مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

به نام خدا

عنوان پروژه :

دستورالعمل انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل تاسیسات الکتریکی در ساختمانهای دولتی و عمومی و ارائه چک‌لیست‌های مربوط (سیستم توزیع)

Compilation of instruction on selection, designing, implementation and delivery of electrical installations in governmental and public buildings and preparation of related checklists

گزارش شماره ۵

اردیبهشت ۱۳۹۳

فهرست مطالب

۱ مقدمه ۱
۱-۱ دامنه کاربرد ۱
۱-۲ اهداف طراحی در پروژه‌های توزیع نیروی برق ۱
۱-۳ تقسیم‌بندی شبکه‌ی توزیع ۱
۱-۴ معیارهای طراحی خطوط زمینی و هوایی ۲
۱-۵ فرآیند طراحی ۲
۱-۶ مبانی طراحی شبکه توزیع ۳
۱-۶-۱ میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری ۳
۱-۶-۲ برآورد درخواست نیروی برق (دیماند) ۳
۱-۶-۳ نوع درخواست نیروی برق ۴
۱-۶-۴ برآورد توان کل نصب شده ۴
۱-۶-۵ تخمین ضریب همزمانی (غیرهمزمانی) ۴
۱-۷ محل تحویل نیروی برق (سرویس مشترک) نقطه شروع تأسیسات برق ۵
۱-۷-۱ تأسیسات انشعاب فشار ضعیف (منشعب از شبکه‌های عمومی) ۵
۱-۷-۲ انشعاب فشار متوسط (اختصاصی) ۶
۲ واژه شناسی ۷
۳ الزامات طراحی پست‌های توزیع ۱۰
۳-۱ انواع پست در حالت کلی ۱۰
۳-۲ پستهای هوایی ۱۰
۳-۲-۱ تجهیزات پستهای هوایی ۱۰
۳-۲-۲ ویژگیهای محل احداث پست ۱۱
۳-۲-۳ سیستم زمین ۱۱
۳-۲-۱ انتخاب مشخصات تجهیزات پستهای هوایی ۱۲
۳-۳ پست زمینی ۱۲
۳-۳-۱ سیستمهای توزیع پست زمینی بیرونی ۱۲
۳-۳-۲ سیستمهای توزیع پست زمینی داخلی ۱۳
۳-۳-۳ انواع پست زمینی ۱۴

۳-۳-۴ انتخاب زمین و محل پست ۱۴
۳-۳-۵ مشخصات اتاق ترانسفورماتور ۱۶
۳-۳-۵-۱ الزامات اجزای اتاق ترانسفورماتور و خصوصیات آن ۱۷
۳-۳-۶ مراحل طراحی و انتخاب مشخصه‌های ساختمان پست ۱۹
۳-۳-۷ ظرفیت پست ۲۴
۳-۳-۷-۱ میزان تقاضا ۲۴
۳-۳-۷-۲ پیش‌بینی بار و طراحی پست ۲۴
۳-۲-۷ تهویه پست ۲۴
۳-۲-۸ برق روشنایی پست ۳۲
۳-۲-۹مشخصات چاله روغن پست ۳۲
۳-۲-۱۰ تجهیزات الکتریکی اصلی پست‌های توزیع زمینی ۳۴
۴ ترانسفورماتور قدرت ۳۷
۴-۱ انواع ترانسفورماتورها برحسب وظایف آنها ۳۷
۴-۲ انواع ترانسفورماتورها از نظر ماده عایقی و خنک‌کننده‌ها ۳۷
۴-۳ اجزای ترانسفورماتور ۳۷
۴-۳-۱ هسته ۳۷
۴-۳-۲ سیم‌پیچ‌ها ۳۸
۴-۳-۳ مواد عایقی ۴۰
۴-۳-۴ انشعابات سیم‌پیچی و قابلیت تنظیم ولتاژ ۴۰
۴-۳-۵ مخزن ۴۱
۴-۳-۶ مقره‌های و بوشینگ‌های فشار قوی و فشار ضعیف ۴۱
۴-۳-۷ سیستم انبساط روغن ۴۲
۴-۳-۷-۱ کنسرواتور یا منبع انبساط ۴۲
۴-۳-۷-۲ سیستم هرمتیک ۴۳
۴-۳-۸ تجهیزات نصب شده روی ترانسفورماتور ۴۳
۴-۳-۸-۱ رله بوخهلتس ۴۳
۴-۳-۸-۲ ترمومتر روغن ۴۴
۴-۳-۸-۳ سوپاپ اطمینان یا لوله انفجاری (شیر فشارشکن) ۴۴

۴-۳-۸-۴ رادیاتور یا مبدل حرارتی ۴۴
۴-۳-۸-۵ پمپ و فن‌ها ۴۴
۴-۳-۸-۶ مجرای تنفسی و سیلیکاژل مربوط به تانک اصلی و تب‌چنجر ۴۵
۴-۴ شکل ظاهری و ابعاد ترانسفورماتور ۴۵
۴-۵ محاسبه قدرت مورد نیاز ترانسفورماتور پستها ۴۷
۴-۶ قطع و وصل ترانسفورماتورهای قدرت ۴۷
۴-۷ حمل ترانسفورماتور ۴۷
۴-۸ نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتور ۴۸
۴-۹ بازرسی از نظر الکتریکی ۴۸
۴-۱۰ کنترل‌های قبل از برقدار کردن ۴۹
۴-۱۰-۱ انجام آزمایش مقاومت عایقی (مگر) ۴۹
۴-۱۱ کنترل، سرویس و نگهداری دوره‌ای ۴۹
۴-۱۱-۱ سطح روغن ۴۹
۴-۱۱-۲ آزمایش وضعیت روغن ۴۹
۴-۱۱-۳ آب بندی ۴۹
۴-۱۱-۴ ماده رطوبت‌گیر (سیلیکاژل) ۴۹
۴-۱۲ تست‌های ترانس قدرت ۵۰
۵ تابلوهای فشار متوسط ۵۱
۵-۱ کلیات ۵۱
۵-۲ شرایط بهره‌برداری ۵۳
۵-۲-۱ شرایط بهره‌برداری عادی ۵۳
۵-۲-۱-۱ دمای هوای محیط ۵۳
۵-۲-۱-۲ شرایط جوی ۵۳
۵-۲-۱-۳ ارتفاع ۵۳
۵-۲-۱-۴ سرعت باد ۵۴
۵-۲-۱-۵ ضخامت یخ ۵۴
۵-۲-۱-۶ لرزش ۵۴
۵-۲-۱-۷ سایر پارامترها ۵۴
۵-۳ شرایط حمل و نقل، انبار کردن و نصب ۵۴

۵-۴ معیارها و ضوابط فنی ۵۴
۵-۴-۱ معیارها و ضوابط فنی تابلوهای فشار متوسط ۵۴
۵-۴-۱-۱ کلیات ۵۴
۵-۴-۱-۲ ترمینال‌های هادی‌های خارجی ۵۴
۵-۴-۱-۴ درجه حفاظتی ۵۵
۵-۴-۱-۵ افزایش دما ۵۵
۵-۶ طرح و ساخت ۵۶
۵-۷ تجهیزات داخل تابلوهای فشار متوسط ۵۶
۵-۷-۱ محفظه‌ها ۵۶
۵-۷-۲ محلهای تهویه خروجی‌های هواکش ۵۶
۵-۷-۳ مدارات کمکی ۵۶
۵-۷-۴ کلیدهای قدرت ۵۷
۵-۷-۵ ترانسفورماتورهای جریان ۵۷
۵-۷-۶ ترانسفورماتورهای ولتاژ ۵۸
۵-۷-۷ گرمکنها، روشنایی، دریچه ضد انفجار ۵۸
۵-۷-۸ کلیدهای جداکننده ۵۸
۵-۷-۹ اینترلاک‌ها ۵۹
۵-۷-۱۰ زمین کردن ۵۹
۵-۷-۱۱ شینه‌ها ۶۰
۵-۸ شناسایی ۶۰
۵-۹ پلاک و لوحه‌ها ۶۱
۵-۱۰ رنگ‌آمیزی ۶۲
۵-۱۱ ابعاد ۶۲
۵-۱۱-۱ بیشینه ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته کشویی ۶۲
۵-۱۲ اطلاعات، لوحه ویژگی‌ها ۶۳
۵-۱۳ آزمون‌ها ۶۳
۵-۱۳-۱ طبقه‌بندی آزمون‌ها ۶۳
۵-۱۳-۲ آزمون‌های نوعی و تعیین تطابق‌ها ۶۳
۵-۱۴ آزمون زمین و بین فازها ۶۴

۵-۱۵ فاصله عایقی ۶۵
۵-۱۶ آزمون تکمیلی با جداره‌ها یا دریچه‌های حفاظتی از مواد عایق، عایق بین هادی‌های برق‌دار..... ۶۵
۵-۱۷ آزمون معمول (روتین) ۶۵
۵-۱۷-۱ آزمون ولتاژ ضربه‌ای (خشک) ۶۵
۵-۱۷-۲ آزمون ولتاژ فرکانس قدرت (خشک) ۶۵
۵-۱۷-۳ آزمونهای ولتاژ بر روی مدارهای کمکی ۶۶
۵-۱۸ آزمون افزایش دما ۶۷
۵-۱۷-۱ ترکیب آزمون ۶۷
۵-۱۷-۲ اندازه‌گیری دما ۶۸
۵-۱۷-۳ دمای هوای محیط ۶۸
۵-۱۹ آزمون‌های تحمل جریان کوتاه مدت بر روی مدار اصلی ۶۸
۵-۲۰ آزمون‌های ایستادگی جریان کوتاه مدت بر روی مدارات زمین ۶۹
۵-۲۱ تعیین مطابقت ظرفیت‌های قطع و وصل ۶۹
۵-۲۲ آزمون‌های عملکرد مکانیکی ۶۹
۵-۲۳ تعیین مطابقت درجات حفاظتی ۶۹
۵-۲۳-۱ درجات حفاظت افراد در برابر خطرات ۶۹
۵-۲۴ شرایط تحویل ۷۰
۵-۲۵ مشخصات تابلوهای فشار متوسط ۷۰
۶ تابلوهای فشار ضعیف ۷۱
۶-۱ الزامات تابلوهای فشار ضعیف ۷۱
۶-۲ انواع تابلوهای فشار ضعیف ۷۲
۶-۳ لوازم تابلویی ۷۲
۶-۴ انواع کلیدهای فشار ضعیف ۷۲
۶-۴-۱ کلیدهای اتوماتیک کمپکت ۷۳
۶-۴-۲ کلیدهای هوایی ۷۳
۶-۴-۴ کلیدهای حفاظت موتوری ۷۴
۶-۴-۵ کلیدهای محافظ جان ۷۴
۶-۴-۵-۱ مشخصات کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (جریان نشتی) ۷۴
۶-۵ لزوم استفاده از کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف ۷۵

۶-۶ بهره‌برداری و نگهداری ۷۵
۶-۷ ظرفیت بارگذاری شینه‌های تابلویی ۷۶
۶-۸ جزئیات فنی تابلوهای فشار ضعیف ۷۹
۶-۸-۱ مشخصه فنی اسکلت تابلوها ۷۹
۶-۸-۲ محل نصب باس‌های اصلی در تابلو ۸۰
۶-۸-۳ جانمایی تابلو با کلیدهای اتوماتیک کشویی و اتصالات کابل در پشت ۸۰
۶-۸-۴ جانمایی تابلو با کلیدهای اتوماتیک کشویی و اتصالات کابل در جلو ۸۱
۶-۸-۵ جانمایی تابلو با مدولهای کشویی و اتصالات کابل در پشت ۸۲
۶-۸-۶ جانمایی پانل با مدولهای کشویی و اتصالات کابل در جلو ۸۳
۶-۸-۷ جانمایی تابلو با لوازم فیکس و اتصالات کابل در جلو ۸۳
۶-۸-۸ جانمایی تابلو با لوازم فیکس و اتصالات کابل در پایین ۸۴
۶-۸-۹ پلان نصب تابلوهای ایستاده ۸۵
۶-۸-۱۰ پلان نصب تابلوهای ایستاده (فونداسیون کف) ۸۵
۶-۸-۱۱ جزئیات دمونتاژ شده تابلوی فرعی توکار ۸۶
۶-۸-۱۲جزئیات دمونتاژ شده تابلوی فرعی روکار ۸۷
۶-۹ تابلوی اصلاح ضریب توان ۸۸
۷ کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع ۸۹
۷-۱ انواع کابلهای قدرت ۸۹
۷-۲ معیارهای انتخاب کابل ۸۹
۷-۲-۱ ولتاژ نامی ۸۹
۷-۲-۲ ظرفیت جریان‌دهی کابلها ۸۹
۷-۲-۲-۱ عوامل موثر در ظرفیت نامی جریان کابل ۸۹
۷-۲-۲-۱-۱ دمای کار کابل ۹۰
۷-۲-۲-۲ تاثیر شرایط نصب بر حد نامی جریان کابل ۹۰
۷-۲-۲-۳ شرایط استاندارد و ضرایب نامی برای تصحیح مقدار نامی باردهی کامل ۹۲
۷-۲-۳ افت ولتاژ ۹۴
۷-۲-۴ تحمل جریان اتصال کوتاه توسط کابل ۹۷
۷-۳ ساختمان کابل و کاربرد آن از نظر ساختمان داخلی ۹۷
۷-۳-۱ کاربرد کابلها از نظر ساختمان داخلی ۹۸

