هنگامی که انرژی فنر آزاد می شود نباید حرکت کند، بعبارت دیگر، تا خارج کردن اهرم شارژ فنر از مکانیزم، امکان آزاد شدن فنر وجود نداشته باشد.
- وسیله نمایش دهنده مکانیکی برای مشخص کردن وضعیت فنر در حالت شارژ و دشارژ موجود باشد و هنگامی که مکانیزم در وضعیتی است که کلید قدرت بسته است با کلمات مشابه SPRING CHARGED و در سایر حالات SPRING FREE وضعیت را نشان دهد. حروف ذکر شده باید وقتی اپراتور جلوی تابلو قرار می گیرد مشخص باشد.
- به هنگام بسته بودن کلید قدرت باید امکان شارژ فنر وجود داشته باشد (در حالتی که فنر آزاد بوده و بتواند شارژ شود) در این حال، کلید نباید باز شده و یا این عمل باعث بوجود آوردن خسارت مکانیکی گردد. مکانیزمهای بستن توسط عملکرد فنر و شارژ توسط موتور، باید مجهز به اهرم شارژ فنر دستی نیز باشند. عملکرد الکتریکی یا مکانیکی مکانیزم در طول این فرآیند نباید اپراتور را به خطر اندازد و یا برای تجهیزات زیان آور باشد.

- برای قطع کلید قدرت به صورت دستی، باید در تابلو وسایل لازم فراهم شود. (مثل پوش باتون) و باید در محلی قرار گیرد که از عمل سهوی آن جلوگیری شود.
- وسایل لازم جهت دشارژ کامل فنر به هنگامی که کلید قدرت در وضعیت باز قراردارد باید وجود داشته باشد، بدون اینکه کلید قدرت بسته شود.
- قسمتهای مختلف مکانیزمهای عملکرد از مواد مقاوم در برابر زنگ زدگی باشند و پین ها و یاتاقان ها، پیچ و مهره ها و سایر قسمتها به اندازه کافی محکم باشد تا در اثر عملکرد کلید قدرت شل نشود و از تنظیم خارج نشود.
- نمایشگرهای عملکرد در مکانیزم عملکرد باید موجود باشد تا تعداد عملکرد و باز و بسته شدن کلید را ثبت کند.

۶-۴-۳-۲-۳- تعداد و نوع کنتاکتهای کمکی اضافی

به منظور امکان ارتباط عملکرد کلید با سیستمهای حفاظت و کنترل لازم است که تعدادی کنتاکت کمکی اضافی علاوه بر آنچه توسط مدارات کنترل خود کلید توسط سازنده مورد استفاده قرار می گیرد. اختصاص داده شود.

در این مورد نوع کنتاکتها (N/O یا N/C – Normaly Open / Normaly Close) و تعداد آنها با توجه به سیستمهای حفاظتی و کنترل هر پست خاص باید به سازنده اعلام گردد.

۶-۴-۳-۲-۴- ولتاژ و فرکانس تغذیه

تغذیه موتور مکانیزم عملکرد کلید می تواند توسط دو نوع ولتاژ متناوب و یا مستقیم انجام گیرد. معمولاً در صورتی که ولتاژ متناوب مطمئن در پست موجود باشد (حداقل دیزل ژنراتور اضطراری در پست وجود داشته باشد) ولتاژ تغذیه از نوع متناوب انتخاب می گردد ولی در صورتی که بهر دلیل ولتاژ متناوب با اطمینان کافی نباشد ولتاژ تغذیه از نوع مستقیم انتخاب می شود که با توجه به تعداد کلیدها در پست، بزرگ شدن سیستم جریان مستقیم و صرف هزینه زیاد برای سیستم باطری و شارژ و توزیع ولتاژ مستقیم از معایب اینکار می باشد.

در صورتی که ولتاژ بصورت متناوب انتخاب شود مقدار آن ۴۰۰/۲۳۰ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز و در صورت انتخاب ولتاژ به صورت مستقیم دو گزینه ۱۱۰ و ۱۲۵ ولت درنظر گرفته می شود (جداول ۶-۸ و ۶-۹).

۶-۴-۴- تعداد پل ها

در مورد شبکه قدرت سه فاز، فشار متوسط تعداد پل ها ۳ عدد می باشد.

۶-۴-۵- کلاس کلید

منظور از کلاس کلید این است که آیا کلید در فضای بسته نصب و بهره برداری می شود یا در فضای باز.

۶-۴-۶- ولتاژ نامی کلید

ولتاژ نامی کلید قدرت باید طوری انتخاب شود که حداقل مقدار آن برابربا حداکثر ولتاژ سیستم در نقطه نصب کلید باشد.

مطابق استاندارد IEC-694 ، مقادیر نامی ولتاژ استاندارد برای کلیدهای قدرت برحسب کیلوولت مطابق ارقام زیر است:

۳/۶-۷/۲-۱۲-۱۷/۵-۲۴-۳۶-۵۲-۷۲/۵-۱۰۰-۱۴۵-۱۷۰-۲۴۵-۳۰۰-۳۶۲-۴۲۰-۵۲۵-۷۶۵

ولتاژ نامی کلید با توجه به حداکثر ولتاژ سیستم از مقادیر فوق انتخاب می گردد. در انتخاب ولتاژ نامی کلید مقادیر سطوح عایقی متناظر نیز باید مدنظر قرار گیرد.

۶-۴-۷- جریان نامی

مقدار این جریان با توجه به محاسبات پخش بار و جریان اتصال کوتاه برای محل نصب کلید و با در نظر گرفتن ضریب روند افزایش بار براساس برنامه ریزی های توسعه سیستم و همچنین شرایط محیط انتخاب می گردد.

با توجه به مقدار محاسبه شده یکی از مقادیر استاندارد زیر در نظر گرفته می شود:

۴۰۰ ،۶۳۰ ،۱۲۵۰ ،۴۰۰۰،۲۵۰۰،۲۰۰۰،۱۶۰۰ A

افزایش حرارتی در این جریان نباید بیشتر از حد مجاز تعیین شده باشد.

۶-۴-۸- جریان نامی قطع شارژ خط

جریان نامی قطع شارژ خط عبارت است از حداکثر جریان شارژ خازنی خط که کلید در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده برای عملکرد کلید در استاندارد، بدون تجاوز از حداکثر مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در استاندارد IEC-56 داده شده، باید قطع کند.

ماکزیمم مقدار مشخص شده ولتاژ تغذیه برای کویل قطع کننده باید برابر با ۱۰۵٪ ولتاژ نامی تغذیه باشد.

توجه شود که مشخصه جریان نامی قطع شارژ خط کلید تنها محدود به کلیدهایی است که دارای ولتاژ نامی مساوی یا بیش از ۷۲/۵ کیلوولت بوده و به منظور قطع و وصل خطوط هوایی سه فاز مورد استفاده قرار می گیرند. این جریان با توجه به استاندارد IEC-56 تعیین می گردد.

وسایل قطع کننده باید قادر به بازوبستن وسایل کلیدزنی برای هر مقدار ولتاژ بین ۸۵٪ تا ۱۱۵٪ مقدار نامی باشد.

۶-۴-۸-۱- جریان نامی قطع شارژ یک واحد بانک خازنی

جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی عبارت است از حداکثر جریان شارژ خازنی یک واحد بانک خازنی که کلید باید در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده برای عملکرد کلید در استاندارد، بدون تجاوز از حداکثر مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در جدول استاندار IEC شماره 56 داده شده، آن را قطع کند.

این جریان مربوط به قطع جریان یک بانک خازنی بوده به طوری که هیچ خازنی بسمت تغذیه کلید متصل نشده باشد. ضمناً این مشخصه نیز برای همه کلیدها الزامی نبوده مگر در مواردی که از کلید برای قطع و وصل یک بانک خازنی استفاده شود.

همچنین مقدار استاندارد این جریان در جدول 4A استاندارد ANSIC37.0732 آمده است.

۶-۴-۸-۲- جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت

جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت عبارت است از حداکثر جریان شارژ خازنی که کلید باید در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده در استاندارد برای عملکرد کلید بدون تجاوز از حداکثر

مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در استاندارد IEC-56 داده شده، آن را قطع کند.

این جریان مربوط به قطع جریان یک بانک خازنی می شود، در شرایطی که یک یا چند بانک خازنی موازی دیگر به سمت تغذیه کلید وصل بوده و جریان هجومی وصلی معادل جریان هجومی وصل نامی بانک خازنی تولید می کنند.

در هنگام قطع و وصل مجدد مجموعه خازنهای پشت به پشت سرعت افزایش جریان خازنی از شیب قابل قبول کلید مربوط به جریان قطع متقارن آن تجاوز نموده، جریان خازنی مشخصات جریان ضربه ای را دارا می گردد. در این شرایط لازم است کلید خصوصیات قطع جریانهای ضربه ای را دارا باشد، لذا کلیدهای مورد نصب در این مدارها باید کلیدهای مخصوص بوده که مشخصه های قطع جریان خازنی آنها براساس مشخصه جریان هجومی انتخاب می گردد.

این مشخصه برای همه کلیدها الزامی نبوده مگر در مواردی که کلید در شرایط فوق قرار گیرد. مقدار این جریان با توجه به ظرفیت بانک خازنی و با استفاده از سری R10 تعیین می شود.

مقدار استاندارد این جریان برای کلیدهای مخصوص در جدو 4B استاندارد ANSIC37.0732 داده شده است.

۶-۴-۸-۳- جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی

جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی عبارت از مقدار پیک جریانی است که کلید (کلید مخصوص)باید در ولتاژ نامی و با فرکانسی از جریان هجومی، مناسب با شرایط بهره برداری (معمولاً بین ۲ تا ۵ کیلوهرتز) آن را وصل کند. ضمناً این مشخصه برای کلیدهایی که دارای مشخصه "جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت" هستند الزامی بوده و مقدار آن با توجه به ولتاژ اعمال شده، اندوکتانس و کاپاسیتانس منبع تغذیه و خازنهای مورد نظر، شارژ موجود در خازنها قبل از بستن مدار و میرایی مدار براساس روش و فرمولهای ارائه شده در پیوست BB استاندارد IEC-56 محاسبه و با استفاده از سری R10 تعیین می گردد. همچنین مقدار استاندارد دامنه جریان و فرکانس آن در جدول B ۴ استاندارد ANSI-C37-0732 داده شده است.

۶-۴-۸-۴- جریان نامی قطع بار اندوکتیو کم

جریان نامی قطع بار اندوکتیو عبارت است از حداکثر جریان اندوکتیو که کلید باید برای حالات زیر قطع کند:

- جریان مغناطیس کننده ترانسفورماتورها
- جریان مغناطیس کننده راکتورها

از آنجایی که مقادیر و شرایط این جریانها هنوز توسط استاندارد IEC تعیین نشده، لذا تعیین آنها در صورت نیاز باید با توجه به مشخصات ترانسفورماتور و راکتور محاسبه گردند.

۶-۴-۸-۵- ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم

این ضریب، ازدیاد ولتاژ با فرکانس شبکه را برای فازی که در شرایط اتصال کوتاه ابتدا و قبل از دو فاز دیگر در حالیکه دو فاز دیگر هنوز بسته اند باز می شود نشان می دهد. مقدار این ضریب با توجه به نحوه زمین کردن نقطه نوترال شبکه بین ۱ تا ۱/۵ تغییر می کند. مطابق استاندارد برای سیستمهایی که نقطه نوترال آنها بطور موثر زمین شده و وقوع اتصال کوتاه سه فاز که شامل اتصال زمین نباشد غیر محتمل باشد این ضریب معادل ۱/۳ و برای سیستمهای ایزوله و سیستمهایی که با امپدانس زمین شده باشند و یا در سیستمهای زمین شده که وقوع اتصال کوتاه سه فاز شامل اتصال زمین، غیرمحتمل نباشد و یا سایر سیستمها این ضریب معادل ۱/۵ درنظر گرفته می شود.

۶-۴-۸-۶- ولتاژ بازیافتی گذرا (استقرار) برای اتصالی های در مجاورت ترمینال کلید (TRV)

ولتاژ نامی بازیافتی گذرا برای اتصالی های به وقوع پیوسته در مجاورت ترمینال کلید عبارت است از ولتاژ مرجعی که حد ولتاژ گذرای بازیافتی را در مدارهایی که کلید باید در صورت اتصال کوتاه در مجاورت ترمینالهای خود قطع نماید، تعیین می کند.

در سیستمهایی با ولتاژ نامی بالاتر از ۱۰۰ کیلوولت و یا در حالاتی که قدرت اتصال کوتاه زیاد باشد، موج ولتاژ بازیافتی گذرا در زمانهای اولیه دارای نرخ افزایش خیلی زیاد و پس از آن با ضریب افزایش کم می باشد.

این چنین موجی را می توان با مراجعه به شکل (۷-۱) با چهار پارامتر به ترتیب زیر مشخص نمود:

U_1 : ولتاژ مرجع اول برحسب کیلوولت

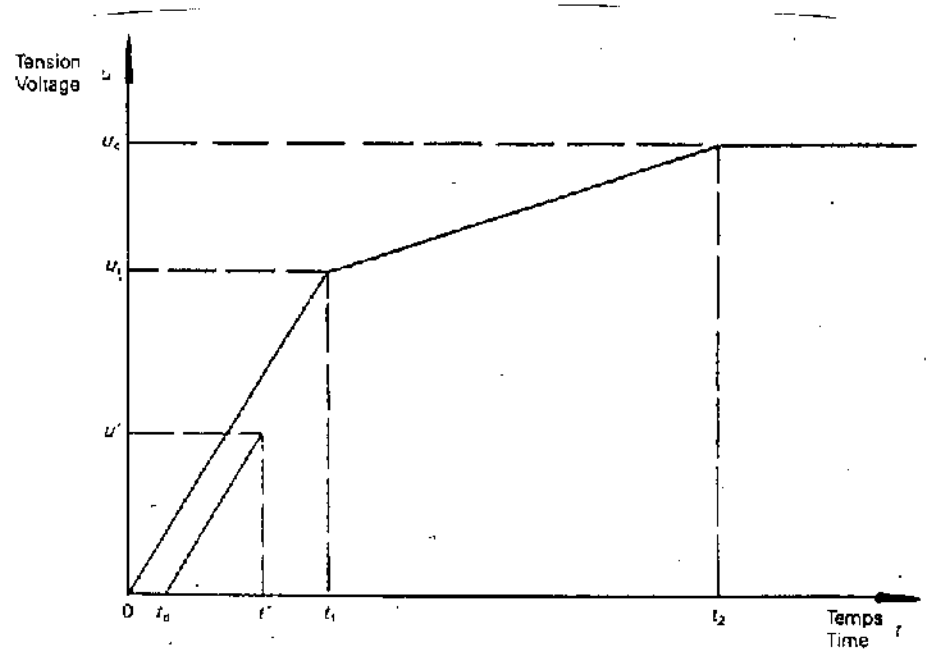
t_1 : زمانی که ولتاژ به حد v_1 می رسد برحسب میکرو ثانیه

U_c : ولتاژ مرجع دوم یا حداکثر دامنه موج TRV برحسب کیلوولت

t_2 : زمانی که ولتاژ به حد v_c می رسد برحسب میکروثانیه

بـر اساس اعداد مذکور می توان سه خط پوششی را همانطور که در شکل (۶-۱) نشان داده شده است ترسیم و با استفاده از آنها موج TRV را تعیین نمود.

بـا توجـه بـه شـکل مـوج متغـیر ولتاژ بازیافتی گذرا در مراحل اولیه (ITRV) و مراحل بعدی (TRV) جهت تعیین شکل موج آن باید پارامترهای مربوطه را تعیین نمود.



شکل ۶-۱ : نمایش TRV با روش چهار پارامتری

۶-۴-۸-۷- توالی عملکرد نامی

مطابق استاندارد دو گزینه برای توالی عملکرد وجود دارد.

الف- O-t-CO-t'-CO

که برای کلیدهای بدون سیستم وصل مجدد سریع داریم:

O-3min-CO-3min-CO

و برای کلیدهای باسیستم وصل مجد سریع داریم:

O-0.35-CO-3min-CO

ب- CO-t"-CO

که تنها برای کلیدهای با سیستم وصل مجدد غیر سریع داریم. :

CO-155-CO

حال با توجه به اینکه کدامیک از سیستم ها مورد نظر باشد توالی عملکرد نامی کلید را می توان انتخاب نمود.

جدول (۶-۷): هماهنگی بین مقادیر نامی کلیدهای قدرت

ولتاژ نامی v (کیلوولت)	جریان نامی قطع اتصال کوتاه I_{sc} (کیلوآمپر)	جریان نامی عادی I_n (آمپر)						
۲۴	۸	۴۰۰	۶۳۰		۱۲۵۰		۱۶۰۰	
	۱۲/۵		۶۳۰		۱۲۵۰			
	۱۶		۶۳۰		۱۲۵۰			
	۲۵				۱۲۵۰		۱۶۰۰	۲۵۰۰
	۴۰						۱۶۰۰	۲۵۰۰
۳۶	۸		۶۳۰					
	۱۲/۵		۶۳۰		۱۲۵۰			
	۱۶		۶۳۰		۱۲۵۰		۱۶۰۰	
	۲۵				۱۲۵۰		۱۶۰۰	۲۵۰۰
	۴۰						۱۶۰۰	۲۵۰۰

جدول (۶-۸): ولتاژ مستقیم مدارات کمکی

v
۲۴
۴۸
۶۰
۱۲۵ یا ۱۱۰
۲۵۰ یا ۲۲۰

جدول (۶-۹): ولتاژ متناوب مدارات کمکی

سیستم سه فاز، سه سیمه یا چهار سیستم V	سیستم تکفاز، سه سیمه V	سیستم تکفاز دو سیمه V
—	۱۲۰/۲۴۰	۱۲۰
۲۲۰/۳۸۰	—	۲۲۰
۲۳۰/۴۰۰	—	۲۳۰
۲۴۰/۴۱۵	—	۲۴۰
۲۷۷/۴۸۰	—	۲۷۷

۶-۴-۹- جریان نامی قطع اتصال کوتاه

جریان نامی قطع اتصال کوتاه عبارت است از حداکثر جریان خطایی که بایستی تحت شرایط کاری و عملکرد مشخص شده در استاندارد توسط کلید قطع گردد. کلید در مداری قرار دارد که ولتاژ بازیافت با فرکانس قدرت مدار متناظر با ولتاژ کلید و ولتاژ بازیافت گذاری آن معادل مقادیر نامی مشخص شده در استاندارد IEC-56 می باشد.

جریان نامی قطع اتصال کوتاه توسط دو مولفه زیر مشخص می گردد.

- مقدار موثر مولفه AC که جهت اختصار بنام "جریان نامی اتصال کوتاه" نامیده می شود.
- مقدار درصد مولفه DC

مقدار موثر جریان نامی قطع اتصال کوتاه با توجه به محاسبات اتصال کوتاه $\frac{X}{R}$ شبکه در آن نقطه و وضعیت حال و آینده (توسعه شبکه) انتخاب می گردد. ضمن آن که این جریان باید با مقادیر موجود در استاندارد IEC-56 منطبق باشد.

۶-۴-۱۰- محاسبات اتصال کوتاه

معمولاً این محاسبات در سیستم پریونیت انجام می شود.

$$\text{توان اتصال کوتاه Fault level (MVA)} = \frac{(MVA)_b \times 100}{\text{درصد امپدانس}}$$

$$\text{درصد امپدانس \% Z} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

نکته:

در مورد مسیرهای کوتاه می توان از مقاومت کابل صرفنظر کرد.

$$\text{جریان اتصال کوتاه Fault current (KA)} = \frac{\text{توان اتصال کوتاه (MVA)}}{\sqrt{3} \times \text{ولتاژ (kV)}}$$

روش ساده محاسبه اتصال کوتاه برای انتخاب کلید قدرت:

۱- ساده کردن مدار

۲- مولفه های متقارن جریان (مثبت، منفی و صفر) را محاسبه می کنیم

۳- بسته به نوع کلید و کاربرد آن این جریان را در ضرایبی ضرب می کنیم

۶-۴-۱۰-۱- محاسبه جریان اتصال کوتاه

$$\text{مقدار موثر مولفه متقارن جریان اتصال کوتاه} = \frac{V}{X_1} \quad \text{یا} \quad \frac{3V}{2X_1 + X_0}$$

از بین مقادیر فوق هر کدام بزرگتر بود در نظرمی گیریم.

V: ولتاژ فاز به زمین

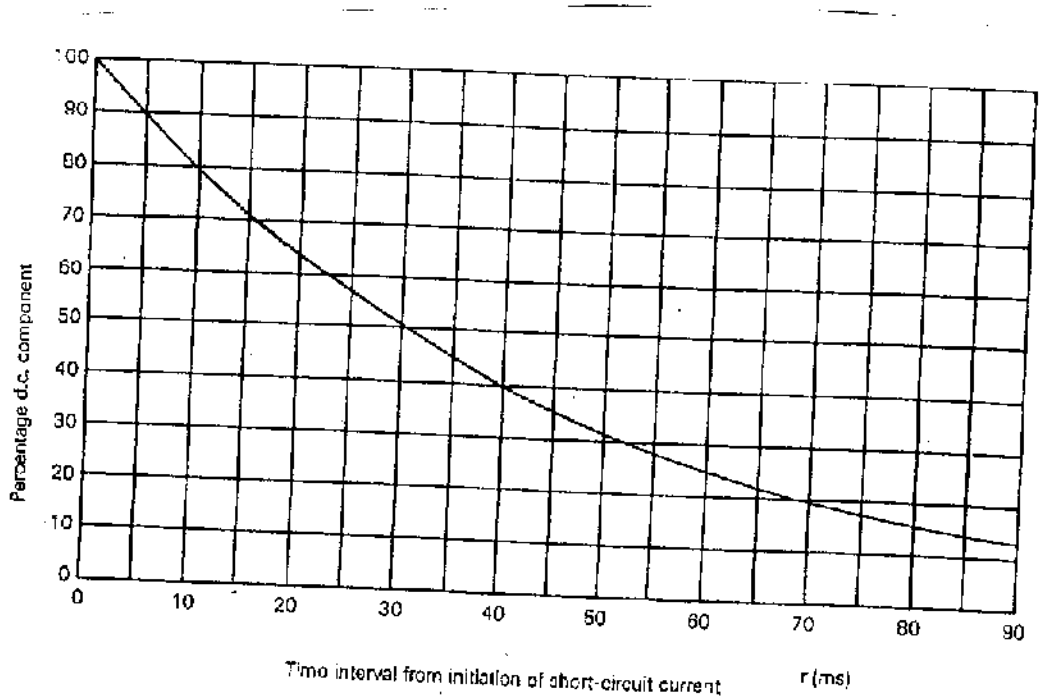
X_1 : راکتانس معادل مثبت از نقطه خطا

X_0 : مولفه صفر راکتانس

R_0 : مولفه صفر مقاومت

- اگر R_0 از $۱ \times ۲/۲۳$ بزرگتر باشددر اینصورت نیاز به محاسبه $\frac{3V}{2X_1 + X_0}$ نمی باشد.

مولفه جریان مستقیم برحسب درصدی از جریان AC قطع بیان می شود و بستگی به مدت زمان τ یعنی فاصله زمانی شروع اتصال کوتاه تا لحظه بازشدن کلید دارد (شامل فرمان خاموش شدن قوس) و به کمک منحنی شکل (۶-۲) بدست می آید.



شکل ۶-۲ : درصد مولفه DC نسبت به زمان

در کلیدهایی که بدون استفاده از رله های کمکی فرمان قطع را انجام می دهند مدت زمان τ به صورت حداقل زمان باز شدن کلید در نظر گرفته می شود ولی در کلیدهایی که فرمان آنها از طریق رله های کمکی حاصل می شود، τ معادل زمان باز شدن کلید بعلاوه زمان ۰/۵ سیکل از فرکانس نامی انتخاب می شود.

۶-۴-۱۱- جریان نامی اتصال کوتاه وصل

جریان نامی اتصال کوتاه وصل متناظر با ولتاژ نامی کلید بوده و ۲/۵ برابر مقدار موثر مولفه A.C جریان نامی قطع اتصال کوتاه کلید انتخاب می شود.

۶-۴-۱۲- مدت زمان اتصال کوتاه

براساس تعریف، این مدت زمان عبارت است از فاصله زمانی که یک دستگاه مکانیکی قطع و وصل می تواند در حالیکه بسته است جریان معادل جریان نامی قابل تحمل کوتاه مدت را از خود عبور دهد. اساساً این زمان برحسب مدت برقرار بودن جریان اتصال کوتاه باید انتخاب شود. این مدت زمان مطابق استاندارد یک ثانیه بوده ولی در مواردی که مدت زمان بیشتری مورد نظر باشد ۳ ثانیه توصیه شده است. به هر حال برای زمان هایی بیشتر از زمان نامی رابطه بین دامنه جریان و زمان تحمل جریان اتصال کوتاه در صورتیکه فرمول دیگری از طرف سازنده کلید ارائه نشده باشد، مطابق با رابطه زیر خواهد بود.

$I^2.t=cte$

۶-۴-۱۳- زمان نامی قطع

براساس تعریف، زمان قطع نامی کلید عبارت است از فاصله زمانی بین صدور فرمان به بوبین قطع کلید تا خاموش شدن قوس الکتریکی در کلید. با توجه به اثرات مخرب قوس الکتریکی در کنتاکتها و گاز یا مایع داخل محفظه قطع کلید و همچنین نیروهای ناشی از تداوم جریان اتصال کوتاه و اثرات ادامه این جریان در پایداری شبکه (بخصوص در مورد ولتاژهای بالا) اساساً کاهش این زمان همواره مورد نظر استفاده کنندگان و سازندگان بوده و هست که البته در این مورد گذشته از نیازهای سیستم امکانات سازنده نیز باید مورد نظر قرار گیرد.

۶-۴-۱۴- جریان نامی ایستادگی کوتاه مدت

مقدار موثر جریانی که تابلو تحت شرایط تعریف شده کاری، برای یک مدت زمان کوتاه مشخص در حالت وصل، می تواند از خود عبور دهد.

مقدار استاندارد جریان ایستادگی کوتاه مدت نامی باید از IEC-59 انتخاب شود و باید معادل با مقادیر نامی اتصال کوتاه تابلو باشد.

- مقادیر نامی جریان ایستادگی کوتاه مدت از بین مقادیر زیر انتخاب شود (با ضریب 10^n)

۱ -۱/۲۵ -۱/۵ -۲ -۲/۵ -۳/۱۵ -۴ -۵ -۶/۳ -۸

۶-۴-۱۵- کمترین فاصله خزشی (Minimum creepage distance)

کمترین فاصله خزشی نامی یک عایق خارجی سرامیک یا شیشه نصب شده در فضای آزاد، بین فاز و زمین یا بین دو فاز یا بین ترمینالهای یک پل کلید یا کلید قدرت، با رابطه زیر تعیین می گردد.

$$L_t = a \times L_f \times V_r \times K_D$$

L_t : کمترین فاصله خزشی نامی (mm) (نکته ۱)

a : ضریب کاربردی بسته به نوع عایق (جدول ۶-۲)

L_f : کمترین فاصله خزشی نامی مطابق جدول II استاندارد IEC-815 (جدول ۶-۲ و ۶-۳) (mm/kv) (نکته ۲)

V_r : ولتاژ نامی تابلو

K_D : ضریب تصحیح برحسب قطر

نکته:

۱- برای فاصله خزشی عملی، تلورانس ویژه ساخت را باید بکار برد.

۲- نسبت فاصله خزشی اندازه گیری شده بین فاز و زمین تقسیم بر V_r

فواصل خزشی باید مطابق با درجه آلودگی و گروه مواد در ولتاژ نامی عایقی داده شده در جدول (۱۶) استاندارد IEC-439-1 باشند.

جدول(۶-۱۰): کمترین فاصله هوایی در هوا

ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ضربه ناشی از صاعقه V_{imp} KV	کمترین فاصله هوایی(mm)							
	حالت A میدان غیریکنواخت				حالت B میدان یکنواخت، شرایط ایده آل			
	درجه آلودگی				درجه آلودگی			
	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۰/۳۳	۰/۰۱				۰/۰۱			
۰/۵	۰/۰۴	۰/۲			۰/۰۴	۰/۲		
۰/۸	۰/۱		۰/۸		۰/۱		۰/۸	
۱/۵	۰/۵	۰/۵		۱/۶	۰/۳	۰/۳		۱/۶
۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵		۰/۶	۰/۶		
۴	۳	۳	۳	۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	
۶	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۲	۲	۲	۲
۸	۸	۸	۸	۸	۳	۳	۳	۳
۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵

نکته: مقدار کمترین فاصله هوایی در هوا براساس ولتاژ ضربه ۱/۲ /۵۰μs برای فشار ۸۰ کیلوپاسکال معادل فشار نرمال اتمسفر در ۲۰۰۰ متر بالای سطح دریا، می باشد.

۶-۴-۱۶- حفاظت اولیه کلیدها

حفاظت اولیه بیشتر در پستهای توزیع ۲۰ و ۳۳ کیلوولت که فاقد اپراتور هستند، بوسیله یک رله جریان زیاد به نام رله اولیه که روی کلید نصب می گردد انجام می شود. در مواقع خطا و عبور جریان اتصال کوتاه از مدار، این رله خطا را تشخیص داده و فرمان قطع را به کلید مربوط می دهد این رله مستقیماً روی کلید نصب می شود و از دقت قابل قبولی برخوردار است و توسط پیچ روی مقره نصب می شود به طوری که حرکت اهرم عمل کننده توسط میله های عایق به ضامن قطع کلید منتقل می گردد. این رله که بصورت تکفاز می باشد می تواند به عناصر زیر مجهز شود.

- رله جریان زیاد آنی
- رله جریان زیاد تاخیری
- وسیله نشان دهنده وضعیت عملکرد رله

رله جریان زیاد شامل قسمتهای اصلی: عنصر تاخیری قابل تنظیم با زمان معین، سیم پیچ جریان، هسته و آرمیچر الکترو مغناطیسی متصل به اهرم عمل کننده رله می باشد.

عنصر تاخیری رله کاملاً از مقدار جریان اتصال کوتاه مستقل است.

رله های جریان زیاد تاخیری از نوع الکترو مکانیکی، بعنوان رله اولیه جریان زیاد در کلیدهای SF6 و کم روغن ۲۰ و ۳۳ کیلوولت مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع رله بیشتر در کلیدهای ساخت داخل مورد استفاده قرار گرفته اند، ضمن اینکه امروزه سعی بر آن است که رله های الکترونیکی جایگزین آنها شوند.

۶-۴-۱۶-۱- رله اولیه جریان زیاد

۶-۴-۱۶-۱-۱- عنصر جریان زیاد تاخیری

رله جریان زیاد شامل شاخص‌هایی برای تنظیم جریان و تنظیم زمان تاخیر عنصر تاخیری می‌باشد. تنظیم جریان رله باید بگونه‌ای انجام گیرد که جریان تنظیمی از حداکثر جریان بار بیشتر و از حداقل جریان اتصال کوتاه در آخر فیدر متصل به کلید کمتر باشد. تنظیم زمان تاخیر رله نیز باید با توجه به هماهنگی عملکرد رله با عناصر حفاظتی بعد از آن (فیوزها) تعیین شود.

در ساختمان رله جریان زیاد یک موتور الکتریکی، یک آرمیچر الکترومغناطیسی و یک اهرم متحرک به نام اهرم عمل کننده وجود دارد.

وقتی که جریان سیم پیچ از مقدار جریان تاخیری تنظیمی تجاوز می نماید، آرمیچر الکترومغناطیسی بهمراه اهرم عمل کننده حرکت خود را آغاز می کند. سپس موتور از حالت بلوکه (قفل) خارج می شود و از طریق دنده مارپیچی با مکانیزم تاخیر درگیر می شود. روتور گردان با سرعت سنکرون می‌چرخد و زمان تنظیمی را اندازه‌گیری می‌کند. پس از طی زمان تنظیمی آرمیچر الکترومغناطیسی بهمراه اهرم عمل کننده آزاد می شود. این حرکت بوسیله میله عایقی منتقل شده و موجب آزاد شدن ضامن قطع کلید می گردد در نتیجه کلید قطع می‌گردد بعد از قطع شدن کلید یا در صورت رفع خطا قبل از زمان تنظیمی، رله اولیه جریان زیاد به وضعیت ابتدایی خود بر می گردد. وسیله تاخیری با برگرداندن اهرم تنظیم زمان قطع آن را به وضعیت صفر برمی‌گرداند.

۶-۴-۱۶-۱-۲- عنصرجریان زیاد آنی

رله جریان زیاد دارای شاخصی برای تنظیم جریان عنصر آنی می‌باشد که باید برابر با بیشترین جریان اتصال کوتاه به‌ازای خطا در فاصله ۸۰ درصدی از ابتدای فیدر قرار داده شود.

این وسیله مستقل از عنصر جریان زیاد تاخیری عمل می کند. وقتی جریان سیم‌پیچ رله از جریان تنظیمی عنصر آنی رله بیشتر شود رله اولیه جریان زیاد فوراً عمل می نماید. قرار دادن شاخص تنظیم جریان عنصر آنی در وضعیت ∞ سبب خارج شدن وسیله جریان زیاد آنی از سیستم می شود. که در این صورت رله برای تمام جریانها، عمل قطع را با توجه به زمان از پیش تنظیم شده انجام خواهد داد. برای اجتناب از جابجایی ناخواسته و اتفاقی شاخص‌های تنظیم جریان و تاخیر زمانی در عنصر جریان زیاد تاخیری می توان از پیچهای محدود کننده که برای این منظور تعبیه شده اند استفاده نمود.

در صورت تغییر مقادیر مطلوب، پیچ های مذکور باید برای این مورد تنظیم شوند.

۶-۴-۱۶-۱-۳- وسیله نشان دهنده وضعیت عملکرد رله

رله هایی که به نشان دهنده عملکرد وضعیت مجهز می باشند با هر بار عملکرد رله، نشان دهنده پایین می افتد و به این ترتیب عمل رله را نشان می دهد. برای برگرداندن نشان دهنده به حالت اولیه خود باید از یک میله عایق استفاده کرد.

۶-۵- کلید زمین و کلید جداکننده

۶-۵-۱- جریان پیک وصل کنندگی کلید زمین

مقدار پیک اولین سیکل جریان در یک پل کلید زمین در مدت زمان گذرای ناشی از هجوم جریان در هنگام وصل می باشد.

نکته:

۱- این مقدار پیک با توجه به شکل موج ولتاژ مجاز، در هنگام شروع (هجوم) جریان، ممکن است از یک پل به پل دیگر و از یک عملکرد به عملکرد دیگر متفاوت باشد.

۲- در هر مدار چند فاز، اگر مقدار پیک جریان وصل تعیین نشده باشد، این مقدار برابر با بالاترین مقدار آن در هر فاز خواهد بود.

۶-۵-۲- جریان نامی قطع کننده ها

این جریان مشابه جریان نامی کلیدهای قدرت انتخاب می شود.

۶-۵-۳- جریان نامی ایستادگی زمان کوتاه

این مقدار مطابق با مقدار جریان نامی ایستادگی زمان کوتاه کلیدهای قدرت انتخاب می شود.

نکته:

اگر در یک مجموعه کلید زمین همراه با کلید قطع کننده آورده شود، جز در موارد خاص، جریان نامی ایستادگی زمان کوتاه کلید زمین باید حداقل برابر با مقدار تعریف شده این جریان برای کلید قطع کننده باشد.

۶-۵-۴- جریان نامی ایستادگی پیک

این مقدار مشابه با مقدار جریان نامی ایستادگی پیک کلیدهای قدرت انتخاب می شود.

نکته:

اگر در یک مجموعه کلید زمین همراه با کلید قطع کننده وجود داشته باشد، جریان نامی ایستادگی پیک کلید زمین جز در موارد خاص، باید حداقل برابر با مقدار تعریف شده این جریان برای کلید قطع کننده باشد.

۶-۵-۵- جریان نامی عبور اتصال کوتاه

مقدار جریانی است که کلید زمین تحت هر ولتاژ مجاز تا و شامل مقدار نامی آنها، قادر به عبور آن بدون هیچ خسارتی باشد. این جریان مشابه جریان نامی عبور اتصال کوتاه کلید قدرت انتخاب می شود.

۶-۵-۶- مدت زمان نامی اتصال کوتاه

این مدت زمان مشابه کلیدهای قدرت، برابر ۱ ثانیه است. برای مقادیر غیر از ۱ ثانیه ۰/۵، ۲و۳ ثانیه پیشنهاد می شود.

۶-۵-۷- ولتاژ نامی تغذیه وسایل قطع و وصل کننده و مدارات کمکی

ولتاژ اندازه گیری شده در ترمینالهای مدار در هنگام باز بودن آن، در صورت نیاز شامل مقاومتهای کمکی یا تغذیه های تعبیه شده توسط سازنده که بصورت سری با آن قرار می گیرد. که شامل هادی های اتصال به منبع الکتریکی نمی باشد، است. این مقادیر باید از مقادیر استاندارد موجود در جدول (۷-۷ و ۷-۸) انتخاب شود. تجهیزات مدار فرمان تابلو باید قادر به قطع یا وصل کلیدهای تابلو در هر یک از ولتاژهای تغذیه بین ۱۱۰٪ تا ۸۵٪ مقدار نامی باشند.

۶-۵-۸- سطوح عایقی

از بین مقادیر استاندارد مشابه کلیدهای قدرت انتخاب می گردد.

۶-۶- ترانسفورماتور جریان

۶-۶-۱- نوع ترانسفورماتور جریان

۶-۶-۱-۱- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر عایقبندی

- نوع خشک با عایق رزین
- نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن
- نوع SF6

ترانسفورماتورهای جریان برحسب نوع عایق اصلی تقسیم بندی شده اند.

برای ولتاژهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت تنها نوع خشک با عایق رزین امکان پذیر است و موارد استفاده آن بیشتر در محلهای سرپوشیده (کلاس داخلی) است.

۶-۶-۱-۲- نوع ترانسفورماتور جریان از نظر ساختمانی

از نظر ساختمانی به دو صورت اند.

- هسته بالا (معکوس)
- هسته پایین (تانک)

۶-۶-۲- سطح ولتاژ ایستادگی در مقابل ضربه ناشی از صاعقه

سطوح عایقی اولیه ترانسفورماتور جریان براساس نتایج بدست آمده از مطالعات "هماهنگی عایقی" و با توجه به مقادیر استاندارد موجود در استاندارد IEC-185 و نحوه زمین کردن سیستم انتخاب می گردد. در صورتی که مطالعات هماهنگی عایقی صورت نگرفته باشد یا در دست نباشد، از آنجا که در جداول استاندارد فوق سطوح عایقی با توجه به حداکثر ولتاژ سیستم انتخاب شده برای ترانسفورماتور تعیین می گردند، لازم است که سطوح عایقی مربوط به ولتاژهای تحمل صاعقه و کلیدزنی که در استاندارد فوق آمده است با سطوح عایقی کلیدها و کلیدهای قطع کننده هماهنگی داشته باشد.

۶-۶-۳- فاصله خزشی مقره

برای ترانسفورماتورهای جریان که در فضای باز مورد استفاده قرار می گیرند و در معرض آلودگی محیط قرار دارند، حداقل فاصله خزشی اندازه گیری شده روی سطح مقره باید با توجه به سطح آلودگی محیط و مطابق با جدول (۶-۲ و ۶-۳) انتخاب گردد. نسبت حداقل فاصله خزشی به حداقل فاصله قوس عموماً نباید از ۳/۵/۱ بیشتر باشد.

۶-۶-۴- جریان نامی اولیه

جریانی است که عملکرد ترانسفورماتور جریان براساس آن است و مقدار آن از محاسبات بخش بار با در نظر گرفتن روند افزایش بار درآینده و با توجه به نوع شینه بندی انتخاب می گردد براساس استاندارد IEC-185 یکی از مقادیر زیر با مضارب ۱۰ یا ۰/۱ انتخاب می گردد.

۱۰-۱۲/۵-۱۵-۲۰-۲۵-۳۰-۴۰-۵۰-۶۰-۷۵

مقادیری که زیر آن خط کشیده شده، ترجیح داده می‌شود.

۶-۶-۵- جریان نامی ثانویه

مقدار جریان است که با توجه به جریان اولیه و نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان با لحاظ کردن خطای نسبت تبدیل، در ثانویه ترانسفورماتور برقرار می گردد.

مقدار این جریان براساس استاندارد IEC-185 ۱، ۲ یا ۵ آمپر است.

جـریان ۲ آمـپر بـا توجـه بـه نـزدیک بـودن بـه ۱ آمپر و به منظور جلوگیری از تعدد و تنوع رله ها و دسـتگاههای اندازه گیری در ایران مورد استفاده قرار نمی گیرد. برای ترانسفورماتورهای جریانی که گروه آنها دراتصال مثلث است این مقادیر نامی و نیز $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر آنها قابل استفاده است.

۶-۶-۶- جریان نامی حرارتی کوتاه مدت

جریان نامی حرارتی کوتاه مدت با توجه به محاسبات اتصال کوتاه سیـستم در محلی که ترانسفورماتور جـریان نصـب مـی گـردد، تعیین می شود. به منظور حداقل نمودن اثر تنش های مکانیکی ایجاد شده در شرایـط اضافه جریان تا حدامکان سطح مقطع سیم پیچ اولیه و تعداد دور آن باید کم باشد.

مقدار موثر جریان اتصال کوتاه به صورت زیر بدست می آید.

$$I_{SC} = \frac{MVA_{SC} \times \text{نسبت تبدیل}}{\text{ولتاژ نامی سیستم} \times \sqrt{3}}$$

$$\text{ضریب اضافه جریان} = \frac{\text{مقدار موثر جریان اتصال کوتاه}}{\text{نسبت تبدیل}}$$

۶-۶-۷- جریان نامی دائمی حرارتی

جـریان نامی دائمی حرارتی ترانسفورماتور جریان، جریانی است که از اولیه بطور پیوسته عبور می کند در حالـیکه ثانویـه بـه بـار نامـی وصـل است و افزایش درجه حرارت بیش از مقدار مجاز نداشته باشد. در اسـتاندارد IEC-185 مقدار مجاز افزایش جریان نامی دائمی حرارتی نسبت به جریان نامی با ضریب ۱۲۰ ٪ و ۱۵۰٪ و ۲۰۰٪ مشخص شده است. در کلیه ترانسفورماتورهای جریان موجود در شـبکه کشور، مقدار جریان نامی دائمی حرارتی ۱/۲ برابر جریان نامی تعیین می گردد.