۷-۲ انواع کاربرد کابلها ۹۸
۷-۴ شناسایی کابل‌ها ۹۹
۷-۴-۱ طریقه شناسایی کابل‌های جریان زیاد ۱۰۰
۶-۴-۱-۲ اختلاف بین هادی های مسی و آلومینیوم ۱۰۱
۷-۵ شرایط نصب و کابل‌کشی ۱۰۱
۷-۶ شرایط نصب و قرار دادن کابل‌های برق و نکاتی درباره چگونگی استفاده از کابل ۱۰۱
۷-۷ اتصال کابل به مدار ۱۰۲
۷-۸ انواع اتصالات کابل ۱۰۲
۷-۹ مفصل و انواع آن ۱۰۲
۷-۱۰ تعیین محل عیب در یک کابل ۱۰۳
۷-۱۱ الزامات طراحی خطوط زمینی و هوایی فشارمتوسط ۱۰۳
۷-۱۲ مراحل ساخت کابل فشار قوی ۱۰۴
۷-۱۳ انواع کابل از نظر ساختمان ۱۰۵
۸ سیم‌های برق با هادی مسی ۱۰۸
۸-۱ استاندارد ساخت ۱۰۸
۸-۲ مشخصات و موارد مصرف انواع سیم‌های دارای عایق ۱۰۹
۸-۲-۱ سیم با هادی تک مفتولی و چندمفتولی برای مصارف عمومی ۱۰۹
۸-۲-۲ سیم با هادی قابل انعطاف برای مصارف عمومی ۱۰۹
۸-۲-۳ سیم با هادی تک مفتولی برای سیم‌کشی داخلی ۱۰۹
۸-۲-۴ سیم با هادی انعطاف برای سیم‌کشی داخلی ۱۰۹
۸-۲-۵ سیم با هادی تک‌مفتولی برای سیم‌کشی داخلی ۱۰۹
۸-۲-۶ سیم با هادی انعطاف برای سیم‌کشی داخلی برای دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس ۱۱۰
۸-۳ مشخصات و موارد کاربرد سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های قابل انعطاف ۱۱۰
۸-۳-۱ کد بین‌المللی هماهنگ ۱۱۰
۸-۴ انواع سیم‌ها و کابل‌های قابل انعطاف ۱۱۰
۸-۵ ضوابط طراحی سیستم سیم‌کشی ۱۱۱
۸-۶ اصول و روش‌های نصب در سیم‌کشی ۱۱۳
۸-۷ سطح مقطع هادی‌ها ۱۱۵

۸-۸ انواع سیمکشی و طریقه‌های نصب آن ۱۱۶
۹ سیستم اتصال زمین ۱۱۸
۹-۱ اصطلاح ها و تعاریف ۱۱۸
۹-۲ مفاهیم اساسی سیستم اتصال زمین ۱۲۱
۹-۳ سیستم های اتصال زمین ۱۲۳
۹-۴ نوع الکترودهای مورد استفاده در سیستم اتصال زمین ۱۲۷
۹-۴-۱ الکترودهای صفحه‌ای ۱۲۷
۹-۵ مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکترودها ۱۲۹
۹-۶ الکترودهای متفرقه ۱۳۲
۹-۷ همبندی سیستم ۱۳۴
۹-۸ انتخاب نصب هادی زمین ۱۳۵
۹-۹ اندازه گیری مقاومت الکتریکی الکترود زمین ۱۳۹
۹-۱۰ اتصال به زمین تجهیزات تولید برق ۱۴۰
۹-۱۱ اتصال به زمین خطوط هوایی ۱۴۲
۹-۱۲ اتصال به زمین روشنایی و تجهیزات الکتریکی مستقر در خیابان ها ۱۴۳
۹-۱۳ اتصال به زمین داربستهای موقت و سازه های فلزی ۱۴۴
۱۰ الزامات سیستم توزیع بیمارستانها ۱۴۴
۱۰-۱ سیستم برآورد، تامین و توزیع نیروی برق بیمارستانها ۱۴۴
۱۰-۱-۱ برآورد میزان کل مصرف برق ۱۴۴
۱۰-۱-۲ تامین نیروی برق ۱۴۴
۱۰-۱-۳ پست فشار متوسط، تبدیل، و موتورخانه برق اضطراری ۱۴۵
۱۰-۲ اتاق ترانسفورماتور ۱۴۵
۱۰-۲-۱ ترانسفورماتورها ۱۴۵
۱۰-۳ مولد برق اضطراری..... ۱۴۵
۱۰-۳-۱ استاندارد ساخت ۱۴۵
۱۰-۳-۲ مشخصات فنی و روش نصب ۱۴۶
۱۰-۴ خازن‌های اصلاح ضریب قدرت ۱۴۷
۱۰-۵ پست‌های فرعی فشار متوسط برق ۱۴۷

۱۰-۶ سیستم تابلوهای توزیع نیروی برق ۱۴۷
۱۰-۶-۱ سیستم‌های نیرو و منابع تغذیه ۱۴۷
۱۰-۶-۲ سیستم تابلوهای توزیع ۱۴۷
۱۰-۶-۲-۱ تابلوهای اصلی توزیع نیروی برق ۱۴۷
۱۰-۶-۲-۲ تابلوهای نیمه اصلی توزیع نیروی برق ۱۴۸
۱۰-۶-۲-۳ تابلوی توزیع و فرمان برق موتورخانه مرکزی ۱۴۸
۱۰-۶-۲-۴ تابلوهای توزیع برق آشپزخانه ۱۴۸
۱۰-۶-۲-۵ تابلوهای فرعی توزیع نیروی برق ۱۴۹
۱۰-۶-۳ استاندارد، مشخصات فنی ساخت و روش نصب تابلوهای توزیع ۱۴۹
۱۰-۶-۳-۱ استاندارد ساخت ۱۴۹
۱۰-۶-۳-۲ مشخصات فنی ساخت و روش نصب ۱۴۹
۱۰-۶-۳-۳ آزمون تابلوهای سیستم توزیع ۱۵۰
۱۰-۶-۴ کابل‌کشی‌های سیستم توزیع نیروی برق و روشنایی محوطه ۱۵۰
۱۰-۶-۵ توزیع نیروی برق ایزوله (سیستم IT) ۱۵۰
۱۰-۶-۵-۱تابلوهای توزیع نیروی برق ایزوله مخصوص اتاقهای عمل ۱۵۰
۱۰-۶-۵-۲ تابلوی توزیع نیروی برق ایزوله ۱۵۱
۱۱ سیستم حفاظت در برابر آذرخش ۱۵۲
۱۱-۱ کلیات ۱۵۲
۱۱-۲ انواع صاعقه‌گیر ۱۵۲
۱۱-۲-۱ حفاظت داخلی ۱۵۲
۱۱-۲-۲ حفاظت خارجی ۱۵۳
۱۱-۳ سیستم برقگیر قفس فارادی ۱۵۳
۱۱-۴ برقگیر الکترونیکی ۱۵۵
۱۱-۴-۱ اصول روشهای نصب سیستم برقگیر الکترونیکی ۱۵۶
پیوست الف- چک لیست‌های سیستم توزیع در ساختمانهای دولتی و عمومی ۱۵۸
پیوست ب- مقره‌ها ۱۶۴
پیوست ج- حفاظت تجهیزات پست ۱۷۱
منابع ۱۷۳

فهرست شکل‌ها

۳-۱. طرح مقطع قائم دو نوع اتاق ترانسفورماتور ۱۶
۳-۲. بلوک تجهیزات اصلی پست و موقعیت استقرار آنها ۲۰
۳-۳. ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد یک طبقه ۲۱
۳-۴. ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد دو طبقه ۲۱
۳-۵. برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های ویژه ۲۲
۳-۶. برخی ترکیب های بلوکی پست‌های دارای یک ترانسفورماتور ۲۳
۳-۷. مساحت دریچه‌های هوا بر حسب فاصله h ۲۶
۳-۸. وضعیت ظاهری و محل قرار گرفتن دریچه‌های هوا و ترانسفورماتور ۲۶
۳-۹. نمای کلی یک چاله روغن و چاهک روغن آن ۳۵
۳-۱۰. جزئیات یک چاله روغن به صورت کامل ۳۶
۴-۱. شمایی از هسته ترانسفورماتور ۳۸
۴-۲. نمایش رله بوخهلتس ۴۲
۴-۳. نمایش رله ترمومتر ۴۲
۴-۴. نمایش شکل ظاهری ترانسفورماتور ۴۵
۴-۵. طریقه مهار روی تریلی و طریقه حمل مناسب ۴۷
۶-۱. نمای ظاهری اسکلت و نمای از بالای تابلو ۸۰
۶-۲. نمای ظاهری اسکلت و نمای از بالای تابلو ۸۰
۶-۳. جانمایی تابلو با کلیدهای اتوماتیک کشویی و اتصالات کابل در پشت ۸۱
۹-۱. ولتاژ گام و ولتاژ تماس ۱۲۱
۹-۲. انواع سیستمهای توزیع فشار ضعیف ۱۲۲
۱۱-۱. محدوده و شعاعهای حفاظت برقگیر الکترونیک ۱۵۵

فهرست جداول

۱-۱. میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری ۳
۱-۲. ضرایب همزمانی ۴
۳-۱. مشخصات ترانسهای هوایی قدرت ۱۲
۳-۲. ابعاد اصلی اتاق ترانسفورماتور ۱۷
۳-۳. بارگذاری مجاز پست‌های استاندارد یک طبقه تکی ۲۷
۳-۴. بارگذاری مجاز پست‌های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۲۸
۳-۵. بارگذاری مجاز پست‌های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف..... ۲۹
۳-۶. بارگذاری مجاز پست‌های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه اول..... ۳۰
۳-۷. بارگذاری مجاز پست‌های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه اول..... ۳۱
۳-۸. بارگذاری مجاز پست‌های استاندارد یک طبقه دوتایی ۳۲
۳-۹. مشخصات هواکش ها ۳۳
۳-۱۰. ضریب کاهش ظرفیت ترانسفورماتور بر حسب ارتفاع نصب از سطح دریا ۳۳
۴-۱. میزان فاصله دو قطب جرقه گیرها ۴۰
۴-۲. ابعاد ترانسفورماتورهای با منبع انبساط به میلیمتر ۴۵
۵-۱. نوع حفاظت متناظر با اولین رقم مشخصه ۵۱
۵-۲. نوع حفاظت متناظر با دومین رقم مشخصه ۵۲
۵-۳. درجه مختلف حفاظت (رقم اول) ۵۲
۵-۴. درجه مختلف حفاظت (رقم دوم) ۵۲
۵-۵. ضرایب تصحیح مقادیر نامی سطح عایقی تابلو ۵۳
۵-۶. محدوده افزایش دمای اجزای مختلف تابلو ۵۵
۵-۷. ابعاد ترجیحی تابلوهای فشار متوسط تمام بسته ۶۲
۵-۸. ابعاد ترجیحی تابلوهای فشار متوسط تمام بسته کشویی ۶۳
۵-۹. ابزار آزمون برای درجات حفاظت افراد برابر خطرات ناشی از نزدیک شدن به قسمت‌های برقدار ۶۹
۶-۱. جدول ظرفیت بار ثابت شمشهای مسی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد ۷۷
۶-۲. جدول ظرفیت بار ثابت شمشهای آلومینیومی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد ۷۸
۷-۱. حداکثر دمای کار هادی برای کابلهای مختلف ۹۰
۷-۲. مقاومت مخصوص حرارتی خاک ۹۰
۷-۳. ضرایب تصحیح درجه حرارتهای مختلف ۹۲
۷-۴. ضرایب تصحیح برای دمای مختلف زمین ۹۳

۷-۵. ضرایب تصحیح برای مقاومت حرارتی خاک (مقدار متوسط) ۹۴
۷-۶. ضرایب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی خاک ۹۴
۷-۷. مشخصات الکتریکی کابل با عایق PVC با ولتاژ ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت ۹۵
۷-۸. مشخصات الکتریکی کابل با عایق XLPE با ولتاژ ۲۴ ولت ۹۶
۷-۹. حد دمای اتصال کوتاه ۹۷
۷-۱۰. رنگ عایق رشته‌های کابل ۱۰۰
۹-۱. طول الکترود تسمه‌ای در چهار وضیعت برای دو نوع خاک ۱۲۸
۹-۲. مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک بر حسب اهم - متر ۱۲۹
۹-۳. سطح مقطع سیمهای بکار رفته در سیستم اتصال به زمین ۱۳۵
۹-۱۰. چک لیستهای سیستم توزیع ۱۵۸

۱ مقدمه

در این گزارش در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و به منظور تعمیم استانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های دولتی و عمومی در زمینه توزیع نیروی برق، تدوین دستورالعمل‌های مورد لزوم این سیستم تهیه گردیده است.

سیستم توزیع تجهیزات پست‌ها شامل: انواع ترانسفورماتورهای قدرت، تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف همراه با لوازم داخلی و وسایل حفاظتی لازم، سکسیونرها، برق‌گیرها، و کابلهای ارتباطی می‌باشد، که مشخصات فنی و شرایط آزمون نصب و بهره‌برداری هر یک از آنها بر اساس استانداردهای کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) تعریف شده است.

بزرگترین ملاحظات در مهندسی قدرت هزینه و اعتبار تاسیسات طراحی شده می‌باشد. یک طراحی خوب تعادل بین این دو را به همراه دارد تا بتواند به بیشترین میزان اطمینان با خرج کمترین هزینه برسد. در این طراحی بایستی امکان توسعه شبکه نیز در نظر گرفته شود.

۱-۱ دامنه کاربرد

سیستم توزیع، انرژی مورد نیاز بهره‌برداران (صنعتی، درمانی، عمومی و ...) را تأمین می‌نماید. ولتاژ اولیه این سیستم معمولاً ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت و ولتاژ ثانویه آنها ۲۲۰ ولت تکفاز و ۳۸۰ ولت سه فاز است. با توجه به اینکه عمده قسمت صرفه‌جویی انرژی و هزینه مربوط به سیستم توزیع می‌باشد، بنابراین بایستی در انتخاب، طراحی و اجرای این سیستم بسیار توجه کرد.

۱-۲ اهداف طراحی در پروژه‌های توزیع نیروی برق

- تأمین ظرفیت مناسب جهت پاسخگویی به رشد مصرف بار و کسب رضایت بهره‌بردار از نظر تأمین انرژی مورد نیاز تا حد امکان
- تأمین قابلیت اطمینان لازم در سیستم برای ارائه سرویس مطلوب و ایمن به بهره‌برداران با رویکرد توسعه شبکه‌های فشار متوسط
- تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری آسان و کم هزینه
- امکان توسعه فنی و اقتصادی شبکه در آینده

۱-۳ تقسیم‌بندی شبکه‌ی توزیع

شبکه‌های توزیع به انواع مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- تقسیم‌بندی از نظر تعداد سیم:

الف- شبکه‌های توزیع جریان مستقیم (دوسیمه و سه سیمه)

ب- شبکه‌های توزیع جریان متناوب فشار ضعیف (دوسیمه، سه سیمه، چهار سیمه و پنج سیمه)

ج- شبکه‌های توزیع فشار متوسط (سه سیمه)

۲- تقسیم‌بندی از نظر نوع اتصال:

الف- شبکه‌های باز یا شعاعی

ب- شبکه‌های از دو سو تغذیه

ج- شبکه‌های حلقوی

د- شبکه‌های مرکب یا تار عنکبوتی

۳- تقسیم‌بندی شبکه‌ها از نظر ساخت:

الف- پست زمینی

ب- پست هوایی

۱-۴ معیارهای طراحی خطوط زمینی و هوایی

معیارهای الکتریکی که در طراحی خطوط باید تعیین نمود عبارتست از:

- تعیین حداکثر افت ولتاژ
- انتخاب نوع هادی
- تعیین سطح اتصال کوتاه خط
- ظرفیت جریان‌دهی هادی

۱-۵ فرآیند طراحی

فرایند طراحی شبکه‌های توزیع نیازمند بررسی‌های مقدماتی زیر می‌باشد که طراح باید در هر مرحله، بتواند با استفاده از روشها و امکانات، مناسب‌ترین تصمیم را اتخاذ نماید:

- جمع‌آوری اطلاعات اولیه طراحی (نوع کاربری، مشخصات کلی و ظرفیت ساختمان، شرایط اقلیمی شامل نوع آب و هوا و حداکثر و حداقل حرارت محیط، رطوبت نسبی و ...)
- تعیین پارامترهای بار
- شناخت و بررسی توپولوژی شبکه موجود
- چگونگی تأمین نیروی برق شامل استفاده از برق شهر یا مولد برق اختصاصی
- ولتاژ و مشخصات شبکه برق شهر شامل خطوط هوایی یا کابل زیرزمینی
- احتمال گسترش و توسعه آتی ساختمان پروژه
- تهیه پیش‌طرحها
- محاسبات و آنالیز فنی- اقتصادی پیش‌طرحها با استفاده از روشها و الزامات موجود و یا نرم-افزارهای مناسب آنالیز شبکه
- انتخاب طرح بهینه، تهیه گزارش توجیهی و تعیین میزان اثربخشی مورد انتظار طرح
- تهیه و ترسیم نقشه‌ها و جزئیات اجرایی
- تهیه لیست و مشخصات فنی تجهیزات بکار برده شده در طرح
- تهیه لیست برآورد لوازم و هزینه‌های اجرای طرح

۱-۶ مبانی طراحی شبکه توزیع

۱-۶-۱ میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری

با توجه به تأمین برق با کیفیت مطلوب، میزان محدوده مجاز افت ولتاژ بر اساس جدول ۱-۱ تعیین می گردد.

جدول ۱-۱. میزان افت ولتاژ قابل قبول در شبکه توزیع مناطق شهری[۱]

ولتاژ نامی و وضعیت شبکه	حداکثر افت ولتاژ (٪)
خطوط توزیع ۲۰ کیلوولت	٪۲
پست توزیع ۲۰/۴۰۰ کیلوولت	٪۴
خطوط توزیع فشار ضعیف	٪۳
خطوط سرویس مشترکین	٪۱

با توجه به حدود تعریف شده در جدول فوق، اگر سیستمها را از ابتدای خط فشارمتوسط تا نقطه سرویس با ۱۰٪ افت ولتاژ طرحریزی نماییم، در اینصورت پایین‌ترین میزان مجاز ولتاژ تکفاز و سه فاز در نقطه مصرف به ترتیب ۲۰۹ و ۳۶۲ ولت و بالاترین میزان مجاز ولتاژ تکفاز و سه فاز در نقطه مصرف به ترتیب ۲۳۱ و ۴۰۰ ولت خواهد بود.

۱-۶-۲ برآورد درخواست نیروی برق (دیماند)

برای فراهم کردن مقدمات تأمین نیروی برق هر طرح، (انشعاب، پست، مولد) لازم است قبل از اقدام به تهیه طرح تأسیسات الکتریکی و در مراحل اولیه مطالعات معماری و ساختمانی، حداکثر درخواست (دیماند) نیروی برق لازم را برآورد کرد.

روش صحیح تخمین حداکثر درخواست بر اساس محاسبه توان کل نصب شده و اعمال ضرایب همزمانی مناسب استوار است، به شرط آنکه تجربیات گذشته، که از طرحهای مشابه در محل به دست آمده باشد، این محاسبه را تأیید کند.

پیش‌بینی حداکثر درخواست، مخصوصاً از نظر وسائل و دستگاههای قابل حمل، روشنایی، تعداد پریزهای نصب شده و غیره، شدیداً وابسته به عرف و عادات محلی است؛ لذا در اغلب موارد لازم خواهد بود، حداکثر تقاضا بیش از مقادیر به دست آمده از راه محاسبه انتخاب شود. اصولاً مطالب این گزارش جنبه راهنمایی دارد و مقادیر به دست آمده از رعایت مفاد آن را نباید بدون بررسی‌ها و مطالعات محلی، به کار برد. از طرف دیگر لازم خواهد بود در پیش‌بینی حداکثر درخواست، عواملی نظیر رشد سریع کیفیت زندگی از یک طرف، و افزایش طبیعی مصرف در طول عمر تأسیسات از طرف دیگر، مدنظر باشد.

۱-۶-۳ نوع درخواست نیروی برق

تعیین تعداد و نوع مدارهای لازم برای روشنایی، پریزها، فرمان، انتقال علامات، ارتباطات و غیره باید با توجه به شرایط زیر به عمل آید:

- نقاط استقرار مصرف‌کننده‌ها؛

[۱] دستورالعمل طراحی شبکه توزیع-توانیر (شرکت توزیع نیروی برق)، مدیریت توسعه مهندسی شبکه – بهار ۸۸

- بار پیش‌بینی شده برای هر کدام از مدارها؛
- هر نوع شرط اختصاصی؛
- احتیاجات مربوط به فرمان‌ها، ارسال علامات و ارتباطات و غیره.

۱-۶-۴ برآورد توان کل نصب شده

توان کل نصب شده براساس خواسته‌های تأسیسات الکتریکی باید به ترتیب زیر محاسبه و برآورد شود:

- درخواست برق چراغهای نصب ثابت رشته‌ای (التهابی)، برابر توان اسمی لامپهای آنها خواهد بود. در مراحل برآورد اولیه درخواست چراغ، برابر توان بزرگترین لامپی است که بتوان در آن نصب کرد.
- درخواست برق چراغهای نصب ثابت از نوع تخلیه‌ای (فلورسنت، جیوه‌ای و غیره) برابر توان اسمی مصرفی لامپهای آن با توجه به مصرف چوک آنهاست. درخواست این‌گونه چراغها به ولت آمپر، ۲ برابر درخواست بر حسب وات است.
- درخواست برق پریزها، در مواردی که نوع لوازم و دستگاه‌هایی که از آنها تغذیه خواهند کرد معلوم نباشد، از راه تخمین درخواست مدار نهایی آنها برآورد می‌شود.
- درخواست برق لوازم و دستگاههای نصب ثابت، توان اسمی آنها، با اعمال ضریب توان آنها، خواهد بود.
- درخواست بارهای القایی باید با توجه به ضریب توان آنها تعیین شود.

۱-۶-۵ تخمین ضریب همزمانی (غیرهمزمانی)

به دلیل وجود غیرهمزمانی در کار تجهیزات و لوازم الکتریکی، باید برای هرگروه از بارهای مختلف (روشنایی، گرمایش، موتورها و غیره) از ضریب همزمانی استفاده شود تا با اعمال آنها در بارهای مربوطه، حداکثر توان مصرفی یا حداکثر درخواست به دست آید.

ضریب همزمانی هر تأسیسات، عددی است مختص همان تأسیسات، برای همین، در شرایط عادی، پیش-بینی دقیق آن امکانپذیر نخواهد بود و فقط با توجه به تجربیات گذشته و آمار موجود می‌توان ضریب همزمانی را از پیش، به عنوان راهنما و به صورت تقریبی، تخمین زد.

به منظور راهنمایی بیشتر برای تخمین ضریب همزمانی باید به پیوست ۱ که از استاندارد ملی شماره ۱۹۳۷: "آیین‌نامه ایمنی تأسیسات الکتریکی ساختمان‌ها" اقتباس شده است، مراجعه شود. در جدول ۱-۲ ضرایب زمانی برخی از مصارف آورده شده است.