۶-۶-۸- محدودیت افزایش درجه حرارت

درجه حرارت ترانسفورماتور جریان در جریان اولیه ای برابر جریان نامی دائمی حرارتی و باری معادل با ظرفیت خروجی نامی در ضریب قدرت واحد نباید از مقدار مجاز ذکر شده در استاندارد IEC-185 فراتر رود. به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع از مقدار مبنا (۱۰۰۰ متر) مقادیر استاندارد برای ترانسفورماتورهای جریان باید مطابق زیر کاهش یابد.

a) ترانس های روغنی ۰/۴٪

b) ترانس های نوع خشک ۰/۵٪

۶-۶-۹- ظرفیت نامی خروجی

ظرفیت خروجی ثانویه ترانسفورماتور جریان در اصل همان توانی است که بوسیله مصرف کننده ها و خود ترانسفورماتور جریان مصرف می شود. ترانسفورماتور جریان باید بتواند توان ظاهری مصرف شده توسط دستگاههای اندازه گیری رله ها، کابل ها، سیم های رابط و سیم پیچ ثانویه خود را تامین کند.

مقدار نامی ظرفیت خروجی ترانسفورماتور جریان با توجه به بار نامی متصل شده به آن در جریان نامی بصورت زیر محاسبه می شود.

$$S_n = I_{sn}^2.Z$$

Z : کل امپدانس موجود در ثانویه

I_{sn} : جریان نامی ثانویه

براساس استاندارد IEC-185 برای بار تا ظرفیت 30 VA مقادیر زیر می تواند انتخاب گردد.

۲/۵-۵-۱۰-۱۵-۳۰

۶-۶-۱۰- کلاس دقت

۶-۶-۱۰-۱- کلاس دقت ترانسفورماتورهای جریان اندازه گیری

- هسته اندازه گیری ترانسفورماتور جریان به منظور تبدیل جریان اولیه (فشار قوی) به جریان قابل اندازه گیری در شرایط عادی می باشد.
- خطای مرکب: براساس استاندارد IEC-185 این خطا مطابق فرمول زیر و بصورت درصد تعریف می گردد.

$$E_C = \frac{100}{I_p}\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (k_n i_s - i_p)^2 dt}$$

K_n : نسبت تبدیل نامی

I_p : مقدار موثر جریان اولیه

i_p : مقدار لحظه ای جریان اولیه

i_s : مقدار لحظه ای جریان ثانویه

T: مدت زمان یک سیکل جریان

ترانسفورماتور جریان اندازه گیری باید در محدوده جریان ۱۰ تا ۱۲۰ درصد جریان نامی و محدوده با ۲۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی مطابق استاندارد IEC- 185 کلاس دقت مطلوب را داشته باشد.

کلاسهای دقت عبارتند از:

۰/۱-۰/۲-۰/۵-۱-۳-۵

۶-۶-۱۰-۲- کلاس دقت ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی

هسته حفاظتی ترانسفورماتور جریان برای تغذیه رله های حفاظتی بکار می رود. ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی باید برای جریانهای چندین برابر جریان نامی ناشی از اتصال کوتاه عملکرد مناسبی داشته و به ازاء حداکثر جریانهای اتصال کوتاه جریان ثانویه با دقت مناسبی از جریان اولیه تبعیت نماید. کلاس دقت برای مصارف حفاظتی عبارتند از:

۱- رله های جریان زیاد آنی: 15p

۲- رله های جریان زیاد تاخیری: 10p در مواردی که تشخیص خطا مهم است.

۳- رله های جریان زیاد تاخیری: 5p در مواردی که تشخیص خطا مهم نیست.

۴- زمانی که پایداری خطای فاز و درجه بندی زمانی دقیق، مورد نیاز نیست. 15p و 10 p.
پایداری خطای فاز و دقت و درجه بندی دقیق مورد نیاز است.

۶-۶-۱۱- تغییر در نسبت تبدیل ترانسفورماتور جریان

با توجه به تفاوت توان مصرفی در نقاط مختلف شبکه، تغییرات بار مصرفی به علت گسترش مصارف خانگی، صنعتی یا کشاورزی و همچنین افزایش خطوط انتقال و تاسیس پست های جدید و غیره، عواملی هستند که امکان بهره برداری از یک ترانسفورماتور جریان را در یک نسبت تبدیل ثابت دشوار می نمایند. به این جهت امروزه طرح سیم پیچی ترانسفورماتور جریان را طوری انتخاب می کنند که امکان تغییر نسبت تبدیل به صورت دوگانه و یا چند گانه وجود داشته باشد.

۶-۷- ترانسفورماتور ولتاژ

۶-۷-۱- نوع ترانسفورماتور ولتاژ

ترانسفورماتور ولتاژ می تواند از نوع خشک، روغنی یا SF6 باشد. برای شبکه توزیع از ترانسفورماتور ولتاژ نوع خشک با عایق اصلی رزین اپوکسی استفاده می گردد.

۶-۷-۲- کلاس عایقی

کلاس عایقی براساس استاندارد IEC-186 مشخص می گردد که تعیین کننده افزایش مجاز درجه حرارت نسبت به درجه حرارت محیط می باشد. مقدار حداکثر درجه حرارت یاد شده، بالاترین مقدار در ایران می باشد و برای هر طراحی باید مقدار واقعی درج گردد.

۶-۷-۳- ولتاژ نامی اولیه

مقدار استاندارد ولتاژ اولیه ترانسفورماتور سه فاز و ترانسفورماتور تکفاز برای استفاده در سیستم تکفاز پایین خطوط سیستم سه فاز، باید برای با مقدار نامی سیستم و مطابق با استاندارد IEC-38 باشد. برای سیستم توزیع فشار متوسط این مقدار باید برابر با ولتاژ سیستم یعنی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت باشد. مقادیر

استاندارد نامی ولتاژ اولیه ترانسفورماتور تکفاز وصل شده بین خطوط سیستم سه فاز و زمین یا بین یک نقطه صفر سیستم و زمین باید $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر مقادیر فوق باشد.

۶-۷-۴- ولتاژ نامی ثانویه

ولتاژ نامی ثانویه باید مطابق با موقعیت استفاده ترانسفورماتور در نظر گرفته شود. مقادیر داده شده شامل مقادیر استاندارد برای ترانسفورماتور تکفاز در سیستم های تکفاز یا وصل شده بصورت خط به خط در سیستم فاز و برای ترانسفورماتورهای سه فاز می باشند.

۱۱۰-۱۰۰ولت‌در حالت عادی

۲۰۰ ولت برای مدارهای ثانویه توسعه یافته

برای ترانسفورماتورهای تکفاز که برای استفاده در سیستم های سه فاز بصورت فاز به زمین در نظر گرفته شده است وولتاژ نامی اولیه بر $\sqrt{3}$ تقسیم شده است، ولتاژ نامی ثانویه باید یکی از مقادیر نامی ذکر شده تقسیم بر $\sqrt{3}$ باشد. بدین ترتیب نسبت تبدیل ترانسفورماتور ولتاژ، ثابت می ماند.

۶-۷-۵- خروجی نامی

مقادیر استاندارد خروجی در ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز (وارد شده به ولتمتر) عبارتند از :

(VA)۱۰, ۱۵, ۲۵, ۳۰, ۵۰, ۷۵, ۱۰۰, ۱۵۰, ۲۰۰, ۳۰۰, ۴۰۰, ۵۰۰

مقادیری که زیر آنها خط کشیده شده، ترجیح داده می شود.

۶-۷-۶- ضریب نامی ولتاژ

ضریب نامی ولتاژ با ولتاژ عملی ماکزیمم که بستگی به سیم و شرایط زمین سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور ولتاژ دارد، تعیین می گردد. ضرایب ولتاژ استاندارد برای شرایط مختلف زمین شدن در جدول (۶-۱۱) ، همراه با مدت زمان‌های مختلف ولتاژ عملی ماکزیمم داده شده است.

جدول (۶-۱۱): ضرایب ولتاژ نامی

روش اتصال سیم پیچ اولیه و شرایط زمین کردن سیستم	زمان نامی	ضریب ولتاژ نامی
- بین فازها در هر شبکه - بین نقطه ستاره ترانسفورماتورها و زمین در هر شبکه	دائمی	1.2
بین فاز و زمین در هر سیستم موثر زمین شده	دائمی	1.2
بین فاز و زمین در هر سیستم موثر زمین شده	30 sec	1.5
بین فاز و زمین در سیستم موثر زمین شده با کلید اتوماتیک قطع خطای زمین	دائمی	1.2
بین فاز و زمین در سیستم غیرموثر زمین شده با کلید اتوماتیک قطع خطای زمین	30 sec	1.2
- بین فاز و زمین در هر سیستم زمین شده ایزوله بدون کلید اتوماتیک قطع خطای زمین - در یک سیستم زمین شده یا رزونانت بدون کلید اتوماتیک قطع خطای زمین	دائمی	1.2
- بین فاز و زمین در هر سیستم زمین شده ایزوله بدون کلید اتوماتیک قطع خطای زمین - در یک سیستم زمین شده یا رزونانت بدون کلید اتوماتیک قطع خطای زمین	8 h	1.9

نکته:

کاهش مدت زمان نامی باید با توافق سازنده و خریدار صورت گیرد.

۶-۷-۷- ظرفیت پایداری اتصال کوتاه

ترانسفورماتور ولتاژ باید طوری طراحی شود که بدون خسارت در هنگامی که در ولتاژ نامی اثرات مکانیکی و گرمایی برای اتصال کوتاه خارجی به مدت ۱ ثانیه برقرار می شود، پایدار بماند.

فهرست مطالب

۷- روش قدم به قدم طراحی

با توجه به مطالب عنوان شده در بخشهای قبل و با استفاده از اطلاعات شبکه، مراحل انتخاب تابلوهای فشار متوسط توزیع بصورت زیر بیان می شود.

۷-۱-مشخصات و ویژگیهای سیستم

تعیین مشخصات و اطلاعات مربوط به سیستمی که تابلو در آن نصب می شود.

- ولتاژ نامی (kv)
- حداکثر ولتاژ سیستم (kv)
- سطح اتصال کوتاه (KA)

- فرکانس نامی (Hz)
- نحوه زمین کردن نوترال سیستم

۷-۲-شرایط محیطی محل نصب

مشخصات محیطی و اقلیمی محل نصب زیر باید تهیه و جهت انتخاب یا اعلام به سازنده مورد استفاده واقع گردد:

- ارتفاع از سطح دریا (m)
- حداکثر درجه حرارت محیط (°C)
- حداقل درجه حرارت محیط (°C)
- متوسط درجه حرارت روزانه محیط (°C)
- میزان درصد رطوبت نسبی (%)
- میزان آلودگی محیط
- شتاب زلزله (m/s^2)
- سرعت باد (m/s)

۷-۳- پارامترهای فنی تابلو

۷-۳-۱- محاسبات الکتریکی شبکه

مطالعات و محاسبات الکتریکی شبکه با توجه به بند ۵-۳ انجام می گردد.

۷-۳-۲- اطلاعات عمومی

اطلاعات عمومی شامل موارد زیر با توجه به بند ۶-۱- تعیین می گردد.

- تعداد فاز
- فرکانس نامی
- ولتاژ نامی
- بیشینه ولتاژ سیستم

- سیستم زمین

۷-۳-۳- شرایط محیطی

شرایط محیطی با توجه به بند ۶-۲ تعیین می گردد.

- درجه حرارت محیط

الف- حداقل درجه حرارت محیط

ب – حداکثر درجه حرارت محیط

ج – متوسط درجه حرارت محیط

- رطوبت نسبی
- شتاب زلزله
- سرعت باد
- ارتفاع
- آلودگی
- ضخامت یخ

۷-۳-۴- شینه‌ها

شینه ها با توجه به بند ۶-۳ انتخاب می شوند.

- نوع شینه
- جنس شینه
- آرایش شینه
- فاصله بین فازها
- مقدار کمینه فاصله از زمین
- جریان نامی
- ولتاژ نامی
- ابعاد شینه
- جریان حرارتی دائمی مجاز
- سطح عایقی

۷-۳-۵- کلیدهای قدرت

کلیدهای قدرت با توجه به بند ۶-۴ انتخاب می گردند.

- نوع کلید
- کلاس
- ولتاژ نامی
- جریان نامی
- سطح عایقی
- جریان زمان کوتاه
- جریان نامی اتصال کوتاه
- تعداد کویلهای قطع
- تعداد کویلهای وصل
- طول مدت اتصال کوتاه
- رله اولیه
- ولتاژ کمکی
- تعداد کنتاکتهای کمکی
- ترتیب عملکرد نامی

۷-۳-۶- کلیدهای جدا کننده و کلید زمین

کلیدهای جداکننده و کلیدزمین با توجه به بند ۶-۵ انتخاب می گردند.

- ولتاژ نامی
- جریان نامی
- جریان قطع اتصال کوتاه
- جریان وصل اتصال کوتاه
- سطح عایقی
- مدت زمان اتصال کوتاه
-ولتاژ تغذیه وسایل قطع کننده و مدارات کمکی

- ظرفیت قطع اتصال کوتاه

۷-۳-۷- ترانسفورماتور جریان

ترانسفورماتور جریان با توجه به بند ۶-۶ انتخاب می گردد.

- نوع
- سطح عایقی
- جریان نامی اولیه
- جریان نامی ثانویه
- جریان حرارتی کوتاه مدت نامی
- جریان حرارتی دائمی نامی
- خروجی نامی
- تعداد هسته های ثانویه

الف- جهت اندازه گیری

ب- جهت حفاظت

- کلاس دقت
- توان نامی

الف- جهت اندازه گیری

ب- جهت حفاظت

- تغییر نسبت تبدیل در ثانویه
- نسبت تبدیل نامی

۷-۳-۸- ترانسفورماتور ولتاژ

ترانسفورماتور ولتاژ با توجه به بند ۶-۷ تعیین می گردد.

- نوع
- سطح عایقی
- ولتاژ نامی اولیه
- ولتاژ نامی ثانویه
- تعداد سیم پیچهای ثانویه
- کلاس دقت

- ضریب ولتاژ نامی
- حد افزایش حرارت

فهرست مطالب

۸- یک نمونه طراحی

۸-۱- مشخصات سیستم :

- ولتاژ نامی ۲۰ کیلوولت
- حداکثر ولتاژ سیستم ۲۴ کیلوولت
- فرکانس نامی ۵۰ هرتز
- سطح اتصال کوتاه ۱۶ کیلوآمپر
- نحوه زمین کردن نوترال بطور موثر زمین شده

۸-۲- شرایط محیطی محل نصب

- ارتفاع از سطح دریا ۱۲۰۰ متر
- حداکثر درجه حرارت ۴۵ درجه سانتیگراد
- حداقل درجه حرارت ۲۵- درجه سانتیگراد
- حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه ۳۰ درجه سانتیگراد
- میزان آلودگی محیط بسیار زیاد
- میزان رطوبت ۸۰٪
- شتاب زلزله ۰/۳ g
- سرعت‌برای ۱۰ دقیقه ۳۰ m/s

برای ۵ ثانیه ۴۰ m/s

۸-۳- تعیین پارامترهای انتخاب تابلو

- نوع نصب‌فضای سرپوشیده با تهویه مناسب
- نوع تابلوتمام بسته فلزی

- ولتاژ نامی ۲۰ کیلوولت

حداکثر ولتاژ ۲۴ کیلوولت

۸-۳-۱- شینه ها

- سطح عایقی شینه ها:

۱۲۵kV۱۲۵ + ۲ (۱۲۵ × ۰/۰۱) = ۱۲۷/۵ ولتاژ ایستادگی ضربه

۵۰kv ۵۰ + ۲ (۵۰ × ۰/۰۱) = ۵۱ ولتاژ ایستادگی در برابر ولتاژ با فرکانس صنعتی ۱دقیقه

- فاصله خزشی:

با توجه به میزان آلودگی زیاد در نظر گرفته می شود.

$۲۰^{kv} \times ۳۱$ mm = ۶۲۰ mm = ۰/۶۲ m

کمترین فاصله از زمین :۲/۷۵ متر

کمترین فاصله هوایی: مطابق جدول ۲۴ cm ≅ ۲۴۲ mm

راه تجربی: به ازای هر ۱۰۰ ولت، ۱ سانتیمتر

۲۰ × ۱ = ۲۰ cm

- جریان نامی:

۶۳۰ آمپر

- ابعاد شینه ها:

۰/۶-۰/۸ : ضریب تصحیح برای نصب در فضای سرپوشیده با تهویه مناسب

$$\text{سطح مقطع} = \frac{630}{165 \times 0.8} = ۴/۷۷۲ cm^۲ \rightarrow ۵۰۰ mm^۲$$

- جریان حرارتی دائمی مجاز: ۱/۲ برابر جریان نامی = ۱/۲ × ۶۳۰ = ۷۵۶ A

۸-۳-۲- کلید قدرت

- نوع کلید: کلید SF6 یا کم روغن
- کلاس: تمام بسته
- ولتاژ نامی: ۲۰ کیلوولت
- جریان نامی: ۶۳۰ آمپر
- قدرت اتصال کوتاه: ۵۰۰ مگاولت آمپر
- جریان نامی اتصال کوتاه

$$\frac{500MVA}{\sqrt{3}\times 20} = ۱۴/۴۳ \cong ۱۴/۵\ KA$$

- مدت زمان اتصال کوتاه: ۱ ثانیه
- ولتاژ تغذیه مدارات کمکی: ۲۳۰ ولت

۸-۳-۳- ترانسفورماتور جریان:

- نوع ترانسفورماتور جریان: خشک با عایق رزین اپوکسی
- جریان نامی اولیه: ۶۳۰ آمپر
- جریان نامی ثانویه: ۵ آمپر
- جریان دائمی حرارتی نامی: آمپر ۷۵۶=۶۳۰ × ۱/۲
- توان خروجی : ۱۰ ولت آمپر
- کلاس دقت:

- اندازه گیری : ۰/۵

- حفاظت : ۱۰ p

۸-۳-۴- ترانسفورماتور ولتاژ

- نوع: خشک با عایق رزین اپوکسی
- سطح ولتاژ عایقی:

- ایستادگی در برابر ضربه : ۱۲۵

- ایستادگی در برابر ولتاژ با فرکانس صنعتی ۱ دقیقه ای : ۵۰ کیلوولت

- ولتاژ نامی اولیه: ۲۰ کیلوولت
- ولتاژ نامی ثانویه: ۱۰۰ ولت
- تعداد سیم پیچ ثانویه:۱
- توان نامی: ۵۰ ولت آمپر
- ضریب ولتاژ :
  - دائمی : ۱/۲
  - ۸ساعت : ۱/۹

۸-۳-۵- کلید قطع کننده و کلید زمین:

- ولتاژ نامی ۲۰ کیلوولت
- فرکانس نامی۵۰ هرتز
- جریان نامی ۴۰۰ آمپر
- جریان قطع کنندگی اتصال کوتاه ۱۴/۵ کیلوآمپر
- جریان وصل اتصال کوتاه ۴۰ کیلوآمپر
  (۱ تا ۳ ثانیه)
- ولتاژ نامی استقامت عایقی ۵۰ کیلوولت
  در برابر ضربه
- ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ۱۲۵ کیلوولت
  ولتاژ با فرکانس صنعتی ۱ دقیقه
- ظرفیت قطع اتصال کوتاه ۵۰۰ مگاولت آمپر

بخش دوم
معیارها و ویژگیهای فنی

لیست گزارشات

فهرست مطالب

۱-طراحی و ساخت تابلوهای فشار متوسط ۱
۱-۱-فواصل خزشی، فواصل هوایی و فواصل عایقی ۱
۱-۲-ترمینال هادی های خروجی ۲
۱-۳-حفاظت و پایداری در برابر اتصال کوتاه ۲
۱-۳-۱-اطلاعات لازم در مورد پایداری اتصال کوتاه ۳
۱-۴-مدارات داخلی تابلو ۴
۱-۴-۱-مدارات اصلی ۴
۱-۴-۲-مدارات فرعی ۴
۱-۵-اجزاء ثابت ۴
۱-۶-بخشهای جدا شونده و خارج شونده ۶
۱-۶-۱-طراحی ۶
۱-۶-۲-اینترلاک ها و قفلهای بخشهای جداشونده ۶
۱-۶-۳-درجه حفاظت ۶
۱-۷-محفظه ها ۶
۱-۷-۱-پوشش ها ۷
۱-۷-۱-۱-درجه حفاظت ۷
۱-۷-۲-جدارها و دریچه های حفاظتی ۸
۱-۷-۲-۱-جداره های فلزی و دریچه های حفاظتی ۹
۱-۷-۲-۲-جداره ها و دریچه های حفاظتی از جنس مواد عایق ۹
۱-۸-محلهای تهویه و خروجی های هواکش ۱۰
۱-۹-مدارات کمکی ۱۰
۱-۱۰-گرمکن ها و روشنایی، دریچه ضد انفجار ۱۰
۱-۱۱-اینترلاکها ۱۱
۱-۱۲-ترانسفورماتور جریان ۱۱
۱-۱۳-ترانسفورماتورهای ولتاژ ۱۳

۱-۱۴-شینه ها و اتصالات ۱۴
۱-۱۵-وسایل کلیدزنی و اجزاء نصب شده در تابلو ۱۵
۱-۱۵-۱-انتخاب وسایل کلیدزنی و اجزاء تابلو ۱۵
۱-۱۵-۲-نصب ۱۶
۱-۱۵-۲-۱-قابلیت دسترسی به تجهیزات ۱۶
۱-۱۵-۲-۲-تاثیرات متقابل ۱۷
۱-۱۵-۲-۳-جداکننده ها ((Barriers ۱۷
۱-۱۵-۲-۴-شرایط موجود در محل نصب ۱۷
۱-۱۵-۲-۵-خنک کنندگی ۱۷
۱-۱۶-کلیدهای جداکننده و کلیدهای زمین ۱۸
۱-۱۷-وسایل اندازه گیری ۱۸
۱-۱۸-سیم کشی ۱۹
۱-۱۹-روشنایی ۱۹
۲-طراحی و ساخت تابلوهای فشار ضعیف ۲۰
۲-۱-اسکلت و پوشش ۲۰
۲-۲-شینه ها ۲۱
۲-۳-نحوه بکارگیری تجهیزات داخلی ۲۱
۲-۴-کلیدهای اتومانیک با رله حرارتی و مغناطیسی ۲۱
۲-۴-۱-مکانیزم عملکرد ۲۲
۲-۵-کنتاکتورهای فشار ضعیف ۲۳
۲-۶-کلید مینیاتوری ۲۳
۲-۷-ترانسفورماتور جریان فشار ضعیف ۲۴
۲-۸-سرکابل ترموپلاستیک (ترموفیت) ۲۵
۲-۹-کابلشو پرسی ۲۵
۲-۱۰-رله حرارتی ۲۵
۲-۱۱-رله مغناطیسی ۲۶

۲-۱۲-فیوز چاقویی ((HRC..... ۲۶
۲-۱۳-کلید فیوز..... ۲۶
۲-۱۴-فیوز..... ۲۷
۲-۱۴-۱-ولتاژ نامی..... ۲۷
۲-۱۴-۲-جریان نامی فیوز..... ۲۷
۲-۱۴-۲-۱-جریان نامی تیغه فیوز..... ۲۷
۲-۱۴-۲-۲-جریان نامی پایه فیوز..... ۲۷
۲-۱۴-۳-جریان اتصال کوتاه..... ۲۸
۲-۱۴-۴-فرکانس نامی..... ۲۸
۲-۱۴-۵-مشخصه های زمان جریان..... ۲۸
۲-۱۴-۵-۱-محدوده مشخصه زمان – جریان..... ۲۸
۲-۱۴-۵-۲-مشخصه های زمان – جریان، منطقه های زمان – جریان..... ۲۸
۲-۱۴-۶-زمانها و جریانهای استاندارد..... ۲۸
۲-۱۴-۷-ظرفیت نامی قطع کنندگی..... ۲۹
۲-۱۴-۸-مشخصه های t^2I و جریان Cut-Off..... ۲۹
۲-۱۴-۹-محدوده مجاز افزایش دما..... ۲۹
۲-۱۴-۱۰-ماکزیمم ولتاژ جرقه..... ۲۹
۳-نصب تابلو..... ۲۹
۴-پلاکها و لوحه ها..... ۳۰
۴-۱-لوحه ویژگیها و اطلاعات..... ۳۰
۵-رنگ آمیزی..... ۳۱
۶-جدول مشخصات فنی تابلوهای فشار متوسط توزیع..... ۳۲
۷-جدول مشخصات فنی تابلوهای فشار ضعیف توزیع..... ۳۸

فهرست جداول

جدول ۱-۱ : درجات حفاظت پیشنهادی ۸
جدول ۲-۱ : جریان نامی تیغه فیوز ۲۷
جدول ۶-۱ : مشخصات فنی تابلوهای فشارمتوسط توزیع ۳۲
جدول ۷-۱ : مشخصات فنی تابلوهای فشار ضعیف توزیع ۳۸

فهرست مطالب

۱- طراحی و ساخت تابلوهای فشار متوسط

تابلوهای قدرت و فرمان باید از موادی ساخته شوند که استقامت مکانیکی، الکتریکی و گرمایی بالایی داشته باشند و رطوبت برعملکرد نرمال آنها تاثیر گذار نباشد. حفاظت در مقابل فساد و خوردگی تدریجی باید در نظر گرفته شود و باید طوری طراحی گردند که عملیات تعمیر و نگهداری آنها را بتوان بطور ایمن انجام داد. عملیات نگهداری شامل کنترل توالی فازها، زمین کردن، اتصالات کابلها وقوع خطا در کابل، آزمایش ولتاژ روی کابلهای ارتباطی یا سایر وسایل و دشارژ بارهای الکترواستاتیکی خطرناک و غیره می باشد. حفاظت در مقابل خوردگی و آسیب دیدگی با استفاده از مواد مناسب و پوششهای محافظ برای تابلو و برآورده کردن شرایط مناسب جهت استفاده و نگهداری صورت می گیرد. برای بخشهای مختلف تابلو که از مواد عایقی ساخته شده اند، مقاومت در برابر گرما، آتش و ضربه، باید تعیین شده باشد.

تمام قطعاتی که نیاز به تعویض دارند را باید بنوان با قطعات مشابه و با یک قدرت نامی، جایگزین کرد.

تابلوها باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدارنده از آهن به فرم نبشی، ناودانی، سپری و پوشش آن از ورقه های فلزی به ضخامت حداقل ۲/۵ میلیمتر ساخته شود. ساختمان و بدنه تابلو باید بصورتی باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت پوششهای قسمتهای بالا و یا پایین تابلو که محل شینه کشی و عبور شینها می باشد باید بوسیله پیچ و مهره های کرومه به اسکلت اصلی متصل شود. در روی تابلو باید قلاب مناسبی جهت سهولت در حمل و نقل تابلو نصب گردد.

۱-۱-فواصل خزشی، فواصل هوایی و فواصل عایقی

اجزاء مختلفی که در کنار هم قرار می گیرند و بخشی از تابلو را تشکیل می دهند، باید درهنگام نصب، فاصله کافی بین آنها وجود داشته باشد و هر یک، لوازم مورد نیاز و شرایط خاص خود را داشته باشند و در شرایط کار عادی نگهداری شوند. هنگام قراردادن اجزاء مختلف در درون تابلو، فاصله خزشی تعیین شده و فاصله هوایی با در نظر گرفتن شرایط کار مربوطه، باید رعایت شود.

بعلاوه شرایط غیرعادی مانند اتصال کوتاه نباید باعث کاهش دائمی فاصله هوایی یا کاهش استقامت دی الکتریکی بین شینه ها یا اتصالات سایر کابلها، تا زیر مقادیر مشخص شده آنها در حالت عادی شود.

در مورد اجزاء خارج شونده این فواصل باید با در نظر گرفتن تلورانس ساخت و تغییر اندازه ها بر اثر پوششهای محافظ هر یک از اجزاء در نظر گرفته شود.

۱-۲- ترمینال هادی های خروجی

درصورتی که این ترمینالها برای اتصال هریک از هادی های مسی، آلومینیمی یا هر دو مناسب باشد، باید توسط سازنده مشخص گردد.

ترمینالها باید طوری ساخته شوند، که اتصال برقرار شده مطابق با رنج جریان و ایستادگی اتصال کوتاه اجزاء موجود در مدار، توسط پیچ و مهره یا سایر اتصال دهنده ها، برقرار بماند.

در صورت عدم توافق خاص بین سازنده و خریدار، ترمینالها باید قادر به تطبیق با هادی ها و کابلهای مسی، از کوچکترین سطح مقطع تا بزرگترین آن، برحسب جریان نامی مربوطه، باشد. در صورت اتصال هادی آلومینیمی به هادی بعدی که سطح مقطع بزرگتری داشته باشد، باید بین سازنده و خریدار، توافق لازم صورت گیرد.

نکته:

۱- در برخی شرایط خاص کار، که ممکن است جریان عبوری از سیم نول مقدار بالایی داشته باشد، باید با توافق بین سازنده و خریدار از سیم نولی استفاده شود که ظرفیت عبور جریان آن مشابه با سیم فاز باشد.

۲- در هادی های غیرمسی، سطح مقطع سیم باید به گونه ای انتخاب شود که هدایت الکتریکی آن معادل باسیم مسی باشد. در این حالت ممکن است به ترمینالهای بزرگتری نیاز باشد.

اتصال دهنده هایی که برای سیم نول ورودی و خروجی، هادی های محافظ و PEN (هادی محافظ نوترال) در نظر گرفته شده اند، باید در مجاورت مجموعه ترمینالهای هادی های فاز قرار گیرند.

۱-۳- حفاظت و پایداری در برابر اتصال کوتاه

۱-تابلو بایدطوری طراحی و ساخته شود که در مقابل فشار های دینامیکی و گرمایی ناشی از جریانهای اتصال کوتاه، تا مقدار نامی، پایداری داشته باشد.

نکته: فشارهای ناشی از اتصال کوتاه ممکن است با استفاده از وسایل محدود کننده جریان (اندوکتانس ها، فیوزهای محدودکننده جریان و یا کلیدهای محدود کننده جریان) کاهش یابند.

۲-تابلو باید بوسیله ابزاری از قبیل کلیدهای قدرت، فیوزها یا مجموعه ای از کلید و فیوز، که ممکن است هر دو در داخل یا خارج از تابلو نصب گردند، در مقابل جریان های اتصال کوتاه محافظت شود.

۳-خریدار، در هنگام سفارش باید شرایط اتصال کوتاه در محل نصب را مشخص کند. باید بالاترین درجه حفاظت برای اشخاص، در مقابل خطای تماسی یا هدایتی و یا جرقه در داخل تابلو، برقرار باشد.

۱-۳-۱-اطلاعات لازم در مورد پایداری اتصال کوتاه

۱-برای تابلوهایی که تنها یک واحد ورودی دارند، سازنده باید پایداری اتصال کوتاه را به شرح زیر تعیین کند:

با تعیین ماکزیمم مقدار مجاز جریان مورد انتظار اتصال کوتاه در ترمینالهای ورودی تعیین می گردد. این مقادیر نباید از مقادیر نامی بیشتر شود.

نکته:

الف- اگر وسایل حفاظتی، فیوز یا کلید محدود کننده جریان باشد، سازنده باید مشخصات وسایل حفاظت اتصال کوتاه (جریان نامی، ظرفیت قطع جریان قطع کنندگی، I^2t و ....) را تعیین کند.

ب-اگر کلید با رله تاخیر زمانی مورد استفاده قرار گیرد، سازنده باید ماکزیمم تاخیر زمانی و ستینگ جریان را مطابق جریان اتصال کوتاه مورد انتظار تعیین کند.

۲-برای تابلوهایی که چندین واحد ورودی دارند که عملکرد همزمان ولی غیر یکسان دارند، تعیین مقادیر پایداری اتصال کوتاه برای هر یک از واحدهای ورودی مطابق بند قبل صورت می گیرد.

۳-برای تابلوهایی که چندین واحد ورودی دارند که عملکرد آنها همزمان و یکسان است، و برای تابلوهایی که یک واحد ورودی دارند و یک یا چند واحد خروجی، جهت تعیین مقادیر جریان اتصال کوتاه مورد انتظار هر یک از واحدهای ورودی، خروجی و شینه ها باید بین سازنده و خریدار توافق لازم صورت گیرد.

82461077

۱-۴- مدارات داخلی تابلو

۱-۴-۱-مدارات اصلی

شینه ها باید طوری قرار گیرند و نصب شوند که تحت شرایط کار عادی، اتصال کوتاه داخلی اتفاق نیافتد.

به غیر از موارد خاص، مقادیر نامی شینه ها باید مطابق با مقادیر پایداری اتصال کوتاه، تعیین شود و به منظور پایداری در حداقل اتصال کوتاه محدود شده توسط وسایل حفاظتی در طرف شینه های منبع، طراحی شوند.

۱-۴-۲-مدارات فرعی

این مدارها، باید با در نظر گرفتن سیستم زمین منبع و این مساله که خطای زمین یا خطای بین یک بخش برق دار و هادیی که سر راهش قرار گرفته، نباید باعث ایجاد خطر شود، طراحی گردد.

به طور کلی مدارهای فرعی باید در مقابل اثرات اتصال کوتاه، حفاظت شوند. در صورتی که عملکرد یک وسیله حفاظتی باعث بروز خطر شود، نباید از آن استفاده کرد. در این حالت، هادی های مدارهای فرعی باید به طریقی قرار گیرند که در شرایط کار عادی اتصال کوتاهی رخ ندهد.

۱-۵- اجزاء ثابت

۱-اسکلت تابلو باید از پروفیل آهنی که تنش مکانیکی را تحمل کرده و بوسیله پیچ و مهره به هم متصل هستند تشکیل شود. پوشش تابلو از ورقه های فلزی که توسط پیچ و مهره به اسکلت متصلند، باشد و به منظور کاهش فشار رو به بالای قوس و خطای داخلی دریچه ضد انفجار در خانه های فشار متوسط نصب شود.

۲-خانه های جدا برای شینه ها،کلیدهای قدرت، سرکابلها و تجهیزات فشار ضعیف درنظر گرفته شود، تمام سطوح خارجی باید زمین شده و فشار مکانیکی و حرارتی ناشی از قوس داخلی را تحمل کنند.

۳-در صورت استفاده از خانه های شینه ها و ترمینالها سرکابلها باید به طور موثری در مقابل خانه های کلید قدرت قفل و بسته باشند تا از ورود آلودگی، جانوران موذی و گازهای یونیزه شده

ناشی از قوس به این قسمت جلوگیری شود. روش بستن این قسمت با توجه به وضعیت کلید قدرت در حالتهای سرویس دهی، قطع یا خارج شده از طرف جلو انتخاب می شود.

۴-دریچه های حفاظتی فلزی، که به صورت اتوماتیک عمل می کنند، باید در جداره بین شینه ها، کلید قدرت و خانه های ترمینال کابل نصب شوند. این دریچه ها از تماس اتفاقی اپراتور با قسمتهای برق دار در هنگامی که کلید قدرت در وضعیت خارج شده قرار دارد، جلوگیری می کنند.

۵-قسمت اتصال کابلها باید فضای کافی متناسب با هادی ها، سرکابلها و سپرها (شیلدها) داشته باشد.

۶-بعد از نصب کامل، کف سلول باید با صفحه مناسبی که به شکل قسمتی از سلول می باشد پوشیده شود، اگر پوشیدن کف به صورت دیگری در نظر گرفته شود، مثل جوش دادن و .... موضوع باید با توافق طرفین باشد.

۷-کلیدهای زمین که بصورت دستی عمل می کنند و دارای سیستم اینترلاک مناسب هستند، باید در قسمت کابلها نصب شود.

۸-سیم کشی فشار ضعیف در داخل خانه های فشار قوی، باید تا حد امکان محدود شود و این سیم ها باید از میان پوشش هایی که امکان جرقه را تا حد امکان محدود می سازند، عبور کنند.

۹-خانه های فشار ضعیف باید کاملاً با فلز پوشانده شود و بادر قابل دسترسی از جلو که برای نصب نمایشگر، وسایل کنترل و اندازه گیری مناسب باشد، مجهزشود.

۱۰-تمام سیم کشی های فشار ضعیف باید آزادانه به ترمینالهای داخل خانه های فشار ضعیف منتهی گردد و سیم کشی هایی که روی در تابلو انجام می شود باید از داخل لوله قابل انعطاف صورت گیرد تا از وارد شدن فشار در هنگام باز و بسته کردن در جلوگیری شود.

۱۱-تمام قسمتهای سلول باید برای بازرسی و تعمیر به راحتی قابل دسترسی باشد.

۱۲-در اجزاء ثابت، اتصالات و مدارات اصلی تنها زمانی می توانند راه اندازی یا قطع گردد که تابلو بدون برق باشد، بطور کلی نصب یا جداسازی اجزاء ثابت نیاز به ابزار خاص دارد.

82461077

۱-۶- بخشهای جدا شونده و خارج شونده

۱-۶-۱-طراحی

این بخشها باید طوری طراحی شوند که در حالتی که هنوز سیستم آنها برق‌دار است سیستم الکتریکی آنها بدون ایجاد خطر بتواند از مدار اصلی جدا یا به آن وصل شود.

حداقل فاصله هوایی و فاصله خزشی در وضعیت های مختلف باید طوری تعیین گردد که بتواند به راحتی از یک وضعیت به وضعیت دیگر تغییر مکان دهد.

بخشهای جداشونده باید یک وضعیت وصل شده و یک وضعیت جدا شده داشته باشد، که بطور کامل از هم قابل تشخیص باشند.

۱-۶-۲-اینترلاک ها و قفلهای بخشهای جداشونده

به غیر از موارد خاص، بخشهای خارج شونده باید بوسیله ابزار خاص طوری محکم شوند که تنها بتوانند بعد از فرمان مدار اصلی در راستای خاص بیرون بیایند و داخل بروند.

به منظور جلوگیر از عملکرد غیرمکانیکی، می توان بخشهای کشویی را در یکی از وضعیتها، به منظور برقراری امنیت، قفل کرد.

۱-۶-۳-درجه حفاظت

درجه حفاظت تابلو در شرایط کارعادی در حالتی تعیین می گردد که بخشهای جدا شونده و خارج شونده، در وضعیت اتصال قرار گرفته باشند.و در صورت نیاز، سازنده باید در سایر وضعیتها و در حین تغییر مکان اجزاء از یک وضع به وضع دیگر نیز، حفاظت لازم را تعیین کند.

۱-۷- محفظه ها

محفظه های خارجی باید از فلز باشد و طوری ساخته شود تا به هنگام نصب، حفاظت لازم را طبق شرایط زیر آورده سازد. سطح کف اگرچه فلزی نباشد باید آن را بعنوان قسمتی از محفظه در نظر گرفت، این درجه حفاظتی با توافق سازنده و مصرف کننده بدست می آید.

دیواره های اطاق بعنوان قسمتهایی از محفظه در نظر گرفته نمی شود.

82461077

نکته:

الف- لازم است که بالاترین درجه حفاظت ممکن برای پرسنل در نظر گرفته شود تا در صورت وقوع اتصال کوتاه و ایجاد قوس الکتریکی در داخل محفظه، ایمنی لازم وجود داشته باشد. اگرچه هدف این است که از وقوع چنین خطایی جلوگیری گردد و یا مدت زمان قوس کوتاهتر شود و همچنین حائز اهمیت است که مطمئن شویم فشار زیاد بوجود آمده توسط قوس الکتریکی کاهش یافته و وقوع خطر را برای پرسنل به حداقل برساند.

ب- در صورتیکه تابلو تحت ضربه های مکانیکی و اثرات مشابه آن است توافق ویژه ای بین سازنده خریدار باید بوجود آید.

۱-۷-۱-پوشش ها

پوشش ها فلزی هستند و باید درجات حفاظتی تعیین شده را تامین نمایند بجز خروجی های هواکش و محلهای تهویه، پوششها نباید از شبکه سیمی بافته شده ساخته شده باشند. با توجه به قابلیت دسترسی به خانه های فشار قوی دو گروه از پوششها بکار می رود.

الف- پوششهای ثابت (که نیازی به باز کردن برای اهداف بهره برداری و نگهداری ندارند) این پوششها نباید بدون استفاده از ابزار قابل باز شدن و یا جابجا کردن باشند.

ب – پوششهای متحرک، درها (پوششهایی که لازم است برای نگهداری و بهره برداری بازشوند)

این پوششها در تابلوهای قدرت و فرمان فلزی باید فقط موقعی باز شوند که مدار اصلی در آن خانه بی برق باشد. بعد از باز شدن این پوشش سایر خانه های در معرض هادی های برق دار باید توسط جداره های مناسب، درجه حفاظتی لازم را دارا باشند.

این پوششها برای باز شدن و یا برداشتن آنها نیاز به ابزار ندارند. این پوششها باید دارای قفل بوده و یا اینکه توسط یک اینترلاک مناسب امنیت اپراتور را تامین نمایند.

۱-۷-۱-۱- درجه حفاظت

درجه حفاظت برای تابلو در مقابل تماس با اجزاء برقدار، ورود اجسام مایع و جامد خارجی با درجه Ip ، مطابق با استاندارد IEC-529 تعیین می شود.

82461077

برای تابلوهای نصب شده در فضای بسته به حفاظت در برابر ورود آب نیازی نیست و درجه حفاظتهای زیر پیشنهاد می شود.

IP00,IP2X,IP3X,IP4X,IP5X

بعضی از درجات حفاظت پیشنهادی به شرح زیرند:

جدول ۱-۱ : درجات حفاظت پیشنهادی

دومین رقم درجه حفاظت، حفاظت در برابر ورود آب					اولین رقم درجه حفاظت حفاظت در برابر تماس و ورود اجسام جامد خارجی				
5	4	3	2	1					
2					IP21				
3					IP31	IP32			
4						IP42	IP43		
5							IP53	IP54	IP55
6								IP64	IP65

نکته :

۱- درجه حفاظت تابلوی تمام بسته بعد از نصب به روش کارخانه، باید حداقل IP2X باشد.

۲- برای تابلوهای قابل نصب در فضای آزاد که هیچ ساختار حفاظتی ندارند، دومین رقم مشخصه حفاظتی باید حداقل ۳ باشد.

اگر درجات حفاظت بخشهای مختلف تابلو متفاوت است مثلاً صفحه قابل دسترسی برای اپراتور حفاظت جداگانه ای دارد سازنده باید درجه حفاظتی آن بخش را بطور جداگانه قید کند.

۱-۷-۲-جدارها و دریچه های حفاظتی

جداره ها و دریچه های حفاظتی بایستی درجه حفاظت لازم را تامین کنند. محلهای باز در پوششهای تابلو قدرت و فرمان، و جداره های تابلوهای قدرت و فرمان فلزی که از طریق آنها کنتاکتهای اجزاء جداشدنی با کنتاکتهای ثابت درگیر می شوند باید دارای دریچه های حفاظتی باشند تا حفاظتهای لازم را برآورند. اگر در حالت نگهداری از طریق دریچه های حفاظتی باز نیاز به دسترسی به گروهی از کنتاکتهای ثابت باشد، تمام دریچه های حفاظتی از طریق قفل باید بسته باشند.