جدول ۱-۲. ضرایب همزمانی[۱]

نوع مصرف	ضرایب همزمانی
خانگی	٪۲۵-٪۳۵
عمومی	٪۷۰-٪۸۵
تجاری	٪۵۰-٪۶۵
صنعتی	٪۹۰-٪۱۰۰

[۱] مبحث سیزدهم مقرارت ملی ساختمان

۱-۷ محل تحویل نیروی برق (سرویس مشترک) نقطه شروع تأسیسات برق

- شرکت برق منطقه‌ای محل یا هر شرکت، مؤسسه یا تشکیلات دیگری که بنا به مقتضیات محل ممکن است عهده‌دار تأمین برق مشترکان باشد، از این پس به اختصار شرکت برق یا شرکت خوانده خواهد شد.
- صرفنظر از ولتاژ برقی که توسط شرکت، تحویل مشترکان خواهد شد، تا جایی که به انشعاب مربوط باشد، رعایت مقررات شرکت برق و مفاد این مقررات الزامی خواهد بود. آن بخش از تأسیسات و تجهیزات که انحصاراً در اختیار شرکت است، کلاً تابع مقررات شرکت خواهد بود.
- در مورد بخشی از تأسیسات که مقررات شرکت و مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۳، هر دو در آن تأثیر دارند، چنانچه تناقضی بین دو مقررات وجود داشته باشد، مقرراتی که از نظر ایمنی و حفاظت برتر است انتخاب و اجرا خواهد شد. در چنین وضعیتی تشخیص با مقام مجری این مقررات خواهد بود.
- در مواردی که بنا به مقتضیات، تولید و یا انتقال و یا توزیع نیروی برق به عهده خود مصرف کننده باشد، مصرف‌کننده در حکم شرکت تلقی می‌شود و در این صورت، طبق مطالب بالا، عمل خواهد شد.
- متقاضی یا نماینده مختار او باید قبل از شروع ساختمان و در مراحل طراحی آن با مقامات ذیربط شرکت برق تماس بگیرد و نسبت به نوع انشعاب و مشخصات کامل آن اطلاعات کافی دریافت، و طبق تشخیص و با راهنمایی شرکت نسبت به تأمین نکته‌های این بخش اقدام کند. این تماس باید در کلیه مراحل ساختمان ادامه داشته باشد تا درصورت لزوم، اصلاحات و عملیات تکمیلی ملحوظ شوند.

۱-۷-۱ تأسیسات انشعاب فشار ضعیف (منشعب از شبکه‌های عمومی)

متقاضی باید با راهنمایی و رعایت ضوابط شرکت، محلی را برای نصب تجهیزات انشعاب تحویلی از طرف شرکت پیش‌بینی و احداث کند. بسته به شرایطی مانند تعداد و توان انشعاب یا انشعاب‌های ساختمان، محل مورد بحث ممکن است یک پست برق کامل، یک اتاق، اتاقک یا یک فرورفتگی در دیواری مناسب این کار باشد. اگر طبق مقررات و ضوابط احداث پست عمومی برق ضروری باشد، متقاضی باید ضمن رعایت مفاد فوق نسبت به تأمین زمین و احداث پست اقدام کند. همچنین محل موردنظر باید برای این منظور به اندازه کافی وسیع و مناسب باشد و در عین حال که خارج از دسترس عموم است، برای بازدید مأموران شرکت و قرائت کنتور در همه ساعات شبانه روز آماده باشد.

هیچگونه دودکش و لوله کشی، اعم از آب، گاز، حرارت مرکزی و غیره، نباید از فضای اختصاص یافته برای محل انشعاب یا کنار آن عبور کند.

محل نصب انشعاب باید فضای کافی برای نصب ترمینال اتصال زمین و انجام سیم‌کشی‌های مربوط به آن را داشته باشد. این فضا باید علاوه بر جای لازم برای تجهیزات تحویلی شرکت، برای نصب تجهیزات مشترک (مانند تابلوی اصلی) نیز از فضای کافی برخوردار باشد.

مسیر عبور و نحوه نصب هادی اتصال زمین باید به نحوی انتخاب و اجرا شود که هادی اتصال زمین از هرگونه صدمات احتمالی مکانیکی، شیمیایی، خوردگی و غیره محفوظ بماند و چنانچه بدون حفاظ مکانیکی نصب می‌شود، خارج از دسترس ولی در معرض بازرسی دائم قرار داشته باشد. چنانچه به منظور حفاظت مکانیکی هادی زمین، از نوعی لوله یا پوششی مشابه استفاده شده باشد، این لوله یا پوشش نباید از جنس فلز باشد.

مسیر مدارهای خروجی (انشعاب به مصرف‌کننده) و نحوه نصب آنها باید به گونه‌ای انتخاب و اجرا شود که ردگیری و تعویض مدارها در آینده بدون اشکال انجام‌پذیر باشد؛ بدین منظور لازم است از انواع کانال یا رایزر قابل بازدید استفاده شود. مسیر مدارها باید به نحوی انتخاب شود که حرارت تأسیسات دیگر، مانند لوله‌های آب گرم، بخار یا دودکش‌ها و نظایر آن، بر روی مدارها اثر سوء نداشته باشد.

۱-۷-۲ انشعاب فشار متوسط (اختصاصی)

چنانچه بنا به تشخیص شرکت برق، احداث یک پست ترانسفورماتور در داخل ساختمان یا محوطه آن لازم باشد، آن قسمت از پست که انحصاراً در اختیار شرکت برق خواهد ماند باید طبق ضوابط و مقررات شرکت، توسط مشترک ساخته و آماده شود. قسمتهایی از پست که در اختیار مشترک خواهد ماند، از نظر ارتباطی و عملیاتی باید با قسمتهایی در اختیار شرکت هماهنگی کامل داشته و به نحوی طرح و اجرا شود که هیچگونه مانع و اشکالی در بهره‌برداری طرفین وجود نداشته باشد. مرز تقسیم به هر نحوی که تعیین شود، مشترک موظف است علاوه بر مقررات شرکت برق، مقررات این فصل را نیز در محدوده خود رعایت کند.

در مواردی نظیر مجموعه‌ها، مراکز صنعتی و غیره که احداث بیش از یک پست ترانسفورماتور لازم باشد و شرکت، نیروی برق را از طریق یک مرکز قطع و وصل فشار متوسط یا پست پاساژ تحویل مشترک دهد و پستهای داخلی، تماماً در اختیار مشترک باشد، علاوه بر مقررات شرکت، رعایت مقرراتی که در پی می‌آید نیز الزامی خواهد بود.

۲ واژه شناسی

پست: به مجموعه‌ای از تجهیزات قدرت شامل کلیدها، ترانسفورماتورها، ادوات حفاظتی، اندازه‌گیری و ... که وظیفه انتقال و یا تبدیل انرژی الکتریکی را بر عهده دارند پست گویند.

ظرفیت پست: به حداکثر باری که یک پست قادر به تأمین آن باشد ظرفیت پست گویند.

فیدر: به خطوط ورودی و خروجی از پست فیدر اطلاق می‌شود.

ترانسفورماتور: ترانسفورماتور وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را در یک سیستم جریان متناوب از یک مدار به مدار دیگر انتقال می‌دهد و می‌تواند ولتاژ کم را به ولتاژ زیاد و بالعکس تبدیل نماید.

شینه: قطعه‌ای فلزی است که به منظور ایجاد یک اتصال مشترک برای چند مدار نصب می‌گردد.

تابلوهای فشار ضعیف: تابلوهای بکار گرفته شده در سطوح ولتاژ زیر ۱ کیلو ولت را گویند.

تابلوهای فشار متوسط: تابلوهای بکار گرفته شده در سطوح ولتاژی ۱ تا ۳۳ کیلوولت را گویند.

تابلوهای قدرت و فرمان: ترکیبی از وسایل کلیدزنی و تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری و حفاظتی به همراه محفظه، سازه‌های نگهدارنده و اتصالات مربوطه می‌باشد.

تابلوهای قدرت: ترکیبی از وسایل کلیدزنی و تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری و حفاظتی به همراه محفظه، سازه‌های مربوطه می‌باشد که برای اتصال به سیستم‌های تولید، انتقال، توزیع و تبدیل انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

تابلوهای فرمان: ترکیبی از وسایل کلیدزنی، تجهیزات کنترلی، اندازه‌گیری و حفاظتی به همراه محفظه، سازه‌های نگهدارنده و اتصالات مربوطه می‌باشد که برای کنترل تجهیزات سیستم‌های قدرت به کار می‌رود.

درجه حفاظتی: عبارت است از درجه حفاظتی فراهم شده بوسیله محفظه که از افراد در برابر تماس با قسمت‌های برقدار، بخش‌های متحرک درون محفظه و همچنین از تجهیزات در برابر ورود اجسام محافظت به عمل می‌آورد.

تابلوهای کنترل و فرمان مونتاژ کارخانه: تابلوهای کنترل و فرمان است، که در کارخانه ساخته شده و قابل حمل بوده و مسئولیت آزمون آن را کارخانه سازنده به عهده گرفته است.

تابلوهای تمام بسته: این تابلوها عبارت از مجموعه سوار شده در کارخانه است که تمام جوانب آن، جز سطح نصب که ممکن است باز باشد، طوری بسته شده باشد که حداقل درجه حفاظت IP20 تأمین شود.

تابلوهای ایستاده تمام بسته: منظور تابلویی تمام بسته است که به طور مستقل و بدون اتکا به دیوار، در روی کف ساختمان استقرار پیدا کند.

تابلوی ایستاده تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو: عبارت از تابلویی است که لوازم فرمان مانند دسته یا کلیدهای فشار قوی و لوازم اندازه‌گیری در قسمت جلوی تابلو قرار گرفته و سایر تجهیزات و لوازم مانند کلیدهای جداکننده غیرقابل قطع زیر بار، کلیدهای جداکننده قابل قطع زیر بار، کلیدهای قدرت، فیوزها،

ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ولتاژ و سرکابل‌ها داخل تابلو نصب می‌شوند و از طریق یک در لولایی مجهز به قفل الکتریکی یا مکانیکی که فقط پس از قطع کلید قابل باز شدن است، دسترسی به اتصالات و تعمیر و تعویض تجهیزات امکان‌پذیر است.

تابلوی ایستاده دسترسی از پشت: عبارت از تابلویی است که لوازم اندازه‌گیری در قسمت جلوی تابلو قرار گرفته و فرمان‌ها نیز از سمت جلو تابلو انجام می‌شود، ولی دسترسی برای تعویض وسایل، اتصال کابل‌ها و سیم‌ها و مانند آن از پشت تابلو امکان‌پذیر بوده و شامل یک یا چند سلول می‌باشد.

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 می‌باشد که به صورت سلول ساخته شده و شینه‌کشی، محل اتصال کابل‌های ورودی و خروجی و دریچه‌های اتصال ترمینال‌های کلید در این قسمت تعبیه شده است و در بالاترین قسمت آن نیز لوازم اندازه‌گیری نصب می‌شود. قسمت دوم اسکلتی متحرک -که ارابه نیز نامیده می‌شود- است که کلید روی آن نصب شده است و به صورت کشویی با کمک چرخ در داخل سلول فوق‌الذکر قرار گرفته و اتصالات لازم را برقرار می‌سازد. سمت جلوی اسکلت مزبور باید کاملاً بسته باشد و قسمت فرمان کلید مانند دسته یا کلیدهای فشاری روی این قسمت نصب گردد. قسمت کشویی باید دارای قفل بوده و فقط پس از قطع کلید، قابل خارج کردن و جا گذاردن باشد.

محفظه: قسمت در برگیرنده تابلوی کنترل و فرمان با پوشش فلزی را گویند، که موجب جلوگیری از تماس افراد به طور اتفاقی با قسمت‌های برق‌دار و قطعات متحرک آن می‌شود و همچنین وسایل داخلی را در مقابل اثرات خارجی حفاظت می‌کند.

خانه: بخشی از تابلو قدرت یا فرمان با پوشش فلزی را گویند، که به غیر از جایی که برای انجام اتصالات، کنترل و یا تهویه باید باز بماند، محاط شده باشد.

جداره: جزیی از پوشش یک خانه است، که آن را از خانه‌های دیگر جدا می‌کند.

پوشش: قسمت خارجی محفظه تابلوهای قدرت و کنترل با روپوش فلزی را گویند.

درب: به پوشش کشویی یا لولایی گویند.

بوشینگ: ساختاری است که یک هادی را از میان یک پوشش و یا جداره عبور داده و آن را نسبت به اطراف آن عایق می‌کند و شامل متعلقات اتصالات به جداره و پوشش نیز می‌شود.

سیم (رشته) : سیم رشته هادی است که توسط پوشش (عایق) احاطه شده باشد.

هادی: هادی شامل مفتول‌های نازک مسی (افشان) در سیم قابل انعطاف و شامل تک مفتول یا مفتول‌های منظم تابیده شده در سیم غیرقابل انعطاف می‌باشد.

ولتاژ اسمی: ولتاژ اسمی سیم، ولتاژی است که سیم برای آن طراحی شده و آزمون‌های الکتریکی بر اساس آن انجام می‌شود. ولتاژ اسمی به صورت U_0/U بر حسب ولت بیان می‌شود.

U_0- مقدار موثر ولتاژ بین هر رشته و زمین می‌باشد.

U- مقدار موثر ولتاژ بین هر دو فاز سیستمی از سیم‌ها می‌باشد.

جریان مجاز حرارتی یک هادی یا جریان اسمی: مقدارثابتی از جریان، که تحت شرایط تعیین شده‌ای بدون اینکه درجه حرارت تعادل‌هادی از میزان معینی تجاوز نماید، می‌تواند از آن عبور کند. برای‌هادی‌ها جریان مجاز، جریان اسمی‌آن در نظر گرفته می‌شود.

اضافه جریان بار: هر جریانی است که بیش از جریان اسمی‌باشد.

جریان اتصال کوتاه: اضافه جریانی است که در اثر متصل شدن دونقطه با ولتاژهای مختلف، در هنگام کار عادی از طریق مقاومت ظاهری (امپدانس) بسیارکم، به وجود آمده باشد.

۳ الزامات طراحی پست‌های توزیع

دامنه کاربرد در این جا پست‌های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می‌باشد.

۳-۱ انواع پست در حالت کلی

- پستهای هوایی
- پستهای زمینی

۳-۲ پستهای هوایی

به پستهایی که تجهیزات آن در هوای باز و بر روی پایه نصب می‌شود پست هوایی گویند (شرکتهای توزیع به این پستها، ترانسهای هوایی نیز اطلاق می‌کند).

۳-۲-۱ تجهیزات پستهای هوایی

الف- ترانسفورماتور قدرت

در این‌گونه پستها، ترانسفورماتور تا قدرت ۴۰۰ کیلو ولت آمپر قابل استفاده بوده و در موارد خاص می‌توان با کسب مجوز از شرکت برق از ظرفیت ۵۰۰ کیلو ولت آمپر نیز استفاده نمود.

ترانسفورماتورهای مورد استفاده در این پستها از نوع روغنی با سیستم خنک‌کنندگی گردش طبیعی هوا و یا نوع خشک با عایق رزینی هوایی می‌باشند.

- نحوه نصب ترانسهای هوایی به شرح زیر می‌باشد:

ترانسهای تا ظرفیت ۵۰ کیلو ولت آمپر بر روی یک پایه ۱۲/۶۰۰ با یراق آلات مربوطه نصب می‌گردند.

ترانسهای تا ظرفیت ۱۰۰ کیلو ولت آمپر بر روی یک پایه ۱۲/۸۰۰ با یراق آلات مربوطه نصب می‌گردند.

ترانسهای تا ظرفیت ۲۰۰ کیلو ولت آمپر بر روی یک پایه ۱۲/۱۲۰۰ با یراق آلات مربوطه نصب می‌گردند.

ترانسهای تا ظرفیت ۵۰۰ کیلو ولت آمپر بر روی دو پایه ۹/۶۰۰ و ۱۲/۶۰۰ که به صورت موازی قرار دارند، نصب می‌گردند.

در حالت کلی ترانسفورماتور قدرت هوایی بر روی سکوی فلزی نصب می‌گردد. سکوی مذکور در فاصله ۳۸۵ سانتیمتری از راس تیر بلندتر قرار گرفته و ترانسفورماتور بر روی سکو طوری مستقر می‌گردد که ریل زیر آن بر روی ناودانی قرار داشته و توسط چهار عدد پیچ و مهره محکم می‌گردد.

ترانسفورماتور برروی سکو کاملاً تراز شده و طوری نصب می‌گردد که بوشینگهای طرف فشارقوی به طرف کات اوت فیوز و بوشینگهای طرف فشارضعیف به طرف پایه کمکی باشد. همچنین فاصله سمت فشارقوی ترانسفورماتور از پایه بایستی بیشتر از ۶۵ سانتیمتر باشد.

اتصال بدنه ترانسفورماتور به سیستم زمین، توسط کابل اتصال به زمین برقگیرها (چاه حفاظتی) انجام می‌پذیرد. برای این منظور بایستی کابل اتصال به زمین برقگیر را در محل سکوی ترانسفورماتور به اندازه ۱۰ سانتیمتر لخت نموده و توسط یک قطعه سیم مسی با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع و یک عدد بست مسی شیاردار به بدنه ترانسفورماتور وصل کرد.

ب- تابلوی فشارضعیف

در این گونه پستها، تابلوهای فشارضعیف جهت حفظ تجهیزات کلیدزنی و اندازه‌گیری از عوامل محیطی و جوی، به کار می‌روند.

این تابلوها در ارتفاع ۶۵ سانتیمتری از سطح زمین و بر روی سکوهای بتونی، آجری و یا فلزی نصب می-گردند. ارتباط این تابلوها با ترانسفورماتور و فیدرهای خروجی پست از طریق قسمت زیرین ورودی و خروجی نصب شده در زیر تابلوها می‌باشد. ابعاد و مشخصات این تابلوها باتوجه به نوع و ظرفیت کلیدها و تجهیزات نصب شده در داخل تابلو تعیین می‌گردد.

ج- برقگیر

برقگیرها در طرف فشار قوی ترانسفورماتور قدرت جهت حفاظت از ترانسفورماتور و تجهیزات پست در برابر امواج ناشی از صاعقه و کلیدزنی نصب می‌گردند.

د- کات اوت فیوز

کات اوت فیوزها در طرف فشار قوی ترانسفورماتور قدرت جهت حفاظت از ترانسفورماتور و تجهیزات پست در برابر جریانهای خطای ناشی از اتصال کوتاه نصب می‌گردند.

۳-۲-۲ ویژگیهای محل احداث پست

- زمین محل احداث پست هوایی بایستی خشک و عاری از هرگونه موانع هوایی مانند درختهای بلند باشد.
- محل احداث پست هوایی بایستی از نظر راههای دسترسی مناسب باشد تا در هنگام نصب و تعمیرات مشکلی بوجود نیاید.
- اطراف پایه‌های پست هوایی بایستی به شعاع ۱/۵ متر خالی باشد.
- خاک اطراف پایه‌های پست هوایی بایستی عاری از هرگونه مانع جهت نصب پایه‌ها و سیستم زمین باشد.

۳-۲-۳ سیستم زمین

طبق استاندارد "سیستم زمین شبکه‌های توزیع توانیر" هر پست هوایی باید دارای دو حلقه چاه ارت باشد که یکی ارت الکتریکی و دیگری ارت حفاظتی بوده و فاصله آنها از یکدیگر ۲۰ متر می‌باشد. حداکثر مقاومت چاه الکتریکی و حفاظتی ۵ اهم باشد. طبق همین استاندارد در مواردی به شرح ذیل می‌توان از یک چاه استفاده نمود.

- در صورتی که خطوط سیستم فشار متوسط از نوع کابلی با غلاف زره فلزی زمین شده، باشد.
- در مواقعی که پست هوایی توسط خط کابلی زیرزمینی با غلاف زره فلزی زمین شده با حداقل طول یک کیلومتر تغذیه گردد و در محل تبدیل از برقگیر استفاده شده باشد.

در پستهای هوایی کلیه اتصال بدنه‌های تجهیزات و برقگیر به چاه حفاظتی با سیم ۵۰ mm^2 مسی و شینه نول تابلو فشار ضعیف که از بدنه تابلو ایزوله است به الکترود چاه الکتریکی با کابل ۵۰ mm^2 مسی متصل می‌گردد.

استفاده از ترکیب شبکه زمینی- هوایی در طول یک فیدر فشار متوسط ممنوع می‌باشد. در مواقع خاص و در شرایط استثنایی، اجرای چنین طرحی بایستی با مسئولیت و مجوز مستقیم شرکت برق مربوطه صورت گیرد.

۳-۲-۴ انتخاب مشخصات تجهیزات پستهای هوایی

جهت انتخاب تجهیزات مختلف پستهای هوایی می‌توان از جدول ۳-۱ استفاده کرد.

۳-۱. مشخصات ترانسهای هوایی قدرت[۱]

قدرت ترانسفورماتور(KVA)	وزن (Kg)	جریان اولیه (A)	جریان ثانویه (A)	آمپراژ کلید کل (A)	کلید کل استاندارد (A)	سایز کابل ارتباطی با تابلو (mm^2)
۵۰	۳۷۰	۱/۴۳۳	۷۰	۸۴	۱۰۰	۳×۲۵+۱۶
۱۰۰	۶۴۰	۲/۸۸۷	۱۴۰	۱۶۸	۲۵۰	۳×۵۰+۲۵
۱۶۰	۷۸۰	۴/۶۱۹	۲۲۴	۲۶۹	۴۰۰	۳×۹۵+۵۰
۲۰۰	۸۹۰	۵/۷۷۴	۲۸۰	۳۳۶	۴۰۰	۳×۱۲۰+۷۰ یا ۲(۳×۵۰+۲۵)
۲۵۰	۱۰۴۰	۷/۲۱۵	۳۵۰	۴۲۰	۶۳۰	۳×۱۲۰+۷۰ یا ۲(۳×۷۰+۳۵)
۳۱۵	۱۲۵۰	۹/۰۹۳	۴۴۱	۵۲۹	۶۳۰ یا ۱۰۰۰	۲(۳×۱۲۰+۷۰) یا ۳(۱×۱۸۵)+۱۲۰
۴۰۰	۱۴۶۰	۱۱/۵۴۷	۵۶۰	۶۷۲	۱۰۰۰	۲(۳×۱۵۰+۷۰) یا ۳(۱×۲۴۰)+۱۸۵

۳-۳ پستهای زمینی

با توجه به کاربرد زیاد پستهای زمینی در پروژه‌های دولتی و عمومی، در این بخش کلیات طراحی، ساخت و اجرای پست زمینی مورد بررسی قرار گرفته و دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری از تجهیزات آنها شرح داده می‌شود.

- انواع پستهای زمینی با توجه به مکان استقرار تجهیزات آنها:
  - بیرونی
  - داخلی

۳-۳-۱ پست‌های توزیع زمینی بیرونی

تجهیزات این پستها در محیط باز قرار دارند و شامل:

- پست‌های توزیع بیرونی در محیط بسته: که درون ساختمانی به نام پست پاساژ تجهیزات قرار می‌گیرند.

[۱] نشریه شماره ۳۷۵ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت" معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور و وزارت نیرو

- پست‌های توزیع بیرونی محیط باز (پست‌های پیش‌ساخته کمپکت): تجهیزات مربوطه درون سلولهای کمپکت در فضای باز قرار می‌گیرند. با توجه به کاربرد این گونه پستها در ساختمان‌های دولتی و عمومی بررسی الزامات این گونه پستها حائز اهمیت می‌باشد، که بر اساس استاندارد "شبکه توزیع توانیر" الزامات ذیل شرح داده می‌شود:

- استفاده از پستهای کمپکت عمومی بصورت رینگ در ظرفیتهای ۲۵۰-۵۰، ۵۰۰-۳۱۵، ۸۰۰-۶۳۰ کیلو ولت آمپر و با ترانسفورماتور ترجیحاً هرمتیک یا خشک مجاز می‌باشد که حفاظت ترانسفورماتور با استفاده از سکسیونر فوزیبل مجهز به بوبین قطع (Trip Coil) برای دریافت فرمان از ترموستات خواهد بود.
- پستهای پیش‌ساخته بصورت نیمه دفنی و یا بر روی سطح زمین نصب می‌شوند که در حالت دوم پست بر روی فونداسیون نصب شده که مشخصات آن می‌بایستی توسط سازنده ارائه گردد. حداقل ارتفاع زیرزمین نباید کمتر از ۱/۲ متر باشد.
- داخل فضای فونداسیون، بعلت کوچک بودن ابعاد از سینی‌گذاری خودداری و حدوداً به اندازه ۱/۵ متر کابل رزرو در نظر گرفته می‌شود (در حالت نصب پست بر روی فونداسیون).
- در صورت لزوم و با اخذ مجوز از مدیریت توسعه مهندسی شبکه، استفاده از پستهای کمپکت انشعابی تا ظرفیت ۳۱۵ کیلوولت آمپر مجاز بوده که در اینصورت باید از یک سکسیونر فوزیبل مجهز به بوبین قطع (trip coil) و سکسیونر اینترلاک در ورودی پست استفاده نمود. گرفتن انشعاب ۲۰ کیلو ولت از پست انشعابی برای پست دیگر مجاز نمی‌باشد.
- استفاده از پست موسوم به T-off در شبکه ممنوع می‌باشد. منظور از پست کمپکت T-off پستی می‌باشد که بصورت رینگ در شبکه قرار گرفته اما فیدرهای ورودی و خروجی فاقد دو کلید مستقل قطع و وصل می‌باشد.
- سیستم زمین پست پیش‌ساخته کمپکت مشابه پستهای زمینی می‌باشد.
- درخصوص پستهای انحصاری، خروجی پست تنها به مشترک موردنظر اختصاص دارد و شرکت برق حق دادن خروجی به مشترک غیر را ندارد.