توجه : هادیهایی که از میان جداره های فلزی عبور می کنند باید بوسیله بوشینگها عایق گردد.

۱-۷-۲-۱- جداره های فلزی و دریچه های حفاظتی

جداره های تابلوهای قدرت و فرمان فلزی (متال کلد) از نوع فلز می باشند. هنگامیکه قسمتهای جدا شدنی در وضعیتهای قطع جدا شده یا زمین قرار می گیرند، دریچه های حفاظتی، قسمتی از پوشش می باشند (یعنی قسمتی از محفظه خارجی هستند) اینها باید زمین شده باشند و هنگام بسته شدن باید درجه حفاظتی مشخص شده برای پوشش را دارا باشند.

۱-۷-۲-۲-جداره ها و دریچه های حفاظتی از جنس مواد عایق

جداره های تابلو قدرت و فرمان سلولی ممکن است غیرفلزی باشند. هنگامیکه قسمتهای جداشدنی در وضعیتهای قطع، جداشده یا زمین قرار می گیرند، دریچه های حفاظتی قسمتی از پوشش یعنی محفظه خارجی نیستند و ممکن است از مواد عایق باشند.

جداره ها و دریچه های حفاظتی از مواد عایق بایستی شرایط زیر را دارا باشند.

الف : عایق بین قطعات برقدار مدار اصلی سطوح قابل دسترسی دریچه های حفاظتی و جداره های عایق بایستی قادر به تحمل ولتاژ آزمون مشخص شده باشد.

ب : علاوه بر در نظر گرفتن ملاحظات مکانیکی، ضخامت مواد عایقی بایستی قابلیت تحمل ولتاژ آزمون مشخص شده را دارا باشد. برای آزمایش استقامت الکتریکی مواد عایقی جامد در فرکانس قدرت، روش ذکر شده در نشریه IEC شماره 243 توصیه می شود.

ج : عایق بین قسمتهای برقدار مدار اصلی و دریچه های حفاظتی و جداره های ساخته شده از مواد عایق که در مقابل اینها می باشند، باید قادر باشد در مقابل ولتاژ حداقل ۱۵۰ درصد ولتاژ نامی ایستادگی کنند.

د : اگر جریانهای نشتی امکان آن را داشته باشند که به طرف قابل دسترسی دریچه های حفاظت یا جداره ها جریان داشته باشد، این جریان نباید در شرایط آزمون مشخص شده از ۰/۵ میلی آمپر بیشتر باشد (این جریان می تواند بطور پیوسته در سطح عایق و یا در مسیر قطع شده فقط با فاصله های کوچک از گاز یا مایع وجود داشته باشد)

82461077

۱-۸- محلهای تهویه و خروجی های هواکش

محلهای تهویه و خروجی های هواکش بایستی به نحوی محافظت شوند که یک سیم مستقیم با هر قطری نتواند به محلی در تابلو برسد که سطح عایقی مدار اصلی را به کمتر از مقدار نامی آن کاهش دهد. این محلها ممکن است دارای شبکه های سیمی و یا مشابه آن بوده که دارای مقاومت مکانیکی مناسب نیز می باشد. این محل ها باید دارای حالتی باشند که آسیب ناشی از خروج گاز و یا بخار تحت فشار بیرون آمده از این محلها را برای اپراتور به حداقل برساند.

۱-۹- مدارات کمکی

وسایل کمکی و کنترل باید توسط جداره های فلزی زمین شده، از مدار اصلی جدا شده باشند، سیم کشی مدارهای کمکی بجز سیمهای کوتاه استفاده شده در ترمینال ترانسفورماتورهای اندازه گیری، کویل های قطع کننده، کنتاکتهای کمکی و غیره بایستی با استفاده از جداره های فلزی زمین شده (مثلاً لوله ها) و یا استفاده از جداره های عایقی جدا شده باشد.

فیوزهای مدارات کمکی، ترمینالها و سایر وسایل کمکی که نیاز به رسیدگی دارند، در حالتی که تابلو در حال سرویس دهی است باید به دور از هادی های فشار قوی در دسترس باشند.

۱-۱۰-گرمکن ها و روشنایی، دریچه ضد انفجار

سلولهای جداگانه باید مجهز به گرمکن برقی (هیتر) ضد تقطیر برای استفاده از مناطق مرطوب بوده و در صورت لزوم جدار داخلی آنها با پوشش ضد میعان اندود شده باشد. با توجه به محل قرار گرفتن تابلو دمای تنظیم ترموستات این هیتر بین ۲۵ تا ۳۰ درجه باشد.

سلولهای فشار متوسط باید دارای لامپ نئون مشخص کننده ولتاژ، چراغ روشنایی برای تعمیر و بازرسی تابلو در حالت بی برق و دریچه های انفجاری فوقانی برای تخلیه فشار و محدود کردن صدمات ناشی از انفجار احتمالی تجهیزات داخل تابلو باشد.

82461077

۱-۱۱-اینترلاکها

بـه دلایـل ایمنـی در کـار و سـهولت بهـره برداری، بین قطعات مختلف تابلو اینترلاک نصب می گردد اقدامات زیر برای مدارات اصلی لازم الاجرا می باشد.

الف : تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی دارای قطعات جداشدنی:

خـارج کـردن و یـا درگـیر نمودن یک کلید، کلید قدرت یا کنتاکتور نباید امکان پذیر باشد مگر اینکه وسیله کلیدزنی در حالت باز قرار گرفته باشد.

بـه جـزء وضـعیت کـار (اتصـال)، قطـع و یـا جـدا شده، آزمایش و یا در وضعیت زمین شده، نبایدکلید قـدرت، کلـید و یـا کنتاکـتور قـادر بـه کـار باشد، به جز در مواقعی که وسیله کلید زنی به مدارات کمکی متصل است، بستن کلید قدرت و یا کنتاکتور باید غیرممکن باشد.

ب : تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی بدون وجود قطعات جداشدنی و دارای کلید جدا کننده:

اینـترلاکها برای جلوگیری از کار کردن کلیدهای جداکننده، تحت هر شرایـطی به جز موارد ذکر شده در بـند ۳ از نشـریه IEC شـماره 129 ، بکـار می روند به جز در حالت باز بودن کنتاکتور، کلید و یا کلید قدرت، عملکرد کلید جدا کننده (باز و بسته شدن) نباید امکان پذیر باشد.

تعبـیه و سـاخت اینـترلاکهای اضـافی و یا متفاوت به توافق سازنده و بهره بردار بستگی دارد و سازنده بـاید تمام اطلاعات لازم برای عملکرد و مشخصات اینترلاکها را در اختیار بهره بردار قرار دهد. توصیه می شـود. که کلیدهای زمین که دارای ظرفیت اتصال کوتاه کمتراز جریان اسمی ایستادگی پیک مدارات می باشند با کلیدهای جداکننده مربوطه اینترلاک شوند.

وسـایلی کـه در مدارات اصلی نصب شده اند و عملکرد نادرست آنها، باعث ضرر و آسیب می شوند و یا برای حفظ فاصله عایقی به هنگام تعمیر و نگهداری مورد استفاده قرار می گیرند باید دارای سیستم قفل باشند.

۱-۱۲-ترانسفورماتور جریان

ترانسـفورماتورهای جـریان مـی بـاید مطـابق مشخصـات ذکر شده در آخرین نسخه منتشره استاندارد IEC-185 طراحـی، سـاخته و مـورد آزمـون قـرار گـیرند. کلیه تجدید نظرها، مکمل ها و انتشارات مرجع

82461077

اشاره شده در استاندارد فوق بایستی بکار برده شود. در صورت توافق با خریدار، استانداردهای معتبر دیگر نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

ترانسفورماتورهای جریان باید برای کار عادی، تحت مقادیر نامی تابلو مناسب باشند، این نوع ترانسفورماتورها باید به صورت یکپارچه با عایق رزین، ریخته شده و با ساخت مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا بوده و در برابر قوس الکتریکی و تغییرات درجه حرارت، مقاومت بالا داشته باشد. تمام اجزایی که در برابر هوا قرار دارند باید برای مقاومت در برابر خوردگی از مواد ضد خوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشند. ترانسفورماتورهای جریان باید نیاز به تعمیرات نداشته باشند.

سیم پیچ اولیه می تواند به صورت تک دور یا چند دور ساخته شود و در صورت درخواست، تغییر نسبت تبدیل در روی سیم پیچهای اولیه تامین گردد.

هر سیم پیچ ثانویه، باید به طور الکتریکی از سایر سیم پیچها مجزا گردد و تغییر نسبت تبدیل در روی سیم پیچی ثانویه در صورت درخواست تامین گردد. هر سیم پیچ باید خروجی مناسب را که برای عملکرد درست دستگاههای حفاظتی و وسایل اندازه گیری مربوطه لازم است در محدوده بار اعلام شده، دارا باشد.

ترمینال اولیه می باید از جنس مس گالوانیزه شده باشد و با پیچهای اتصال و واشرهای با اندازه مناسب مجهز باشد. ترمینال می باید برای اتصال به شمش مسی با اندازه حداکثر ۱۰×۶ میلیمتر مناسب باشد. برای ترانسفورماتورهای با قابلیت تغییر نسبت تبدیل اولیه، این عمل باید با تغییر آرایش رابط ها، روی ترمینالهای اولیه به راحتی انجام شود ترمینالها و اتصالات اولیه تغییر دهنده نسبت تبدیل، می باید در قسمت بالای بدنه عایقی تعبیه گردند. ترمینالهای ثانویه می باید از جنس مس گالوانیزه شده باشند و به پیچهای اتصال با اندازه مناسب برای اتصال به هادی مسی تا ۶ میلیمتر مربع مجهز باشد.

ترمینالهای ولتاژ پایین با پوشش مناسبی پوشانیده شود و این پوشش به بدنه پایه نگهدارنده محکم شده و آب بندی مناسبی را دارا باشد و به گلندهای مناسب برای ورود کابل مجهز باشد. یک ترمینال زمین در کنار ترمینالهای ثانویه که با نشانه ؟ مشخص شده، تعبیه گردد. در مواردی که مشخص شده، تغییر نسبت تبدیل از ثانویه باید به راحتی امکان پذیر باشد. مجموعه ترانسفورماتورهای جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت مکانیکی کافی ثابت گردد.

82461077

یک عدد پیچ برای اتصال زمین روی این صفحه نگهدارنده باید تعبیه گردد. ترانسفورماتورهای جریان باید بتوانند توسط چهار عدد پیچ در هر وضعیت مطلوبی نصب شوند.

یک پلاک فلزی ضدزنگ، که شامل اطلاعات مذکور در استاندارد IEC-185 و نشان دهنده دیاگرام اتصالات به صورت پاک نشدنی باشد، باید در یک مکان قابل دید روی ترانسفورماتور جریان نصب گردد. روش علامت گذاری ترمینالها باید مطابق استاندارد IEC-185 باشد.

۱-۱۳-ترانسفورماتورهای ولتاژ

ترانسفورماتورهای ولتاژ باید بر طبق آخرین نسخه منتشره استاندارد IEC-186 و ISO-1461 طراحی، ساخته و آزمایش شوند. برای مواردی که در استانداردهای فوق اشاره شده است، استانداردهای معتبر دیگر با توافق خریدار می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

ترانسفورماتور ولتاژ باید برای کار عادی تحت شرایط کار مشخص شده مناسب باشند. ترانسفورماتورهای ولتاژ باید به صورت یکپارچه با عایق رزین قالبگیری شوند و با طراح و ابعاد مناسب برای نصب در سلولهای تمام بسته فلزی ساخته شوند و دارای خواص تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا در برابر فشارهای الکتریکی و تغییرات درجه حرارت باشند تمام اجزایی که در معرض هوا می باشند باید برای مقاومت در مقابل خوردگی از مواد ضد خوردگی تهیه شوند و یا گالوانیزه گرم شده باشند. این ترانسفورماتورها باید نیازی به تعمیرات نداشته باشند.

سیم پیچ اولیه یا سیم پیچ فشارقوی به صورت کلاف بر روی سیم پیچهای ثانویه عایق شده پیچیده شود

سیم پیچ ثانویه باید خروجی مناسب را که برای عملکرد درست دستگاههای حفاظتی و وسایل اندازه گیری مربوط لازم است، در محدوده بار اعلام شده دارا باشد.

در ترانسفورماتورهای ولتاژ که دارای دو سیم پیچ جداگانه برای حفاظت و اندازه گیری می باشند، هر کدام از سیم پیچها در زمانی که سیم پیچ دیگر، خروجی برابر از صفر تا صدرصد خروجی نامی خود را دارد، باید دقت مورد درخواست را در محدوده خروجی خود، دارا باشد.

ترمینال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و به پیچ های اتصال و واشرهای با اندازه مناسب مجهز باشد. ترمینال باید برای اتصال به شمش مسی به اندازه حداکثر ۱۰ × ۶۰ میلیمتر باشد.

82461077

ترمینال اولیه سمت زمین ترانسفورماتور ولتاژ فاز به زمین برای استقامت درمقابل ولتاژ ۳ کیلوولت موثر باید عایق شده باشد و توسط یک اتصال قابل تفکیک به ترمینال زمین وصل شود. نقطه اتصال برای زمین کردن که با نشانه ؟ مشخص شده باید تعبیه گردد.

ترمینالهای فشار قوی باید در قسمت بالای بدنه عایقی تعبیه گردند. ترمینالهای ثانویه باید از جنس مس گالوانیزه شده باشد و به پیچهای اتصال با اندازه مناسب برای اتصال به هادی مسی تا ۶ میلیمتر مربع مجهز باشد. ترمینالهای ولتاژ پایین باید با پوشش مقتضی پوشانده شود و به بدنه و پایه نگهدارنده محکم شده و آب بندی مناسبی را دارا باشد. و به گلندهای مناسب برای ورد کابل مجهز شده باشد و باید یک ترمینال زمین در کنار ترمینالهای ثانویه که با نشانه .. مشخص شده است، تعبیه گردد. مجموعه ترانسفورماتورهای ولتاژ باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت مکانیکی کافی ثابت گردد و باید بتواند بوسیله چهار پیچ در هر وضعیت مطلوبی داخل پانل ها نصب گردد.

یک پلاک فلزی ضدزنگ در یک مکان قابل دید، که شامل اطلاعات مذکور در استاندارد به صورت پاک نشدنی باشد، باید روی ترانسفورماتورهای ولتاژ نصب گردد. روش علامت گذاری باید مطابق استاندارد IEC-186 باشد.

۱-۱۴-شینه ها و اتصالات

شینه های هر فاز در هر سلول روی مقره های اتکایی از صمغ مصنوعی یا چینی متناسب با ولتاژ تابلو نصب می گردد و در صورت لزوم برای عبور شینه در بین سلولها از مقره های عبوری استفاده می شود.

پیمانکار باید تماماً مسئولیت نصب و انتخاب شینه ها که نیازهای مورد نظر را بدون خطا و در هر شرایطی برآورده کند، بعهده گیرد. نیروی وارده به پایه حمل کننده روی عایق نباید از ۵۰٪ نیروی قابل تحمل نامی آن بیشتر باشد.

نیروی ناشی از اتصال کوتاه، نباید از ۷۵٪ نیروی قابل تحمل نامی پایه حمل کننده بیشتر باشد.

مینیمم ظرفیت الکتریکی شینه ها، نباید از شدت جریان اسمی کلید اصلی تابلو کمتر باشد.

در مواردی که برای شینه کشی از شمش های گرد استفاده می شود، کلیه اتصالات باید از انواع مخصوص شمش گرد باشد. ترجیحاً از شینه های مسی لخت استفاده کرده و در صورت درخواست خریدار شینه های آلومینیمی قابل نصب می باشد.

82461077

شینه های اتصال زمین باید در طول تابلو امتداد یافته و به قسمتهای فلزی بدنه تابلو متصل شود. شینه نول باید روی مقره اتکایی از صمغ یا چینی مناسب نصب شده و از بدنه تابلو عایق گردد. در انتهای هر شینه زمین ترمینال مناسب برای اتصال این شینه به سیستم زمین نصب گردد. هر مجموعه تابلو باید دارای شینه ها و اتصالات مناسب با توجه به جریان عبوری باشد و آزمونهای جریان کوتاه مدت و آزمون افزایش دما را (با دمای ماکزیمم محیط ۴۰ درجه سانتیگراد و متوسط دمای $35\ ^{\circ}C$) با موفقیت بگذارند.

تمام شینه ها باید از مس با هدایت بالا باشد و به خوبی از بدنه تابلو عایق شده و روی مقره ها محکم شوند به طوری که فشار حرارتی و مکانیکی ناشی از جریان اتصال کوتاه اسمی کلید (متقارن و غیر متقارن) را تحمل کند. همچنین شینه ها باید به گونه ای طرح گردند، که انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما را تحمل کنند.

تمام اتصالات شینه ها با پیچ و مهره و واشری که با جنس شینه متناسب است محکم گردد. (بهتر است از جنس مس یا برنز باشند تا حداکثر هدایت الکتریکی بوجود آمده و از گرم شدن آن جلوگیری شود)

برای هر اتصال حداقل از ۴ پیچ ۱۲ میلیمتری استفاده شود.

فازهای مختلف شینه ها به رنگهای قرمز، زرد و آبی رنگ آمیزی شود.

اتصال کابلها به شینه ها، کلیدها، فیوزها و ... باید بوسیله کابلشو صورت گیرد.

نقطه اتصال شینه ها به یکدیگر و کلیدها به شینه ها، باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره پوشیده شود.

۱-۱۵-وسایل کلیدزنی و اجزاء نصب شده در تابلو

۱-۱۵-۱-انتخاب وسایل کلیدزنی و اجزاء تابلو

کلیدها و اجزاء تابلو بایدمتناسب با طراحی تابلو (نوع باز یا بسته بودن)، ولتاژهای نامی تابلو (ولتاژ نامی عایقی ولتاژ نامی پایداری ضربه و ...) جریانهای نامی، طول عمر مفید، ظرفیت قطع و وصل، ایستادگی در برابر اتصال کوتاه و ..... باشد.

در مورد وسایلی که دارای ایستادگی اتصال کوتاه و ظرفیت قطع کافی نیستند به طوری که نمی توانند در برابر فشارها و ضربه هایی که گهگاه در محل نصب اتفاق می افتد، پایداری کنند، باید

82461077

توسط تجهیزات حفاظتی محدود کننده جریان، بعنوان مثال فیوزها یا کلیدهای قدرت، حفاظت شوند. در هنگام انتخاب وسایل حفاظتی محدود کننده جریان، جهت قرار گرفتن درون سیستم حفاظتی، باید ماکزیمم مقادیر ممکن مشخص شده توسط کارخانه سازنده با در نظر گرفتن هماهنگی بین این وسایل تعیین شود.

در وسایل کلیدزنی مربوط به یک مدار برای مقدار ولتاژ نامی ایستادگی ضربه که توسط سازنده اعلام شده است، نباید اضافه ولتاژ ناشی از کلید زنی از ولتاژ نامی پایداری ضربه مدار بیشتر شود.

این نکته باید هنگام انتخاب کلید برای مدار داده شده در نظر گرفته شود.

۱-۱۵-۲-نصب

تجهیزات داخلی تابلو باید مطابق ساختار ارائه شده توسط سازنده، و با رعایت شرایط محل نصب و فواصل لازم جهت جلوگیری از ایجاد جرقه های الکتریکی یا ریزش و پراکندگی جرقه، نصب شوند.

۱-۱۵-۲-۱- قابلیت دسترسی به تجهیزات

وسایل و لوازم داخل تابلو از قبیل کلید، کنتاکتور، وسایل اندازه گیری، فیوز، رله و اعلام خطر و... باید طوری نصب شوند که جهت نصب، سیم کشی و تعمیر و نگهداری یا تعویض قابل دسترسی باشند. خصوصاً پیشنهاد می شود که ترمینالها حداقل ۰/۲ متر بالاتر از سطح اصلی (کف) تابلو قرار گیرند و طوری نصب شوند که کابلها به راحتی به آنها متصل شوند.

وسایل اندازه گیری، چراغهای سیگنال و اعلام خطر، در صورتی که روی قسمت متحرک یا قابل برداشت تابلو نصب شده باشند، باید کلیه سیم کشی های مربوط به آنها با کابل یا سیم قابل انعطاف انجام شود.

وسایل تنظیم وری ست که باید درون تابلو کارکنند، باید به راحتی قابل دسترسی باشند.

برای تابلوهای تمام ایستاده، وسایل اندازه گیری که باید توسط اپراتور خوانده شود نباید در ارتفاع بیش از ۲ متر از کف تابلو قرار گیرند. وسایلی از قبیل دستگیره ها، کلیدهای فشاری و ... باید در ارتفاعی قرار گیرند که بتوان به آسانی به آنها دسترسی داشت. به عبارت دیگر در ارتفاع بیش از ۲ متر از کف تابلو قرار نگیرد.

نکته:

82461077

۱- وسایل کلیدزنی اضطراری باید در ارتفاع بین ۰/۸ تا ۱/۶ متر بالای کف تابلو قرار گیرد تا قابل دسترسی باشد.

۲- تابلوهای قابل نصب دیواری یا روی کف زمین، باید در ارتفاعی نصب شوند که ارتفاع عملکرد هر یک از اجزاء تابو در نظر گرفته شود.

۱-۱۵-۲-۲-تاثیرات متقابل

تجهیزات داخلی تابلو، باید به نحوی نصب و سیم کشی شوند که در عملکرد صحیح هر یک، اثرات داخلی از قبیل گرما، جرقه، لرزش و میدان‌های انرژی ، باعث آسیب دیدگی اجزاء نگردد.

۱-۱۵-۲-۳-جداکننده ها **(Barriers)**

وسایل کلیدزنی دستی باید طوری طراحی شوند که جرقه های ناشی از قطع و وصل کلیدها خطری را برای اپراتور ایجاد نکند.

۱-۱۵-۲-۴-شرایط موجود در محل نصب

تجهیزات داخلی تابلو براساس شرایط کار عادی تابلو انتخاب می گردند. در صورت نیاز ، پیش بینی‌های لازم (گرمایش و سیستم تهویه) جهت حصول به شرایط کار عادی در موارد مهم، باید صورت گیرد.

۱-۱۵-۲-۵-خنک کنندگی

ممکن است برای تابلوها دو نوع خنک کنندگی طبیعی و اجباری موجود باشد.در صورت نیاز به خنک کنندگی، سازنده باید اطلاعات لازم را تعیین کند. برای مثال، فواصل مورد نیاز در مورد اجزایی که در معرض گرما قرار دارند یا خودشان گرما تولید می کنند باید مشخص گردد.

82461077

۱-۱۶-کلیدهای جداکننده و کلیدهای زمین

کلیدهای جداکننده و کلید زمین باید مطابق مشخصات ذکر شده در استاندارد IEC شماره 129 و 144 طراحی و ساخته شوند. برای سایر نیازمندیهایی که در استاندارد IEC نمی باشد، سایر استانداردهای قابل قبول با توافق خریدار و سازنده قابل اجراست.

کلیدهای جداکننده و کلید زمین باید برای استفاده در ارتفاع مشخص شده و شرایط محیطی ذکر شده مناسب باشد.

مشخصات تمام کلیدهای زمین و کلیدهای جداکننده و لوازم فرعی بکار رفته در این کلیدها باید با مشخصات عایق، اتصالات ترمینال پایه ها، مکانیزم عملکرد و سایر قسمتهایی که برای عملکرد لازم است، پیچهای نگهدارنده و واشرها برای نصب کابل هماهنگ باشند.

کلیدهای جداساز باید به گونه ای طرح شوند که جریان اسمی را به طور پیوسته و بدون تجاوز از مقدار دمای مشخص شده در استاندار IEC-129 از خود عبور دهند.

مشخصات کلیدهای جداکننده فیوزدار، با عملکرد هر یک از فازها باید سریعاً به صورت سه فاز (دسته جمعی) قطع شوند.

مینیمم مجموع فاصله هوایی بین ترمینال فازها، با عایق، در حالت بازبودن کلید، نباید از ۱/۱۵ برابر فاصله فاز تا زمین که باعث قوس می شود، کمتر باشد و باید ولتاژ نامی ذکر شده را تحمل کند.

کلیدهای جداساز باید به گونه ای طرح شوند که بتواند در برابر نیروی ناشی از جریانهای مشخص شده نامی که از آنها عبور می کند، بدون سوختگی یا صدمه به کنتاکتها، مقاومت کنند و باید در هر دو حالت باز یا بسته بودن کنتاکتها خود نگهدار باشند.

مکانیزم عملکرد باید با اینترلاکهای مکانیکی یا الکتریکی لازم، کامل شود.

کنتاکتهای کلید زمین، در حالت بسته بودن باید به یکدیگر فشار وارد کنند.

کلیدهای زمین و کلیدهای جداکننده باید توسط اینترلاکهای مکانیکی به گونه ای طرح شوند که بسته بودن یکی از آنها از بسته بودن دیگری جلوگیری کند.

۱-۱۷-وسایل اندازه گیری

وسایل اندازه گیری برای خطوط و ترانسفورماتورها باید بر روی تابلو نصب گردد.

82461077

وسایل اندازه گیری باید در اندازه بزرگ بوده و اتصالات از پشت متصل شود. این وسایل باید در برابر نفوذ رطوبت و خاک مقاوم باشند و تقریباً هم سطح محفظه که ضخامت آن ۲/۵ میلیمتر است نصب گردد. این وسایل باید دارای زمینه سفید رنگ بوده و علامت گذاریها و درجه بندی و نشانگر آنها به رنگ سیاه باشد.

این وسایل باید دارای پیچ تنظیمی برای صفر کردن باشند و دارای دقت ۱±٪ در مقادیر نامی باشند.

آمپرمترها باید مطابق جریان اولیه ترانس جریان مدرج شده باشند.

ولت مترها باید دارای کویل با تحمل ولتاژ تا ۱۵۰ ولت بوده و برای مدارهای ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ با مقادیر اسمی ۱۰۰ ولت و ۵۰ هرتز باشند. و مطابق طرف اولیه ترانسفورماتور ولتاژ مدرج شده باشند.

کلید ولت متر باید از نوع گردان هفت حالته با کنتاکت نگهدارنده و بدون فنر برگشت بوده و دارای صفحه علامتگذاری شده باشد و برای نصب روی ورقه ۲/۵ و ۳ میلیمتری مناسب باشد، علامتها باید شامل O, T-S, R-T, R-S, T, S,R باشد.

مجموعه لامپهای نمایشگر باید مصرف کمی داشته و از نوع نصب روی تابلو باشند و برای نصب روی ورقه ۲/۵ و ۳ میلیمتری مناسب باشند.

کلاهک رنگی روی لامپها، نباید با گرمای لامپ تغییر شکل و رنگ بدهد.

۱-۱۸-سیم کشی

سیم کشی مدارهای کنترل و ثانویه ترانسفورماتورهای ولتاژ نباید از سیم نمره ۲/۵ میلیمتر مربع کمتر باشد و همچنین باید تحمل ولتاژ ۶۰۰ کیلوولت را داشته و عایق آن از نوع پلی اتیلن باشد. برای سیم کشی ثانویه ترانسفورماتور جریان نیز، نباید از سیم با سطح مقطع کمتر از ۴ میلیمتر مربع استفاده کرد و عایق سیمها باید از جنس پلی اتیلن با تحمل ولتاژی ۶۰۰ کیلوولت باشد.

۱-۱۹-روشنایی

هر سلول باید دارای روشنایی باشد که کلید آن بین اسکلت و درب نصب شده تا در موقع تعمیر و نگهداری از آن استفاده شود.

82461077

فهرست مطالب

۲- طراحی و ساخت تابلوهای فشار ضعیف

۲-۱- اسکلت و پوشش

این تابلوها با اسکلت نگهدارنده از آهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری، و پوشش آن از ورقه های فلزی با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر یا بیشتر ساخته شود. ساختمان این تابلوها باید بصورتی باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت، پوششهای جانبی باید بوسیله پیچ و مهره های کرومه به اسکلت اصلی متصل گردد.

در تابلوهای قابل دسترسی از جلو، باید با بازکردن درب محافظ جلو تابلو، یا برداشتن صفحه محافظ جلو آن، دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخلی تابلو، بدون تداخل با کار قسمتهای مختلف امکان پذیر باشد، ولی در تابلوهای قابل دسترسی از پشت این امکان باید با باز کردن در پشت تابلو حاصل شود.

درهای جلو تابلو چنانچه عرض هر سلول در تابلو کوچکتر از ۷۰ سانتیمتر باشد یک تکه و برای مقادیر بیشتر، دوتایی بوده و از وسط به سمت طرفین بطور کامل باز شود و در همان حالت باقی بماند و کلیه درها باید با تسمه مسی به بدنه تابلو وصل شوند. قسمت عقب تابلو باید برای هر سلول دارای یک در یکپارچه یا لولا باشد که از داخل تابلو توسط یک ضامن قابل باز شدن باشد.

سلول مربوط به روشنایی معابر در تابلوهای فشار ضعیف می باید بصورت مستقل و قابل باز کردن از باقی سلولها در نظر گرفته شود و اتصال آن به سایر سلولها از طریق اتصال شینه های مسی، انجام گیرد.

قطع و وصل کنتاکتور مدار اصلی روشنایی معابر توسط یک فتوسل صورت گیرد. این فتوسل در محل مناسبی روی دیوار بیرونی و با محافظ توری روی آن پست نصب شود.

پس از باز شدن درها آچارکشی و هرگونه عملیات اجرایی به راحتی امکان پذیر باشد.

قفل مناسب جهت درهای جلو طوری در نظر گرفته شود که توسط ابزار معمولی و افراد عادی قابل باز شدن نباشد ضمناً محلی برای یک قفل آویز هم در نظر گرفته شود.

قلاب مناسب جهت حمل و نقل تابلو در نظر گرفته شود.

کلیه پوششهای خارجی تابلو باید از فلز بوده و در مقابل ضربات معمولی و جرقه مقاوم باشند.

82461077

۲-۲- شینه ها

شینه خنثی و اتصال زمین باید برای سراسر طول تابلو پیش بینی شود. شینه های فاز و خنثی باید روی مقره های انکایی چینی یا صمغ مصنوعی یا چینی مناسب نصب شده و از بدنه تابلو عایق گردد.

نقطه اتصال شینه ها به یکدیگر و کلیدها به شینه ها باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره ای پوشیده شده و سپس بوسیله پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنزی محکم شده تا حداکثر هدایت الکتریکی بوجود آمده و از گرم شدن آن جلوگیری شود. اتصال کابلها به شینه ها، کلیدها، فیوزها و ... باید بوسیله کابلشو انجام گیرد و در شینه های گرد، با بستهای مخصوص شینه گرد به هم متصل شود تا حداکثر هدایت الکتریکی در محل اتصال بوجود آمده، از گرم شدن جلوگیری شود. برای محل اتصال زمین در هر سلول از تابلو باید دارای پیچ و مهره گالوانیزه نمره ۱۰ در قسمت کف تابلو با علامت اتصال زمین باشد.

۲-۳- نحوه بکارگیری تجهیزات داخلی

لوازم داخل تابلو از قبیل کلید، کنتاکتور، وسایل اندازه گیری، فیوز، رله، واحد اعلام خطر و غیره باید به نحوی نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری و یا تعویض، هر یک از آنها به سهولت در دسترس باشند. وسایل اندازه گیری، چراغهای سیگنال و اعلام خطر در صورتی که روی قسمت متحرک یا قابل برداشت تابلو باشد، کلیه سیم کشی ها مربوط به آنها با کابل یا سیم قابل انعطاف باید انجام شود.

۲-۴- کلیدهای اتوماتیک با رله حرارتی و مغناطیسی

محفظه کلید باید از فنل یا پلی استر با درجه خلوص بالا یا مواد مشابه با پایداری حرارتی بالا ساخته شده باشد. مکانیزم عملکرد باید دارای سرعت قطع و وصل بالا بوده و بطور مستقل از عملکرد دستگیره و به طور لحظه ای کنتاکتها را باز و بسته نماید. و این مکانیزم باید به طور همزمان تمام قطبها را قطع نماید.

ترمینالها در سمت خط تغذیه و ترمینالها در سمت بار باید جهت اتصال به کابلشوها یا اتصال به شینه ها مناسب باشند. اگر دستگاه قطع کننده به منبع تغذیه نیازمند باشد، این منبع تغذیه باید یک جزء از مجموعه کلید باشد.

82461077

کلید باید برای نصب عمودی یا افقی بدون هیچگونه اثر مغایری با عملکرد الکتریکی طراحی شود.

۲-۴-۱-مکانیزم عملکرد

مکانیزم قطع کننده حرارتی برای کلیدهای با جریان نامی بیشتر از ۱۰۰ آمپر، باید توسط وسیله تنظیم بدون جابجایی هیچ قسمتی از کلید، قابل تنظیم و امکان پذیر باشد و مکانیزم قطع مغناطیسی برای کلیدهای با جریان اسمی بیش از ۲۰۰ آمپر، باید قابل تنظیم باشد.

دستگیره عمل کننده باید جهت آسانی عمل دارای طول کافی باشد و محل این دستگیره، قابل دسترس و مقابل کلید باشد.

پس از اینکه حالت قطع پیش آمد، دستگیره باید بین نشانگرهای ON و OFF قرار گیرد و امکان بازگشت کلید به حالت ON ، بدون برگرداندن دستگیره به موقعیت خود، در این حالت نباید وجود داشته باشد.

ویژگی های زیر باید بر روی یک لوحه که دارای دوام کافی و پاک نشدنی است نوشته شود و در محل مناسب روی کلید قرار گیرد (این ویژگیها باید مطابق IEC مربوطه باشد.)

- استاندارد بکار رفته
- ولتاژ نامی و تعداد فازهای مربوطه
- جریان اسمی
- جریانهای قطع مربوط به ولتاژهای اعمال شده
- نام سازنده
- فرکانس (در صورتی که غیر از ۵۰ هرتز باشد)
- نام کشور سازنده
- درجه حفاظتی

در ضمن مقادیر نامی جریان کلید باید به آسانی و بدون جابجایی کلید از محل آن قابل رویت و قابل خواندن باشد.

82461077

۲-۵- کنتاکتورهای فشار ضعیف

کنتاکتها و هادی ها، باید به گونه ای انتخاب شوند که جریان بار نامی را بطور مداوم بتوانند تحمل کنند و در این حال هیچگونه خسارت یا آسیبی به آنها یا اجزاء مجاور وارد نشود.

افزایش درجه حرارت قسمتهای مختلف در حال کار نباید از مقدارمشخص شده در استاندارد کلیدها بیشتر شود. در هنگام کار در محدوده ولتاژ نامی نباید هیچگونه لرزش یا پرشی در کنتاکتهای کنتاکتور مشاهده شود.

علاوه بر وجود کنتاکتهای اصلی، کنتاکتهای فرعی برای فرمان و کنترل وجود داشته باشد.

کنتاکتهای حامل بار باید قابل تعویض باشند و فاصله بین قطبهای گوناگون کنتاکتور باید هم اندازه باشد.

فنر عمل کننده باید از فلز زنگ نزن مناسب یا از فلزی با روکش موثر با دوام که خورده نمی شود، تهیه گردد. کنتاکتورها باید در محفظه ای که در برابر گرد و غبار محافظت شده اند قرار گیرند و تمام پیچ و مهره های آن سفت و محکم باشد.

ویژگیهای زیر باید بر روی یک لوحه با دوام و پاک شدنی مطابق با نشریه IEC-158-5 علامتگذاری شود.

- ولتاژ نامی
- جریان نامی
- محدوده کاربرد
- فرکانس نامی
- سازنده

کنتاکتورهای انتخاب شده باید برای استفاده در شرایط خوبی مشخص شده مناسب باشند. و در کار دارای پایداری کافی باشند.

۲-۶- کلید مینیاتوری

رله کلیدهای مینیاتوری باید از نوع حرارتی – مغناطیسی غیر قابل تنظیم باشند و بدنه آنها استقامت حرارتی و مکانیکی کافی برای تحمل مداوم جریان نامی قید شده آنها را داشته باشد.

82461077

بدنـه کلید مینیاتوری باید بتواند جریان اضافه بار و اتصال کوتاهی را که کلید عامل حفاظتی آن است در شرایـط کاری و مدت زمان قید شده د راستاندارد یا توسط سازنده تحمل نماید.

درجـه حفاظت کلید با درجه حفاظت تابلو همخوانی داشته و از درجه حفاظت تابلو نکاهد. (کلیدهای روکار $I_p = 45$)

محفظـه دربـر گـیرنده جـزء عمل کننده حفاظتی باید به منظور جلوگیری از دستکاری مکانیزم مزبور کاملاً مهر و موم شده باشد.

اجـزاء فلـزی مکانـیزم عمـل کنـنده کلید باید از جنس مقاوم باشد و همچنـین در شرایط آب و هوایی مشـخص شده دچار فرسودگی نشوند. ترمینالهای کلید باید به گونه ای باشند که از پراکنده شدن سیم و کابل متصل به آن جلوگیری کند.

کلید قطعات باید از مواد غیرقابل اشتعال ساخته شود.

رـله هـا بـر روی فـاز نصـب شـده و نـول فـاقد رله باشد. عمل قطع و وصل هر دو قطب کلید یکفاز یا قطبهای کلید سه فاز بوسیله یک دسته یا اهرم انجام می گیرد.

در روی کلید باید اطلاعات زیر بطور خوانا و غیر قابل پاک شدن نوشته شود.

- سازنده
- استاندارد ساخت
- جریان، ولتاژ و فرکانس نامی
- قدرت قطع
- سال تولید
- نشانگر قطع و وصل کلید (OFF, ON)

۲-۷- ترانسفورماتور جریان فشار ضعیف

ترانسفورماتورهای جریان باید برای کار عادی تحت شرایـط استاندارد مشخص شده مناسب باشند. این نـوع ترانسـفورماتورها بـاید بصـورت یکپارچه ریخته شده و با ساخت مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شوند. همچنین دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا بوده و در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت مقاومت زیادی داشته باشند.

82461077

ایـن ترانسـفورماتورها نـباید نـیاز به تعمیر و نگهداری داشته باشند. بدنه آنها باید دارای محل مناسبی برای عبور کابل یا شینه با سطح مقطع مناسب با جریان نامی ترانسفورماتور باشد.

ترمیـنال ثانویـه در صـورت امکان باید قابل پلمپ شدن بوده و مناسب برای سیم تا مقطع ۴ میلیمتر مربع در نظر گرفته شود.

۲-۸- سرکابل ترموپلاستیک (ترموفیت)

سرکابلهای مورد استفاده در کابلهای فشار ضعیف با عایق PVC یا XLPE قابل نصب در فضای آزاد یا داخل تابلوها باید دارای مشخصات زیر باشد.

سرکابل باید غیر قابل اشتعال باشد و در مجاورت شعله، مشتعل نگردد. جهت نصب در هوای آزاد و در معرض نور خورشید و یا نصب در داخل پست مناسب باشد.

در برابر شرایـط جوی نامساعد استحکام کافی داشته باشد.

۲-۹- کابلشو پرسی

کابلشـو پرسی برای استفاده در سرکابل و به منظور اتصال هادی کابل به شینه یا سایر محلهای اتصال مـورد نـیاز، بکـار می رود جنس کابلشو برای کابلهای مسی، مس قلع اندود و برای کابلهای آلومینیمی از آلومینیم است. و همچنین برای ارتباط کابلهای آلومینیم به شینه مسی از بی متال مس آلومینیم استفاده می شود.

جـنس کابلشـو باید از بهترین و مناسبترین مواد باشد بطوری که در اثر پرس هیچگونه ترک یا شکاف مویی ایجاد نشود.

۲-۱۰- رله حرارتی

رلـه حرارتی باید قابل تنظیم بوده و در اثر عبور جریان بیش از حد تنظیم شده بطور مکانیکی کلید را قطع نماید. تنظیم رله حرارتی از ۰/۷ تا یک برابر جریان نامی کلید در نظر گرفته شود.

82461077

۲-۱۱-رله مغناطیسی

رله مغناطیسی اتصال کوتاه باید قابل تنظیم بوده و در اثر عبور جریان بیش از حد مجاز کلید، با فرمان الکترو مغناطیسی بطور مکانیکی کلید را قطع نماید. تنظیم رله می تواند ۴ تا ۶۰ برابر جریان نامی کلید در نظر گرفته شود.

۲-۱۲- فیوز چاقویی (HRC)

تیغه فیوزها از مس یا آلیاژ مس و با روکش نقره و سایر قطعات حامل جریان از مس خالص و سایر قطعات فلزی با روکش نیکل یا گالوانیزه ساخته شوند.

حالت قطع فیوز توسط نمایشگر مناسب،باید به آسانی قابل تشخیص باشد.

در شرایط کار عادی و تحت وضعیت مشخص شده برای سرویس دهی، دمای قسمتهای مختلف آن از مقادیر معین شده بیشتر نشود و در مشخصه زمان- جریان آن،تغییر قابل توجهی صورت نگیرد.

پایداری دینامیکی در مقابل نیروهای تولید شده بوسیله حداکثر مقدار جریان اتصال کوتاه، همانند فشار ضربه ای قوی که بوسیله همان جریان تولید می گردد، برقرار باشد و در هیچ وضعیتی حالت ترک خوردگی یا شکستگی در آن بوجود نیاید پایداری حرارتی در طول مدت عبور جریان نامی دائمی و جریان اتصال کوتاه تعیین شده برقرار باشد.

۲-۱۳-کلید فیوز

کلید فیوز باید از جنس عایق غیر قابل اشتعال، ترجیحاً با کلیت با استحکام مکانیکی و الکتریکی کافی ساخته شود. در برابر شرایط نامناسب جوی و آلودگی و رطوبت و صدمات مکانیکی استحکام کافی داشته باشد. کلیه قطعات فلزی فولادی باید گالوانیزه با حداقل ضخامت ۸۰ میکرون و اتصالات الکتریکی از جنس مس با پوشش نقره با ضخامت حداقل ۱۰ میکرون ساخته شود.

نوع فیوز مورد استفاده فیوز چاقویی HRC است.

کلید فیوز باید مجهز به جرقه گیر بوده و بطوری که عمل قطع و وصل جریان نامی دستی و بدون اینکه صدمه ای به کاربر وارد آید انجام گیرد.

82461077

کلید فیوز باید بدون آنکه صدمه ای به اجزاء و قطعات آن وارد آید،جریان مداوم تا ۳ برابر جریان نامی و جریان کوتاه مدت را تحمل کرده و حداقل درجه حفاظت I_p=20 را دارا باشد.