۳-۳-۲ پست‌های توزیع داخلی

تجهیزات این پستها، درون یک ساختمان یا اتاق قرار دارند و در برابر آب و هوا محافظت می‌گردند و به دو نوع زیر تقسیم می‌شوند:

- پست‌های توزیع داخلی درون محوطه: این پستها درون محوطه و جزء ساختمانهای جنبی پروژه محسوب می‌شوند.
- پست‌های توزیع داخلی درون ساختمان اصلی: این پستها در ساختمان اصلی پروژه قرار دارند، به همین دلیل جهت ایمنی بیشتر، تنها استفاده از ترانس‌های خشک در این نوع پستها مجاز می‌باشد. الزامات این گونه پستها، بر اساس استاندارد "شبکه توزیع توانیر" به شرح ذیل می‌باشد:

- امکان دسترسی ایمن برای کاربران از داخل ساختمان فراهم گردد.

- پیش‌بینی تاسیسات و تجهیزات لازم جهت انتقال ایمن تجهیزات متناسب با وزن و ابعاد تجهیزات (تابلو وترانسفورماتور) الزامی است.
- پیش‌بینی مسیر مورد نیاز جهت ایجاد تهویه مناسب و همچنین عدم امکان هر گونه تغییر و ایجاد مانع در مسیر تهویه هوا الزامی است.
- پیش‌بینی تمهیدات لازم جهت جلوگیری از نفوذ آب به داخل پست الزامی است.
- در این گونه پستها استفاده از ترانسفورماتور خشک و نصب نشانگر خطا الزامی است.
- احداث شبکه و یا شاسی فلزی به منظور نصب تجهیزات و ترانس
- پیش‌بینی کانال و داکت عبور کابل (ورود و خروج) بصورت عمودی و افقی

۳-۳-۳ انواع پست زمینی

۱- پست عمومی

۲- پست اختصاصی

۳- پست عمومی - اختصاصی

۴- پست پاساژ

۵- پست تقسیم (تقسیم چند فیدر)

۳-۳-۴ انتخاب زمین و محل پست

جهت دستیابی به یک زمین مناسب برای احداث یک پست بایستی بررسی کاملی که به نوعی در انتخاب زمین پست موثر می‌باشد انجام گیرد. برای انتخاب زمین و احداث پست بایستی ملاحظات فنی، اقتصادی، زیست محیطی، ارتباط با شبکه، امکان دسترسی، مسطح بودن زمین و ... در نظر گرفته شود. برخی از این ملاحظات به شرح ذیل می‌باشد.

- حتی الامکان در نزدیکی مراکز مصرف و ثقل بار باشد.
- حتی‌الامکان به راه‌های اصلی جهت دسترسی به تجهیزات و پرسنل مورد نیاز تعمیرات و نگهداری نزدیک باشد.
- از نظر شیب و حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی مناسب باشد.
- اتاق ترانس بایستی در طبقه همکف قرار گرفته و یکی از جبهه‌های آن مشرف به فضای آزاد باشد؛ در برابر این جبهه، حداقل تا فاصله ۵ متری نباید هیچگونه ساختمان یا مانع دیگری که تهویه اتاق و داخل و خارج کردن ترانسفورماتور را با اشکال رو به رو کند، وجود داشته باشد. در اصلی اتاق ترانسفورماتور باید در این جبهه قرار داشته، تا نقل و انتقال ترانسفورماتور به سادگی انجام گیرد، و همچنین وسایل نقلیه و جرثقیل بتوانند براحتی تا درب اتاق ترانس آمد و رفت کنند.
- حداقل طول فضای آزاد در اتاق ترانس از رابطه زیر بدست می‌آید:

حداقل طول فضای آزاد (متر) = عرض یا طول اتاق * (n +۲) (متر)

n = تعداد اتاق‌های ترانسفورماتور کنار یکدیگر

- مقطع فضای آزاد نباید در تمام عمق آن کمتر از مقادیر فوق باشد.

- چنانچه ساختمان از نوعی باشد که نصب پست یا پستهای ترانسفورماتور در طبقات یا روی بام آن اجتناب ناپذیر شود، ضمن مراعات کلیه مقررات مربوط به تهویه اتاق و فواصل مجاز و درها و غیره، باید در آنها از ترانسفورماتورهای خشک استفاده کرد؛ در این صورت، رعایت و اجرای جزئیات مربوط به حائل آتش و غیره منتفی خواهد بود. همچنین، استفاده از هر نوع ترانسفورماتور دیگر، مانند ترانسفورماتورهای روغنی یا دارای آسکارل (دارای نوعی مایع خنک کن) و مانند آنها ممنوع است.
- درصورت امکان، جبهه مشرف به فضای آزاد اتاق ترانسفورماتور باید در جهتی انتخاب شود که تابش آفتاب به آن حداقل باشد (رو به شمال).
- جبهه مشرف به فضای آزاد می تواند ضلع عرضی یا طولی اتاق باشد؛ در هر حال ترانسفورماتور را باید در راستای مناسب آن قرار داد.

- عواملی مانند کمبود زمین، مشخصات زمین موجود و قابل دسترس، باعث می‌شود که متناسب با شرایط یک طرح از سه طرح ذیل برای ساختمان پست در نظر گرفته شود[1].

الف- طرح‌های استاندارد یک طبقه

در مواردی که تهیه زمین با وسعت کافی و شرایط مناسب امکان‌پذیر است از طرح‌های استاندارد یک طبقه استفاده می‌شود. در استاندارد موجود، مساحت پست‌های دارای یک ترانسفورماتور ۳۳ مترمربع و پست‌های دارای دو ترانسفورماتور ۵۷ مترمربع می‌باشد.

ب- طرح‌های استاندارد دو طبقه

برای مواردی که قیمت زمین بالاست و یا انتخاب قطعات کوچک برای احداث پست مناسب است، از طرح‌های استاندارد دو طبقه استفاده می‌شود. مساحت زمین مورد نیاز در این پست‌ها جهت پستهای با یک ترانسفورماتور ۲۱ مترمربع و برای پست‌های دارای دو ترانسفورماتور ۳۱ مترمربع است.

ج- پست‌های ویژه

در مواردی که زمین موجود برای احداث پست در دسترس نباشد و یا اینکه شکل و ابعاد زمین به صورت غیراستاندارد باشد از پست‌های ویژه استفاده می‌شود.

از جمله پارامترهایی که اثر عمده‌ای بر انتخاب محل پست ویژه دارند عبارتند از:

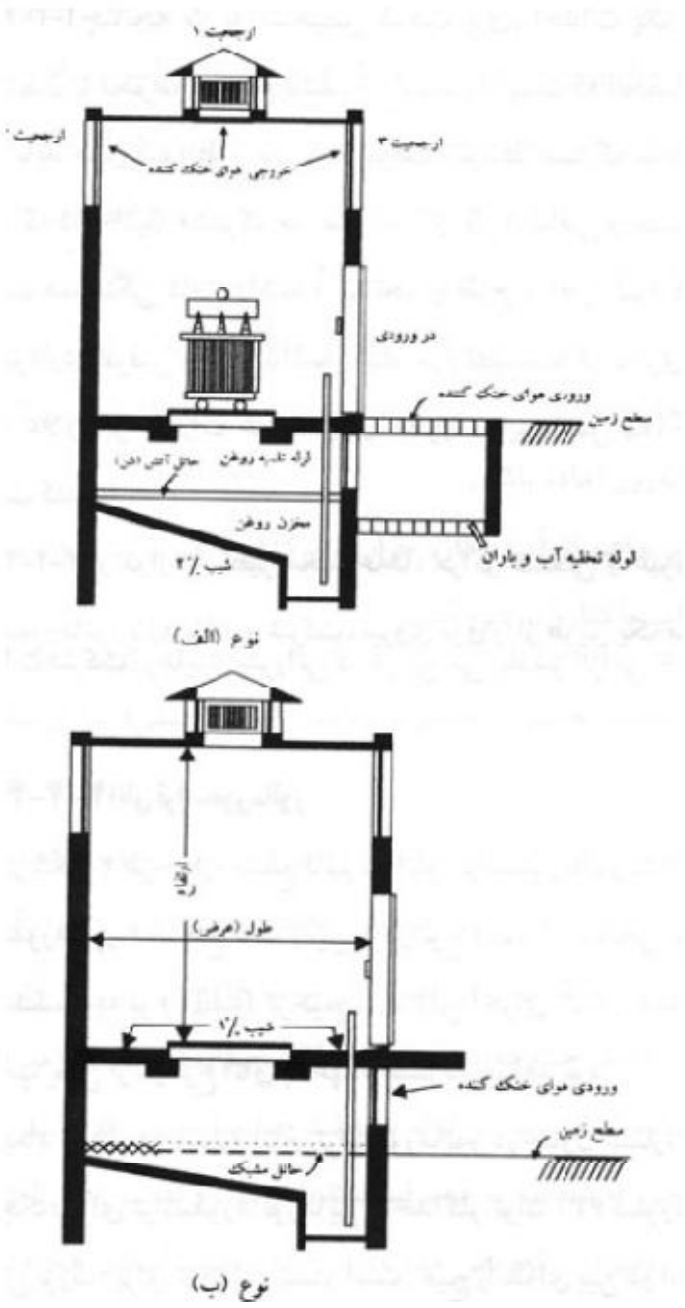
- اثر عوامل خارجی مثل آلودگی‌ها و شرایط جوی
- وضعیت پست از نظر استقرار ساختمان‌های جانبی
- سطح آب‌های زیرزمینی
- شرایط محیطی (درجه حرارت، ارتفاع، باد، باران و ...)
- قیمت زمین

[1] نشریه ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور"مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"

- جاده‌های دسترسی و راه‌های ارتباطی منتهی به پست

۳-۳-۵ مشخصات اتاق ترانسفورماتور

بر اساس "مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان" دو طرح از مقطع قائم دو اتاق ترانسفورماتور در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. در نوع (الف) ترانسفورماتور همسطح کف زمین و در نوع (ب) در سطحی بالاتر از آن نصب می‌شود. نوع (ب) نسبت به نوع (الف) ترجیح دارد ولی اجرای آن در همه موارد امکان‌پذیر نخواهد بود. انتخاب یکی از دو نوع اتاق به عهده مشترک خواهد بود.



شکل ۳-۱ طرح مقطع قائم دو نوع اتاق ترانسفورماتور

اندازه اتاق ترانسفورماتورهایی با رنجهای (کوچک، بزرگ و خیلی بزرگ) در جدول ۳-۲ آورده شده است.

جدول۳-۲ ابعاد اصلی اتاق ترانسفورماتور[۱]

اندازه اتاق ترانسفورماتور	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)	در اتاق		حجم مخزن روغن (مترمکعب)
				عرض (متر)	ارتفاع (متر)	
کوچک (تا ۶۳۰ کیلوولت آمپر)	۴	۳	۴/۷	۱/۵	۴	۰/۷
بزرگ (بزرگتر از ۶۳۰ تا ۱۰۰۰ کیلوولت آمپر)	۴/۳	۳/۲	۴/۷	۱/۵	۴	۱
خیلی بزرگ (بزرگتر از ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت آمپر)	۴/۵	۳/۵	۵/۳	۲	۴/۳	۲

توضیحات:

- در انتخاب ارتفاع اتاق ترانسفورماتور، تهویه طبیعی در نظر گرفته شده است.
- ارتفاع در اتاق برای راحتی نصب ترانسفورماتور تعیین شده است و در حالت عادی لنگه‌های در ممکن است تا ارتفاع کوتاهتری از مقدار تعیین شده باز شوند. بنابراین کتیبه بالایی آن می‌تواند فقط در هنگام داخل و خارج کردن ترانسفورماتور باز و بسته یا پیاده و نصب شود.