۲-۱۴-فیوز

۲-۱۴-۱- ولتاژ نامی

مقادیر استاندارد ولتاژ نامی فیوز در جدول (۱) استاندارد IEC-60269-1 ارائه شده است. این مقدار برای فیوزهای مورد استفاده در تابلوهای فشار ضعیف توزیع برابر با ولتاژ تابلو، ۲۳۰/۴۰۰ می باشد.

۲-۱۴-۲- جریان نامی فیوز

۲-۱۴-۲-۱- جریان نامی تیغه فیوز

جریان نامی تیغه فیوز مطابق استاندارد IEC 60-269-1 انتخاب می گردد. این مقدار برای فیوزهای مورد استفاده در تابلوهای فشار ضعیف توزیع از جدول ۲-۱ انتخاب می گردد.

جدول ۲-۱ : جریان نامی تیغه فیوز

جریان اتصال کوتاه مجاز در یک ثانیه (کیلو آمپر)	جریان دائمی در افزایش دمای مجاز (آمپر)	اندازه فیوز	جریان نامی فیوز (آمپر)	جریان نامی کلید فیوز (آمپر)
۳۰	۱۶۰	۰/۰۰	۱۶۰	۱۶۰
۳۵	۱۵۰	۱	۲۵۰	۲۵۰
۵۰	۴۰۰	۲	۴۰۰	۴۰۰
۶۰	۶۳۰	۳	۶۳۰	۶۳۰

۲-۱۴-۲-۲- جریان نامی پایه فیوز

به جز موارد خاص، جریان نامی پایه فیوز، مشابه جریان نامی تیغه فیوز می باشد.

در تابلوهای فشار ضعیف توزیع، ترجیحاً جریان نامی پایه فیوز، یک رنج بالاتر از جریان نامی تیغه فیوز انتخاب گردد.

82461077

۲-۱۴-۳-جریان اتصال کوتاه

مطابق بند ۷-۴-۹ و ۷-۴-۱۴ محاسبه می گردد.

۲-۱۴-۴-فرکانس نامی

فرکانس نامی فیوز، برابر با فرکانس نامی شبکه یعنی ۵۰ هرتز می باشد.

۲-۱۴-۵-مشخصه های زمان جریان

۲-۱۴-۵-۱-محدوده مشخصه زمان – جریان

محدوده ها براساس درجه حرارت پایه محیط T_a برابر ۲۰ °C در نظر گرفته می شود.

۲-۱۴-۵-۲-مشخصه های زمان – جریان، منطقه های زمان – جریان

این پارامترها بستگی به طراحی تیغه فیوز داده شده، در درجه حرارت محیط و شرایط خنک کنندگی دارد.

نکته: برای درجه حرارت های محیط، غیر از آنچه بعنوان شرایط نامی محیط در استاندارد آمده است، توافق با سازنده، ضروری است برای تیغه فیوزهایی که با منحنی زمان جریان استاندارد شده، همخوانی ندارد، سازنده باید اطلاعات زیر را ارائه دهد:

- مشخصه های زمان جریان قبل از جرقه و مشخصه های زمان جریان عملکرد
- منطقه زمان – جریان تیغه فیوز

برای زمانهای قبل از جرقه کمتر از ۰/۱ ثانیه سازنده باید مشخصه های عملکرد I^2t را با تلورانس مربوطه ارائه دهد.

۲-۱۴-۶-زمانها و جریانهای استاندارد

زمانها و جریانهای استاندارد، در جدول (۲) از استاندارد IEC- 269-1 آمده است.

82461077

۲-۱۴-۷-ظرفیت نامی قطع کنندگی

ظرفیت نامی قطع کنندگی تیغه فیوز توسط کارخانه سازنده مطابق ولتاژ نامی، ارائه می گردد.

۲-۱۴-۸-مشخصه های I^2t و جریان Cut-Off

مقدار مشخصه I^2t و جریان Cut-Off باید با در نظر گرفتن تلورانس ساخت باشد و مطابق شرایط سرویس دهی مشخص شده در استاندارد، از جمله مقادیر ولتاژ و فرکانس و ضریب قدرت، باشد.

۲-۱۴-۹-محدوده مجاز افزایش دما

این محدوده برای کنتاکتها و ترمینالها، مطابق جدول (۴)، استاندارد IEC-269-1 می باشد.

۲-۱۴-۱۰-ماکزیمم ولتاژ جرقه

ماکزیمم ولتاژ جرقه برای تیغه فیوز مطابق جدول (۵) استاندارد IEC-269-1 می باشد.

فهرست مطالب

۳-نصب تابلو

تابلو باید برای نصب به طور آزاد و ایستاده بر روی کف طرح گردد. سازنده باید روش نصب و تراز و محکم کردن تابلو به هنگام نصب را مشخص کند و این مساله را مستقل از تغییرات کف در نظر بگیرد. تمام کابلهای فشار قوی باید از کانال کف به داخل تابلو کشیده شوند و کابلهای فشار ضعیف تغذیه کننده کلیدها باید از کانالی مجزا کشیده شوند.

تابلوها باید طوری طراحی شوند که توسعه آنها در آینده امکان‌پذیر باشد.

فهرست مطالب

۴-پلاکها و لوحه ها

این لوحه ها باید برای تمام تجهیزات، موتورها، سلولهای کنترل و وسایل بکار رفته در آنها تهیه گردد. پلاک تابلوها و تجهیزات باید از موادی تهیه گردد که از دوام آنها اطمینان داشته و نور را منعکس نکنند تا چشم خیره شود.

پلاکهای نصب شده باید زمینه سیاه رنگ داشته باشند که با حروف سفیدرنگ روی آن نوشته شده باشد. پلاکها باید بطور واضح و مختصر اطلاعات فنی را ارائه کنند.

پلاکهای استفاده شده برای روی پانلها، تابلوها، اتصالات و ... باید دارای اندازه های استاندار زیر باشند.

۱-پلاک برای فیوزها حدود ۴۰-۳۰ میلیمتر طول و ۲۰-۱۲ میلیمتر عرض و نوشته ای حدود ۶-۳ میلیمتر باشند و پهنای خط نیز نزدیک یک میلیمتر باشد.

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

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

۴- پلاک برای پانلها، درهای سلولها و جعبه اتصالات و غیره، حدود ۱۲۵ میلیمتر طول و ۵۰ میلیمتر عرض بوده و حدود ۱۲ میلیمتر نوشته با پهنای خط ۱/۵ میلمتر داشته باشد. پلاکها با پرچ های آلومینیم محکم شود تا از زنگ زدن و فساد آنها جلوگیر گردد.

۴-۱-لوحه ویژگیها و اطلاعات

نوشتن اطلاعات زیر بر روی پلاک تابلوها اجباری است :

۱- نام سازنده و یا علامت و آرم مشخصه آن

۲- شماره سریال یا نوع علامت طراحی که توسط آن، تمام اطلاعات لازم را بتوان از سازنده دریافت نمود.

۳- ولتاژ نامی

۴- جریانهای نامی برای شینه ها و مدارها

۵- فرکانس نامی

۶- سال ساخت

فهرست مطالب

۵-رنگ آمیزی

کلیه قسمتهای تابلو بعد از ساخت، باید رنگ آمیزی شود. بدین منظور مراحل چهارگانه زیر، با توجه به نوع محل که تابلو در آن قرار می گیرد باید انجام شود.

الف : چربی گیری

ب : زنگ زدائی

ج : فسفاته کاری

د : رنگ کاری

سازنده باید توجه به منطقه ای که تابلو در آنجا نصب می شود نوع رنگ و ضخامت پوشش را انتخاب کرده و بکار برد و بعد از رنگ آمیزی، آزمونهای لازم بر روی تابلو انجام گیرد.

82461077

فهرست مطالب

۶-جدول مشخصات فنی تابلوهای فشار متوسط توزیع

مشخصات فنی استاندارد تابلوهای فشار متوسط بصورت جدول زیر ارائه می‌گردد.

جدول ۶-۱ : مشخصات فنی تابلوهای فشارمتوسط توزیع

مشخصات فنی	۲۰KV	۳۳KV
اطلاعات عمومی		
۱- تعداد فاز	۳	
۲- فرکانس نامی	۵۰	
۳- ولتاژ نامی	۲۰	۳۳
۴- ماکزیمم ولتاژ سیستم	۲۴	۳۶
۵- نوع زمین شدن سیستم	موتر زمین شده – غیرموتر زمین شده – ایزوله	
شرایط محیطی		
۶- حداقل درجه حرارت محیط	مطابق استاندارد	
۷- حداکثر درجه حرارت محیط	مطابق استاندارد	
۸- ارتفاع از سطح دریا	۱۰۰۰-۱۵۰۰-۲۰۰۰-۲۵۰۰-۳۰۰۰	
۹- رطوبت نسبی	مطابق استاندارد	
۱۰- شتاب زلزله	۳g – ۵g	
۱۱- ماکزیمم سرعت باد	۳۴ m/s	
اطلاعات مربوط به نصب تابلو و اجزاء آن		
۱۲- نحوه نصب	فضای آزاد – فضای بسته	
۱۳- مقدار نامی سطح عایقی		
- تحمل ولتاژ ضربه صاعقه (کیلوولت-پیک)	۱۲۵	۱۷۰
- تحمل ولتاژ یک دقیقه‌ای فرکانس صنعتی (کیلوولت – موثر)	۵۰	۷۰
۱۴- درجه حفاظت - تابلو با درب بسته - بین خانه های فشار ضعیف و فشار قوی - بین خانه‌های فشارقوی	حداقل IP2X	
۱۵- نوع تابلوی تمام بسته فلزی	کشویی- قابل دسترسی از جلو- قابل دسترسی از پشت	

82461077

ادامه جدول ۶-۱ :

مشخصات فنی	۲۰KV	۳۳KV
شینه		
۱- نوع		
۲- جنس	آلومینیوم – مس	
۳- آرایش		
۴- فاصله بین فازها	مطابق استاندارد	
۵- مقدار کمینه فاصله از زمین (متر)	۲/۷۵	۲/۷۵
۶- جریان نامی عادی	۴۰-۶۳۰-۱۲۵۰-۱۶۰۰-۲۵۰۰-۴۰۰۰	
۷- ابعاد شینه		
۸- محاسبه نیروی ناشی از اتصال کوتاه		
۹- ضریب انبساط حرارتی		
۱۰- وزن هادی (g/cm^2)	AL: 2.703 CU: 8.94	
۱۱- مقاومت در ۲۰ درجه سانتیگراد $\left[\frac{\pi.mm^2}{m}\right]$	AL: 0.02828 CU: 0.17241	
۱۲- افزایش دما در طول اتصال کوتاه		
۱۳- ضریب افزایش مقاومت با دما $\left[\frac{1}{C^\circ}\right]$	AL: 0.00403 CU: 0.00411	
۱۴- جریان حرارتی دائمی مجاز	۴۰۰-۶۳۰-۱۲۵۰-۱۶۰۰-۲۵۰۰	
کلیدهای قدرت		
۱- تعداد فاز	۳	
۲- فرکانس نامی	۵۰	
۳- ولتاژ نامی	۲۰	۳۳
۴- ماکزیمم ولتاژ سیستم	۲۴	۳۶
۵- نوع زمین شدن سیستم	موثر زمین شده – غیرموثر زمین شده – ایزوله	
۶- حداقل درجه حرارت محیط	مطابق استاندارد	
۷- حداکثر درجه حرارت محیط	مطابق استاندارد	
۸- ارتفاع از سطح دریا	۱۰۰۰-۱۵۰۰-۲۰۰۰-۲۵۰۰-۳۰۰۰	
۹- رطوبت نسبی	مطابق استاندارد	
۱۰- شتاب زلزله	۳g – ۵g	
۱۱- کلاس	داخلی - بیرونی	
۱۲- ثابت یا کشویی		

82461077

ادامه جدول ۶-۱ :

مشخصات فنی	۲۰KV	۳۳KV
۱۳ - نوع کلید	کم روغن – SF6- خلاء	
۱۴- مقدارنامی سطح عایقی		
- تحمل ولتاژ ضربه صاعقه (کیلوولت- پیک)	۱۲۵	۱۷۰
- تحمل ولتاژ یک دقیقه‌ای فرکانس صنعتی (کیلوولت – موثر)	۵۰	۷۰
۱۵- جریان زمان کوتاه		
- (KA-Peak)	۱۰۰	۸۰
- (KA-r.m.s)	۳۱/۵-۴۰-(۵۰)	۳۱/۵(۳۶/۵)-۴۰-۵۰
16- جریان نامی دائمی (A) موثر	۴۰۰-۶۳۰-۱۲۵۰-۱۶۰۰-۲۵۰۰-۴۰۰۰	
۱۷- جریان نامی قطع اتصال کوتاه (KA-r.m.s)	۸-۱۲/۵-۱۴/۵-۱۶-۲۵-۴۰	
۱۸- تعداد کویلهای قطع	۱-۰	
۱۹- تعداد کویلهای وصل	۱-۰	
۲۰- ترتیب عملکرد نامی		
۲۱- طول مدت اتصال کوتاه (ثانیه)	۱-۳	
۲۲- پر کردن فنر موتوری / دستی		
۲۳- آرایش		
۲۴- مناسب برای باز و بسته کردن از دور بطور اتوماتیک		
۲۵- ولتاژ کمکی موتور AC v.r.m.s	۲۲۰	
۲۶- ولتاژ کمکی گرم کن AC v.r.m.s	۲۲۰	
۲۷- ولتاژ کمکی مدارهای کنترل DC V	۱۱۰	
۲۸- تعداد کنتاکتهای کمکی بطور عادی باز یا بسته		
۲۹- رله اولیه		
جریان نامی (A)	۶/۳ تا ۴۰۰	
- جریان کارکرد تاخیر زمانی (A)	۱/۲ تا ۲ برابر جریان نامی	
- فرکانس نامی (HZ)	۵۰	
- خطای جریان کارکرد زمان بندی شده	۱۰ ± %	
- زمان بندی قابل تنظیم (ثانیه)	۰/۲ تا ۳ ثانیه- ۰/۳ تا ۶ ثانیه	
- برای ۰/۲ و ۰/۳ ثانیه	± ۰/۱	
- برای ۰/۳ و ۶ ثانیه	± ۰/۵	
- توان مصرفی(VA)	± ۰/۱	
	۱۰۰	

82461077

ادامه جدول ۶-۱ :

مشخصات فنی	۲۰KV	۳۳KV
- اضافه جریان مجاز دائم - برای ۶/۳ تا ۱۶ آمپر - - برای ۲۵ تا ۴۰۰ آمپر	ضریبی از جریان نامی (۱/۶ برای جریان نامی) ضریبی از جریان نامی (۱/۷ برابر جریان نامی)	
- عمر تحمل مکانیکی	۱۰۰۰ سیکل عملکرد	
- زمان مسلح شدن (ثانیه) - برای جریان زمان بندی شده - برای جریان لحظه ای	≥ ۰/۵ ≥ ۰/۲	
- جریان لحظه ای به مدت ۱ ثانیه (آمپر)	(ضریبی از جریان نامی) ۱۲۵ برابر جریان نامی	
- جریان کارکرد لحظه ای قابل تنظیم (آمپر)	(ضریبی از جریان نامی) ۳ تا ۶ برابر جریان نامی	
- نیروی عملکرد (نیوتن)	۶	
- جابجایی اهرم عمل کننده (میلیمتر)	۱۶ تا ۲۰	
- وزن دستگاه (کیلوگرم)	۴ تا ۶	
کلید قطع کننده و زمین		
۱- ولتاژ نامی (kv)	۲۰	۳۳
۲- بالاترین ولتاژ سیستم (kv)	۲۴	۳۶
۳- فرکانس نامی (Hz)	۵۰	
۴- تعداد فاز	۳	
۵- جریان نامی (A)	۴۰۰-۶۳۰-۱۲۵۰-۱۶۰۰-۲۰۰۰-۲۵۰۰	
۶- جریان قطع کنندگی اتصال کوتاه (KA)	۱۲/۵-۱۴/۵-۱۶-۲۰-۲۵	
۷- جریان وصل اتصال کوتاه (1-3 scc) (KA)	۳۱/۵-۴۰-۵۰	۳۱/۵ -۳۶/۵-۴۰-۵۰ / ۳۱/۵-۴۰-۵۰
۸- ولتاژ نامی استقامت عایقی در برابر صاعقه (پیک – kv)	۱۲۵	۱۷۰ / ۱۲۵
۹- ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ولتاژ با فرکانس صنعتی به مدت ۱ دقیقه (موتر -kv)	۵۰	۷۰ / ۵۰
۱۰-مدت زمان اتصال کوتاه (ثانیه)	۱ (۰/۳،۲،۵)	
۱۱-ولتاژ تغذیه وسایل قطع و وصل و مدارات کمکی - ولتاژ DC - تکفاز (دو سیمه) - تکفاز (سه سیمه) - سه فاز (سه یا چهار سیمه)	۲۴-۴۸-۶۰-۱۱۰-۲۲۰ ۲۲۰ ۲۲۰ ۳۸۰ و ۴۱۵	
۱۲- ظرفیت قطع اتصال کوتاه	از روش محاسبه	

82461077

ادامه جدول ۶-۱ :

مشخصات فنی	۲۰KV	۳۳KV
۱- نوع	خشک با عایق اپوکسی رزین	
۲- سطح ولتاژ ایستادگی در مقابل ضربه ناشی از صاعقه (kv-Peak)	۹۵-۱۲۵	۱۴۵-۱۷۰
۳- سطح ولتاژ ایستادگی در فرکانس صنعتی ۱ دقیقه (.kv-r.m.s)	۵۰	۷۰
۴- جریان نامی اولیه (.A-r.m.s)	۱۰ ،۱۵ ،۲۰ ،۳۰ ،۵۰	
۵- جریان نامی ثانویه (.A- r.m.s)	۵،۲،۱	
۶- جریان حرارتی کوتاه مدت نامی (.KA-r.m.s)	۲/۵-۵-۱۰	۴-۸-۱۶
۷- جریان حرارتی دائمی نامی (.KA-r.m.s) (۱۲۰٪ جریان نامی)	۵۰،۳۰،۲۰،۱۵،۱۰	
۸- - خروجی نامی (vA)	۲/۵-۵-۱۰-۳۰،۱۵	
۹- تعداد هسته های ثانویه - جهت اندازه گیری - جهت حفاظت	۱	
۱۰- کلاس دقت - جهت اندازه گیری - جهت حفاظت	۰/۵ ،۱ ۱۵p و ۱۰p- ۵ p	
۱۱- توان نامی - جهت اندازه گیری (.V.A) - جهت حفاظت (.V.A)	۱۰	
۱۲- تغییر نسبت تبدیل در ثانویه (1:2) - سیم پیچ اندازه گیری (بلی /خیر) - سیم پیچ حفاظت (بلی/ خیر)		
۱۳- تغییر نسبت در اولیه (1:2) (بلی / خیر)	بلی	
۱۴- بیشینه افزایش درجه حرارت در جریان حرارتی دائمی نامی		
۱۵- نسبت تبدیل نامی		
۱۶- جریان دینامیک نامی (KA-Peak)	۶/۲۵-۱۲/۵-۲۵	۱۰-۲۰-۴۰
۱۷- ولتاژ فرکانس صنعتی ثانویه (۱ دقیقه) (.kv-r.m.s)	۳	
۱۸- سطح عایقی بین اولیه و ثانویه .(kv-r.m.s)	۳	

82461077

ادامه جدول ۶-۱:

مشخصات فنی	۲۰KV		۳۳KV	
ترانسفورماتور ولتاژ	اتصال فاز به زمین	اتصال فاز به فاز	اتصال فاز به زمین	اتصال فاز به فاز
۱- نوع	خشک با عایق اپوکسی رزین			
۲- سطح ولتاژ ایستادگی ضربه صاعقه (kv-peak)	۱۲۵	۱۲۵	۱۷۰	۱۷۰
۳- سطح ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی ۱ دقیقه (موثر- kv)	۵۰	۵۰	۷۰	۷۰
۴- ولتاژ نامی اولیه (کیلوولت – موثر)	$20/\sqrt{3}$	20	$33/\sqrt{3}$	33
۵- ولتاژ نامی ثانویه (ولت – موثر)	$\begin{cases}100/\sqrt{3}\\110/\sqrt{3}\end{cases}$	$\begin{cases}100\\110\end{cases}$	$\begin{cases}100/\sqrt{3}\\110/\sqrt{3}\end{cases}$	$\begin{cases}100\\110\end{cases}$
۶- تعداد سیم پیچهای ثانویه	۱	۱	۱	۱
۷- کلاس دقت	0.5/0.5+ 3P	0.5	0.5/0.5+ 3P	0.5
۸- توان اسمی (ولت آمپر)	۱۰۰-۵۰	۲۵-۵۰	۵۰-۱۰۰	۵۰-۲۵
۹- ضریب ولتاژ نامی - در حالت قائم - برای ۸ ساعت	 ۱/۲ ۱/۹	۱/۲	 ۱/۲ ۱/۹	۱/۲
۱۰- حد افزایش درجه حرارت	مطابق استاندارد			

82461077

فهرست مطالب

۷-جدول مشخصات فنی تابلوهای فشار ضعیف توزیع

مشخصات فنی تابلوهای فشارضعیف توزیع در جدول ۷-۱ ارائه شده است.

جدول ۷-۱ : مشخصات فنی تابلوهای فشار ضعیف توزیع

مشخصات فنی	مقدار استاندارد
اطلاعات عمومی:	
۱-۱-تعداد فاز	۳
۱-۲- فرکانس نامی (هرتز)	۵۰
۱-۳- ولتاژ نامی سرویس دهی (ولت – موتر)	۲۳۰/۴۰۰
۱-۴- بیشینه ولتاژ سیستم (ولت – موتر)	۶۰۰
۱-۵- سیستم زمین	موتر زمین شده-غیرموتر زمین شده- ایزوله
شرایط محیط:	
۲-۱- ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۰۰۰-۱۵۰۰-۲۰۰۰-۲۵۰۰-۳۰۰۰
۲-۲- ماکزیمم درجه حرارت محیط (°C)	۴۰
۲-۳- مینیمم درجه حرارت محیط (°C)	-۳۰
۲-۴- ماکزیمم متوسط درجه حرارت روزانه محیط (°C)	۳۵
۲-۵- رطوبت نسبی	مطابق استاندارد IEC-694 (در شرایط نرمال ۷۰٪)
۲-۶- شتاب زلزله	۳g-۵g
۳- اطلاعات مربوط به نصب تابلو و اجزاء آن:	
۳-۱- نحوه نصب	نصب در فضای بسته – نصب در فضای آزاد
۳-۲- تعداد فاز	۳
۳-۳- تعداد شینه ها	۳
۳-۴- ولتاژ نامی	۲۳۰/۴۰۰
۳-۵- درجه حفاظت	حداقل I_{p2x}
۳-۶- نوع تابلوی تمام بسته فلزی	کشویی- قابل دسترسی از جلو- قابل دسترسی از پشت
۳-۷- نوع کابل خروجی و جنس آن	
۴- کلیدهای اتوماتیک با رله حرارتی و مغناطیسی:	
۴-۱- ولتاژ	۶۰۰
۴-۲- فرکانس نامی (هرتز)	۵۰
۴-۳- مقدار جریان اتصال کوتاه (کیلو آمپر)	۳
۴-۴- تعداد فاز	۳
۴-۵- تعداد قطب	
۴-۶- واسطه قطع	۲۵۰۰
۴-۷- ولتاژ آزمون عایقی	

82461077

ادامه جدول ۷-۱ :

مشخصات فنی	مقدار استاندارد
۴-۸- ولتاژ ایستادگی فرکانس صنعتی ۱ دقیقه (kv- موثر)	۵۰
۴-۹- ظرفیت قطع و وصل (کیلوآمپر)	۱۰۰۰-۱۲۵۰-۱۶۰۰
۴-۱۰- جریان نامی	
۴-۱۱- جریان حرارتی	
۴-۱۲- توان مصرفی	حداقل I_{p43}
۴-۱۳- درجه حفاظت بدنه	
۵- کنتاکتورهای فشار ضعیف	۲۳۰/۴۰۰
۵-۱- ولتاژ نامی (ولت)	۲۰۰
۵-۲- جریان نامی (آمپر)	۵۰
۵-۳- فرکانس نامی (هرتز)	A_1
۵-۴- کلاس	۳
۵-۵- تعداد قطب	
۵-۶- واسطه قطع	
۵-۷- ولتاژ آزمون عایقی	
۵-۸- ولتاژ ایستادگی در برابر ولتاژ فرکانس صنعتی ۱ دقیقه (ولت)	
۵-۹- تعداد کنتاکتهای کمکی	
کنتاکتهای NC	
کنتاکتهای NO	
۶- فیوزها:	۲۳۰/۴۰۰
۶-۱- ولتاژ نامی (ولت)	۲۵۰
۶-۲- جریان نامی پایه فیوز (آمپر)	۱۶۰
۶-۳- جریان نامی فیوز (آمپر)	۱۰۰
۶-۴- جریان اتصال کوتاه (کیلوآمپر)	۵۰
۶-۵- فرکانس نامی (هرتز)	
۶-۶- سطح عایقی (ولت)	چاقویی
۶-۷- مشخصه های زمان جریان	
۶-۸- نوع فیوز	
۶-۹- قابلیت محدود کنندگی جریان اتصال کوتاه	

82461077

بخش سوم
آزمونها

لیست گزارشات

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱-طبقه‌بندی آزمون‌ها ۲

۱-۱-آزمون‌های نوعی ۲

۱-۲-آزمون‌های جاری (روتین) ۲

۲-آزمون نوعی ۳

۲-۱-آزمون ولتاژ ضربه‌ای (خشک) ۳

۲-۱-۱-نسبت به زمین و بین فازها ۳

۲-۱-۲-فاصله عایقی ۴

۲-۱-۳-طریقه آزمون ۵

۲-۲-آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک) ۵

۲-۳-آزمون افزایش دما ۶

۲-۳-۱-اندازه‌گیری دما ۷

۲-۳-۲-دمای هوای محیط ۷

۲-۴-آزمون جریان کوتاه مدت برروی مدار اصلی ۹

۲-۵-آزمون‌های جریان کوتاه مدت روی مدارات زمین ۹

۲-۶-تعیین مطابقت ظرفیتهای قطع و وصل ۹

۲-۷-آزمون عملکرد مکانیکی ۱۰

۲-۸-تعیین درجه حفاظتی تابلو ۱۰

۲-۸-۱-آزمون برای تایید اولین عدد مشخصه ۱۱

۲-۸-۲-آزمون برای تایید دومین عدد مشخصه (نفوذ مایع) ۱۳

۲-۹-آزمون شرایط جوی ۱۴

۳-آزمون‌های جاری (روتین) ۲۰

۳-۱-آزمون‌های ولتاژ فرکانس صنعتی ۲۰

۳-۲-آزمون ولتاژ برروی مدارهای کمکی..... ۲۰
۳-۳-آزمون عملکرد مکانیکی ۲۰
۳-۴-آزمون وسایل کمکی الکتریکی و مکانیکی..... ۲۱
۳-۵-کنترل کردن سیم‌بندی ۲۱
۴-شرایط آب و هوایی در طول تست..... ۲۱
۵-سطح مقطع هادیهای در هنگام آزمون..... ۲۲
۶-سایر آزمون‌ها ۲۴
۶-۱-آزمون‌های عمومی مکانیکی..... ۲۴
۶-۱-۱-اندازه‌گیری ابعاد و قطعات تابلو ۲۴
۶-۱-۲-آزمون عملکرد صحیح قفل و لولای در تابلو ۲۴
۶-۱-۳-آزمون سفتی پیچها (گشتاور پیچها)..... ۲۵
۶-۱-۴-آزمون وجود فضای افی جهت کابلهای ورودی و خروجی :..... ۲۵
۶-۱-۵-آزمون پیش‌بینی تکیه‌گاههای لازم برای کابلها ۲۹
۶-۱-۶-تایید نصب پلاک..... ۲۹
۶-۱-۷-بررسی عدم خروج سیم‌ها از زیر ترمینال و کنتاکت تجهیزات الکتریکی ۲۹
۶-۱-۸-بررسی ظاهری تجهیزات الکتریکی..... ۲۹
۶-۱-۹-تایید پیش‌بینی امکانات لازم برروی تابلو جهت حمل و نقل و نصب ۲۹
۶-۱-۱۰-بررسی صحت سایز و محل نصب گلند ۳۰
۶-۱-۱۱-آزمون کیفیت و مرغوبیت رنگ و عملیات رنگ کاری ۳۰
۶-۱-۱۱-۱-آزمون‌های مربوط به رنگ ۳۰
۶-۱-۱۱-۲-آزمون روی قطعه رنگ‌آمیزی شده ۳۱
۶-۱-۱۱-۳-آزمون غوطه‌وری در محلول ۳۱
۶-۲-آزمون‌های عمومی الکتریکی..... ۳۱
۶-۲-۱-آزمون صحت سطح مقطع هادیها و باسبارها ۳۱
۶-۲-۲-آزمون کامل بودن اتصالات زمین..... ۳۲

۶-۲-۳-آزمون صحت عملکرد الکتریکی تجهیزات الکتریکی ۳۲
۶-۲-۴-آزمون صحت مدارهای الکتریکی ۳۳
۶-۲-۴-۱-صحت مدارهای فرمان ۳۳
۶-۲-۴-۲-صحت مدارهای قدرت ۳۳
۶-۲-۴-۳-صحت مدارهای نشان دهنده ۳۳
۶-۲-۴-۴-صحت مدارهای هشدار دهنده ۳۳
۶-۲-۴-۵-صحت مدارهای حفاظتی ۳۳
۷- گزارش آزمون ۳۴
۸- برگه‌های آزمون (تست شیتها) ۳۵
۸-۱- آزمون جاری ۳۵
۸-۱-۱- آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی ۳۶
۸-۱-۲-آزمون ولتاژ روی مدارهای کمکی ۳۷
۸-۱-۳-آزمون عملکرد مکانیکی ۳۸
۸-۱-۴-تطابق سیم‌کشی با نقشه‌های موجود ۳۹
۸-۲-آزمون نوعی ۴۰
۸-۲-۱-آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی ۴۱
۸-۲-۲- ۴۲
۸-۲-۳-آزمون افزایش دما ۴۴
۸-۲-۴-آزمون جریان کوتاه مدت روی مدارهای اصلی ۴۵
۸-۲-۵-آزمون جریان کوتاه مدت روی مدارهای فرعی ۴۶
۸-۲-۶-آزمون تعیین تطابق ظرفیت قطع و وصل : ۴۷
۸-۲-۷-آزمون شرایط جوی برای تابلوهای مورد استفاده در فضای آزاد ۴۸
۸-۲-۸-آزمون عملکرد مکانیکی ۴۹
۸-۲-۹- آزمون تعیین درجه حفاظت تابلو ۵۰
پیوست الف : شرایط استاندارد اتمسفری مطابق نشریه IEC شماره ۶۰ : ۵۸

پیوست ب: روش آزمون شرایط جوی برای تابلوهای قدرت و فرمان نصب شده در محیط‌های باز ... ۶۰
پیوست پ- راهنمای انتخاب درجات حفاظتی برای تابلوهای بکاررفته در شبکه‌های توزیع ۶۲
پیوست ت- شینه‌های بکار رفته در تابلوها ۶۴
پیوست (ت): اندازه‌گیری تخلیه جزئی..... ۸۵
ت-۱- کاربرد..... ۸۵
ت-۲- مدارات آزمون و وسایل اندازه‌گیری ۸۵
ت-۳- روش آزمون..... ۸۶
ت-۴- ماکزیمم مقدار تخلیه جزئی ۸۶
پیوست (ج): استقامت حرارتی شینه‌ها ۸۷

فهرست اشکال

شکل ۱- انگشتک فلزی استاندارد ۱۵
شکل ۲- دستگاه آزمایش تابلوهای محافظت شده در مقابل ورود گرد و غبار ۱۶
شکل ۳- دستگاه آزمایش تابلوهای محافظت شده در مقابل چکیدن قطرات مایعات ۱۷
شکل ۴- دستگاه آزمایش تابلوهای محافظت شده در مقابل باران و پاشیده شدن آب ۱۸
شکل ۵- وسیله آزمون برای تشخیص حفاظت در مقابل پاشیدن آب تحت فشار ۱۹
مدار شماره ۱- مدار آزمون ولتاژ ضربه ۵۱
مدار شماره ۲- مدار آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی ۵۲
مدار شماره ۳ : مدارآزمون تخلیه جزئی (سه‌فاز) ۵۳
مدار شماره۴- مدارآزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات یک قطبی در سیستم تک‌فاز A.C. یا D.C. ۵۴
مدار شماره ۵ : مدار آزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات دو قطبی در سیستم تک‌فاز A.C. یا D.C. ۵۵
مدار شماره ۶: مدارآزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات سه قطبی ۵۶
مدار شماره ۷: مدارآزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات چهار قطبی ۵۷
شکل الف-۱: ضریب تصحیح رطوبت K ۵۹
شکل ب-۱: ترتیب آزمون برای آزمایش شرایط جوی ۶۱
شکل ث-۱: درصد باردهی شینه‌های مختلف (با سطح مقطع‌های یکسان) ۶۶
شکل (ث-۲) ضریب تصحیح K_1 با تغییر رسانایی ماده مورد استفاده ۷۶
شکل (ث-۳) : ضریب تصحیح K2 برای مقادیر دمای غیر از $35^{\circ}C$ برای هوا $65^{\circ}C$ برای هادی، θ_s دمای شینه θ_u دمای متوسط هوا در ۲۴ ساعت ۷۷
شکل (ث-۴) : ضریب تصحیح K_4 با در نظر گرفتن اثر پوستی برای شینه‌های آلومینیمی و فواصل کم بین فازها ۷۸
شکل (ث-۵) : ضریب تصحیح K_4 برای تاثیر اثر پوستی برای هادی مسی با در نظر گرفتن فاصله کم بین فازها ۷۹
شکل (ث-۶): مرز ارتباط شین با پیچ و مهره ۸۴

فهرست جداول

جدول ۲-۱: ولتاژهای آزمون بر حسب ولتاژ نامی ۳
جدول ۲-۲: محدوده افزایش دمای اجزاء مختلف تابلو ۸
جدول ۵-۱ : مقادیر استاندارد سطح مقطع هادیهای مسی برحسب جریان آزمون ($I \leq$ ۴۰۰ A) ۲۳
جدول ۵- ۲ : مقادیر استاندارد سطح مقطع هادیهای مسی برحسب جریان آزمون (۴۰۰ A <I> ۳۱۵۰) ۲۴
جدول۶-۱ : تلورانس مجاز ابعاد خطی ۲۶
جدول ۶-۲ : تلورانس مجاز شعاع گردی‌ها و پخها ۲۷
جدول ۶-۳ : تلورانس مجاز زوایا ۲۷
جدول۶-۴ : مقدار سفتی پیچها ۲۸
جدول (ث-۱): مشخصات آلیاژهای مس و آلومینیوم ۶۴
جدول (ث-۲): مشخصات شینه‌های مسی و آلومینیومی ۶۵
جدول (ث-۳): ظرفیت باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی ۶۷
جدول (ث-۴): شینه‌های مسی با سطح مقطع لوله‌ای شکل، دمای محیط $35^{\circ}C$، دمای هادی $65^{\circ}C$ و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر با ۲/۵ برابر قطر خارجی لوله می‌باشد. ۶۸
جدول (ث-۵): ظرفیت باردهی شینه‌های مسی U شکل ۷۰
جدول (ث-۶): مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی ۷۲
جدول (ث-۷): ظرفیت باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع لوله‌ای شکل ۷۳
جدول (ث-۸) : مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی U شکل ۷۵
جدول (ث-۹) ضریب تصحیح K_9 برای نصب شینه‌ها در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا ۷۹
جدول (ث-۱۰) : طرز آماده کردن شینه‌های تخت برای اتصال (ابعاد به میلیمتر) ۸۰
جدول (ث-۱۱): مثالهایی از اتصالات پیچ و مهره‌ای برای شینه‌های تخت ۸۱
جدول (ث-۱۲): سوراخهای لازم جهت اتصالات شین U شکل (ابعاد به میلیمتر) ۸۲
جدول (ث-۱۳): نمونه‌هایی از اتصالات طولی در شینه از نوع پروفیل Uشکل (ابعاد به میلیمتر) ۸۳
جدول (ث-۱۴): نمونه‌هایی از اتصالات صلیبی در شینه‌هایی از نوع پروفیل Uشکل (ابعاد بر حسب میلیمتر) ۸۴

فهرست مطالب

مقدمه

از آنجا که تابلوهای فشار ضعیف و فشار متوسط توزیع نقش کلیدی در صنعت توزیع برق ایفا می‌کنند لذا اطمینان از صحت عملکرد آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از این رو نقش آزمونها در بدست آوردن ضریب اطمینان قابل قبول برای تابلوهای توزیع بارزتر می‌گردد. در این گزارش به اصول کلی آزمونهای لازم برای تابلوهای فشار ضعیف و فشار متوسط، آزمون نوعی و آزمون روتین (معمول)، روش انجام آزمونها، آزمونهای عمومی مکانیکی و الکتریکی و نحوه دسته‌بندی و استفاده از اطلاعات بدست آمده از آزمونها پرداخته خواهد شد.

فهرست مطالب

۱- طبقه‌بندی آزمون‌ها

۱-۱- آزمون‌های نوعی

هدف از انجام این آزمون‌ها، تایید مشخصه‌های طراحی است و این آزمون‌ها برروی نمونه‌ای از مجموعه‌ها انجام می‌گیرد بعلت تنوع انواع تابلوها، مقادیر نامی و ترکیبات مختلف اجزا، انجام آزمون نوعی برروی انواع ترکیبات تابلوهای قدرت و فرمان غیر عملی است. مشخصات هر ترکیب مخصوصی را می‌توان بوسیله اطلاعات آزمون ترکیبات مشابه بدست آورد.

این آزمون‌ها و تاییدیه‌ها شامل موارد زیر است:

- آزمون‌های ولتاژ ضربه‌ای (خشک)
- آزمون‌های ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)
- آزمون های جریان کوتاه مدت روی مدارهای اصلی
- آزمون‌های جریان کوتاه مدت روی مدارهای زمین
- آزمون‌های عملکرد مکانیکی
- تعیین تطابق با ظرفیت قطع و وصل
- آزمون‌های عملکرد مکانیکی
- تعیین میزان حفاظت افراد در مقابل آسیب‌های ناشی از نزدیک شدن به قسمتهای برقدار و قسمتهای خارج شونده
- آزمون‌های مقاوم بودن در مقابل شرایط جوی و آب و هوا (در مورد تابلوهای قدرت و فرمان نصب شده در فضای آزاد)

۱-۲-آزمون‌های جاری (روتین)

هدف از انجام این آزمون‌ها، شناسایی معایب احتمالی مواد مصرفی و معایب ساخت تابلو می‌باشد. این آزمون‌ها باید برروی همه مجموعه‌های قابل حمل، انجام شده و توصیه می‌گردد در کارخانه سازنده انجام شود.

این آزمون‌ها و تعیین تطابق شامل موارد زیر می‌باشد :

- آزمون‌های ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)

- آزمون‌های ولتاژ روی مدارات کمکی
- آزمون‌های عملکرد مکانیکی
- آزمون‌های وسایل کمکی الکتریکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی
- تعیین تطابق سیم‌کشی با نقشه‌های موجود

فهرست مطالب

۲- آزمون نوعی

۲-۱- آزمون ولتاژ ضربه‌ای (خشک)

بعلت تنوع زیاد طرح‌ها، مشخص کردن اطلاعات لازمه خاص آزمون‌ها که باید روی مدار اصلی صورت گیرد عملی نیست اما در اصول باید شامل موارد زیر باشد:

۲-۱-۱-نسبت به زمین و بین فازها

هر قسمت هادی از مدار اصلی، باید نسبت به چهار چوب زمین شده با ولتاژهای نشان داده شده در جدول (۲-۱)، ستون ۲ و ۴ مورد آزمایش قرار گیرند.

جدول ۲-۱: ولتاژهای آزمون بر حسب ولتاژ نامی

ولتاژ نامی (کیلوولت موثر)	ولتاژ ایستادگی ضربه (کیلوولت)		ولتاژ ایستادگی برای یک دقیقه با فرکانس صنعتی ۵۰ هرتز (کیلوولت موثر)		
	نسبت به زمین و بین فازها	بین فاصله عایقی	نسبت به زمین و بین فازها		بین فاصله عایقی
			آزمون نوعی	آزمون معمولی	
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

ولتاژهای تست باید در هنگام وصل بودن هر هادی فاز مدار اصلی به ترمینال فشارقوی منبع تست، اعمال گردد. سایر هادیهای مدار اصلی و مدارات فرعی باید به هادی زمین یا چهارچوب وصل باشد و به

ترمینال زمین منبع آزمون وصل شوند.

برای آزمایش دریچه‌های حفاظتی و جداره‌های ساخته شده از مواد عایقی، باید سمتی که قابل دسترسی است پوشیده شود. این پوشش در بدترین شرایط آزمون، یک ورقه فلزی مربع یا دایره‌ای شکل است که سطح آن تا حد امکان بزرگ بوده و کمتر از ۱۰ سانتیمتر مربع می‌باشد که این ورقه زمین می‌شود.

در تمام آزمون‌ها، شرایط باید به گونه‌ای باشد که همه وسایل کلیدزنی در حالت بسته قرار داشته و تمام قطعات جداشدنی در حالت کار باشند. باید توجه کرد که در حالتیکه وسایل کلیدزنی باز بوده و یا قطعات جداشدنی در وضعیت قطع، جدا شده یا زمین شده باشد، نتایج واقعی نخواهد بود و آزمون باید تکرار گردد.

وقتی که تابلوهای قدرت یا فرمان، شامل جداره‌های عایق می‌باشند، ترتیب آزمون و کاربرد ورقه زمین شده بر پایه نیاز دسترسی به تابلو برای تعمیرات و نگهداری و کار می‌باشد.

۲-۱-۲-فاصله عایقی

هر فاصله عایقی از مدار اصلی باید با ولتاژ نشان داده شده در ستونهای ۳ و ۶ جدول (۲-۱) تحت آزمایش قرار گیرد.

فاصله عایقی ممکن است فاصله دو قسمت از مدار اصلی باشد که توسط وسیله کلید زنی خارج شونده به هم متصل شود.

در هر وضعیت قطع که جداره یا دریچه حفاظتی فلزی زمین شده، بین جزء ثابت و جزء خارج شونده وجود ندارد، ولتاژ مشخص شده فوق بدین صورت بکار می‌رود:

الف- اگر مدار اصلی جزء خارج شونده در دسترس باشد :

- بین کنتاکتهای ثابت و متحرک که با هم درگیر می‌شوند

ب- اگر مدار اصلی جزء خارج شونده در دسترس نباشد :

- بین کنتاکت ثابت روی یک طرف و کنتاکت ثابت طرف دیگر وسیله کلیدزنی خارج شونده، که در وضعیت بسته قرار دارد.

۲-۱-۳-طریقه آزمون

تابلوهای قدرت و فرمان باید تنها در شرایط خشک، مطابق استاندارد IEC-60 تحت ولتاژ ضربه‌ای با موج $1.2/50\ \mu s$ قرار گیرند. وسایل حفاظتی اضافه ولتاژ با یدقطع یا خارج شده باشند. ثانویه ترانسفورماتورهای جریان باید اتصال کوتاه شده باشد و باید زمین شود (مدار شماره ۱)

در طول آزمون، چهارچوب تابلوی قدرت و فرمان باید به ترمینال زمین شده ژنراتور مدار موج ضربه متصل شود. تابلوهای قدرت و فرمان باید با ولتاژهای دارای هر دو پلاریته مثبت و منفی آزمایش شوند.

در طول آزمون، پنج موج ضربه پیاپی بکار می‌رود اگر قوس الکتریکی و یا گسیختگی مشاهده نشود، تابلوی قدرت و فرمان آزمون را پشت سرگذاشته است. اگر دو یا بیشتر قوس الکتریکی مشاهده گردید تابلوی قدرت و فرمان آزمون را نگذرانده است. اگر فقط یک قوس ظاهر شود، ده موج ضربه دیگر بکار می‌رود. اگر در این ضربه‌های اضافه قوس یا گسیختگی مشاهده نشود، تابلوی قدرت و فرمان بطور موفقیت‌آمیز، آزمون را گذرانده است.

۲-۲- آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)

تابلوی قدرت و فرمان باید برای یک دقیقه تحت آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک) قرار گیرد که در ادامه شرح داده شده است.

ترانسفورماتورهای قدرت و ولتاژ و یا فیوزها را می‌توان با نمونه‌ای مشابه جایگزین نمود بطوری که شکل میدان ناشی از اتصالات فشارقوی را دوباره تشکیل دهند. وسایل حفاظتی اضافه ولتاژ می‌تواند قطع و یا جدا شده باشد.

ولتاژ آزمون باید تقریباً دارای شکل سینوسی بوده و مقدار پیک آن دو برابر مقدار نامی مشخص شده برای سطح عایقی باشد و فرکانس آن بین ۲۰ تا ۷۰ هرتز بوده و مطابق استاندارد IEC-60 اندازه‌گیری شود. (مدار شماره ۲)

تابلوهای تمام بسته باید در شرایط خشک و تابلوهای نصب شده در فضای آزاد باید در شرایط محیطی مرطوب آزمایش شوند. منبع آزمایش (ترانسفورماتور با وسیله تنظیم ولتاژ) باید توانایی تولید حداقل جریان اتصال کوتاه ۰/۲ آمپر داشته باشد. دامنه جریان راتا حدود یک دهم مقدار ولتاژ مشخص شده می‌توان تطبیق کرد.

در طول آزمایش، یکی از ترمینال‌های ترانسفورماتور آزمون باید به زمین و به چهارچوب تابلوی قدرت

و فرمان متصل باشد. (به جز آزمون فاصله عایقی). نقطه وسط منبع ولتاژ باید به زمین و به چهارچوب تابلو متصل باشد تا ولتاژی که بین هر قسمت برقدار و چهارچوب ایجاد می‌شود از مقادیر مشخص شده در جدول ۲-۱ بیشتر نشود.

اگر اینکار عملی نباشد با توافق سازنده یک ترمینال از ترانسفورماتور آزمون به زمین وصل شده و چهارچوب تابلو در صورت نیاز از زمین عایق گردد.

ولتاژ آزمون باید سریعاً تا ۷۵ درصد مقدار مشخص شده زیاد شود و سپس با نرخ ۲ درصد ولتاژ نهایی بر ثانیه مقدار آن افزایش داده شود. (مطابق استاندارد IEC- 60) ولتاژ آزمون مشخص شده برای مدت یک دقیقه اعمال می‌گردد و اگر قوس الکتریکی و گسیختگی مشاهده گردید تابلوی قدرت و فرمان، آزمون را با موفقیت پشت سرنگذاشته است.

۲-۳- آزمون افزایش دما

آزمون افزایش دما، روی یک مجموعه و یا زیر مجموعه کامل با اجزاء تمیز انجام می‌گیرد. اگر در طراحی اجزاء مختلف با ترکیبات متنوع استفاده شده است، آزمون باید در بدترین شرایط حاکم صورت گیرد.

مجموعه و یا زیر مجموعه باید تقریباً شرایط زمان کار و سرویس‌دهی داشته باشد. و تمام محفظه عادی در هر قسمت را شامل شده و در مقابل اثرات گرمایی و سرمایی خارجی، محافظت شود.

اتصالات موقت باید به نحوی باشند که بوسیله تحت آزمون، گرمایی منتقل نکند و یا گرمایی از آن نگیرد. در صورت مشکوک بودن، باید افزایش دما در ترمینال‌ها و اتصالات موقت در فاصله یک متری ترمینال‌ها، اندازه‌گیری شود. اختلاف دما نباید از ۵ درجه سانتیگراد بیشتر باشد.

آزمون‌ها باید با تعداد فازها مقدار جریان نامی معمول که از یک انتهای شین به ترمینال‌ها جریان دارد انجام شود. فرکانس جریان به مقدار نامی بوده و با تلورانس ۵ درصد در نظر گرفته شود.

هر آزمون، باید برای مدت زمان مناسبی انجام شود تا دما به مقدار ثابتی برسد. در عمل این شرایط هنگامی بدست می‌آید که تغییر دما در ساعت از یک درجه سانتیگراد بیشتر نشود برای کوتاه نمودن زمان آزمون می‌توان مدار را ابتدا با زیاد کردن جریان گرم نمود.

در هنگامی که زیر مجموعه‌ای بطور جداگانه آزمون می‌شود، تمام زیر مجموعه‌های مجاور، باید در شرایط کار خود را داشته باشند. و باید جریان‌هایی که در زمان سرویس‌دهی از آنها عبور می‌کند، از آنها

بگذرد. می‌توان با شبیه‌سازی حالت سرویس‌دهی (مانند استفاده از هیترها و یا عایق حرارتی) آزمون را انجام داد. برای قطعات مختلف، افزایش دما با دمای محیط مقایسه می‌شود. این مقدار نباید از مقدار تعیین شده در مشخصه‌های مربوطه بیشتر شود. در غیر اینصورت مجموعه یا زیر مجموعه آزمون را با موفقیت پشت سرنگذاشته است.

۲-۳-۱- اندازه‌گیری دما

به منظور کاهش تغییرات و خطاهای ناشی از مرور زمان بین درجه حرارت وسایل کمکی و تغییرات محیط، تهویه صورت می‌گیرد. دمای اجزاء مختلف را می‌توان با قراردادن ترمومترها و یا ترموکوپل‌ها مناسب، در داغترین نقاط قابل دسترس، اندازه‌گیری نمود. دمای اجزاء مختلف باید طبق مشخصات مربوط به آنها اندازه‌گیری شود. برای کویل‌ها، روش اندازه‌گیری دما، با تغییرات مقاومت باید بصورت نرمال انجام گیرد. سایر روش‌ها فقط در صورتی که استفاده از روش مقاومت غیر عملی باشد، استفاده می‌گردد.

اقدامات اولیه زیر باید صورت گیرد.

الف- ترموکوپل‌ها یا شینه‌های ترمومترها باید به طرز مناسبی در مقابل سرمای خارجی محافظت شوند. سطح حفاظت شده باید در مقایسه با سطح خنک شونده وسیله تحت آزمون، قابل چشم‌پوشی باشد.

ب- هدایت حرارتی خوبی باید بین ترمومترها یا ترموکوپل و سطح قسمت تحت آزمون برقرار باشد.

ج- وقتی ترمومترها در مکان‌هایی که نوعی میدان مغناطیسی متغیر وجود دارد بکار می‌روند، پیشنهاد می‌شود از ترمومترهای الکلی بجای ترمومترهای جیوه‌ای استفاده شود. به دلیل اینکه ترمومترهای جیوه‌ای بیشتر تحت تاثیر این نوع میدان قرار می‌گیرند.

۲-۳-۲- دمای هوای محیط

دمای هوای محیط،متوسط دمای هوای خارج محفظه می‌باشد و مقدار آن در آخرین ربع زمانی آزمون به ترتیب زیر بدست می‌آید:

سه عدد ترمومتر یا ترموکوپل در فاصله‌های مساوی از تابلو و در ارتفاع حدود متوسط هادی مدار اصلی و در فاصله یک‌متری از تابلو نصب می‌شوند. این ترمومترها یا ترموکوپل‌ها در مقابل جریان‌های هوا

و تشعشات گرمایی حفاظت شده‌اند. برای اجتناب از خطای ناشی از تغییرات سریع دما، می‌توان ترمومترها را در قوطی‌های پر از روغن، که حاوی حدود نیم‌لیتر روغن می‌باشند قرار دارد متوسط دمای خوانده شده دمای محیط را نشان می‌دهد. در طول مدت آزمون ربع زمان آزمون، تغییردمای هوای محیط نباید از یک درجه در ساعت تجاوز نماید. اگر اینکار به خاطر شرایط نامناسب دما دراتاق آزمون، عملی نباشد. می‌توان از دمای یک تابلوی قدرت و فرمان مشابه، تحت شرایط هوای محیط و بدون وجود جریان هوای محیط استفاده نمود. این تابلوهای اضافی نباشد تحت تاثیر تشعشعات گرمایی ناخواسته قرار گیرد. اگر درجه حرارت محیط در طول‌آزمون بین $10^{\circ}C$ تا $40^{\circ}C$ باشد، مقادیر موجود در جدول ۲-۲ محدوده‌های مجاز افزایش دما می‌باشند. اگر دمای محیط بیشتر از $40^{\circ}C$ یا کمتر از $10^{\circ}C$ باشد، باید بین سازنده و خریدار توافق صورت گیرد. جوابهای بدست آمده در طول آزمون نباید بیشتر از مقادیر مشخص شده در جدول ۲-۲ باشند.

جدول ۲-۲: محدوده افزایش دمای اجزاء مختلف تابلو

قطعات تابلو	افزایش درجه حرارت (K)
اجزاء نصب شده در داخل تابلو	مطابق با نیازهای مربوط به هر یک از اجزاء یا مطابق دستورالعمل سازنده با در نظر گرفتن درجه حرارت داخل تابلو
ترمینال‌ها برای هادیهای عایق شده خارجی	۷۰
شینه‌ها و هادیها، کنتاکتهای مربوط به اتصال اجزاءخارج شونده و کشویی که به شینه‌ها متصل می‌شوند	با پارامترهای زیر مشخص می‌گردد - استقامت مکانیکی مواد هادی - اثرات احتمالی تنظیم هر یک از ابزارها - درجه حرارت مجاز مواد عایقی در اتصال با هادی - اثر درجه حرارت هادی در اجزاء متصل به آن - برای کنتاکتهای plug-in، ماهیت و سطح مقطع ترمینال هادی
ابزار دستی -فلزی - عایقی	 ۱۵ ۲۵
محفظه و پوشش خارجی قابل دسترسی[1] -سطح فلزی - سطح عایقی	 ۳۰ ۴۰
آرایش‌های دو شاخه‌های اتصالات نوع سوکت	توسط محدوده اجزا وابسته به آن، در هر قسمت تعیین می‌گردد.

[1] - به جز موارد مشخص شده در استاندارد، درمورد پوشش‌ها و محفظه‌هایی که قابل دسترسی‌اند اما در طول عملکرد نرمال نیاز به تماس با آنها نیست اضافه دمای مجاز ۱۰ درجه کلوین می‌باشد.

۲-۴- آزمون جریان کوتاه مدت برروی مدار اصلی

مدارهای اصلی تابلو قدرت باید مورد آزمایش قرار گیرند تا قدرت تحمل‌آنها در برابر جریان نامی کوتاه مدت و جریان ایستادگی پیک در شرایط نصب و بهره‌برداری مورد تایید قرار گیرد. آزمون باید در فرکانس نامی با تلورانس ۱۰٪ در هر ولتاژ مناسب مورد نظر، انجام گیرد.

در واقع شرایط آزمون باید به نحوی باشد که تمام قسمتهایی که جریان اصلی و یا جریان اتصال کوتاه را مورد تاثیر قرار می‌دهند، در نظر گرفته شده باشد.

در زمان این آزمون‌ها، لازم است که اطمینان حاصل شود، هیچگونه وسیله حفاظتی عمل نمی‌کند. به استثناء وسیله حفاظتی که برای محدود کردن جریان اتصال کوتاه بکار می‌رود. اگر از فیوز استفاده شود باید دارای رابط فیوز بوده که حداکثر جریان نامی مشخص شده را دارا باشد.

بعد از آزمایش در عملکرد اجزاء و هادیهای تابلو هیچگونه تغییر شکل و خرابی نباید مشاهده گردد به نحوی که در کارآنها تاثیرگذار باشد.

۲-۵- آزمون‌های جریان کوتاه مدت روی مدارات زمین

مدارات زمین تابلوهای قدرت و فرمان باید مورد آزمون قرار گیرند تا قدرت تحمل آنها نسبت به جریان نامی ایستادگی کوتاه مدت،در شرایط نصب و بهره‌برداری مورد تایید قرار گیرد. و شرایط آزمون باید به نحوی باشد که قسمتهایی که جریان اتصال کوتاه را مورد تاثیر قرار می‌دهند، در نظر گرفته شود. هنگامی که قطعات جداشدنی وجود داشته باشد، باید بین اتصال زمین و اسکلت این وسیله و ترمینال زمین متصل به سیستم زمین جاری شود. اگر هر اتصالی بین دو جزء جدا شدنی وجود داشته باشد، باید آزمایش شود. در طول مدت آزمون، اختلاف ولتاژ بین دو سر مدار نباید از یک مقدار مشخص شده تجاوز نماید. بعد از آزمون نباید هیچگونه قطعی در مدارات زمین وجود داشته باشد.

۲-۶- تعیین مطابقت ظرفیتهای قطع و وصل

وسایل کلیدزنی که مدار اصلی تابلو قدرت و فرمان را تشکیل می‌دهند. باید مورد آزمون قرار گیرند تا ظرفیتهای قطع و وصل آنها تحت شرایط مناسب و بهره‌برداری مطابق مشخصات آنها مورد تایید قرار گیرد. در واقع باید اثرات اجزاء دیگر نصب شده در تابلو برروی کارایی آنها مشخص شود. (بعنوان مثال

اثر ترتیب اتصالات، نگهدارنده‌ها و ....) (مدارهای شماره ۴، ۵، ۶ و ۷)

نکته :

برای تعیین اینکه اثرات قسمتهای مرتبط، برروی کارایی مشخص شود، باید توجه خاصی به نیروهای مکانیکی در حین اتصال کوتاه و یا خروج محصولات ناشی از قوس الکتریکی و یا شکست احتمالی دی‌الکتریک و ... بشود. در بعضی موارد، این اثر ممکن است بکلی قابل اغماض باشد.

۲-۷- آزمون عملکرد مکانیکی

وسایل کلیدزنی، اجزاء جدا شدنی و خارج شونده باید مورد آزمایش قرار گیرند تا کارکرد آنها و نیز اینترلاک‌های مکانیکی مربوطه مورد تایید قرار گیرند. این عملکرد برای آزمون نوعی حدود ۵۰ مرتبه انجام می‌شود. در طول آزمایش هیچ تنظیمی نباید برای وسایل کلیدزنی یا اینترلاک‌ها صورت گیرد.

در واحدهای کشویی تابلو، تعداد دفعات باید از هنگام وصل به قطع و برگشت به حالت وصل در نظر گرفته شود. اگر وسایل کلیدزنی یا اینترلاکها در شرایط کاری خود باشند. آزمون‌ها هنگامی موفقیت‌آمیز خواهد بود که اگر برای عملکرد آنها نیرویی یا اقدامی لازم است، قبل و بعد از آزمون در وضعیت آن تغییری رخ ندهد.

۲-۸- تعیین درجه حفاظتی تابلو

- میزان حفاظت افراد در برابر خطرات ناشی از نزدیک شدن به قسمتهای برقدار و یا قسمتهای متحرک :

در آزمون‌ها باید تایید گردد که وسایل مشخص شده برای آزمون، با اجزاء متحرک داخل محفظه تماسی نمی‌توانند برقرار کنند و همچنین ابزار آزمون نمی‌توانند سطح عایقی مدار اصلی را از مقدار مشخص شده، کمتر کنند. آزمون فقط هنگامی انجام می‌شود که نسبت به درجه حفاظتی آن مشکوک باشیم.

هنگامی که در تابلوی قدرت و فرمان از دریچه‌های حفاظتی یا جداره‌ها از مواد عایقی، استفاده شده باشد، آزمون‌های زیر باید انجام شود. با نظر سازنده مدار اصلی به یک منبع ولتاژ سه‌فاز (فرکانس صنعتی) برابر با ولتاژ نامی تابلو وصل شود و اجزاء برقدار مدار اصلی به یکدیگر متصل شوند. آزمون ممکن است روی زیر مجموعه‌ها نیز انجام شود. یک ورقه فلزی در موقعیت نامساعد برروی سطح قابل دسترسی عایق، که ایمنی در مقابل تماس با قسمتهای برقدار را فراهم می‌کند، قرار داده شود. ورقه فلزی باید بصورت مربع شکل یا دایره‌ای باشد و دارای سطح بزرگی که کمتر از ۱۰۰ سانتیمتر مربع است، باشد. بدنه فلزی محفظه و چهارچوب تابلو باید زمین گردد.

اگر برروی سطوح عایقی مسیر دائمی توسط فاصله‌های کوچک پرشده از گاز یا مایع وجود داشته این فواصل از نظر الکتریکی اتصال کوتاه هستند.

اگر این شکاف‌ها برای اجتناب از عبور جریان‌های نشتی از اجزاء برقدار قطعات قابل دسترس جداره‌ها، دریچه‌های حفاظتی عایق، ایجاد شده باشند، باید در مقابل ولتاژ ذکر شده در ستون ۲ و ۴ جدول ۲-۱ قدرت ایستادگی داشته باشد.

جریان عبور کرده از ورقه فلزی به زمین، در بدترین حالت موقعیت ورقه برای آزمون باید اندازه‌گیری شود برای آزمون‌های سه‌فاز، سه آزمایش با فازهای مختلف منبع تغذیه که بطور متوالی زمین می‌شوند انجام می‌گیرد. در مورد آزمون‌های تک‌فاز، یک آزمایش کفایت می‌کند. جریان‌ها باید در حالیکه عایق خشک و تمیز است و در شرایطی که رطوبت بر سطوح آن نمی‌باشد، اندازه‌گیری شود.

۲-۸-۱-آزمون برای تایید اولین عدد مشخصه

۱- آزمون برای اولین رقم مشخصه صفر :

برای اولین رقم مشخصه صفر هیچ آزمونی نیاز نمی‌باشد.

۲- آزمون برای اولین رقم مشخصه یک :

آزمایش بوسیله کره‌ای به قطر ۵۲/۵ میلیمتر و با نیروی حدود ۱۰٪ ± ۵۰ نیوتن صورت می‌گیرد. اگر کره نتواند تماس با قسمتهای متحرک و یا باردار داخل تابلو داشته باشد آزمایش موفقیت‌آمیز است.

۳- آزمون برای اولین رقم مشخصه دو :

این آزمون در دو مرحله الف و ب انجام می‌گیرد:

الف) آزمایش با استفاده از انگشتک تماسی فلزی، مطابق شکل ۱ انجام می‌شود. این انگشتک فلزی

به یک لامپ رشته‌ای وصل شده است. برای تجهیزات فشارضعیف، منبع تغذیه حداقل ۴۰ ولت، بطور سری با یک انگشتک فلزی متصل شده و قطب دیگر آن به قسمتهایی که انتظار برقدار بودن آنها در حالت عادی می‌باشد، اتصال دارد برای تماس انگشتک فلزی به قسمتهای تابلو نباید نیروی بیش از ۱۵ نیوتن بکار رود.

حفاظت موقعی مورد قبول است که وقتی سعی شود با قسمتهای برقدار بدون پوشش و یا قسمتهایی که عایق آنها کافی نمی‌باشد (قسمتهایی که با رنگ یا لعاب یا ضدزنگ پوشیده شده و یا با اکسیداسیون حفاظت شده‌اند) تماسی حاصل شود، لامپ روشن شود. در مورد تجهیزات فشار قوی فواصل کافی با آزمایش دی‌الکتریک و یا بوسیله اندازه‌گیری فواصل باید در نظر گرفته شود.

ب) سعی شود که یک کره به قطر ۱۲/۵ میلیمتر و با نیروی ٪۱۰ ± ۳۰ نیوتن را به داخل تابلو وارد کرد. آزمایش وقتی موفقیت‌آمیز خواهد که این کره نتواند با قسمتهای برقدار و یا قسمتهای متحرک تماس حاصل کند.

۴- آزمون برای اولین رقم مشخصه ۳ :

آزمایش با یک سیم فولادی به قطر ۲/۵ میلیمتر انجام می‌شود و نیروی بکار رفته حدود ٪۱۰ ± ۳۰ نیوتن است است و باید دقت شود که سیم فولادی دارای برآمدگی نباشد و کاملاً مستقیم باشد.

آزمایش وقتی موفقیت‌آمیز است که نتوان سیم فولادی را به داخل تابلو وارد کرد.

۵- آزمون برای اولین رقم مشخصه ۴ :

آزمایش با یک سیم فولادی به قطر ۱ میلیمتر انجام می‌شود نیروی بکار رفته حدود ٪۱۰ ± ۱ نیوتن خواهد بود سیم انتخاب شده نباید دارای برآمدگی و انحناء باشد.

آزمایش وقتی موفقیت‌آمیز است که نتوان سیم فولادی را داخل تابلو وارد کرد.

۶- آزمون برای اولین رقم مشخصه ۵ :

آزمایش توسط وسیله‌ای که در شکل ۲ نمایش داده شده است انجام می‌گیرد. در این شکل اطاقک بسته‌ای وجود دارد که درآن پودر تلق با استفاده از یک جریان هوا دمیده می‌شود. پودر تلق استفاده شده باید از یک صافی مشبک مربع شکل که قطر سیم‌های آن ۵۰ میکرون و پهنای بین سیمهای آن ۷۵ میکرون است عبور نماید. مقدار این پودر در حدود ۲ کیلوگرم برای هر متر مکعب از اطاقک آزمایش است. این پودر نباید بیش از ۲۰ مرتبه برای آزمایش بکار رود.

وسیله مورد آزمایش در داخل اطاقک آزمایش آویزان شده و بوسیله یک پمپ تخلیه، اختلاف فشاری

معادل حداکثر ۲۰۰ میلیمتر آب بین داخل و خارج تابلو ایجاد می‌گردد. اگر حجم هوای کشیده شده به داخل تابلو تحت آزمایش ۸۰ برابر حجم آن باشد، آزمایش پس از دو ساعت متوقف می‌گردد. اگر حجم هوای کشیده شده با نرخ کمتر از ۴۰ برابر حجم تابلو بر ساعت باشد آزمایش تا حدود ۸ ساعت ادامه پیدا می‌کند. آزمایش وقتی موفقیت‌آمیز است که در بازرسی از تابلو پودر تلق در تابلو جمع نشده باشد و قابلیت نفوذ مقدار پودر تلق موضوعی است که بیشتر به توافق سازنده و استفاده کننده بستگی دارد.

۲-۸-۲-آزمون برای تایید دومین عدد مشخصه (نفوذ مایع)

آزمایشها باید با آب تازه انجام شود.

۱- آزمون برای دومین رقم مشخصه صفر

در این حالت هیچگونه آزمایشی نیاز نمی‌باشد.

۲- آزمون برای دومین رقم مشخصه یک :

با توجه به شکل ۳ از وسیله‌ای جهت ریختن آب روی تابلو استفاده می‌کنیم، در این حالت باید وسیله آزمایش طوری تنظیم شود تا مقدار آب خروجی در هر دقیقه بین ۳ تا ۵ میلیمتر باشد. تجهیزات مورد آزمایش در حالت عادی و زیر جائیکه قطرات آب فرو می‌ریزد قرار داده می‌شود. طول مدت آزمایش ۱۰ دقیقه است.

آزمایش هنگامی موفقیت‌آمیز است که پس از اتمام آن مقدار آبی که داخل وسیله شده است. قادر به تداخل در عملکرد آن نباشد و هیچ آبی در نزدیکی سرکابلها جمع نشده باشد.

۳- آزمون برای دومین رقم مشخصه ۲ :

شرایط آزمون مانند بند قبل بوده و مدت آزمون ۲/۵ دقیقه برای هر ۴ طرف تابلو است که ۱۵ درجه نسبت به وضعیت عادی کار خود کج شده است و مجموع زمان آزمایش ۱۰ دقیقه است.

آزمایش در حالتی قابل قبول است که پس از اتمام آن مقدار آبی که داخل وسیله شده است،قادر به تداخل در عملکرد آن نباشد و هیچ آبی در نزدیکی سرکابلها جمع نشده باشد.

۴- آزمون برای دومین رقم مشخصه ۳ :

آزمایش باید ترجیحاً با استفاده از وسیله نشان داده شده در شکل ۴ انجام شود و این وسیله شامل لوله قابل نوسان که به شکل نیم دایره‌ای می‌باشد بوده و شعاع آن با در نظر گرفتن ابعاد وسیله تحت آزمایش حداقل می باشد این لوله طوری نوسان داده می‌شود که تا نسبت به حالت عمودی در دو جهت

زاویه ۶۰ درجه بوجود آورد.

مدت زمان یک نوسان ۳ ثانیه می‌باشد و فشار آب معادل ستونی از آب به ارتفاع ۱۰ متر می‌باشد (حدود ۸۰ KN/m^2 یا ۰/۸ بار).

وسیله تحت آزمایش، بصورت وضعیت کار عادی خود برروی میز چرخان قرار گرفته و این میز چرخان دارای یک محور عمودی می‌باشد و ارتفاع آن قابل تنظیم است.

مدت زمان آزمایش حدود ۱۰ دقیقه است. آزمایش هنگامی موفقیت‌آمیز است که پس از اتمام آن، مقدار آبی که داخل وسیله شده است قادر به تداخل در عملکرد آن نباشد و هیچ آبی در نزدیکی سرکابلها جمع نشده باشد.

۵- آزمون برای دومین رقم مشخصه ۴ :

شرایط آزمون مانند قسمت اول بند قبل است. و لوله نوسان تقریباً با زاویه ۱۸۰° نسبت به حالت عمودی در هر دو جهت نوسان می‌کند. مدت زمان و سرعت نوسان مانند بند قبل می‌باشد و وسیله تحت این آزمون از تمام جهات مورد آزمایش قرار می‌گیرد. شرط قبولی آزمون مانند بند قبل می‌باشد.

۶- آزمون برای دومین رقم مشخصه ۵ :

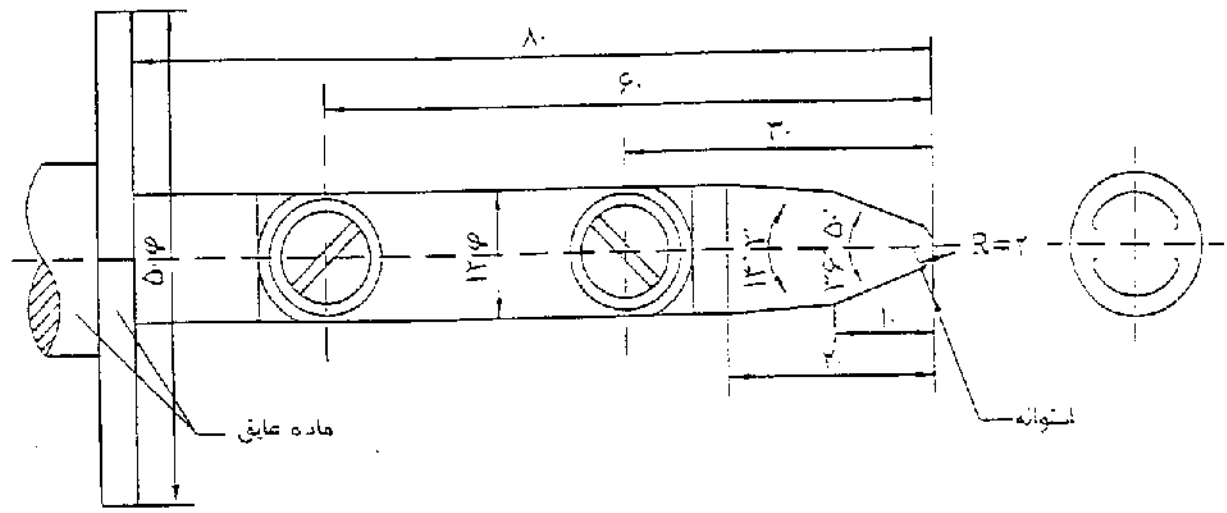
آزمایش ترجیحاً با استفاده از جریان آب که در شکل ۵ نشان داده شده است انجام می‌شود. شرایط‌آزمایش از این قرار است :

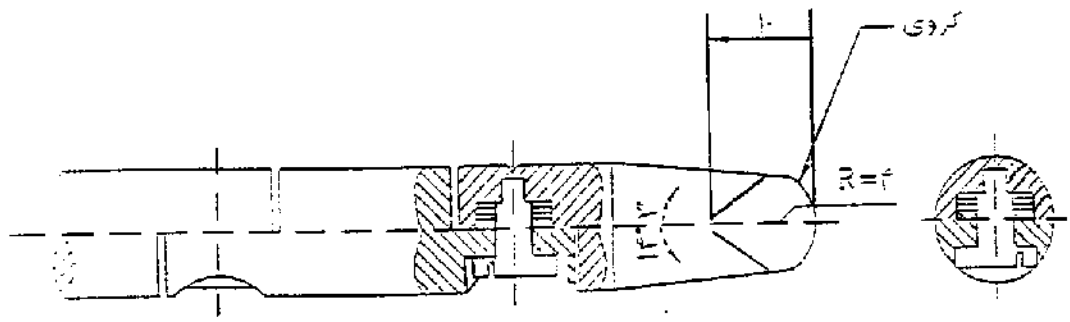
- قطر داخلی شیپورک ۶/۳ میلیمتر
- فشار آب در شیپورک حدوداً ۳۰ KN/m^2 (حدوداً ستون آبی به اندازه ۲/۵ متر بالای شیپورک)
- مدت زمان آزمایش یک دقیقه برای هر متر مربع از تابلو
- فاصله این شیپورک تا سطح تابلو حدود ۳ متر

بعد از آزمایش مقدار آبی که داخل وسیله شده است نباید قادر به تداخل در عملکرد آن باشد و نباید هیچ آبی در نزدیکی سرکابل جمع شده باشد.

۲-۹- آزمون شرایط جوی

آزمون شرایط جوی با توافق سازنده و خریدار انجام می‌شود. استفاده از این روش در پیوست آمده است این روش اثرات برف و باد را در نظر می‌گیرد.





ابعاد به میلیمتر

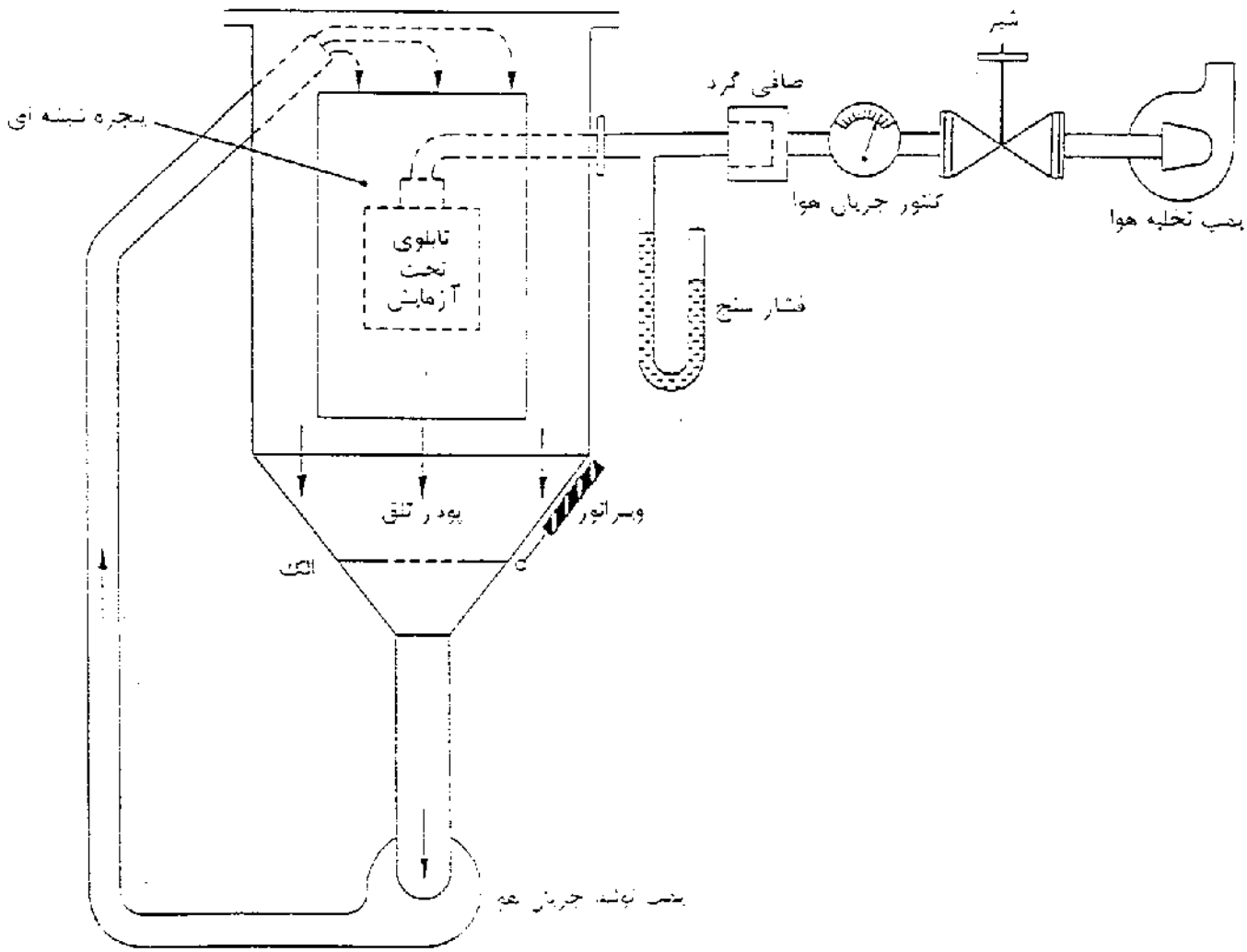
حدود قابل صرفنظر :

زاویه‌ها : ۵ دقیقه

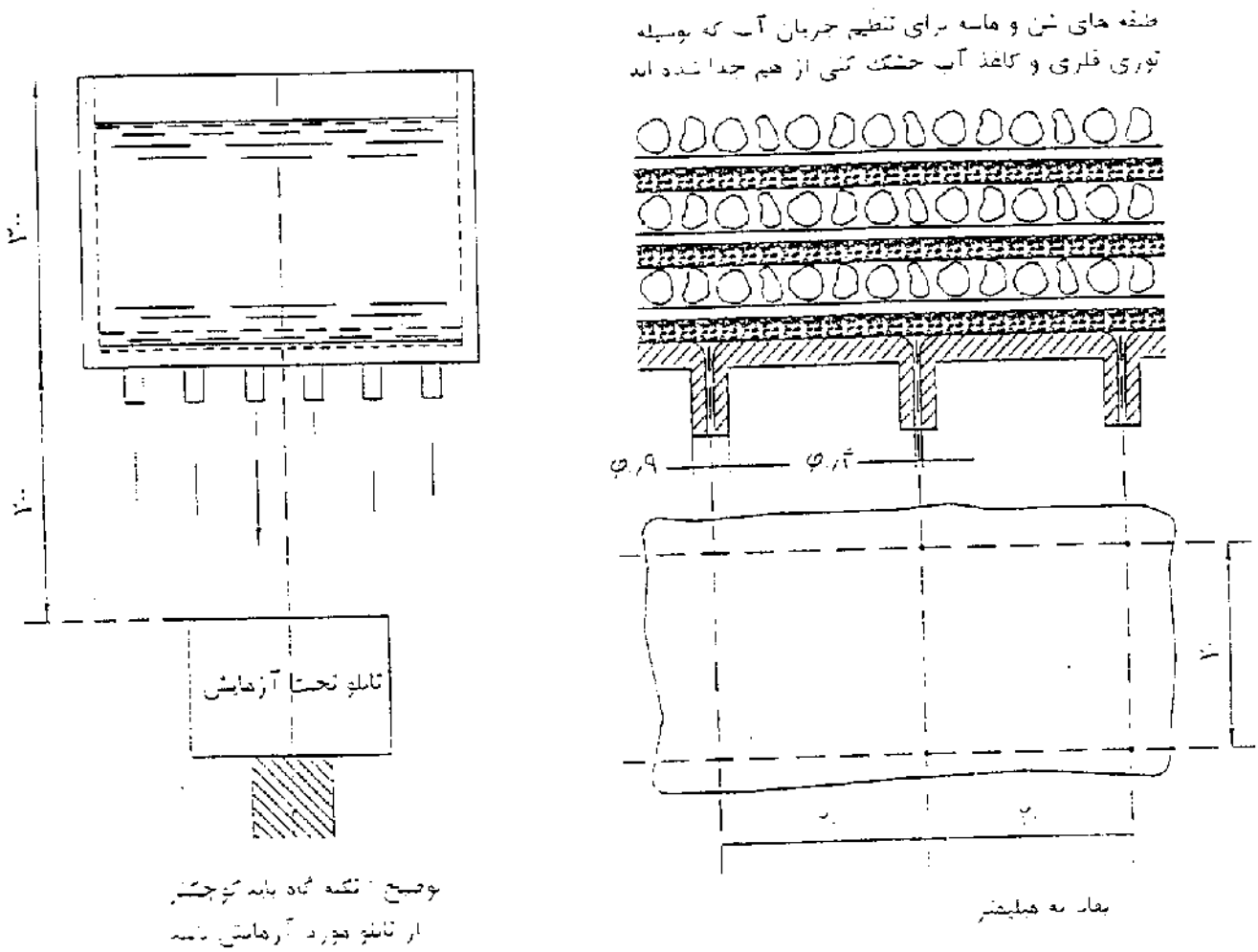
ابعاد :

- طولی کمتر از ۲۵ میلیمتر۰/۰۵-
- طولهای بیشتر از ۲۵ میلیمتر ۰/۲ ±

شکل ۱- انگشتک فلزی استاندارد

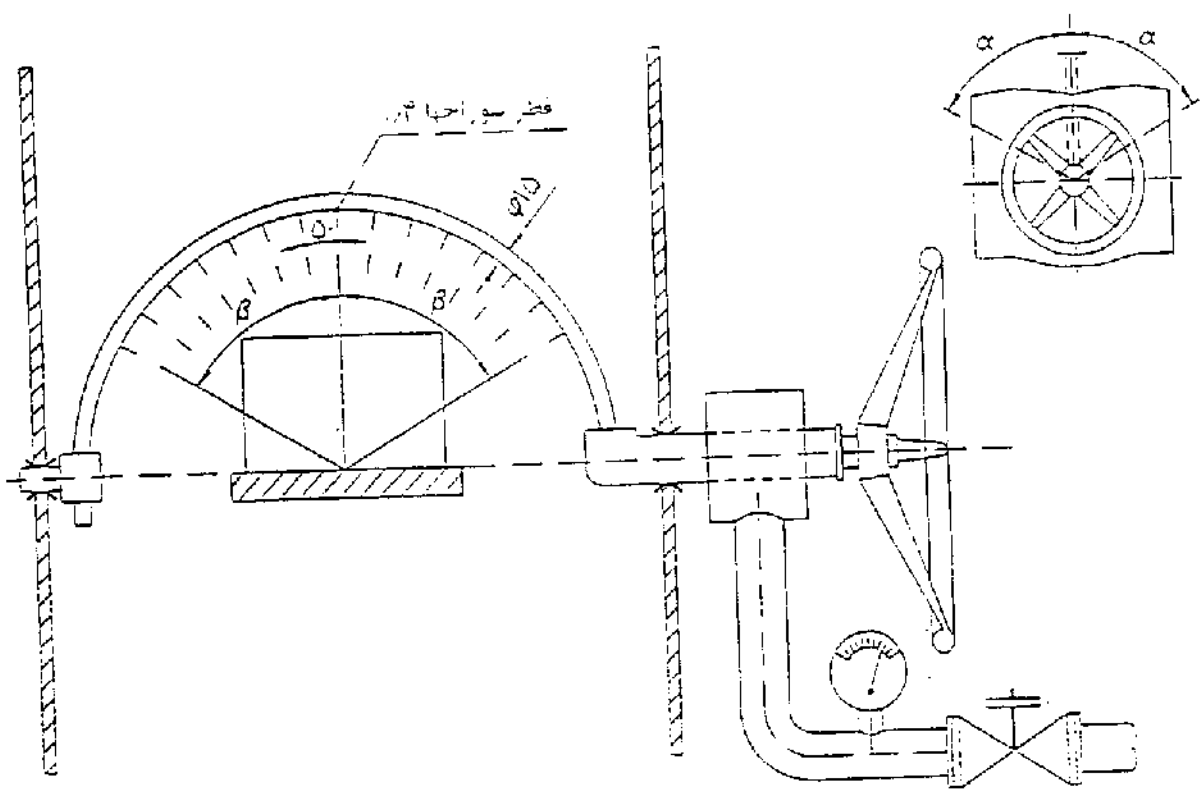


شکل ۲- دستگاه آزمایش تابلوهای محافظت شده در مقابل ورود گرد و غبار



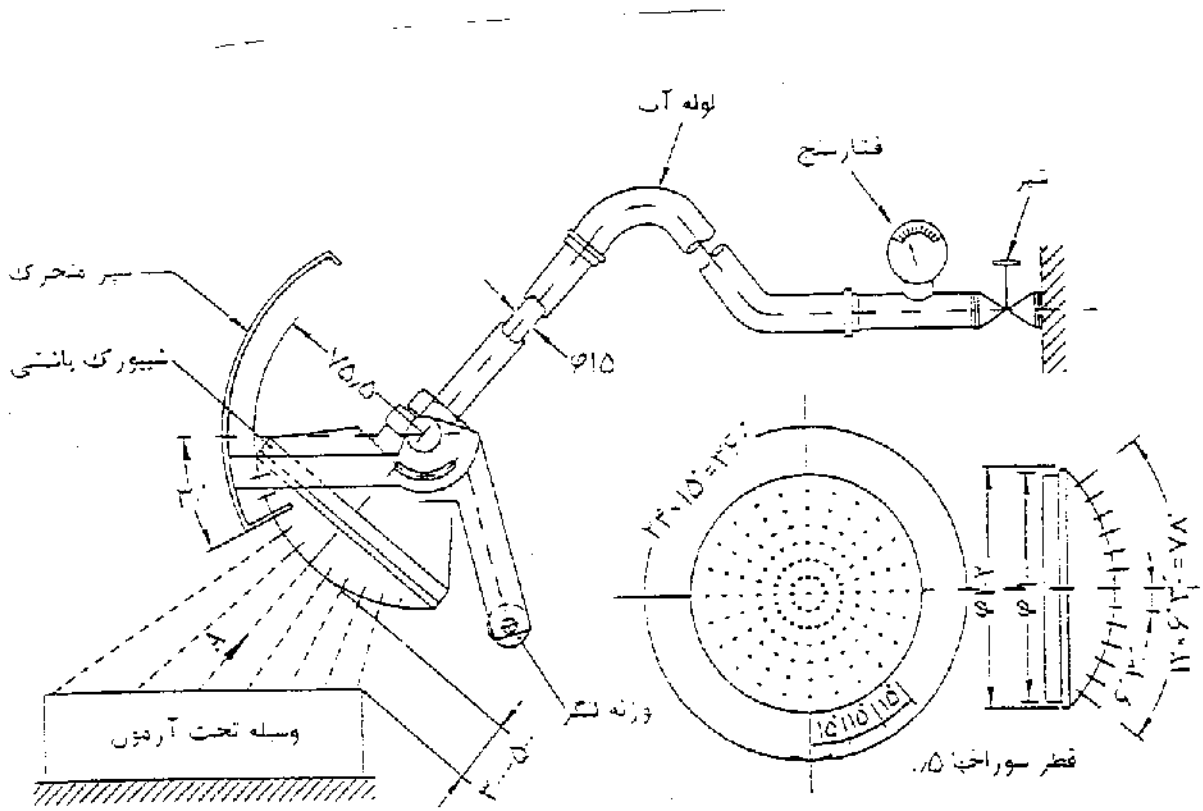
شکل ۳- دستگاه آزمایش تابلوهای محافظت شده در مقابل چکیدن قطرات مایعات

ابعاد به میلیمتر



دومین رقم مشخصه	۳	۴
α	±۶۰ درجه	۱۸۰ ± درجه
زاویه‌ای که باید سوراخها در آن تعبیه شود β	±۶۰ درجه	۹۰ ± درجه

شکل ۴- دستگاه آزمایش تابلوهای محافظت شده در مقابل باران و پاشیده شدن آب



جهت نگاه از سمت پیکان A (با برداشته شدن مسیر)

ابعاد به میلیمتر

۱۲۱ سوراخ با شعاع ۰/۵ φ

۱ سوراخ در مرکز

۱۲ سوراخ با گام ۳۰° در دو دایره داخلی

۴ دایره خارجی با ۲۴ سوراخ با گام ۱۵°

جنس سپر متحرک از آلومینیوم

جنس شیپورک پاششی از برنج

شکل ۵- وسیله آزمون برای تشخیص حفاظت در مقابل پاشیدن آب تحت فشار

فهرست مطالب

۳- آزمون‌های جاری (روتین)

۳-۱- آزمون‌های ولتاژ فرکانس صنعتی

از آنجایی که تابلوی قدرت و فرمان از اجزاء مختلفی تشکیل شده است که بطور مجزا تحت آزمون‌های جاری قرار گرفته‌اند و این آزمون‌ها مطابق مشخصه‌های مربوطه انجام شده است، لذا آزمون‌های جاری ذکر شده در این قسمت محدود به آزمایش کردن اتصالات می‌باشد.