۳-۳-۵-۱ الزامات اجزای اتاق ترانسفورماتور و خصوصیات آن

- فضای آزاد در اطراف ترانسفورماتور نباید از ۰/۸ متر کمتر باشد.
- ارتفاع اتاق ترانسفورماتور مهمترین عامل در تهویه طبیعی، به منظور خنک کردن آن، به شمار می‌رود؛ برای همین ارتفاع اتاق نباید از مقادیر داده شده برای هرکدام از اندازه‌های اتاق‌ها کمتر باشد. توصیه آن است که، در صورت امکان، ارتفاع اتاق از مقادیر ارائه شده بلندتر باشد.
- چنانچه به علت مشخصات ساختمان (شبکه‌بندی نامناسب، وجود ستون‌ها و غیره) احداث اتاق به ابعاد ذکرشده امکانپذیر نباشد، ممکن است آنها را، با صواب دید مجری مقررات، تغییر داد. به حال هر این تغییر نباید از ۱۰٪ بیشتر باشد.
- اتاق باید فاقد رطوبت و ضد سرایت حریق باشد؛ باتوجه به این خواسته باید از مصالح مناسب استفاده شود.
- دیوارهای اتاق باید با مصالحی پوشانده شوند که گردگیر نباشد (مانند کاشی).

[۱] مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان

- سقف اتاق باید فاقد هر گونه نازک‌کاری، مانند گچکاری، باشد تا امکان سقوط اجسام و بروز اتصالی در ترانسفورماتور وجود نداشته باشد.
- در اتاق ترانسفورماتور نباید هیچ نوع پله یا شیب بیش از حد مجاز وجود داشته باشد.
- تیرآهن‌های ناقل ترانسفورماتور باید دارای زوار هادی چرخ باشند و با توجه به استاندارد کوچکترین و بزرگترین ترانسفورماتوری که ممکن است در اتاق نصب شود، انتخاب شده باشند.
- در طرح اتاق باید مجاری عبور هوا با سطح مقطع کافی و حداقل تغییر در مسیر، برای خنک کردن ترانسفورماتور از راه تهویه طبیعی پیش‌بینی شود.
- در زیر محل استقرار ترانسفورماتور، و پایین‌تر از مسیر عبور هوای خنک کننده، باید حائلی مشبک که دارای پوشش ضد زنگ باشد پیش‌بینی شود. روی این شبکه حداقل به ضخامت ۲۰ سانتیمتر شن یا سنگ گرانیت شکسته می‌ریزند تا مانع سرایت آتش احتمالی باشد.
- زیر حائل آتش باید سطحی شیبدار ساخته شود تا روغنی را که ممکن است در صورت نشت یا ترکیدن محفظه ترانسفورماتور ریخته شود، به سمت مخزن روغن هدایت کند. حداقل حجم مخزن روغن باید با حجم روغن بزرگترین ترانسفورماتوری که ممکن است در اتاق نصب شود برابر باشد. برای هدایت روغن به طرف چاهکی که در پایین ترین نقطه مخزن ساخته می‌شود باید شیب‌های مناسب، پیش‌بینی شود و یک لوله برای تلمبه کردن روغن، باید به طور دائمی این چاهک را به اتاق ترانسفورماتور وصل کند.
- ارتفاع کف اتاق ترانسفورماتور باید حداقل ۲۰ سانتیمتر از سطح احتمالی سیلاب روهای منطقه بالاتر باشد.
- دریچه‌های ورودی و خروجی هوای خنک‌کننده باید مجهز به شبکه‌های جلوگیری کننده از دخول پرنده‌ها و حیوانات کوچک (مانند گربه) و آب باران به داخل اتاق باشند.
- کانال‌ها یا لوله های حامل کابل ها باید به نحوی در اطراف ترانسفورماتور پیش‌بینی، ساخته یا نصب شوند که مانع مسیر جریان هوای خنک‌کننده نباشند. شیب مسیر کابل‌ها باید به سمت خارج باشد.
- در روی دیوارهای طرفین اتاق، باید نگهدارهای مناسبی برای کابل‌های وصل شونده به ترانسفورماتور پیش‌بینی شوند.
- در ورودی اتاق باید آهنی باشد و به سمت خارج باز شود. قفل در باید از نوعی باشد که حتی هنگامی که در قفل است خارج شدن از اتاق امکان‌پذیر باشد.
- برای جلوگیری از تعریق باید برای اتاق ترانسفورماتور گرمکن برقی مجهز به ترموستات پیش‌بینی شود.
- در فضای داخل و در جداره داخلی و خارجی دیوارها، سقف و کف اتاق ترانسفورماتور نباید هیچگونه لوله حامل آب، حرارت مرکزی و گاز نصب شود.
- هیچگونه پنجره و در ورودی دیگری غیر از در اصلی نباید در اتاق ترانسفورماتور وجود داشته باشد.

- جهت استقرار ترانسفورماتور در اطاق ترانسفورماتور باید به نحوی باشد که شرایط زیر برقرار شود.

الف- اگر محور طولی ترانسفورماتور به موازات در باشد، بوشینگ‌های فشار قوی باید رو به داخل اطاق باشد.

ب- اگر محور طولی ترانسفورماتور عمود بر در باشد روغن نمای مخزن انبساط ترانسفورماتور باید رو به در اطاق باشد.

۳-۳-۶ مراحل طراحی و انتخاب مشخصه‌های ساختمان پست

با توجه به مطالب قبلی، مشخصه‌های اصلی پست به ترتیب زیر تعیین می‌شود:

الف- از نظر ظرفیت تکی یا دو تایی

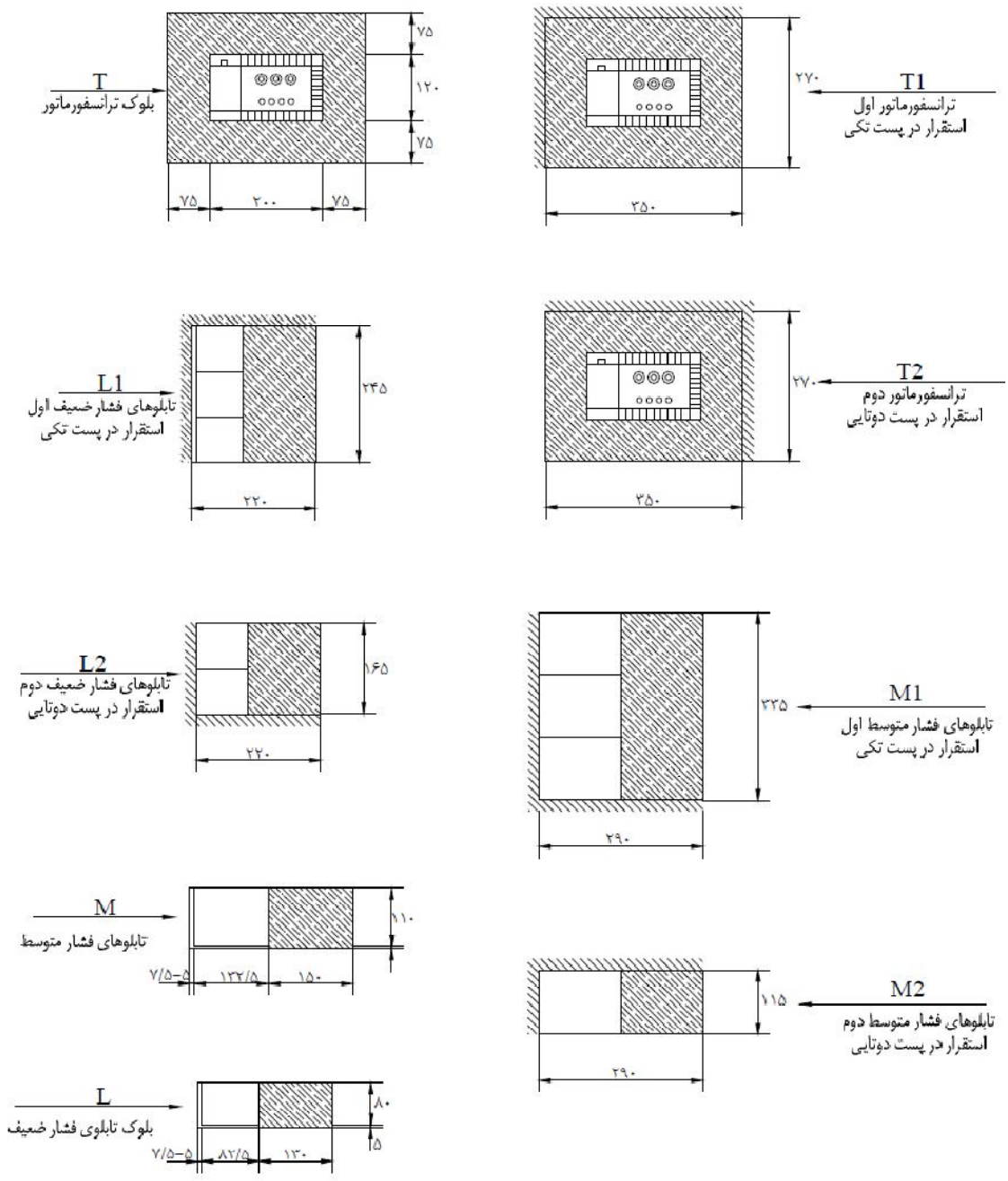
ب- از نظر وسعت یک طبقه، دو طبقه یا ویژه

ج- از نظر شرایط اقلیمی (سقف عادی یا شیب‌دار)

د- از نظر فضای کابل‌کشی: کف کانال یا کف نیم طبقه

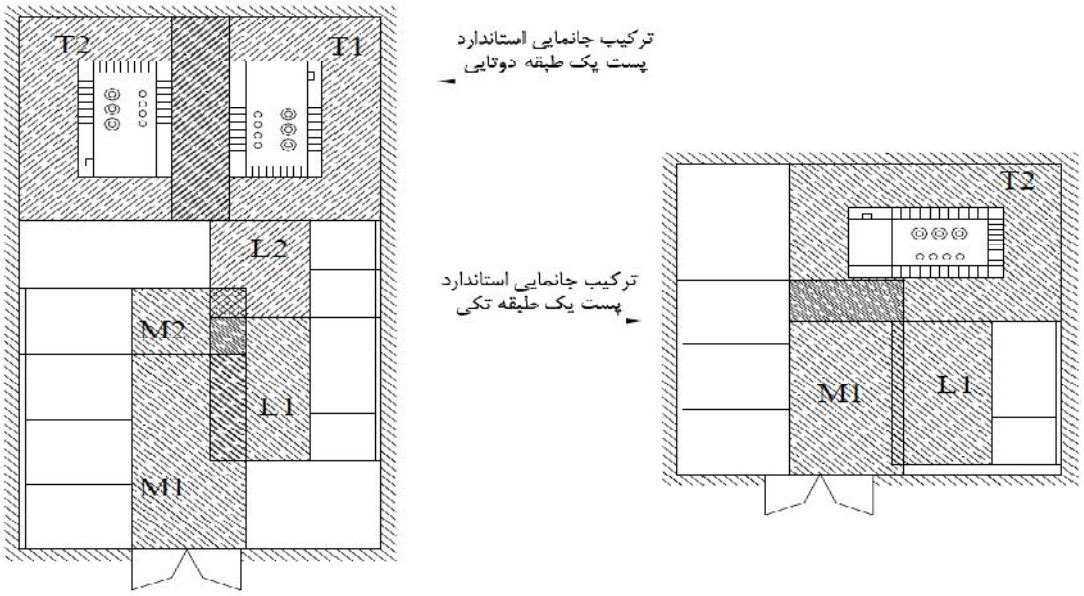
پس از تعیین مشخصه‌های اصلی، بایستی نقشه‌های اجرایی جانمایی تجهیزات تهیه گردد، به همین منظور می‌توان از بلوک‌های استاندارد این تجهیزات مطابق با شکل‌های زیر استفاده کرد.[۱]

[۱] نشریه ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور"مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"