چنین آزمونی را می‌توان با ولتاژ فرکانس صنعتی و با ولتاژ مشخص شده در ستون ۵ جدول ۲-۱ انجام داد. ولی این آزمون به کاربرد ولتاژ برروی فاز مدار اصلی و زمین کردن هادیهای دیگر محدود می‌شود (با بسته کلیدها و وسایل کلیدزنی). روش آزمون مشابه بند ۲-۲ است.

۳-۲- آزمون ولتاژ برروی مدارهای کمکی

تمام مدارهای کمکی باید به مدت یک دقیقه تحت آزمون‌های ولتاژ نامی فرکانس صنعتی قرار گیرند. این ولتاژ بین تمام قسمتهای برقدار مدارهای کمکی و محفظه تابلو، اعمال می‌شود. برای تسریع و سهولت درآزمایش، می‌توان قسمتهای برقدار مدارات کمکی را به یکدیگر وصل نمود.

برای مدارهای کمکی مقدار موثر ولتاژ آزمون، باید دو برابر ولتاژ نامی آنها به اضافه ۱۰۰۰ ولت و حداقل ۱۵۰۰ ولت باشد. برای مدارهایی که به ثانویه ترانسفورماتورهای جریان متصل شده‌اند باید ولتاژ آزمون ۲۰۰۰ ولت باشد. اگر گسیختگی یا قوس مشاهده شود، تابلوی قدرت و فرمان آزمون را نگذارنده است. ثانویه ترانسفورماتورهای جریان باید اتصال کوتاه شده و از زمین جدا شده باشند. ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ باید قطع شده باشد.

۳-۳- آزمون عملکرد مکانیکی

این آزمون به جهت تایید کارکرد وسایل کلیدزنی، اجزاء جداشدنی و خارج شونده و نیز اینترلاکهای مکانیکی مربوطه انجام می‌گیرد. برای آزمون جاری حدود ۵ مرتبه انجام می‌شود.

آزمایش مطابق بند ۲-۹ انجام می‌گردد.

۳-۴- آزمون وسایل کمکی الکتریکی و مکانیکی

اینترلاکهای الکتریکی و یا سایر اینترلاکها که به همراه وسایل کنترل، دارای ترتیب عملکرد مشخصی هستند باید مورد آزمایش قرار گیرند. این آزمایش در شرایط نصب و بهره‌برداری و در نامناسب‌ترین مقادیر تغذیه کننده‌ها، ۵ بار بطور پی در پی انجام می‌شود. منبع تغذیه ممکن است بین ۸۵ درصد تا ۱۱۰ درصد مقدار نامی خود تغییر کند. در طول آزمون هیچ تنظیمی نباید صورت گیرد.

آزمون‌ها در صورتی رضایتبخش خواهند بود که وسایل کمکی عملکرد مناسب خود را داشته باشند و نیروی برای عملکرد آنها قبل و بعد از آزمون مشابه بوده و تغییری نکرده باشد.

۳-۵- کنترل کردن سیم‌بندی

سیم‌کشی باید مطابق دیاگرام‌های سیم‌کشی و نیازمندیهای از قبل تعیین شده بود و تایید شوند.

فهرست مطالب

۴- شرایط آب و هوایی در طول تست

شرایط آب و هوایی باید مطابق با موارد ذکر شده در استاندارد IEC 60-1 باشد. ضرایب تصحیح برای محیطهای مختلف نیز از این استاندارد استخراج می‌گردد. برای تابلوهای قدرت و فرمانی که عایق خارجی آنها در هوای آزاد قرار دارد نکته مهم ضریب تصحیح برای محیطهای مختلف نیز از این استاندارد استخراج می‌گردد. برای تابلوهای قدرت و فرمانی که عایق خارجی آنها دره هوای آزاد قرار دارد نکته مهم ضریب تصحیح k_t میباشد که باید در محاسبات آزمون وارد شود.

ضرایب تصحیح رطوبت باید تنها در مورد آزمون‌های خشکی که عایق در فضای آزاد قرار دارد، اعمال شود.

در مورد عایق‌بندی تابلوهای قدرت و فرمان محفظه فلزی که از عایق هوا استفاده شده است. آزمون‌های ولتاژ باید در شرایط نزدیک به شرایط آب و هوایی استاندارد انجام گیرد. اعمال ضریب تصحیح برای چگالی و رطوبت هوا جهت تعیین ولتاژ تست با موافقت بین سازنده و خریدار می‌باشد.

فهرست مطالب

۵- سطح مقطع هادیهای در هنگام آزمون

۱- برای مقادیر جریان آزمون $I \leq ۴۰۰A$

الف) هادیهای تک هسته‌ای : کابل مسی یا سیم‌های عایق شده با سطح مقطع داده شده در جدول ۵-۱ باشند

ب) هادیها باید در فضای‌آزاد باشند.

ج) کمترین طول هر یک از اتصالات موقت از یک ترمینال تا ترمینال دیگر باید برابر مقادیر زیر باشند:

۱- برای سطح مقطع کمتر یا مساوی mm^2 ۳۵ : ۱ متر

۲- برای سطح مقطع بزرگتر از mm^2 ۳۵ : ۲ متر

۲- برای مقادیر جریان آزمون $۴۰۰ < I < ۸۰۰A$

الف) هادیها باید تک هسته‌ای با عایق PVC و یا شینه‌های مسی، داده شده در جدول ۵-۲ باشد.

ب) کابل‌ها یا شینه‌های مسی باید با در نظر گرفتن فاصله بین ترمینال‌ها، مشخص شوند.

باید حداقل ۱۰ میلیمتر فاصله هوایی بین آنها وجود داشته باشد. شینه‌های مسی چند رشته‌ای در هر ترمینال باید در فاصله‌ای معادل با ضخامت شینه جای گیرند.

ج) برای‌آزمون تک‌فاز یا چند فاز، کمترین طول هر اتصال موقت برای منبع آزمون باید ۲ متر باشد. کمترین طول برای نقطه ستاره ممکن است تا ۱/۲ متر کاهش یابد.

۳- برای جریان آزمون $۸۰۰^A \leq I < ۳۱۵۰^A$

الف) هادیها باید شینه‌های مسی با سایز مشخص شده در جدول ۵-۲ باشد، بغیر از تابلوهایی که تنها برای اتصال کابل طراحی شده‌اند. در این حالت، اندازه و آزمایش کابل‌ها باید توسط سازنده مشخص شده باشد.

ب) شینه‌های مسی باید برای فاصله تقریبی بین ترمینال‌ها مناسب باشند.

ج) برای آزمون‌های تک‌فاز و سه‌فاز، کمترین طول هر اتصال موقت منبع آزمون باید ۳ متر باشد ولی می‌تواند در صورتی که افزایش درجه حرارت در انتهای منبع قابل تحمل باشد، تا ۲ متر کاهش یابد. اگر اضافه درجه حرارت بیشتر از $۵^\circ k$، زیر اضافه حرارت میانگین اتصال کوتاه باشد، طول اتصال به ۲ متر کاهش می‌یابد. کمترین طول نقطه ستاره باید ۲ متر باشد.

۴- برای جریان آزمون $I \geq ۳۱۵۰^A$

باید بین سازنده و خریدار در مورد آیتم‌های مربوط به آزمون مانند نوع منبع، تعداد فاز و فرکانس،

سطح مقطع هادیهای آزمون و .... توافق صورت گیرد. این اطلاعات باید در گزارش آزمون قید شود.

جدول ۵-۱ : مقادیر استاندارد سطح مقطع هادیهای مسی برحسب جریان آزمون ($I \leq 400\ A$)

مقدار جریان آزمون (آمپر)	سطح مقطع S	مقدار نامی جریان (آمپر)
۰ ۷/۹	۱	۶
۷/۹ ۱۵/۹	۱/۵	۸ ۱۰ ۱۲
۱۵/۹ ۲۲	۲/۵	۲۵
۲۲ ۳۰	۴	۳۲
۳۰ ۳۹	۶	۴۰ ۵۰
۳۹ ۵۴	۱۰	۶۳
۵۴ ۷۲	۱۶	۸۰
۷۲ ۹۳	۲۵	۱۰۰
۹۳ ۱۱۷	۳۵	۱۲۵
۱۱۷ ۱۴۷	۵۰	۱۶۰
۱۴۷ ۱۸۰	۷۰	۲۰۰
۱۸۰ ۲۱۶	۹۵	۲۰۰
۲۱۶ ۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰
۲۵۰ ۲۸۷	۱۵۰	-
۲۸۷ ۳۳۴	۱۸۵	۳۱۵
۳۳۴ ۴۰۰	۲۴۰	۴۰۰

جدول ۵-۲ : مقادیر استاندارد سطح مقطع هادیهای مسی برحسب جریان آزمون (۳۱۵۰ > I> ۴۰۰ A)

مقدار جریان نامی (آمپر)	جریان آزمون (آمپر)	هادیهای آزمون			
		شینه‌های مسی		کابل‌ها	
		تعداد	ابعاد $(mm \times mm)$	تعداد	ابعاد
۵۰۰	۴۰۰ تا ۵۰۰	۲	۳۰× ۵ (۱۵)	۲	۱۵۰ (۱۶)
۶۳۰	۵۰۰ تا ۶۳۰	۲	۴۰× ۵ (۱۵)	۲	۱۸۵ (۱۸)
۸۰۰	۶۳۰ تا ۸۰۰	۲	۵۰× ۵ (۱۷)	۲	۲۴۰ (۲۱)
۱۰۰۰	۸۰۰ تا ۱۰۰۰	۲	۶۰× ۵ (۱۹)		
۱۲۵۰	۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰	۲	۸۰× ۵ (۳۰)		
۱۶۰۰	۱۲۵۰ تا ۱۶۰۰	۲	۱۰۰× ۵ (۲۳)		
۲۰۰۰	۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰	۳	۱۰۰× ۵ (۲۰)		
۲۵۰۰	۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰	۴	۱۰۰× ۵ (۲۱)		
۳۱۵۰	۲۵۰۰ تا ۳۱۵۰	۳	۱۰۰× ۱۰ (۲۳)		

فهرست مطالب

۶- سایر آزمون‌ها

۶-۱- آزمون‌های عمومی مکانیکی

۶-۱-۱-اندازه‌گیری ابعاد و قطعات تابلو

ابعاد تابلو باید با توجه به نقشه آهنگری اندازه‌گیری شود.

جهت اندازه‌گیری ابعاد باید به جداول تلرانس‌های مجاز، مقیاس نقشه و واحدها توجه شود

وسایل مورد نیاز :

۱- متر ۰-۳m

۲- کولیس ۰-۲۰۰mm

در جداول ۶-۱ تا ۶-۳، تلرانسهای مجاز ابعاد تابلو داده شده است.

۶-۱-۲-آزمون عملکرد صحیح قفل و لولای در تابلو

در این آزمون باید در تابلو کاملاً بسته شود و بدون کلید مربوطه باز نشود. در صورتی که از نوار دور در استفاده شود جهت باز و بسته کردن در تابلو باید از فشار دست استفاده نمود.

۶-۱-۳-آزمون سفتی پیچها (گشتاور پیچها)

با توجه به سایز پیچ و مهره و نوع اتصال (جنس) و نیز جدول سفتی پیچ جدول (۶-۴)، ترکومتر تنظیم می‌گردد و با ترکومتر فوق اقدام به سفت کردن پیچها می‌نمائیم. در صورتی که پیچ به اندازه کافی سفت شده باشد باید ترکومتر بدون اینکه پیچ را سفت کند گردش نموده و صدای تق‌تق بدهد.

به جنس دو قطعه متصل شده جهت انتخاب مقدار گشتاور دقت شود.

واحد گشتاور در جدول سفتی پیچها نیوتن بر متر می‌باشد.

وسایل مورد نیاز

۱- ترکومتر

۶-۱-۴-آزمون وجود فضای افی جهت کابلهای ورودی و خروجی :

در این آزمون باید فضای کافی جهت کابل‌کشی نصاب وجود داشته باشد. دراین فضا باید کابلها براحتی در زیر تجهیزات الکتریکی و ترمینال‌ها نصب گردند.

قسمتهای برنده نباید در محل کابل‌کشی نصاب وجود داشته باشد.

تجهیزات از قبیل هیتر، پریز و ... در محل کابلهای ورودی و خروجی نباید وجود داشته باشد.

جدول۶-۱ : تلورانس مجاز ابعاد خطی

درجه تلورانس	تلورانس مجاز برای اندازه‌های نامی برحسب mm به جز شعاع گردی‌ها و پخها											
	از ۰/۵ تا ۳	از ۳ تا ۶	از ۶ تا ۳۰	از ۳۰ تا ۱۲۰	از ۱۲۰ تا ۴۰۰	از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰	از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	از ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰	از ۴۰۰۰ تا ۸۰۰۰	از ۸۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰	از ۱۲۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰	از ۱۶۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰
صاف f	± ۰/۰۵	± ۰/۰۵	± ۰/۱	± ۱/۵	± ۰/۲	± ۰/۳	± ۰/۵	± ۰/۸	-	-	-	-
متوسط m	± ۰/۱	± ۰/۱	± ۰/۲	± ۰/۳	± ۰/۵	± ۰/۸	± ۱/۲	± ۲	± ۳	± ۴	± ۵	± ۶
زبر g	± ۰/۱۵	± ۰/۲	± ۰/۵	± ۰/۸	± ۱/۲	± ۲	± ۳	± ۴	± ۵	± ۶	± ۷	± ۸
خیلی زبر sg	-	± ۰/۵	± ۱	± ۱/۵	± ۲	± ۳	± ۴	± ۶	± ۸	± ۱۰	± ۱۲	± ۱۲

جدول ۶-۲ : تلورانس مجاز شعاع گردی‌ها و پخها

درجه تلورانس	تلورانس مجاز ابعاد برحسب mm (ابعاد نامی برحسب mm)				
	از ۰/۵ تا ۳	از ۳ تا ۶	از ۶ تا ۳۰	از ۳۰ تا ۱۲۰	از ۱۲۰ تا ۴۰۰
صاف f	± ۰/۲	± ۰/۵	± ۱	± ۲	± ۴
متوسط f	± ۰/۲	± ۰/۵	± ۱	± ۲	± ۴
زبر g	± ۰/۲	± ۱	± ۲	± ۴	± ۸
خیلی زبر sg	± ۰/۲	± ۱	± ۲	± ۴	± ۸

جدول ۶-۳ : تلورانس مجاز زوایا

درجه تلورانس	تلورانس مجازز زوایا برحسب درجه یا دقیقه برای اندازه نامی برحسب mm (ضلع کوتاهتر)				
	زبر از ۱ تا ۱۰	از ۱۰ تا ۵۰	از ۵۰ تا ۱۲۰	از ۱۲۰ تا ۴۰۰	از ۴۰۰ به بالا
صاف f متوسط m	± ۱°	± ۳۰′	± ۲۰′	± ۱۰′	± ۵′
زبر g	± ۱° ۳۰′	± ۵۰′	± ۲۵′	± ۱۵′	± ۱۰′
خیلی زبر sg	± ۳°	± ۲°	± ۱°	± ۳۰′	± ۲۰′

جدول۶-۴ : مقدار سفتی پیچها

ردیف	نوع اتصال		مقدار گشتاور (N.M)					
			M6	M8	M10	M12	M16	M20
۱)	آهن با آهن		۱۲	۳۰	۶۰	۱۰۵	۲۶۰	۵۰۰
۲)	آهن با ایزوله		۶	۱۵	۳۰	۵۰	۱۳۰	۲۶۰
۳)	مس با مس		۸	۲۰	۴۰	۷۰	۱۷۰	۳۳۰

*مقدار سفتی پیچها از مقدار گشتاور داده شده در جدول فوق نباید کمتر باشد.

۶-۱-۵-آزمون پیش‌بینی تکیه‌گاههای لازم برای کابلها

جهت مهار کابل در داخل تابلوها نیاز به تکیه‌گاه می‌باشد و این تکیه‌گاهها ممکن است گلند، بست کائوچویی و یا بست‌های فلزی یا کمربندی باشند. این تکیه‌گاهها باید وزن کابل را تحمل نمایند تا وزن کابل به کنتاکتهای تجهیزات و ترمینال فشار وارد نکند.

تکیه‌گاههای فلزی نباید برنده باشد.

۶-۱-۶-تایید نصب پلاک

کلیه تجهیزات الکتریکی باید دارای لیبل (شماره جنس) از جنس کاغذ یا فیبر مخصوص باشد و نیز عنوان در صورت لزوم بصورت نصب پلاک برروی تابلو مشخص گردد.

نصب پلاک خطر برروی تابلوهایی که در فضای باز نصب می‌گردند و یا قسمتهایی از تابلو که احتمال خطر برق گرفتگی وجود دارد، الزامی می‌باشد.

حروف نوشته شده برروی پلاک باید خوانا باشد و با چسب مناسب برروی تابلو یا تجهیزات چسبانده شود.

۶-۱-۷-بررسی عدم خروج سیم‌ها از زیر ترمینال و کنتاکت تجهیزات الکتریکی

سیم‌های زیر ترمینال و کنتاکت تجهیزات الکتریکی نباید با فشار معمولی دست از محل خارج شوند.

۶-۱-۸-بررسی ظاهری تجهیزات الکتریکی

نباید هیچگونه ترک یا شکستگی و نیز ناخوانا بودن مشخصات روی تجهیزات وجود داشته باشد.

برروی تجهیزات الکتریکی نباید چربی و خاک باشد.

۶-۱-۹-تایید پیش‌بینی امکانات لازم برروی تابلو جهت حمل و نقل و نصب

جهت حمل و نقل تابلو عموماً از قلاب سقف و یا مشابه آن استفاده می‌گردد. محل نصب قلاب سقف باید طوری باشد که براثر بلند کردن تابلو، اشکالی در شکل ظاهری و یا سیستم عملکرد قسمتهای متحرک تابلو بروز نکند. جهت نصب تابلو نیز باید نوع تابلو در نظر گرفته شود (ایستاده، دیواری) و با توجه به نوع تابلو امکانات نصب آن بررسی گردد.

امکانات حمل و نقل و نصب تابلو باید براحتی قابل دسترسی باشد.

۶-۱-۱۰- بررسی صحت سایز و محل نصب گلند

با توجه به نقشه آهنگری (سوراخ و فاصله دو گلند) و نیز نقشه الکتریکی (سایز کابل ورودی و خروجی به تابلو) و جدول انتخاب سایز گلند و نیز محل نصب گلند، صحت سایز و نصب آن بررسی می‌گردد در صورتی که در نقشه‌های آهنگری و الکتریکی به گلند اشاره نشده باشد، نصب آن الزامی نمی‌باشد.

۶-۱-۱۱-آزمون کیفیت و مرغوبیت رنگ و عملیات رنگ کاری

۶-۱-۱۱-۱- آزمون‌های مربوط به رنگ

قبل از خرید رنگ نمونه، رنگ باید برای آزمایش ارسال گردد. نمونه‌برداری در این مورد توسط آزمایشگاه صورت گیرد. آزمایش‌های زیر برروی نمونه‌ها انجام می‌شود.

1- shade (RAL)	رنگ
2- Application instrument	وسیله رنگ‌آمیزی
3- Degree of Settling	درجه ته‌نشین شدن
4- d.f.t (μ)	
5- Mixing Ratio by weight	نسبت دو جزئی
6- Drying time d.d (Sec) h.d	زمان خشک کردن
7- Profile (μ)	درجه خلل و فرج
8- S/V	Solid حجمی
9- S/W	Solid وزنی
10- T.S. R (m^2 / lit)	مقدار رنگی که برای سطح لازم است
11- Viscosity by ford cup (Sec)	
12- Density	
13- Finess	نرمی رنگ

۶-۱-۱۱-۲- آزمون روی قطعه رنگ‌آمیزی شده

بعد از اینکه زیر سازی شد و رنگ‌آمیزی شد، برای آزمایش به آزمایشگاه فرستاده می‌شود که باید آزمون‌های زیر روی آن انجام شود.

1- Hinding Power (μ)	قدرت پوشش
2- Adhesioh	چسبندگی (آزمون روی رنگ تر)
3- Temprature Resistance ($^{\circ}C/_{2hrs}$)	آزمون مقاومت حرارتی
4- Impact dir (in.Ib) Indir	
5- Gloss	براقیت فیلم رنگ
6- Hardness (Sec)	سختی
7- Cupping Resistance	آزمون جامی شدن
8- Flexibility	آزمون خمشی
9- Salt Spray	مه‌نمکی
10- R.H. 100%	آزمون رطوبت نسبی

۶-۱-۱۱-۳- آزمون غوطه‌وری در محلول

در صورتی که تابلو در محیط اسیدی قراردارد، بنابر نوع شرایط محیطی آزمون غوطه‌وری در محلولهای زیر روی قطعه انجام می‌شود :

1- HCl	2- H_2SO_4	3- $NaOH$	4 – $NaCl$
5 – $NaClO$	6-$FeCl_3$	7 – H_2O	

۶-۲- آزمون‌های عمومی الکتریکی

۶-۲-۱-آزمون صحت سطح مقطع هادیها و باسبارها

برروی نقشه‌های الکتریکی مقدار آمپراژ تجهیزات الکتریکی و یا توان مصرفی بارها و نیز سطح مقطع هادیها (سیم، کابل و شین مسی) ثبت گردیده، لذا با مقایسه آمپر از تجهیزات الکتریکی و سطح مقطع هادیها با توان مصرف کننده‌ها و نیز مقایسه مقطع هادیها با توجه به استانداردهای موجود، صحت سطح مقطع هادیها بررسی می‌گردند. برای اندازه‌گیری سطح مقطع از کولیس mm ۲۰۰-۰ استفاده می‌شود.

۶-۲-۲-آزمون کامل بودن اتصالات زمین

جهت آزمون کامل بودن اتصالات زمین باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

۱- شین یا سیم‌های اتصال زمین با رنگ زرد و سبز مشخص گردد.

۲- محل نصب کابل اتصال زمین به تابلو با علامت اتصال زمین مشخص گردد.

۳- در صورتی که برروی در تابلو تجهیزات الکتریکی نصب می‌گردد باید از روی در تابلو به بدنه تابلو سیم اتصال زمین نصب گردد.

۴- سطح مقطع سیم یا شین اتصال زمین باید حداقل نصف سیم یا شین فاز باشد.

۵- برخی از پیچ و مهره‌ها اتصال دهنده و قطعه فلزی رنگ شده باید دارای واشر خورشیدی باشد تا هنگام سفت کردن پیچ و مهره واشر خورشیدی داخل رنگ شده و به بدنه آهنی اتصال یابد.

۶- محل اتصال شین به ورق آهنی رنگ شده باید کاملاً تمیز گردد و محل اتصال باید بدون رنگ شدگی باشد. در صورتی که برروی تجهیزات الکتریکی علامت اتصال زمین وجود داشته باشد، باید سیم اتصال به زمین را به آن متصل نمود.

۶-۲-۳-آزمون صحت عملکرد الکتریکی تجهیزات الکتریکی

با توجه به پلاک مشخصات فنی ثبت شده برروی تجهیزات الکتریکی و نیز مدارک فنی آن تجهیزات مورد آزمون قرار می‌گیرند. عملکرد تجهیزات الکتریکی باید جوابگوی خواسته نقشه الکتریکی باشد در غیر اینصورت نقشه الکتریکی یا تجهیزات فوق با تایید طراح تعویض می‌گردد.

تذکر :

۱- هنگام آزمون صحت مدارهای الکتریکی اکثر تجهیزات الکتریکی تست می‌گردند و در صورتی که وسایل از قبیل وسایل اندازه‌گیری تست نگردند، جداگانه تست می‌گردد.

۲- هنگام آزمون فوق به ولتاژ تغذیه تجهیزات الکتریکی دقت شود.

وسایل مورد نیاز :

- منبع جریان 0-10 A , 0-250 A , 0-2000 A
- منبع ولتاژ 0-250VAC , 0-250 VDC
- مولتی‌متر AC , DC (جهت اندازه‌گیری مقاومت، جریان و ولتاژ)
- آمپر متر انبری ۰-۳۰۰A

- چراغ آزمایش
- دستگاه تست رله

۶-۲-۴-آزمون صحت مدارهای الکتریکی

۶-۲-۴-۱- صحت مدارهای فرمان

با توجه به نقشه الکتریکی عملکرد مدار فرمان تابلوی الکتریکی مورد آزمون قرار می‌گیرد. در این آزمون مدارهای فرمان دهنده از قبیل پوش باتون‌ها، کنتاکتورهای کمکی، رله‌های شیشه‌ای و تابلوها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۶-۲-۴-۲- صحت مدارهای قدرت

مدارهای قدرت شامل مدارهایی است که مستقیماً با مصرف کننده‌ها (بارهای اهمی، القایی و خازنی) در ارتباط هستند در این آزمون مدارهای قدرت از قبیل کنتاکتورهای قدرت، کلیدهای اتوماتیک و بی متالها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۶-۲-۴-۳- صحت مدارهای نشان دهنده

در این نوع آزمون باید صحت و درستی عملکرد چراغهای سیگنال و وسایل اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گیرد.

۶-۲-۴-۴- صحت مدارهای هشدار دهنده

در برخی از تابلوهای الکتریکی جهت اعلام خطر آژیر یا بوق یا نیز چراغهای گردان استفاده می‌کنند فلذا ایجاد خطای مصنوعی و بررسی نحوه عملکرد هشدار دهنده ضروری می‌باشد.

۶-۲-۴-۵- صحت مدارهای حفاظتی

در هنگام بروز خطا یا عیب تجهیزات حفاظتی قطع کامل مسیر خطا و نیز تغییر وضعیت در کنتاکت‌های خود می‌باشد. لذا با افزایش جریان و یا کاهش و افزایش ولتاژ ورودی، تجهیزات الکتریکی حفاظتی مورد تست قرار می‌گیرند. در ضمن مسیر مدارهای حفاظتی باید کاملا بررسی شود تا خطا در کمترین زمان ممکن از روی مدار حذف گردد. قابلیت اطمینان مدارهای فرمان و قدرت و نشان دهنده هشدار دهنده و حفاظتی باید کاملاً بررسی گردد.

فهرست مطالب

۷- گزارش آزمون

اطلاعات و نقشه‌های مربوطه زیر توسط سازنده باید به آزمایشگاه ارائه گردد:

- نام سازنده
- نوع طراحی و شماره سریال تابلوهای قدرت و فرمان مورد آزمایش
- مشخصات نامی تابلوهای قدرت و فرمان مورد آزمایش
- توضیحات کلی در مورد تابلوی قدرت و فرمان از جمله تعداد قطبها، وسایل بکار رفته و ...
- شماره ساخت، شماره سریال،نوع و مقادیر نامی قطعات اصلی (مثلاً مکانیزم عملکرد،قطع کننده‌ها، امپدانس موازی و ...)
- جزئیات کلی ساختار حفاظتی وسایل کلیدزنی یا تابلوی تمام بسته
- جزئیات مکانیزم عملکرد و وسایل بکار رفته در حین آزمون
- عکسهای لازم جهت تشریح شرایط تابلوی قدرت و فرمان قبل و بعد از آزمون
- نقشه‌های کافی شامل نکات مهم و طرح و فهرست اطلاعات مربوط به تابلوی قدرت و فرمان مورد آزمایش
- شماره‌های مرجع برای همه نقشه‌های فرستاده شده جهت تعیین بخشهای اصلی تابلوی قدرت و فرمان مورد آزمایش
- جزئیات سیستم آزمون (شامل دیاگرام مدار آزمون)
- مراحل عملکرد و رفتار تابلو در طول آزمون، شرایط تابلو بعد از آزمون و هر قطعه‌ای که در طول آزمون تعویض یا جابجا شده است.
- رکورد مقادیر آزمون در طول هر آزمایش

نکته : رکورد مقادیر آزمون، نحوه انجام و سایر جزئیات مربوطه باید مطابق جدول، تنظیم و ارائه گردد.

فهرست مطالب

۸- برگه‌های آزمون (تست شیتها)

۸-۱- آزمون جاری

۱- نوع ولتاژ
۲- ولتاژ نامی
۳- شماره سریال
۴- شماره نقشه‌ها
۵- محل آزمون
۶- تاریخ گزارش آزمون

ردیف	شماره آزمون	صفحه	نوع آزمون	انجام دهنده آزمون	تاریخ	محل انجام
۱			آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی			
۲			آزمون ولتاژ روی مدارات کمکی			
۳			آزمون وسایل کمکی الکتریکی، هیدرولیکی و پنوماتیکی			
۴			آزمون عملکرد مکانیکی			
۵			تعیین تطابق سیم‌کشی با نقشه‌های موجود			

نکته :

نقشه مدار و یا دستگاههای لازم جهت انجام هر آزمون باید توسط سازنده ارائه گردد.

۸-۱-۱- آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- استاندارد مورد استفاده

۵- محل انجام آزمون

۶- شکل موج اعمالی

۷- شماره نقشه

الف) کلید در وضعیت وصل باشد.

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی مطابق استاندارد (kV)	مدت زمان اعمال ولتاژ (دقیقه)	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به بدنه و	نتیجه آزمون
۱					
۲					
۳					

ب) کلید در وضعیت قطع باشد (بدنه نسبت به زمین عایق است)

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی مطابق درخواست کارفرما (kV)	مدت زمان اعمال ولتاژ (دقیقه)	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به بدنه و	نتیجه آزمون
۱					
۲					
۳					

ملاک قبولی آزمون:

در زمان انجام آزمون‌های بند الف و ب نباید هیچگونه شکست الکتریکی رخ دهد.

۸-۱-۲-آزمون ولتاژ روی مدارهای کمکی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- استاندارد مورد استفاده

۵- محل انجام آزمون

۶- میزان ولتاژ اعمالی به مدار

۷- شکل موج ولتاژ اعمالی

۸- شماره نقشه

ردیف	تجهیزاتی که مورد آزمون قرار گرفته‌اند	صحت عملکرد
۱	ولتمتر	
۲	آمپرمتر	
۳	چراغ سیگنال	
۴	مدار حفاظت	
۵	.	
.	.	
.	.	
.	.	

صحت مدارهای نشان دهنده :

در این آزمون باید درستی عملکرد چراغ‌های سیگنال و وسایل اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گیرد

صحت مدارهای هشدار دهنده

در تابلوهایی که جهت اعلام خطر از چراغ‌گردان یا آژیر یا بوق استفاده می‌گردد، نحوه عملکرد مدار هشدار دهنده با ایجاد خطای مصنوعی صورت می‌گیرد.

صحت مدار حفاظتی

تجهیزات الکتریکی حفاظتی با کاهش یا افزایش ولتاژ ورودی و یا افزایش جریان مورد آزمایش قرار می‌گیرد. خطا باید درکمترین زمان ممکن از روی مدار برطرف گردد.

۸-۱-۳-آزمون عملکرد مکانیکی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون :

۳- تاریخ انجام آزمون :

۴- محل انجام آزمون :

۵- شماره نقشه :

نتیجه آزمون :

ردیف	تجهیزات مورد آزمون	نتیجه آزمون					نتیجه نهایی آزمون
		۱	۲	۳	۴	۵	

ملاک قبولی آزمون:

آزمون در صورتی موفقیت‌آمیز است که عملکرد اینترلاکهای مکانیکی مطابق با نقشه مکانیکی و نیز خواسته مشتری باشد. و نیرویی که جهت عملکرد آنها لازم است، قبل و بعد از آزمون هیچ تغییری نکند.

توجه :

اینترلاک مکانیکی بین کلیدها یا تابلوها باید قابل اطمینان باشد.

عملکرد اینترلاک باید توسط صفحه راهنمای کاغذی یا فلزی برروی تابلو نصب گردد.

۸-۱-۴-تطابق سیم‌کشی با نقشه‌های موجود

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون :

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- شماره نقشه :

ردیف	نام تجهیزات موجود در نقشه	صحت نوع و جنس	صحت مقادیر نامی/مشخصات فنی	تایید جایگذاری صحیح در مدار
۱				
۲				
۳				
۴				
...				

ملاک قبولی آزمون :

باید تمام اجزاء و تجهیزات موجود در تابلو با نقشه همخوانی داشته باشد.

در صورت مغایرت یک جزء با نقشه، اگر وسیله مورد نظر، مشخصات فنی مورد نیاز را داشته باشد و جوابگوی خواسته باشد، با تایید طراح، قابل قبول می‌باشد.

۸-۲-آزمون نوعی

۱- نوع تابلو

۲- ولتاژ نامی

۳- شماره سریال

۴- شماره نقشه‌ها

۵- محل آزمون

۶- تاریخ گزارش آزمون

ردیف	شماره آزمون	صفحه	نوع آزمون	انجام دهنده آزمون	تاریخ	نتیجه
۱			آزمون ولتاژ ضربه‌ای (خشک)			
۲			آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)			
۳			آزمون افزایش دما			
۴			آزمون جریان کوتاه مدت مدار اصلی			
۵			آزمون جریان کوتاه مدت مدار فرعی			
۶			تعیین تطابق با ظرفیت قطع و وصل			
۷			آزمون عملکرد مکانیکی			
۸			تعیین تطابق درجات حفاظت			
۹			آزمون مقاوم بودن در مقابل شرایط جوی و آب و هوا			

نکته :

نقشه مدار و یا دستگاههای لازم جهت انجام هر آزمون باید توسط سازنده ارائه گردد.

۸-۲-۱-آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- شماره نقشه

۶- وسایل مورد نیاز جهت آزمون

۷- استاندارد مورد استفاده

۸- شکل موج اعمالی

۹- شماره نقشه

الف- کلید در وضعیت وصل باشد

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی مطابق استاندارد (kV)	مدت زمان اعمال ولتاژ (دقیقه)	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به بدنه و	نتیجه آزمون
۱					
۲					
۳					

ب) کلید در وضعیت قطع باشد (بدنه نسبت به زمین عایق است)

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی مطابق استاندارد (kV)	مدت زمان اعمال ولتاژ (دقیقه)	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به بدنه و	نتیجه آزمون
۱					
۲					
۳					

ملاک قبولی آزمون :

در زمان انجام آزمون بندهای الف و ب هیچگونه شکست الکتریکی نباید رخ دهد.

۸-۲-۲- آزمون ولتاژ ضربه صاعقه

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- استاندارد مورد استفاده

۶- نوع ولتاژ اعمالی (شکل موج)

۷- شماره نقشه

الف) کلید در وضعیت وصل باشد :

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی مطابق درخواست کارفرما (kV)	تعداد ضربه‌های اعمالی	فاصله بین ضربه‌ها (ثانیه)	تعداد شکستهای الکتریکی سطحی	پلاریته	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به بدنه و	نتیجه آزمون
۱					مثبت	A	BC	
۲					مثبت	B	AC	
۳					مثبت	C	AB	

ب) کلید در وضعیت قطع می‌باشد (بدنه نسبت به زمین عایق است) :

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی مطابق درخواست کارفرما (kV)	تعداد ضربه‌های اعمالی	فاصله بین ضربه‌ها (ثانیه)	تعداد شکستهای الکتریکی سطحی	پلاریته	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به بدنه و	نتیجه آزمون
۱					مثبت	کنتاکت ثابت A	کنتاکت متحرک A	
۲					مثبت	کنتاکت ثابت B	کنتاکت متحرک B	
۳					مثبت	کنتاکت ثابت C	کنتاکت متحرک C	

ملاک قبولی آزمون :

در زمان انجام بند الف و ب در پانزده بار اعمال ضربه نباید بیش از دو شکست الکتریکی رخ دهد.

نکته : ولتاژهای پیشنهادی استاندارد برای انجام آزمون ۹۵ یا ۱۲۵ کیلوولت برای آزمون الف و ۱۱۰ یا ۱۴۵ کیلوولت برای آزمون ب می‌باشد.

۸-۲-۳-آزمون افزایش دما

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- استاندارد مورد استفاده

۶- وسایل مورد استفاده

۷- شکل موج ولتاژ اعمالی

۸- میزان جریان

۹- مدت زمان اعمال ولتاژ

۱۰-شماره نقشه

ردیف	میزان ولتاژ اعمال شده	زمان شروع اعمال ولتاژ	زمان خواندن دماها	دمای محیط	دمای تجهیزات تابلو	میزان افزایش دما	نتیجه آزمون

ملاک قبولی آزمون :

افزایش دمای اندازه‌گیری شده نباید از مقدار مجاز استاندارد تجاوز کند.

۸-۲-۴-آزمون جریان کوتاه مدت روی مدارهای اصلی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- استاندارد مورد استفاده

۶- شکل موج ولتاژ

۷- فرکانس

۸- شماره نقشه

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی kV	میزان جریان عبوری KA	زمان عبور جریان S	نتیجه آزمون

ملاک قبولی آزمون :

هیچگونه تغییر شکل یا تغییر حالت دائمی و تغییر خصوصیات در اجزاء مدار اصلی نباید رخ دهد.

۸-۲-۵-آزمون جریان کوتاه مدت روی مدارهای فرعی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- استاندارد مورد استفاده

۶- شکل موج ولتاژ

۷- فرکانس

۸- شماره نقشه

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی V	میزان جریان عبوری KA	زمان عبور جریان S	نتیجه آزمون

ملاک قبولی :

بعد از آزمون نباید هیچگونه قطعی در مدارات فرعی وجود داشته باشد.

۸-۲-۶-آزمون تعیین تطابق ظرفیت قطع و وصل :

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- استاندارد مورد استفاده

۵- محل انجام آزمون

۶- شکل موج ولتاژ اعمالی

۷- فرکانس

۸- شماره نقشه

ردیف	میزان ولتاژ اعمالی (kV)	نام تجهیزات مورد آزمون	تایید صحت عملکرد

ملاک قبولی آزمون :

ظرفیت‌های قطع و وصل هر یک از وسایل کلیدزنی مطابق مشخصات آنها باشد.

۸-۲-۷-آزمون شرایط جوی برای تابلوهای مورد استفاده در فضای آزاد

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- استاندارد مورد استفاده

۶- وسایل مورد نیاز برای آزمون

۷- شماره نقشه

ردیف	فاصله شیپورکها از تابلو	ارتفاع شیپورکها			زاویه پوشش	فشار آب	سرعت پاشش	مدت زمان انجام آزمون
		۱	۲	۳				

ملاک قبولی آزمون :

هیچ آبی در عایق مدارات اصلی و کمکی و اجزاء الکتریکی یا مکانیزم مجموعه مشاهده نشود. و در سایر قسمتهای غیر عایق نیز تجمع آب صورت نگیرد (برای کاهش فساد تدریجی)

۸-۲-۸-آزمون عملکرد مکانیکی

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون :

۳- تاریخ انجام آزمون :

۴- محل انجام آزمون :

۵- استاندارد مورد استفاده :

۶- شماره نقشه :

ردیف	تجهیزات مورد آزمون	نتیجه آزمون					نتیجه نهایی آزمون
		۱	۲	۳	۴	...	

ملاک قبولی آزمون :

آزمـون در صورتی موفقیت‌آمیز است که عملکرد اینترلاک‌های مکانیکی مطابق با نقشه مکانیکی و نیز خواسته مشتری باشد و نیرویی که جهت عملکرد آنها لازم است، قبل و بعد از آزمون هیچ تغییری نکند.

این آزمون مطابق با استاندارد IEC، برای آزمون‌های نوعی ۵۰ بار انجام می‌گیرد.

۸-۲-۹- آزمون تعیین درجه حفاظت تابلو

۱- شماره آزمون

۲- نام انجام دهنده آزمون

۳- تاریخ انجام آزمون

۴- محل انجام آزمون

۵- وسایل مورد نیاز

۶- شماره نقشه (ها)

۷- درجه حفاظت تابلو

۸- شکل موج ولتاژ

الف) رقم اول مشخصه

ردیف	ولتاژ اعمال شده (V)	وسیله آزمایش	ابعاد	جنس	نتیجه آزمون ۱	نتیجه آزمون ۲	نتیجه آزمون ۳

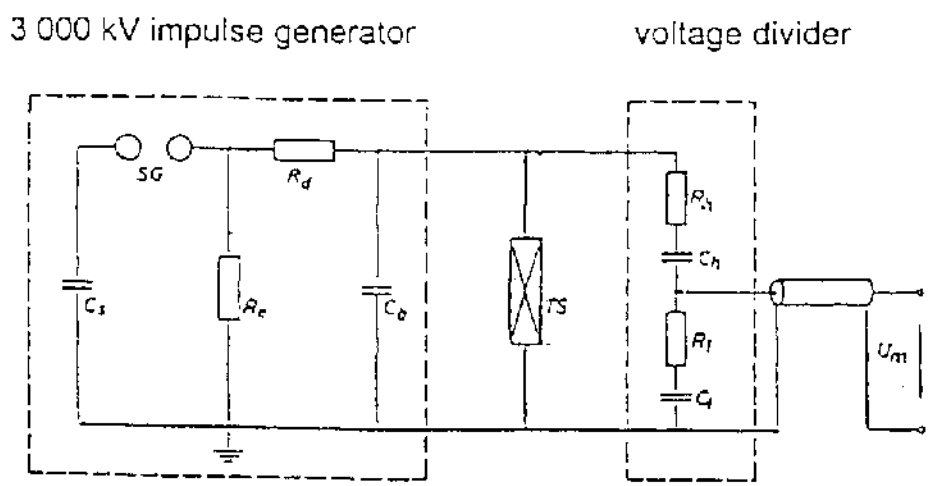
ب) رقم دوم مشخصه

ردیف	مدت زمان پاشش آب (دقیقه)	مقدار خروجی آب mm/min	زاویه انحراف نسبت به محور عمودی	سرعت نوسان تابلو	فاصله وسیله پاشنده آب تا تابلو	شماره نقشه وسیله پاشش آب	نتیجه آزمون ۱	نتیجه آزمون ۲	نتیجه آزمون ۳

ملاک قبولی آزمون :

الف) آزمون برای رقم اول مشخصه وقتی قابل قبول است که وسیله مورد نیاز برای آزمایش را از هیچ جای تابلو نتوان وارد تابلو کرد.

ب) آزمون برای دومین رقم مشخصه وقتی قابل قبول است که پس از اتمام آزمون مقدار آبی که داخل تابلو شده است قادر به تداخل در عملکرد آن نباشد و هیچ آبی در نزدیکی سرکابل‌ها جمع نشده باشد.

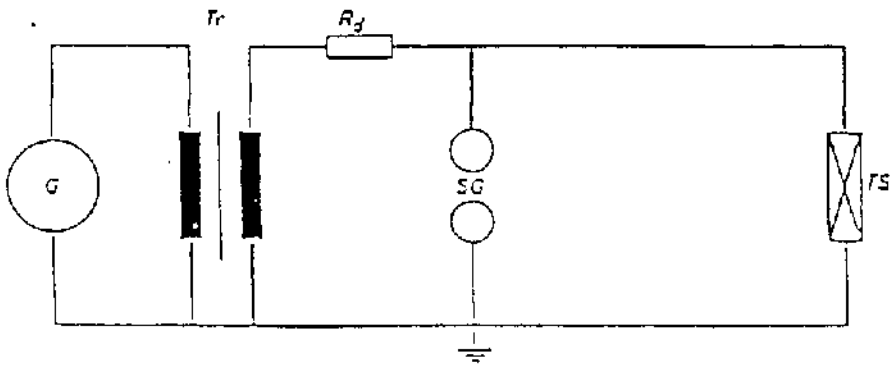


C_s: خازن اصلی R_d: مقاومت میراکننده

R_e: مقاومت دشارژ کننده C_b: خازن موازی

T_s: نمونه مورد آزمایش

مدار شماره ۱- مدار آزمون ولتاژ ضربه



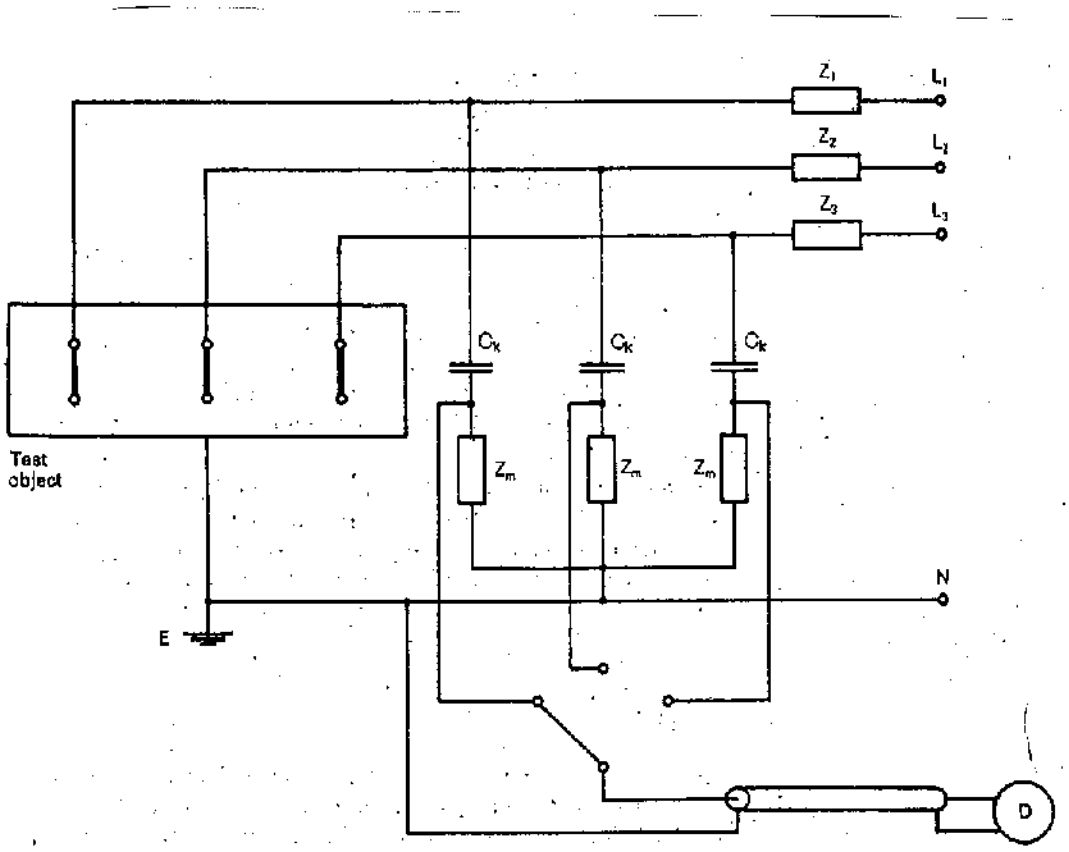
G_1 : منبع ولتاژ

T_r: ترانسفورماتور

R_d : مقاومت محافظ

T_s: نمونه مورد آزمایش

مدار شماره ۲- مدار آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی



N: اتصال نول

F: اتصال زمین

L_1, L_2, L_3: ترمینال‌های اتصال منبع ولتاژ سه‌فاز

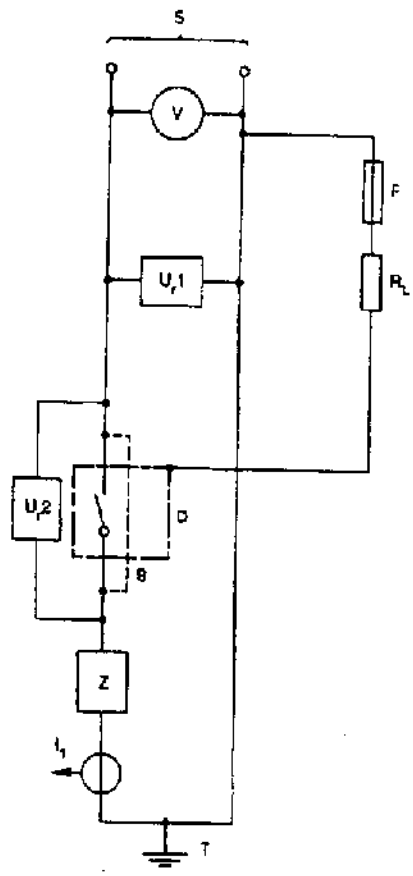
Z_1, Z_2, Z_3: امپدانس

C_k: خازن کوپلینگ

Z_m: امپدانس اندازه‌گیری

D: آشکار ساز تخلیه جزیی

مدار شماره ۳ : مدارآزمون تخلیه جزئی (سه‌فاز)



S: منبع

U_{r1}, U_{r2} :سنسورهای ولتاژ

V: وسیله اندازه‌گیری

F: المان فیوزی

Z: مدار بار

R_L: مقاومت محدوده کننده جریان خطا

D: وسیله تحت آزمون (شامل کابل‌های اتصال دهنده)

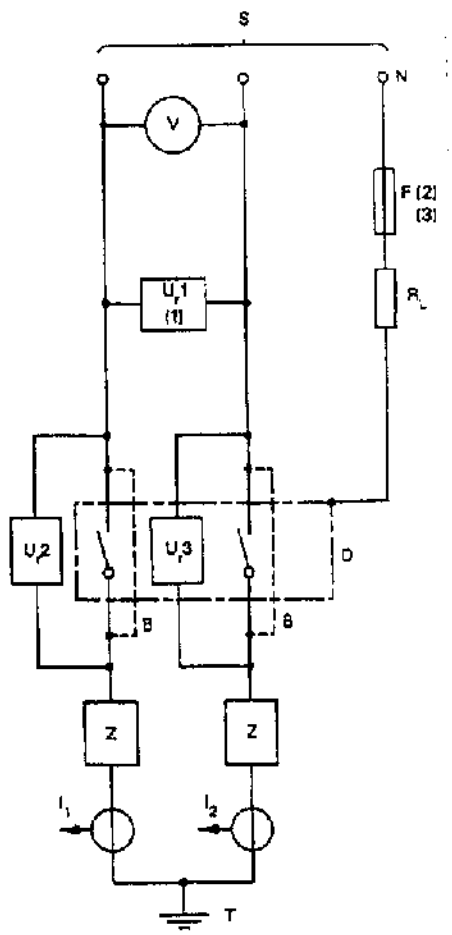
B: اتصال موقت برای کالیبراسیون

I_1: سنسور جریان

T: اتصال زمین که فقط یک نقطه می‌باشد

(طرف بار یا طرف منبع)

مدار شماره۴- مدارآزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات یک قطبی در سیستم تک‌فاز a.c. یا d.c.



S: منبع

U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}: سنسورهای ولتاژ

V: وسیله اندازه‌گیری

F: المان فیوزی

Z: مدار بار

N: نول منبع (یا نول مصنوعی)

R_L: مقاومت محدوده کننده جریان خطا

D: وسیله تحت آزمون (شامل کابل‌های اتصال دهنده)

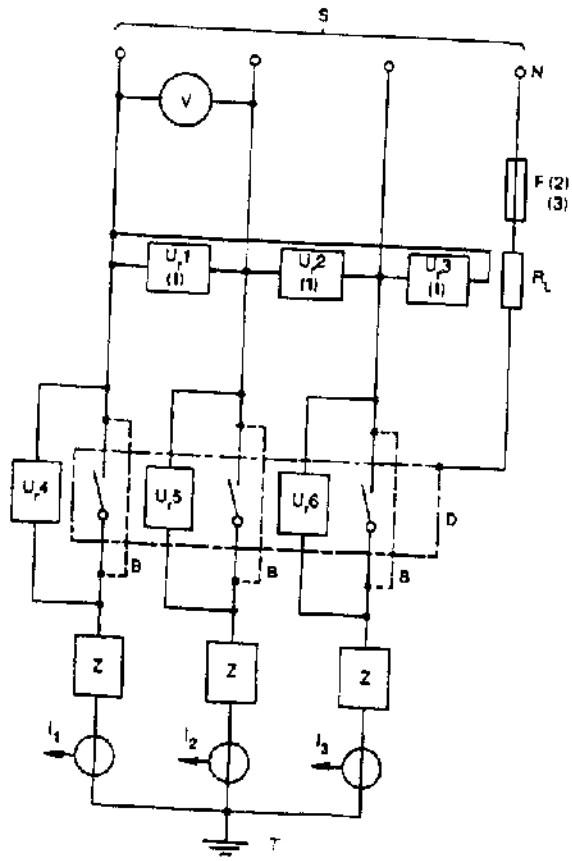
B: اتصال موقت برای کالیبراسیون

I_1, I_2: سنسور جریان

□: اتصال زمین که فقط یک نقطه می‌باشد

(طرف بار یا طرف منبع)

مدار شماره ۵ : مدار آزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات دو قطبی در سیستم تک‌فاز a.c. یا d.c.



S: منبع

U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}
U_{r4}, U_{r5}, U_{r6}: سنسورهای ولتاژ

V: وسیله اندازه‌گیری

N: نول منبع یا نول مصنوعی

F: المان فیوزی

Z: مدار بار

R_L: مقاومت محدوده کننده جریان خطا

D: وسیله تحت آزمون (شامل کابل‌های اتصال دهنده)

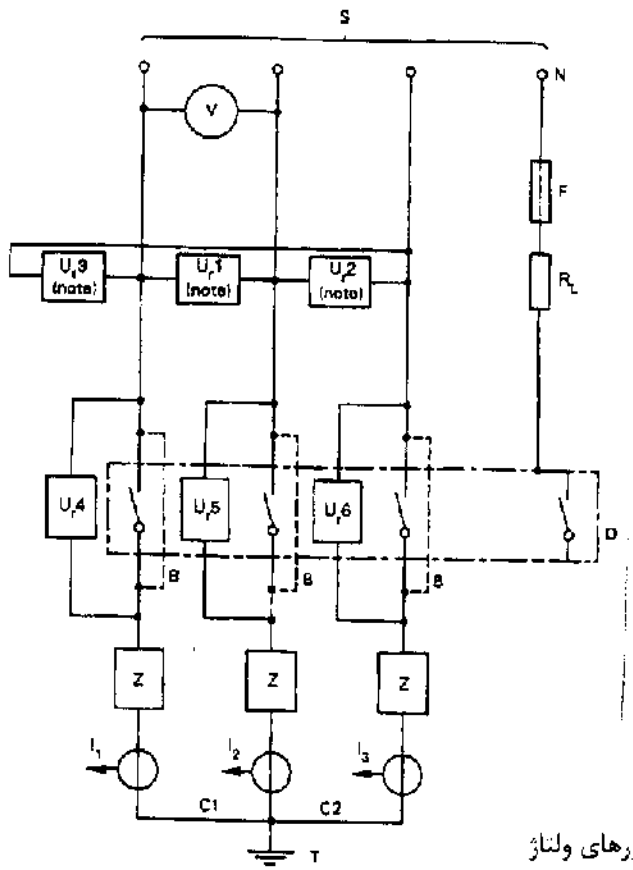
B: اتصال موقت برای کالیبراسیون

I_1, I_2, I_3: سنسور جریان

T: اتصال زمین که فقط یک نقطه می‌باشد

(طرف بار یا طرف منبع)

مدار شماره ۶ مدارآزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات سه قطبی



S: منبع

U_{r1}, U_{r2}, U_{r3}
U_{r4}, U_{r5}, U_{r6}: سنسورهای ولتاژ

V: وسیله اندازه‌گیری

N: نول منبع یا نول مصنوعی

F: المان فیوزی

Z: مدار بار

R_L: مقاومت محدوده کننده جریان خطا

D: وسیله تحت آزمون (شامل کابل‌های اتصال دهنده)

B: اتصال موقت جهت کالیبراسیون

I_1, I_2, I_3: سنسور جریان

T: تنها نقطه زمین (طرف بار یا طرف منبع)

مدار شماره ۷: مدارآزمون تایید ظرفیت قطع و وصل تجهیزات چهار قطبی

فهرست مطالب

پیوست الف : شرایط استاندارد اتمسفری مطابق نشریه IEC شماره ۶۰ :

الف-۱- شرایط استاندارد به شرح زیر تعریف می‌شود

دمای محیط (t_0)	۲۰ درجه سانتیگراد
فشار اتمسفری (b_0)	۱۰۱۳ میلی‌بار
رطوبت (h_0)	۱۱ گرم بر متر مکعب

توجه :

فشار ۱۰۱۳ میلی‌بار برای ۷۶۰ میلیمتر جیوه، در درجه حرارت صفر می‌باشد که بارومتر نشان می‌دهد. اگر ارتفاعی که بارومتر نشان می‌دهد H میلیمتر جیوه و درجه حرارت t درجه سانتیگراد باشد، فشار اتمسفری به میلی‌بار برابر است با :

$$\frac{1013 \times H}{760}\left(1 - 1.8 \times 10^{-4}\ t\right)$$

الف-۲- ولتاژ شکست روی عایق خارجی به شرایط اتمسفری بستگی دارد

اگر $U(t,b,h)$ ولتاژ شکست در شرایط واقعی باشد (دمای t، فشار b و رطوبت h) ولتاژ شکست در شرایط استاندارد، $U(t_0,b_0,h_0)$، از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$U(t_0,b_0,h_0) = U(t,b,h).\frac{1}{d}.k$$

ضریب $\frac{1}{d}$ ضریب چگالی هواست که با توجه به بند الف-۳ بدست می‌آید و ضریب k یک ضریب رطوبت است که با توجه به بند الف-۴ بدست می‌آید.

ولتاژ بکار رفته برای آزمون ایستادگی روی عایق خارجی بوسیله ضرب ولتاژ ایستادگی مشخص شده در $\frac{d}{k}$ بدست می‌آید.

الف-۳- ضریب تصحیح چگالی هوا

با فشار اتمسفری b که با میلی‌بار بیان می‌شود و دمای t که با درجه سانتیگراد بیان می‌شود داریم :

$$t_0 = 20\ ^\circ C \qquad d = 0.289\ \frac{b}{273+t}$$

اگـر فشار اتمسفری، با واحد میلیمتر جیوه در صفر درجه سانتیگراد بیان شود. ضریب تصحیح بصورت زیر بدست می‌آید.

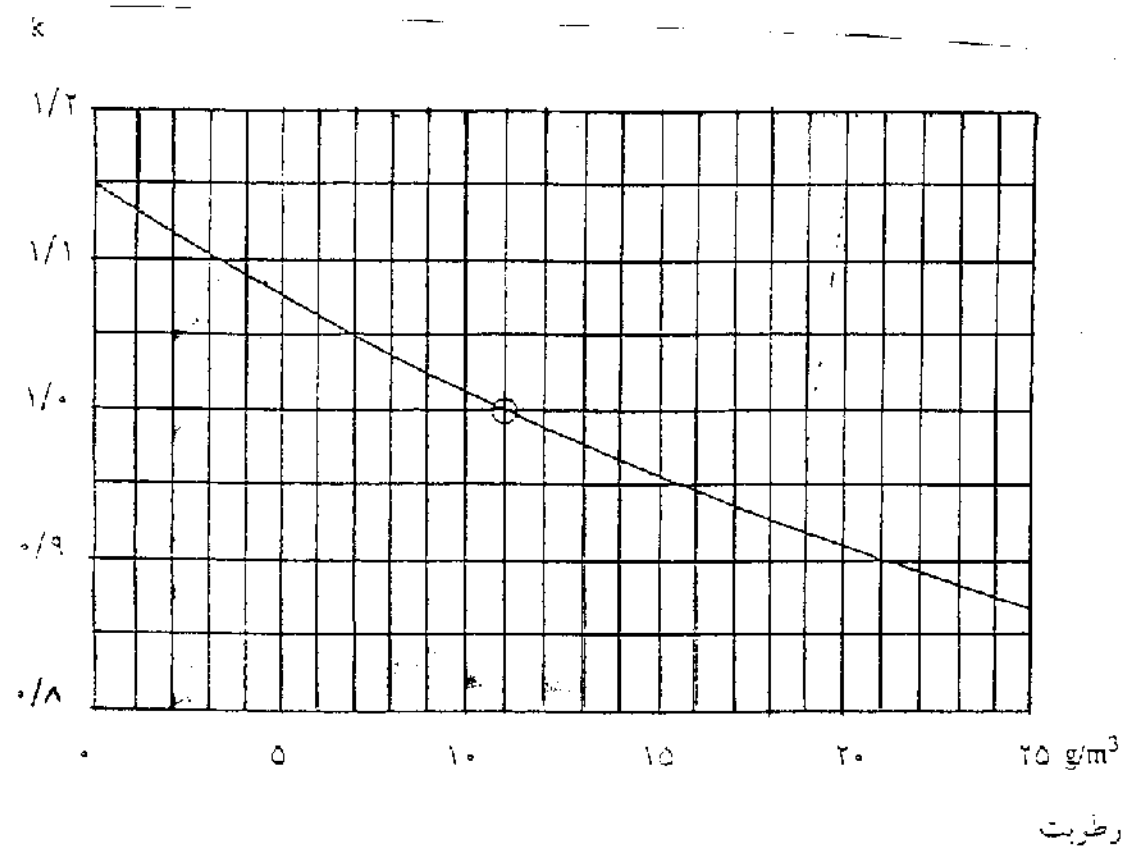
$$t_{\circ}=20\,^{\circ}C\quad d=0\,386\,\frac{H}{273+t}$$

الف-۴-ضریب تصحیح رطوبت

اطلاعـات مـربوط به تصحیح رطوبت، اغلب کامل نیست در شکل الف-۱ اشکال عملی نشان داده شده است.

توجـه : اصـلاحات فـوق بـرای مـیله و شکاف جواب صحیحی می‌دهد. برای مقره‌ها، منحنی‌ها، از دقت کمـتری بـرخوردارند بخصوص هنگامیکه قوس، مسیری از روی سطح مقره دارد. اغلب با افزایش رطوبت مقدار ولتاژ کاهش داده می‌شود و عموماً برای بوشینگ‌ها منحنی تصحیح قابل اعتماد نیست.

در حالتی که ضریب تصحیح رطوبت نامعلوم است نباید از آن استفاده کرد.



شکل الف-۱: ضریب تصحیح رطوبت k

فهرست مطالب

پیوست ب: روش آزمون شرایط جوی برای تابلوهای قدرت و فرمان نصب شده در محیط‌های باز

تابلو مورد آزمون، باید بطور کامل مجهز شده باشد (مثل پوشش برای بوشینگ‌ها و غیره) برای آزمایش از شکل (ب-۱) استفاده می‌شود.

برای مجموعه‌هایی که از چندین واحد تشکیل شده‌اند حداقل دو واحد برای آزمون انتخاب گردند. سطوح عمودی مختلف باید جداگانه مورد آزمایش قرار گیرند. برای پاشیدن یکنواخت و پیوسته باید به دو نکته زیر توجه کرد :

۱-سطح سقف از شیپورک ارتفاع مناسبی داشته باشد.

۲-کف خارج تابلو برای فاصله یک متر از جلوی سطوح مورد آزمون در ارتفاعی قرار گیرد که حداقل آن را کارخانه سازنده مشخص می‌کند.

هر شیپورک مورد استفاده باید یک شکل مربعی را پوشش داده و بطور یکنواخت با ظرفیت ۳۰ $^{l}/_{\min}$ ± ۱۰٪ در فشار ۴۶ N/cm^2 ± ۱۰٪ و تحت زاویه ۸۰-۶۰ را بپوشاند. سپس خط تمرکز شیپورک‌ها را چرخانده تا بطور افقی قرار گیرد و سطوح عمودی و سپس تابلو را مورد آزمایش قرار داد.

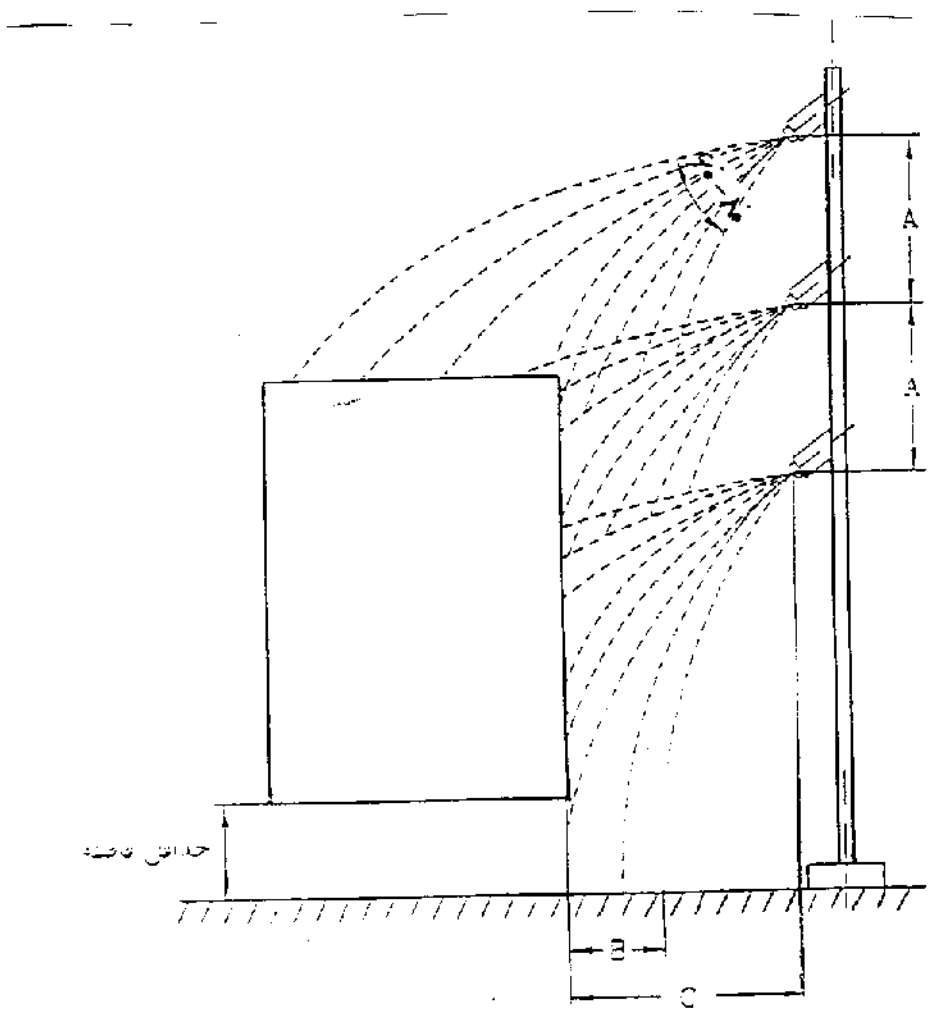
فشار در لوله تغذیه کننده شیپورک‌ها ۴۶ N/cm^2 ± ۱۰٪ در شرایط آزمایش می‌باشد.آب بکار رفته در هر سطح تحت آزمایش، نرخی برابر ۵ میلیمتر بر دقیقه دارد. و هر سطح حدود ۵ دقیقه مورد آزمایش قرار می‌گیرد. فواصل شیپورک‌ها در شکل مشخص شده است.

بعد از اتمام آزمون، فوراً محفظه مورد بازرسی قرار می‌گیرد و موارد زیر بررسی می‌شود.

۱- هیچ آبی در عایق مدارات اصلی و کمکی مشاهده نشود.

۲- هیچ آبی در اجزاء الکتریکی یا مکانیزم مجموعه‌ها مشاهده نشود.

۳- هیچ علائمی از تجمع آب در سایر قسمتهای غیر عایق مشاهده نشود. (برای کاهش فشار تدریجی)



A	حدود ۲ متر
B	۱ متر
C	۳-۲/۵ متر

شکل ب-۱: ترتیب آزمون برای آزمایش شرایط جوی

فهرست مطالب

پیوست پ- راهنمای انتخاب درجات حفاظتی برای تابلوهای بکاررفته در شبکه‌های توزیع

هدف از انتخاب درجه حفاظتی برای تابلوها، ایمنی برای افراد در مقابل خطرات برق گرفتگی و جلوگیری از بروز حوادث و اتفاقات ناخواسته است. از آنجایی که تعیین درجه حفاظتی برای یک تابلو با قیمت تمام شده آن رابطه مستقیم دارد، تعیین یک درجه حفاظتی و اجباری کردن آن، در نظر نگرفتن مسائل اقتصادی را در تهیه تابلو، باعث می‌شود. مقادیر ارائه شده در این پیوست حداقل مقادیر لازم در هر مورد می‌باشد و در صورتیکه منطقه مورد نظر برای نصب تابلو دارای شرایط خاصی باشد این مقادیر باید افزایش یابد.

برای تعیین درجات حفاظتی باید به نکات زیادی توجه نمود که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- نحوه دسترسی افراد به تابلو (افراد مجاز، غیرمجاز، توجه به شرایط فرهنگی منطقه و ...)

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

۳- میزان بارندگی و چگونگی ریزش آن

از آنجایی که هر منطقه از ایران دارای شرایط متنوع فرهنگی و آب و هوایی می‌باشد، تقسیم‌بندی جغرافیایی در تعیین درجات حفاظتی کارا نمی‌باشد. (برای مثال ریزش شدید باران هم در مناطق کویری و گرمسیر و هم در نقاط مرطوبی امکان‌پذیر است) لذا در بررسی بعمل آمده در این پیوست با توجه به شرایط کلی موجود در اکثر مناطق مقادیر حداقل درجه حفاظتی برای تابلوهای نصب شده در پست‌های سرپوشیده و تابلوهای نصب شده در پست‌های سرپوشیده و تابلوهای نصب شده در محوطه باز ارائه شده است.

پ-۱- تابلوهای نصب شده در داخل پست‌های سرپوشیده

با توجه به محل نصب این تابلوها، افرادی که به این تابلوها دسترسی دارند.عموماً از افراد مجاز صلاحیت‌دار می‌باشند (افرادی که با تابلوهای برق آشنایی داشته و معمولاً برای تعمیر و نگهداری و قرائت مقادیر به پست‌ها مراجعه می‌کنند). لذا 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، با توجه به جدول ۱ حداقل درجه حفاظتی لازم به این منظور ۲ می‌باشد که نشان دهنده این است که انگشتان یا اجسام مشابه به طول کمتر از ۸۰ میلیمتر و به قطر کمتر از ۱۲ میلیمتر در برابر تماس با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو محافظت شده‌اند. در صورتی که افراد غیر مجاز به این تابلوها

دسترسی داشته باشند که امکان ورود گرد و خاک مضر به آن وجود داشته باشد و شرایط خاص منطقه این مساله را تشدید نماید، می‌توان درجه حفاظتی ۵ را انتخاب نمود که عموماً در ایران این مساله وجود ندارد.

برای انتخاب رقم دوم درجه حفاظتی که نشان دهنده نفوذ مایع به داخل تابلو می‌باشد، شرایط تابلو نصب شده در پست در نظر گرفته می‌شود، با توجه به اینکه تابلو در پست قرار دارد، نیاز به درجه حفاظتی خاصی نمی‌باشد و می‌توان درجه حفاظت حداقل صفر را انتخاب نمود.

توجه : در صورتی که احتمال ریزش قطرات آب به هر دلیلی وجود داشته باشد IP باید تصحیح گردد.

با توجه به موارد فوق‌الذکر حداقل درجه حفاظت مورد نیاز برای تابلوهای نصب شده داخل پست $Ip20$ می‌باشد.

پ-۲- تابلوهای نصب شده در خارج از پست و در محوطه باز

با در نظرگرفتن این موضوع که جداره‌های بیرونی این تابلوها در دسترس افراد عادی و غیرمجاز نیز می‌باشد لذا حداقل درجه حفاظتی لازم برای اولین رقم مشخصه عدد ۴ می‌باشد. یعنی از تماس سیمها و مفتولها به ضخامت یک میلیمتر با قسمتهای برقدار و متحرک داخل تابلو جلوگیری گردد.

با توجه به خصوصیات آب و هوایی مناطق مختلف، در مناطقی که گرد و غبار بیش از حد و احتمال اختلال در عملکرد وسیال داخل تابلو به این علت می‌باشد، باید تابلو از گرد و غبار مضر حفاظت شود در این حالت اولین رقم مشخصه را می‌توان عدد ۵ انتخاب کرد.

برای انتخاب دومین رقم مشخص، شرایط آب و هوایی منطقه‌ای که تابلو در آن قرار دارد باید مورد بررسی قرار گیرد. منظور از شرایط آب و هوایی چگونگی بارش باران در این مناطق می‌باشد این مساله از آنجا حائز اهمیت است که زاویه ریزش باران و سرعت آن از نکات تعیین کننده این رقم می‌باشد. به این منظور باید بدترین حالت را در منطقه نصب پست در نظر گرفت. برای مثال اگر در منطقه ریزش باران عموماً بصورت عمودی و یا تحت زاویه ریزش کمتر از ۶۰° باشد ولی در روزهایی از سال امکان ریزش باران به همراه با شدید وجود دارد. زاویه ریزش باید ۱۸۰° در نظر گرفته شود. با توجه به نکات ذکر شده حداقل رقم دوم درجه حفاظتی برای این تابلوها ۳ می‌باشد، که در کلیه نقاط باید در نظر گرفته شود و در مناطق خاص رقم دوم ۴ یا ۵ نیز می‌تواند انتخاب گردد.

لذا با توجه به نکات ذکر شده حداقل IP۴۳ برای تابلوهای نصب شده در خارج از پست و محوطه‌های باز در نظر گرفته می‌شود.

فهرست مطالب

پیوست ث- شینه‌های بکار رفته در تابلوها

ث-۱- مقدمه

شینه‌های مورد استفاده در تابلوها عموماً از جنس مس یا آلومینیوم با قابلیت هدایت الکتریکی و خواص مکانیکی خوب می‌باشند. در این پیوست برای شینه‌ها مسی از استاندارد VDE 0201 و برای شینه‌های آلومینیومی از استاندارد VDE 0202 استفاده شده است.

مشخصه‌های استاندارد مس و آلومینیوم مورد استفاده در شینه‌ها مطابق جدول (ث-۱) می‌باشد.

جدول (ث-۱): مشخصات آلیاژهای مس و آلومینیوم

جنس و کد شناسایی	تنش کشش گسستن $R_m\left(N/mm^2\right)$	مدول الاستیسیته (مدول یانگ) $E\left(N/mm^2\right)$	کشش نهایی $R_{p0/2}$ حداکثر N/mm^2	کشش نهایی $R_{p0/2}$ حداقل N/mm^2	سختی برنیل HB 10 N/mm^2	رسانایی در $20^\circ C$ $m/\Omega.\ mm^2$ حداقل
مس						
E-Cu F25	۲۵۰	۱۱×۱۰^۴	۲۹۰	۲۰۰	۷۰۰-۹۵۰	۵۶
E-Cu F30	۳۰۰	۱۱×۱۰^۴	۳۶۰	۲۵۰	۸۰۰-۱۰۵۰	۵۶
E-Cu F37	۳۷۰	۱۱×۱۰^۴	۴۰۰	۳۳۰	۹۵۰-۱۱۵۰	۵۶
آلومینیوم						
E- AL F6.5/7	۶۵/۷۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۸۰	۲۵	۲۰۰-۳۰۰	۳۵/۴
E-AL F8	۸۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۱۰۰	۵۰	۲۲۰-۳۲۰	۳۵/۲
E-AL F10	۱۰۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۱۲۰	۷۰	۲۸۰-۳۸۰	۳۴/۸

برخی از مشخصه‌های مهم هادی مس و آلومینیوم در جدول (ث-۲) آمده است.

جدول (ث-۲): مشخصات شینه‌های مسی و آلومینیومی

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 در حد دما[1] A/mm^2
مس E-Cu	۸/۹	۵۶	۳۵	۶/۳	۰/۰۱۷۸	۱۵۴
آلومینیوم E-AL	۲/۷	۴۸	۳۰	۱۳	۰/۰۲۸۶	۱۰۲

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

ث-۲- حداکثر دمای پیوسته

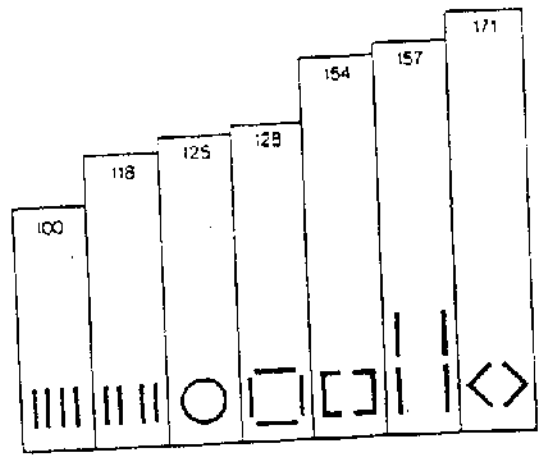
برای شینه‌هایی که اتصالات آن با پیچ بوده و اکسید نشده یا روغن‌کاری نشده باشند حدوداً $120^\circ C$ و در صورتیکه آبکاری نقره و یا شبیه به آن شده باشد این دما را می‌توان تا $160^\circ C$ در نظر گرفت.

با افزایش دما استحکام مواد هادی کاهش پیدا می‌کند، این اثر برای آلومینیوم سریعتر از مس می‌باشد، در حالت اتصال کوتاه دمای هادی آلومینیوم از $180^\circ C$ و دمای هادی مس از $200^\circ C$ نباید تجاوز کند.

ث-۳- انتخاب شکل سطح مقطع شینه

شکل سطح مقطع هادی نه تنها برروی استقامت پیچشی شینه موثر است بلکه روی ظرفیت باردهی شینه اثر گذار می‌باشد. به هنگام استفاده از شینه در جریان مستقیم، به علت عدم وجود اثر پوستی، عامل مهم در انتخاب شکل سطح مقطع شینه، فقط تحمل حرارتی شینه در آن 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 با توجه به سهولت در نصب و فواصل مجاز کم، ترجیح داده می‌شود، و در این حالت استفاده از شینه دوبل تلفات را پایین می‌آورد. در جریانهای بالاتر از شینه های گرد (لوله‌ای) و ناودانی می‌توان استفاده نمود. در شکل (ث-۱) درصد باردهی شینه‌های مختلف که دارای سطح مقطع مجموع یکسان هستند با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ث-۱: درصد باردهی شینه‌های مختلف (با سطح مقطع‌های یکسان)

ث-۴- جداول ظرفیت باردهی شینه‌های مختلف مسی و آلومینیومی

در جداول (ث-۳) تا (ث-۸) ظرفیت جریان پیوسته‌ای که هادیهای مسی و آلومینیومی می‌توانند از خود عبور دهند با توجه به فرضیات زیر بدست آمده است :

الف- هوای محیط آرام و بدون حرکت است.

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

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

جداول مربوط به هادیهای مسی طبق استاندارد DIN۴۳۶۷۱ و برای هادیهای آلومینیومی طبق DIN ۴۳۶۷۰ می‌باشد.

در جدول (ث-۳) مشخصات باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی آمده است. در محاسبه مقادیر این جدول دمای محیط $35\ ^{\circ}C$ و دمای هادی $65^{\circ}C$ در نظر گرفته شده است. فاصله بین دو شینه که بطور عمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته‌اند برابر ضخامت شینه می‌باشد.

جدول (ت-۳): ظرفیت باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی

پهنا × ضخامت $mm \times mm$	سطح مقطع mm^2	وزن[1] kg/m	جنس ماده[2]	جریان پیوسته متناوب			
				تعداد هادی رنگ شده		تعداد هادی لخت	
۱۲×۵	۵۹/۵	۰/۵۲۹	E-Cu F 37	۲۰۳	۳۴۵	۱۷۷	۳۱۲
۱۲×۱۰	۱۱۹/۵	۱/۰۶۳	E-Cu F 37	۳۲۶	۶۰۵	۲۸۵	۵۵۳
۲۰×۵	۹۹/۱	۰/۸۸۲	E-Cu F 37	۳۱۹	۵۶۰	۲۷۴	۵۰۰
۲۰×۱۰	۱۹۹	۱/۷۷	E-Cu F 30	۴۹۷	۹۲۴	۴۲۷	۸۲۵
۳۰×۵	۱۴۹	۱/۳۳	E-Cu F 37	۴۴۷	۷۶۰	۳۷۹	۶۷۲
۳۰×۱۰	۲۹۹	۲/۶۶	E-Cu F 30	۶۷۶	۱۲۰۰	۵۷۳	۱۰۶۰
۴۰×۵	۱۹۹	۱/۷۷	E-Cu F 37	۵۷۳	۹۵۲	۴۸۲	۸۳۶
۴۰×۱۰	۳۹۹	۲/۵۵	E-Cu F 30	۸۵۰	۱۴۷۰	۷۱۵	۱۲۹۰
۵۰×۵	۲۴۹	۲/۲۲	E-Cu F 37	۶۹۷	۱۱۴۰	۵۸۳	۹۹۴
۵۰×۱۰	۴۹۹	۴/۴۴	E-Cu F 30	۱۰۲۰	۱۷۲۰	۸۵۲	۱۵۱۰
۶۰×۵	۲۹۹	۲/۶۶	E-Cu F 30	۸۲۶	۱۳۳۰	۶۸۸	۱۱۵۰
۶۰×۱۰	۵۹۹	۵/۳۳	E-Cu F 30	۱۱۸۰	۱۹۶۰	۹۸۵	۱۷۲۰
۸۰×۵	۳۹۹	۳/۵۵	E-Cu F 30	۱۰۷۰	۱۶۸۰	۸۸۵	۱۴۵۰
۸۰×۱۰	۷۹۹	۷/۱۱	E-Cu F 30	۱۵۰۰	۲۴۱۰	۱۲۴۰	۲۱۱۰
۱۰۰×۵	۴۹۹	۴/۴۴	E-Cu F 30	۱۳۰۰	۲۰۱۰	۱۰۸۰	۱۷۳۰
۱۰۰×۱۰	۹۸۸	۸/۸۹	E-Cu F 30	۱۸۱۰	۲۸۵۰	۱۴۹۰	۲۴۸۰
۱۲۰×۵	۱۲۰۰	۱۰/۷	E-Cu F 30	۲۱۱۰	۳۲۸۰	۱۷۴۰	۲۸۶۰

[1] - وزن با توجه به چگالی $8/9\ kg/dm^3$ حساب شده است.

[2] - مواد E-Cu و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500 Sheet 3 می‌باشند و لبه شینه‌های تحت مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

مشخصات باردهی شینه‌های مسی لوله‌ای شکل در جدول (ث-۴) آمده است.

جدول (ث-۴): شینه‌های مسی با سطح مقطع لوله‌ای شکل، دمای محیط $35^{\circ}C$، دمای هادی $65^{\circ}C$ و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر با ۲/۵ برابر قطر خارجی لوله می‌باشد.

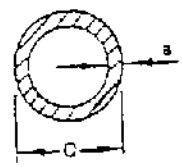
قطر خارجی mm	ضخامت جداره mm	سطح مقطع mm^2	وزن[۱] kg/m	جنس ماده[۲]	جریان پیوسته شینه	
					رنگ شده	لخت
۲۰	۲	۱۱۳	۱/۰۱	E-Cu F37	۳۸۴	۳۲۹
	۳	۱۶۰	۱/۴۳	E-Cu F37	۴۵۷	۳۹۲
	۴	۲۰۱	۱/۷۹	E-Cu F30	۵۱۲	۴۳۸
	۵	۲۳۶	۲/۱۰	E-Cu F30	۵۵۴	۴۷۵
	۶	۲۶۴	۲/۳۵	E-Cu F25	۵۹۱	۵۰۶
۳۲	۲	۱۸۸	۱/۶۸	E-Cu F37	۶۰۲	۵۰۸
	۳	۲۷۳	۲/۴۴	E-Cu F37	۷۲۵	۶۱۱
	۴	۳۵۲	۳/۱۴	E-Cu F30	۸۲۱	۶۹۳
	۵	۴۲۴	۳/۷۸	E-Cu F30	۹۰۰	۷۶۰
	۶	۴۹۰	۴/۳۷	E-Cu F25	۹۷۳	۸۲۱
۴۰	۲	۲۳۹	۲/۱۳	E-Cu F37	۷۴۴	۶۲۴
	۳	۳۴۹	۳/۱۱	E-Cu F37	۸۹۹	۷۵۳
	۴	۴۵۲	۴/۰۴	E-Cu F30	۱۰۲۰	۸۵۷
	۵	۵۵۰	۴/۹۰	E-Cu F30	۱۱۳۰	۹۴۴
	۶	۶۴۱	۵/۷۲	E-Cu F25	۱۲۲۰	۱۰۲۰
۵۰	۳	۴۴۳	۳/۹۵	E-Cu F37	۱۱۲۰	۹۲۸
	۴	۵۷۸	۵/۱۶	E-Cu F30	۱۲۷۰	۱۰۶۰
	۵	۷۰۷	۶/۳۱	E-Cu F30	۱۴۱۰	۱۱۷۰
	۶	۸۲۹	۷/۴۰	E-Cu F25	۱۵۳۰	۱۲۷۰
	۸	۱۰۶۰	۹/۴۲	E-Cu F25	۱۷۰۰	۱۴۲۰

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

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

ادامه جدول (ث-۴):

قطر خارجی mm	ضخامت جداره mm	سطح مقطع mm^2	وزن[۱] kg/m	جنس ماده[۲]	جریان پیوسته شینه	
					رنگ شده	لخت
۶۳	۳	۵۶۵	۵/۰۴	E-CUF 30	۱۳۹۰	۱۱۵۰
	۴	۷۴۱	۶/۶۱	E-CUF 30	۱۵۹۰	۱۳۲۰
	۵	۹۱۱	۸/۱۳	E-CUF 30	۱۷۶۰۰	۱۴۶۰
	۶	۱۰۷۰	۹/۵۸	E-CUF 25	۱۹۲۰	۱۵۹۰
	۸	۱۳۸۰	۱۲/۳	E-CUF 25	۲۱۵۰	۱۷۸۰
۸۰	۳	۷۲۶	۶/۴۷	E-CUF 30	۱۷۵۰	۱۴۴۰
	۴	۹۵۵	۸/۵۲	E-CUF 30	۲۰۱۰	۱۶۵۰
	۵	۱۱۸۰	۱۰/۵	E-CUF 30	۲۲۳۰	۱۸۲۰
	۶	۱۴۰۰	۱۲/۴	E-CUF 25	۲۴۳۰	۱۹۹۰
	۸	۱۸۱۰	۱۶/۱	E-CUF 25	۲۷۳۰	۲۲۴۰
۱۰۰	۳	۹۱۴	۸/۱۵	E-CUF 30	۲۱۷۰	۱۷۷۰
	۴	۱۲۱۰	۱۰/۸	E-CUF 30	۲۴۹۰	۲۰۳۰
	۵	۱۴۹۰	۱۳/۳	E-CUF 30	۲۷۶۰	۲۲۵۰
	۶	۱۷۷۰	۱۵/۸	E-CUF 25	۳۰۲۰	۲۴۶۰
	۸	۲۳۱۰	۲۰/۶	E-CUF 25	۳۴۱۰	۳۳۳۰

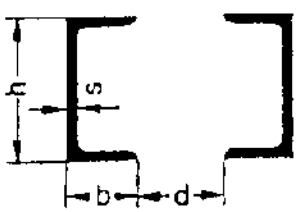


[۱] - محاسبات برای چگالی مس kg/dm^3 ۸/۹ انجام شده است.

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

مشخصات باردهی شین مسی از پروفیل U برای جریان متناوب در جدول (ث-۵) آمده است که در این جدول محاسبات براساس دمای محیط ۳۵° و دمای هادی $65^{\circ}C$ در نظر گرفته شده است.

جدول (ث-۵): ظرفیت باردهی شینه‌های مسی U شکل



رنگ شده A	لخت A	وزن kg/m	مقطع mm^2	رنگ شده A	لخت A	وزن kg/m	مقطع mm^2	جنس E-Cu	ابعاد پروفیل برحسب میلیمتر				
									d	s	b	h	Nr.
۲۲۵۰	۲۱۰۰	۷/۹۸	۸۹۶	۱۱۰۰	۹۹۰	۳/۹۹	۴۴۸	F30	۲۵	۴	۳۰	۶۰	۶
۳۲۰۰	۲۹۰۰	۱۵/۳	۱۷۲۰	۱۸۰۰	۱۶۵۰	۷/۶۵	۸۵۸	F30	۲۵	۶	۷۳/۵	۸۰	۸
۴۳۰۰	۳۹۰۰	۲۲/۶	۲۵۴۰	۲۵۰۰	۲۳۰۰	۱۱/۳	۱۲۷۰	F30	۲۵	۸	۳۷/۵	۱۰۰	۱۰

در جدول (ث-۶) مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی آمده است، در محاسبه مقادیر، دمای محیط $35^{\circ}C$ و دمای هادی $65^{\circ}C$ در نظر گرفته شده است. و فاصله بین دو شینه که بطور عمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته‌اند برابر ضخامت شینه می‌باشد.

جدول (ت-۶): مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی

جریان پیوسته متناوب تا فرکانس ۶۰ هرتز				جنس ماده[۲]	وزن[۱] kg/m	سطح مقطع mm^2	پهنا × ضخامت $mm \times mm$
تعداد هادی لخت		تعداد هادی رنگ شده					
۲۶۳	۱۳۹	۲۹۲	۱۶۰	E-Al F 10	۰/۱۶۰	۵۹/۵	۱۲ × ۵
۴۴۰	۲۲۴	۴۹۰	۲۵۷	E-Al F 10	۰/۳۲۲	۱۱۹/۵	۱۲ × ۱۰
۳۹۲	۲۱۴	۴۴۶	۲۵۴	E-Al F 10	۰/۲۶۸	۹۹/۱	۲۰ × ۵
۶۴۳	۳۳۱	۷۳۰	۳۹۳	E-Al F 10	۰/۵۳۸	۱۹۹	۲۰ × ۱۰
۵۲۶	۲۹۵	۶۰۶	۳۵۶	E-Al F 10	۰/۴۰۳	۱۴۹	۳۰ × ۵
۸۳۲	۴۴۵	۹۵۶	۵۳۶	E-Al F 10	۰/۸۰۸	۲۹۹	۳۰ × ۱۰
۶۵۸	۱۰۶	۷۶۲	۴۵۶	E-Al F 10	۰/۵۳۸	۱۹۹	۴۰ × ۵
۱۰۳۰	۵۵۷	۱۱۸۰	۶۷۷	E-Al F 10	۱/۰۸	۳۹۹	۴۰ × ۱۰
۷۸۶	۴۵۵	۹۱۶	۵۵۶	E-Al F 10	۰/۶۷۳	۲۴۹	۵۰ × ۵
۱۲۱۰	۶۶۷	۱۴۰۰	۸۱۵	E-Al F 10	۱/۳۵	۴۹۹	۵۰ × ۱۰
۹۱۰	۵۳۳	۱۰۷۰	۶۵۵	E-Al F 10	۰/۸۰۸	۲۹۹	۶۰ × ۵
۱۳۹۰	۷۷۴	۱۶۱۰	۹۵۱	E-Al F 10	۱/۶۲	۵۹۹	۶۰ × ۱۰
۱۱۵۰	۶۸۸						
		۱۳۶۰	۸۵۱	E-Al F 10	۱/۰۸	۳۹۹	۸۰ × ۵
۱۷۲۰	۹۸۳	۲۰۰۰	۱۲۲۰	E-Al F 10	۲/۱۶	۷۹۹	۸۰ × ۱۰
۱۳۹۰	۸۴۶	۱۶۵۰	۱۰۵۰	E-Al F 6.5	۱/۳۵	۴۹۹	۱۰۰ × ۵
۲۰۵۰	۱۱۹۰	۲۳۹۰	۱۴۸۰	E-Al F 6.5	۲/۷۰	۹۹۹	۱۰۰ × ۱۰
۲۵۰۰	۱۴۵۰	۲۹۱۰	۱۸۰۰	E-Al F 6.5	۴/۰۴	۱۵۰۰	۱۰۰ × ۱۵
۲۳۶۰	۱۳۹۰	۲۷۵۰	۱۷۳۰	E-Al F 6.5	۳/۲۴	۱۲۰۰	۱۲۰ × ۱۰
۲۸۵۰	۱۶۸۰	۳۳۲۰	۲۰۹۰	E-Al F 6.5	۴/۸۶	۱۸۰۰	۱۲۰ × ۱۵

[۱] - وزن با توجه به چگالی $2/7\ kg/dm^3$ حساب شده است.

[۲] - مواد E-Al و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40501 Sheet 3 می‌باشند و لبه شینه‌های تحت مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

جدول (ث-۷) شینه‌های آلومینیمی با سطح مقطع لوله‌ای شکل، دمای محیط ۳۵° و دمای هادی ۶۵°C و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر ۲/۵ برابر قطر خارجی لوله میباشد.

جدول (ث-۷): ظرفیت باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع لوله‌ای شکل

جریان پیوسته شینه		جنس ماده	وزن	سطح مقطع	ضخامت	قطر خارجی
لخت	رنگ شده			mm^2	جداره mm	mm
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	۱۱۰۰	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	۱۵۳۰	E-Al F10	۲/۰۰	۱۰۷۰	۶	
۱۲۹۰	۱۷۳۰	E-Al F7	۳/۷۲	۲۲۸۰	۸	

ادامه جدول (ث-۷):

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

مشخصات باردهی شینه آلومینیمی از پروفیل U برای جریان متناوب و دمای محیط ۳۵° و دمای هادی $65^{\circ}C$ در جدول (ث-۸) آورده شده است. هنگامیکه شکل پروفیل بصورت [ ] قرار گرفته است، و فاصله بین خط مرکز دو فاز بزرگتر یا مساوی 2h می‌باشد. مواد استفاده شده E-Al و یا سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40501,sheet 3 می‌باشد.

جدول (ت-۸) : مشخصات باربدهی شینه‌های آلومینیومی U شکل

جریان پیوسته شینه				جنس ماده	وزن		سطح مقطع		ابعاد			
لخت		رنگ شده										
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	d	s	b	h
					Kg/m	Kg/m	mm2	mm2	mm	mm	mm	mm
۱۳۷۰	۶۸۵	۱۸۰۰	۸۸۰	E-Al F6.5	۲/۴۴	۱/۲۲	۴۴۸	۸۹۶	۲۵	۴	۳۰	۶۰
۲۰۰۰	۱۱۴۰	۲۵۴۰	۱۴۶۰	E-Al F8	۴/۶۴	۲/۳۲	۸۵۸	۱۲۷۰	۲۵	۶	۳۷/۵	۸۰
۲۷۰۰	۱۵۵۰	۳۴۵۰	۲۰۰۰	E-Al F8	۶/۹۴	۳/۴۷	۱۲۷۰	۲۵۴۰	۲۵	۸	۳۷/۵	۱۰۰

ت-۵- ضرایب تصحیح

در صورتیکه شرایط واقعی با شرایط فرض شده در جداول (ت-۳) تا (ت-۸) فرق داشته باشد بایستی جریان خوانده شده 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 خوانده شده از جداول (ت-۳) تا (ت-۸) با توجه به سطح مقطع انتخابی می‌باشد.

K_1 : ضریب تصحیح جریان با توجه به تغییرات رسانایی می‌باشد.

K_2 : ضریب تصحیح جریان با توجه به تغییرات دمای محیط و شینه از مقادیر فرض شده می‌باشد.

K_3 : ضریب تصحیح جریان با توجه به تاثیرات حرارتی ناشی از نحوه قرار گرفتن شینه‌ها نسبت به هم می‌باشد.

K_4 : ضریب تصحیح جریان با توجه به تاثیرات الکتریکی ناشی از نحوه قرار گرفتن شینه‌ها نسبت به هم می‌باشد.

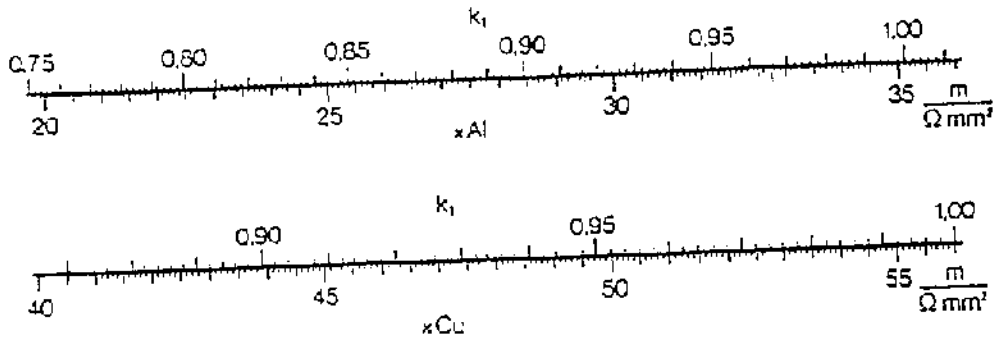
K_5 : ضریب تصحیح جریان با توجه به ارتفاع نصب تابلو از سطح دریا می‌باشد.

ت-۵-۱- ضریب تصحیح K_1

با توجه با جنس شینه و رسانایی ماده مورد استفاده بایستی جریان خوانده شده از جداول (ت-۳) تا

(ث-۸) تصحیح گردد. در شکل (ث-۲) ضریب تصحیح K_1 برای شینه آلومینیمی و مسی آمده است.

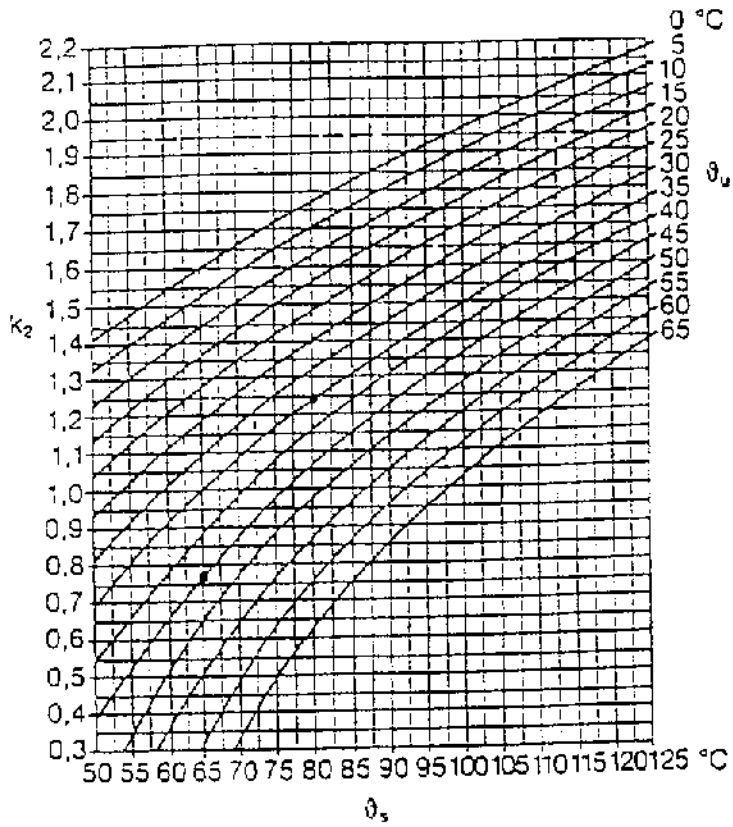
تغییر مقدار رسانایی برای آلومینیم از مقدار $35/1\ ^{m}/_{\Omega mm^2}$ و برای مس از $56\ ^{m}/_{\Omega mm^2}$ در نظر گرفته شده است. برای مثال شینه آلومینیم با $k = 30\ ^{m}/_{\Omega mm^2}$ ضریب تصحیح برابر ۰/۹۲۵ می‌شود.



شکل (ث-۲) ضریب تصحیح K_1 با تغییر رسانایی ماده مورد استفاده

ث-۵-۲- ضریب تصحیح K_2

اگر دمای محیط و شینه با مقادیر در نظر گرفته شده در جداول (ث-۳) تا (ث-۸) فرق داشته باشد ضریب تصحیح مطابق شکل (ث-۳) بدست می‌آید.



شکل (ث-۳) : ضریب تصحیح k2 برای مقادیر دمای غیر از $35^\circ C$ برای هوا $65^\circ C$ برای هادی، θ_z 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 $\theta_u = 35^\circ C$ و دمای حداکثر شینه $80^\circ C$ (ازدیاد حرارت $45^\circ C$) ضریب $K_2 = 1/24$ می‌شود و برای مثال دمای محیط $\theta_u = 45^\circ C$ و دمای شینه $\theta_s = 65^\circ C$ (ازدیاد حرارت ۲۰ درجه) ضریب $K_2 = 0/77$ می‌شود.

ث-۵-۳- ضریب تصحیح K_3

ضریب تصحیح جریان با توجه به اثر حرارتی با در نظر 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 رنگ شده K_3 =۰/۸۵

برای شینه‌های رنگ شده K_3 = ۰/۸۵

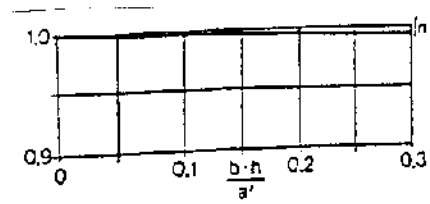
برای شینه‌های رنگ نشده K_3 =۰/۸

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

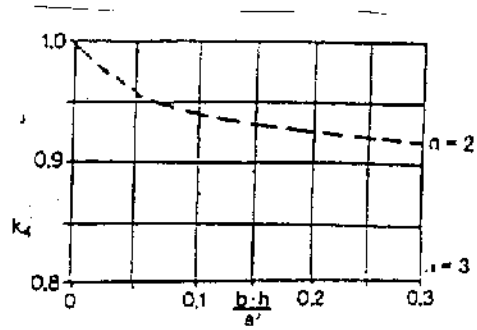
ج-۵-۴- ضریب تصحیح K_4

ضریب تصحیح جریان با توجه به اثر الکتریکی با در نظر گرفتن نحوه قرار گیری شینه‌ها برای شینه‌های مسی و آلومینیمی در شکل (ث-۴) و (ث-۵) آمده است.

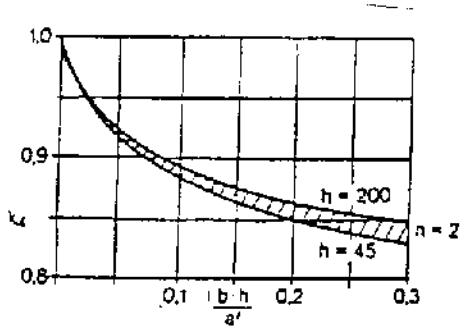
الف-



ب-



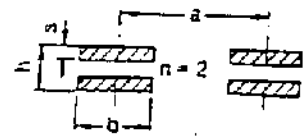
ت-

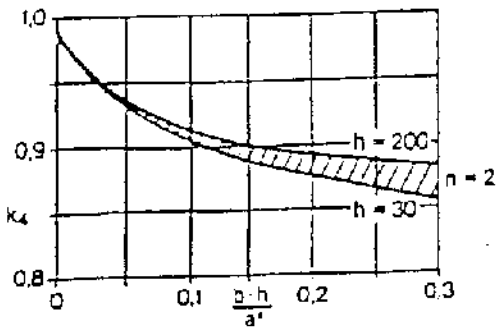


شکل (ث-۴) : ضریب تصحیح K_4 با در نظر گرفتن اثر پوستی برای شینه‌های آلومینیمی و فواصل کم بین فازها

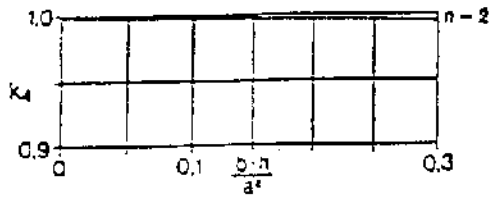
الف- ضریب تصحیح K_4 برای ضخامت شینه S =۵mm ب- ضریب تصحیح K_4 برای ضخامت شینه S =۱۰mm ، پ- ضریب تصحیح K_4 برای ضخامت شینه S=۱۵mm

الف-





پ-



ب-

شکل (ت-۵) : ضریب تصحیح K_4 برای تاثیر اثر پوستی برای هادی مسی با در نظر گرفتن فاصله کم بین فازها

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

ب- ضریب تصحیح K_4 برای ضخامت هادی S=۵mm

پ- ضریب تصحیح K_4 برای ضخامت هادی S=۱۰mm بصورت تابعی از $b.h/a^2$ که b، h و a بر حسب میلیمتر می‌باشد و n تعداد هادیها در هر فاز می‌باشد.

ت-۵-۵- ضریب تصحیح K_5

ضریب تصحیح جریان (K_5) با توجه به ارتفاع و فشار محل نصب شینه در جدول (ت-۹) آمده است.

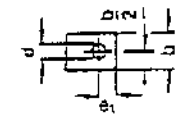
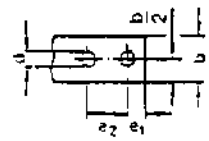
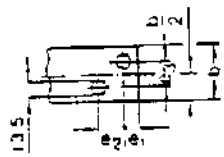
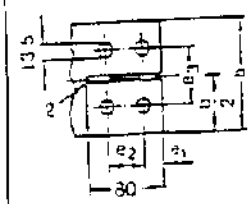
جدول (ت-۹) ضریب تصحیح K_5 برای نصب شینه‌ها در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا

ارتفاع بالاتر از سطح دریا	ضریب تصحیح K_5
۱۰۰۰	۱
۲۰۰۰	۰/۹۹
۳۰۰۰	۰/۹۶
۴۰۰۰	۰/۹

ث-۶- اتصالات شین

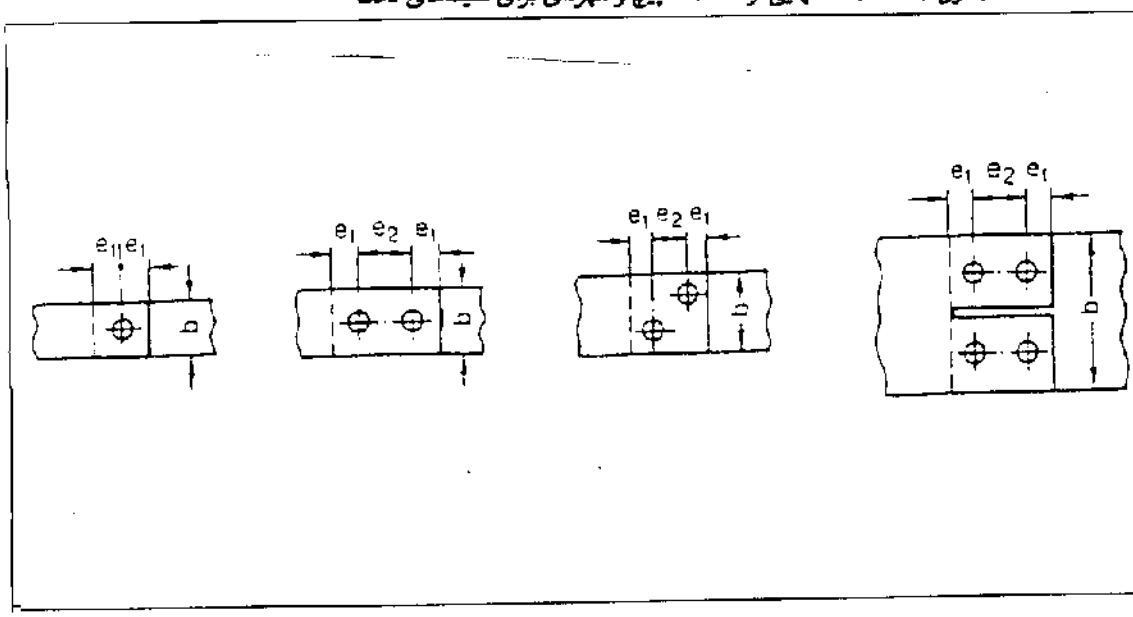
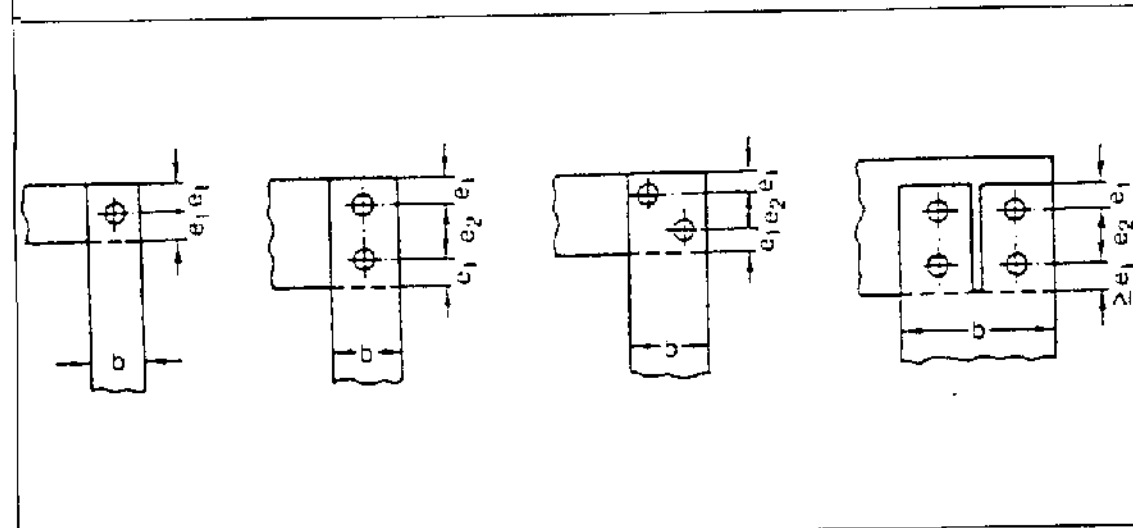
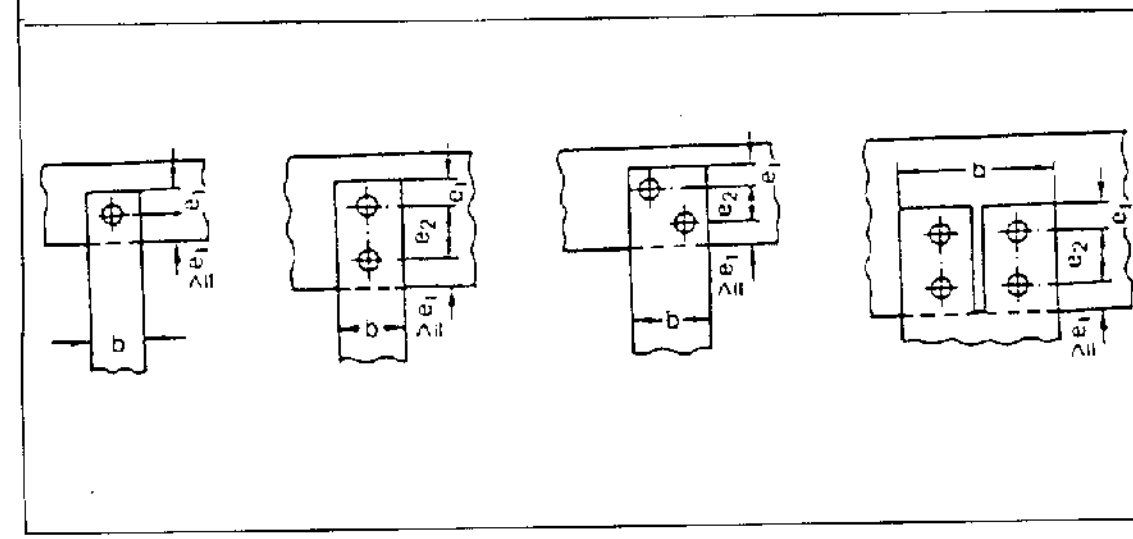
به هنگام ارتباط شینها به یکدیگر و گرفتن انشعاب باید دقت شود که مقاومت شین در محل اتصال تا حد امکان کوچک نگهداشته شود. تا از ازدیاد حرارت در محل اتصال جلوگیری گردد. به هنگام اتصال در شینه سطح تماس بایستی بوسیله سوهان یا برس سیمی کاملاً تمیز گردد. سپس با توجه به جداول زیر تعداد و اندازه سوراخها بر روی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

جدول (ث-۱۰) : 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 (ث-۱۱): مثالهایی از اتصالات پیچ و مهره‌ای برای شبینه‌های تخت

اتصال طولی	
اتصال با زاویه	
اتصال صلیبی	

مقادیر نمونه‌ای b، d، e_1، e_2 و e_3 در جدول (ث-۱۰) آمده است.

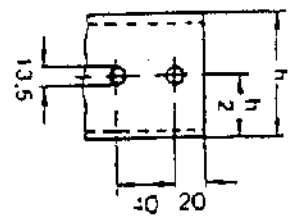
۸۲۴۶۱۰۷۸

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.

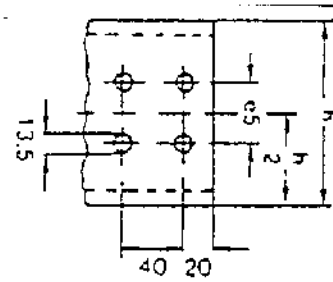
جدول (ت-۱۳): سوراخهای لازم جهت اتصالات شین U شکل (ابعاد به میلیمتر)

سوراخ انتهای شین

شینه به پهنای ۶۰ تا ۸۰ میلیمتر



شینه به پهنای ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلیمتر



مقادیر نمونه‌ای e_5 در جدول (ث-۱۳) آمده است.

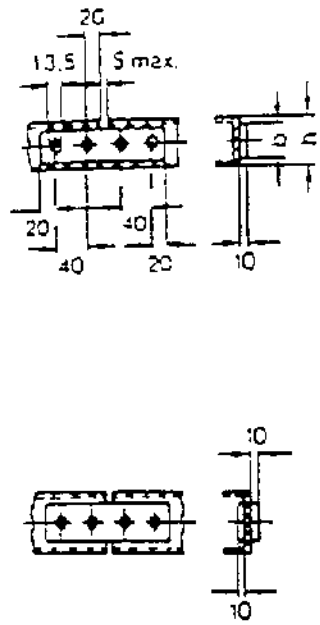
h برابر ارتفاع پروفیل Uشکل می‌باشد.

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

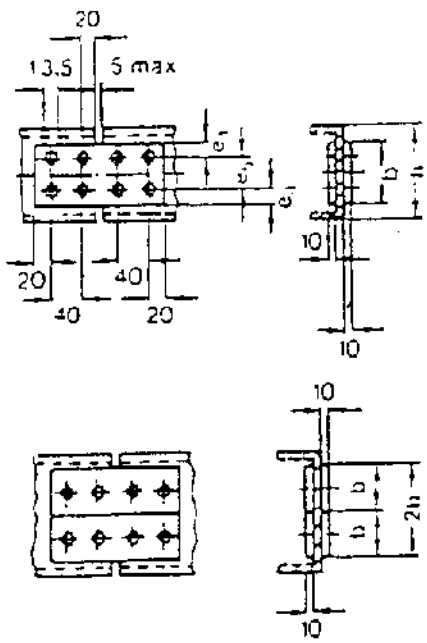
برای اتصال شینه‌های لوله‌ای و یا پروفیل Uشکل از کلمپهای مخصوص باید استفاده نمود. طرز آماده کردن محل ارتباط شینه‌ها به همراه اشکال مربوطه در زیر آمده است.

جدول (ث-۱۳): نمونه‌هایی از اتصالات طولی در شینه از نوع پروفیل L‌شکل (ابعاد به میلیمتر)

پهنای هادی از ۶۰ تا ۸۰ میلیمتر

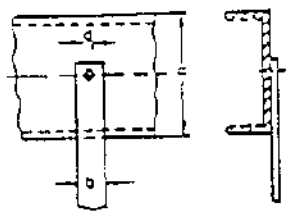


پهنای هادی از ۱۰۰ تا ۱۶۰ میلیمتر



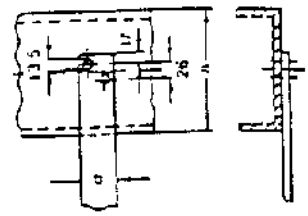
h	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰	۱۶۰
b	۵۰	۵۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۶۰
e_4	———	———	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰
e_5	———	———	۴۰	۴۰	۵۰	۶۰

جدول (ث-۴۱): نمونه‌هایی از اتصالات صلیبی در شینه‌هایی از نوع پروفیل U شکل (ابعاد بر حسب میلیمتر)



برای b = ۱۲-۵۰ mm

مناسب برای انواع پروفیلهای U شکل

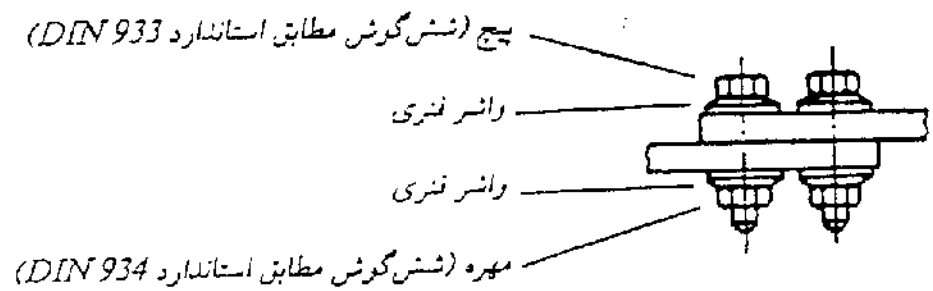


برای b = ۶۰ mm

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 (ث-۶) طرز ارتباط شین با پیچ و مهره را نشان می‌دهد.



شکل (ث-۶): مرز ارتباط شین با پیچ و مهره

فهرست مطالب

پیوست (ت): اندازه‌گیری تخلیه جزئی

اندازه‌گیری تخلیه جزئی راه مناسبی برای تعیین اثرات دقیق دستگاهها در حین آزمون می‌باشد. و برای آزمون‌های عایقی کاربرد دارد. تجربه نشان می‌دهد که تخلیه جزئی ممکن است در آرایش‌های خاص منجر به تضعیف تصاعدی پایداری عایقی در مواد عایقی گردد. خصوصاً مواد عایقی جامد بعبارت دیگر هنوز ایجاد رابطه قابل استناد بین نتایج اندازه‌گیری تخلیه جزئی و طول عمر تجهیزات در یک سیستم عایقی بکار رفته در تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی امکان‌پذیر نیست.

ت-۱- کاربرد

اندازه‌گیری تخلیه جزئی ممکن است برای تابلوهای قدرت و فرمانی که مواد عایقی معدنی در آنها مورد استفاده قرار گرفته بکار می‌رود همچنین برای تابلوهایی که عایق گازی دارند نیز پیشنهاد می‌گردد. به خاطر تغییرات طراحی یک مشخصات عمومی برای وسیله مورد آزمایش نمی‌تواند ارائه شود. معمولاً تابلوی مورد آزمایش باید شامل مجموعه‌ها یا زیر مجموعه‌هایی با فشارهای دی‌الکتریک باشد که معادل آنچه در مجموعه کاملی از تجهیزات اتفاق می‌افتد، می‌باشد. برای برآوردن نیازهای فنی و محیطی پیشنهاد می‌گردد که آزمون تخلیه جزئی روی تابلوها انجام گیرد. همانطور که آزمون عایقی مربوطه صورت می‌گیرد آزمون‌های روتین نیز روی اجزاء انجام شود.

ت-۲- مدارات آزمون و وسایل اندازه‌گیری

مدار آزمون، وسایل اندازه‌گیری و روش کالیبراسیون در استاندارد IEC 270 موجود می‌باشد. وسایل سه‌فاز می‌توانند هم در مدار آزمون تکفاز و هم در مدار آزمون سه‌فاز، مورد آزمایش قرار گیرند. (مدار شماره ۳)

ت-۳- روش آزمون

ولتاژ فرکانس صنعتی مجاز برای حداقل ۱/۳ V یا $1/3\,V/\sqrt{3}$ مطابق با مدار آزمون مطرح شود و به مدت حداقل ۱۰ ثانیه نگهداشته شود.

ولتاژ بنابراین بدون قطعی تا ۱/۱ V یا $1/1\,V/\sqrt{3}$، مطابق با مدار آزمون، کاهش می‌یابد و مقدار تخلیه جزئی در این ولتاژ آزمون اندازه‌گیری می‌شود.

تا حد امکان با درنظر گرفتن صدای ایجاد شده در حین کار، ولتاژ شروع و خاتمه تخلیه جزئی برای داشتن اطلاعات اضافی، ثبت شود. عموماً در حین آزمون روی تابلوها، وسایل کلیدزنی باید بسته باشند. در حالت قطع که ممکن است بوسیله تخلیه جزئی عایق بین کنتاکت‌های باز از بین برود، اندازه‌گیری اضافه تخلیه جزئی باید در حالتی که قطع کننده‌ها باز هستند انجام شود.

ت-۴- ماکزیمم مقدار تخلیه جزئی

بیشترین مقدار مجاز تخلیه جزئی در ۱/۱ V یا $1/1\,V/\sqrt{3}$ باید با توافق بین سازنده و خریدار باشد. تخلیه جزئی با واحد کلومب،اندازه‌گیری می‌شود (C).

فهرست مطالب

پیوست (ج): استقامت حرارتی شینه‌ها

برای استقامت حرارتی شینه‌ها، مدت و نوع تغییرات جریان اتصال کوتاه موثر می‌باشد. مدت جریان اتصال کوتاه بستگی به محل خطا و بزرگی شبکه و تنظیم رله‌ها و زمان قطع کلید و مشخصه فیوزها دارد و معمولاً بین ۰/۱ تا ۵ ثانیه است.

در هنگام محاسبه تحمل حرارتی شینه در مقابل جریان اتصال کوتاه چنین فرض می‌شود که تلف حرارت موجود نباشد یعنی تمام گرمای ایجاد شده باعث ازدیاد درجه حرارت شین می‌گردد. حرارت ایجاد شده برابر است با:

$$Q = 0/24 \times 10^{-3} \times I_k^2 . R . dt$$

dt: مدت زمان اتصال کوتاه

I_k: جریان اتصال کوتاه

R: مقاومت

مقاومت R خود تابع درجه حرارت است.

$$R = \rho_1 . \frac{1}{q} . [1 + \alpha(\theta - \theta_1)]$$

فرض بر این است که تلف حرارتی ندارد.

$$Q = G.C.\Delta\theta$$

$$G = L.S.r.10^{-3}$$

G: جرم سیم بر حسب kg

r: وزن مخصوص

L: طول شینه

s: سطح مقطع

$$\Delta\theta = \left(\frac{I_k}{s}\right)^2 \frac{0/24}{r.c} \rho [1 + \alpha(\theta_2 - \theta_1)] dt$$

افزایش درجه حرارت سیم از درجه حرارت شروع θ_1 تا درجه حرارت θ_2 در اثر عبور جریان اتصال کوتاه I_k بمدت t_k برابر است با:

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{dt}{1 + \alpha(\theta - \theta_1)} = \left(\frac{I_k}{s}\right)^2 \frac{0/24}{r.c} . \rho . \int_0^{t_k} dt$$

$$\ln[1+\alpha(\theta_2-\theta_1)]=\frac{1}{s^2}.\frac{0/24}{r.c}.\rho.\alpha.I_k^2.t_k$$

C: حرارت مخصوص

θ: درجه حرارت °C

ρ: مقاومت مخصوص $\left[\Omega mm^2/m\right]$

α: ضریب حرارتی فلز $1/°C$

r: وزن مخصوص kg/dm^3

s: سطح مقطه سیم mm^2

I_k: جریان اتصال کوتاه A

C.r عملاً در صورتیکه درجه حرارت سیم به درجه حرارت ذوب نرسیده باشد، عدد ثابتی است.

اگر جریان اتصال کوتاه از مقدار شروع خود هنگام اتصالی I_k^2 تا هنگام رسیدن به مقدار نهایی I_k نزول کند و مقدار موثر I_k را با I_k نشان دهیم داریم:

$$\int_0^{t_k} i^2k.dt=(m+n)I_k''^2.t_k$$

m: ضریب مربوط به مولفه جریان دائم مستهلک شونده

n: ضریب مولفه جریان متناوب

m و n در استاندارد IEC 865 موجود می‌باشد.

در این صورت جریان اتصال کوتاهی که برای ایجاد حرارت موثر است I_{th}، عبارت است از:

$$I_{th}=\sqrt{m+n}\ I_k''$$

بعبارت دیگر I_{th} در زمان t_k همان حرارتی را در شین ایجاد می‌کند که جریان اتصال کوتاه مستهلک شونده با مقدار اولیه I_k'' در همان شین ایجاد می‌کند.

بخش چهارم
آئین‌کار و روشهای اجرایی
(مصداق ندارد)

لیست گزارشات