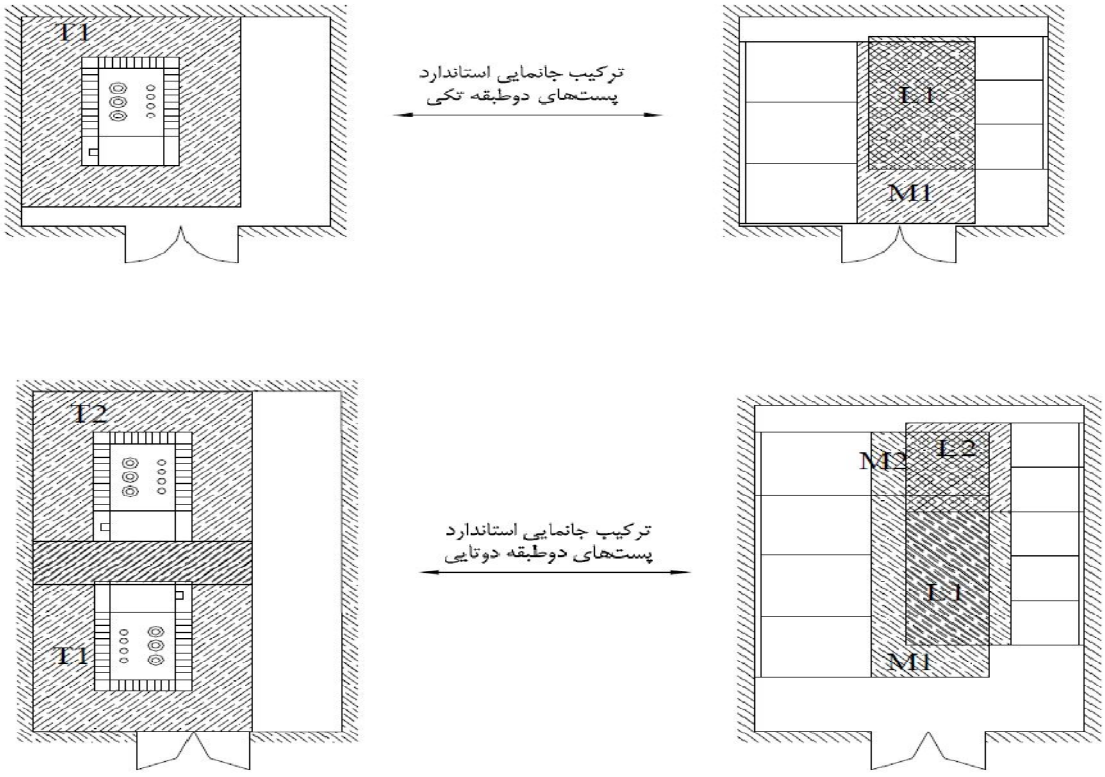


کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است.

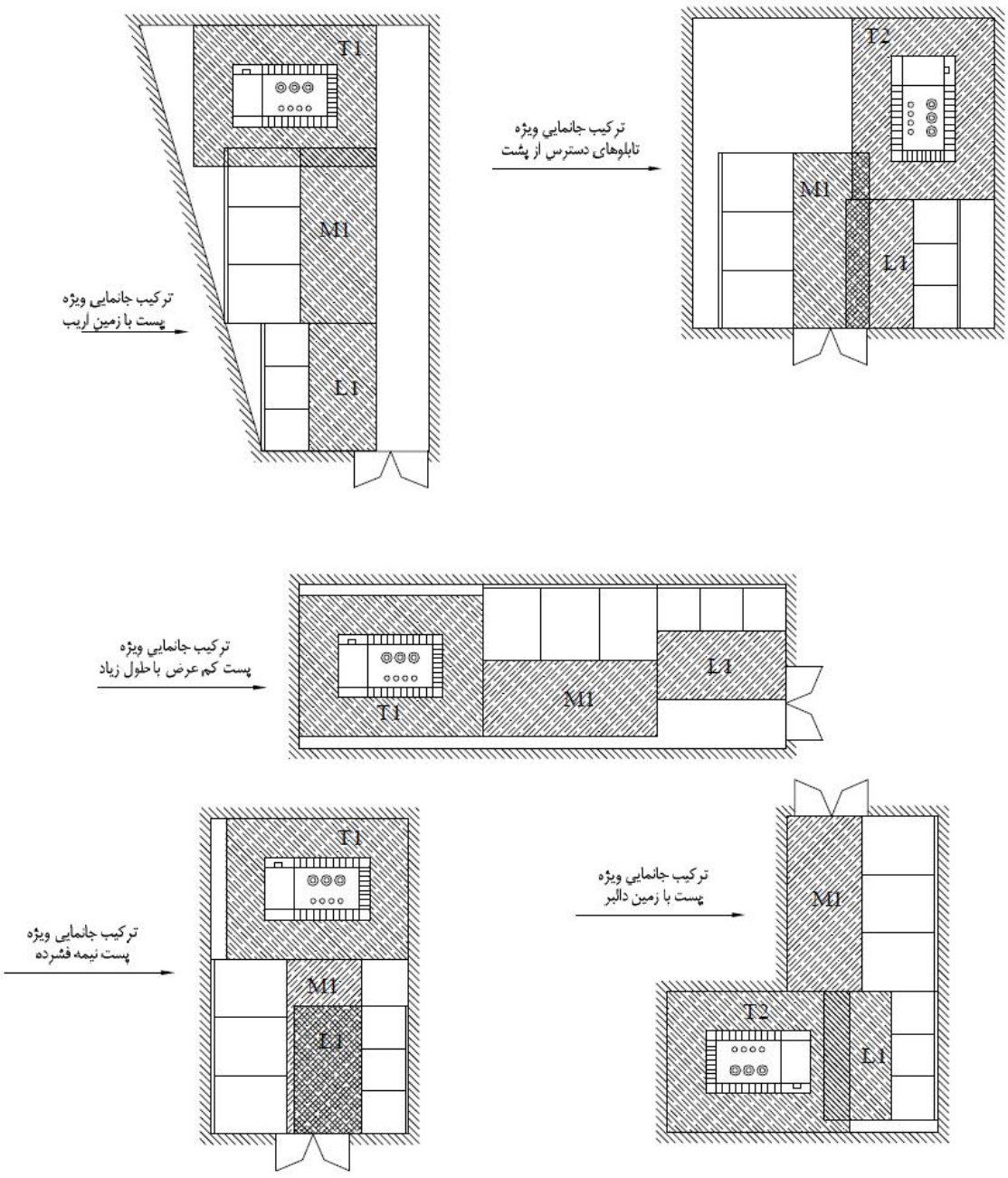
شکل ۳-۲ بلوک تجهیزات اصلی پست و موقعیت استقرار آنها



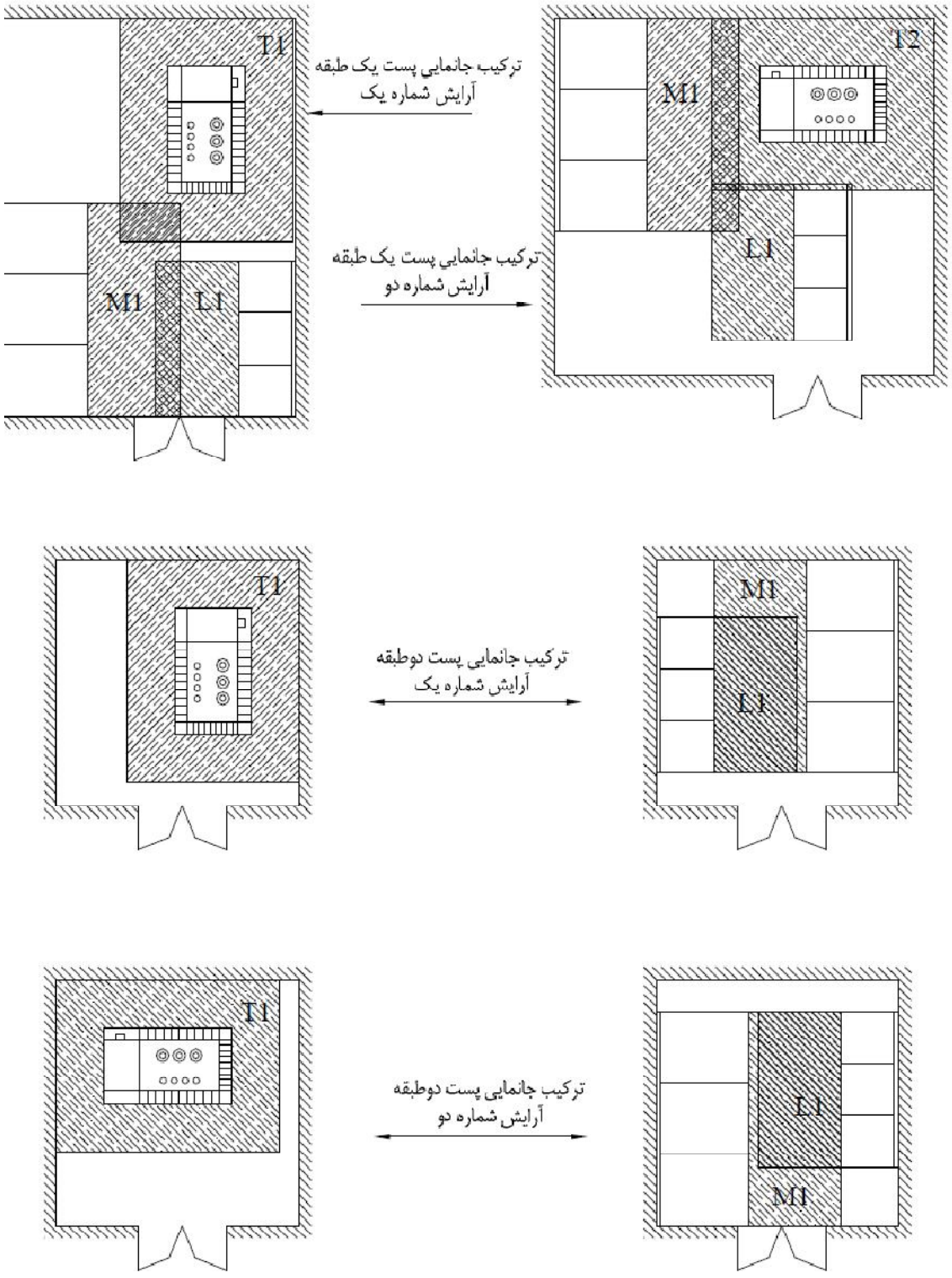
شکل ۳-۳ ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد یک طبقه



شکل ۳-۴ ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد دو طبقه



شکل ۳-۵ برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های ویژه



شکل ۳-۶ برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های دارای یک ترانسفورماتور

در رابطه با شکل‌های ۳-۲ تا ۳-۶ ذکر چند نکته به شرح ذیل ضروری است.

- اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است.
- تداخل بلوک تجهیزات تا حد نزدیکی حریم یکی به بدنه دیگری مجاز است (همپوشانی هاشورها مجاز ولی همپوشانی هاشور یک تجهیز با بدنه تجهیز دیگر غیرمجاز است).
- فاصله ترانسفورماتور تا دیوار در صورت لزوم می‌تواند به ۸۰۰ میلیمتر برسد.
- ابعاد ترانسفورماتور مربوط به ظرفیت حداکثر ۱۲۵۰ کیلو ولت آمپر است.

۳-۳-۷ ظرفیت پست

تعیین ظرفیت پست نیازمند تحلیل میزان تقاضا و برآورد بارهای متصل به آن می‌باشد.

۳-۳-۷-۱ میزان تقاضا

همانطور که در فصل ۱ بیان گردید، مجموع مقادیر نامی ظرفیت الکتریکی تجهیزات متصل به شبکه برابر مقدار کلی بار غیرهمزمان شبکه می‌باشد. از آنجایی که بعضی تجهیزات در ظرفیتی کمتر از ظرفیت نامی خود بهره‌برداری می‌شوند و برخی دیگر به صورت متناوب مورد استفاده قرار می‌گیرند، در نتیجه میزان تقاضای حاصل از منبع انرژی الکتریکی همیشه کمتر از کل بار متصل به شبکه می‌باشد.

۳-۳-۷-۲ پیش‌بینی بار و طراحی پست

در پیش‌بینی بار و فرآیند طراحی می‌بایست با در نظر گرفتن موارد ذیل انجام پذیرد:

الف- اثر رشد مقادیر نامی در طول زمان

این رشد ممکن است از ۰/۵ تا ۱ درصد در سال باشد.

ب- اثر ناشی از نصب تجهیزات نو و بکارگیری تکنولوژی‌های جدید مانند تهویه مطبوع

ج- در نظر گرفتن ۲۰٪ افزایش بار جهت توسعه آینده

۳-۳-۸ تهویه پست

به طور کلی پست‌های زمینی بایستی طوری طراحی گردند که ورود آب و میزان میعان به حداقل برسد. به همین منظور درنظر گرفتن شرایط جوی و محیطی محل پست حائز اهمیت می‌باشد.

ساختمان پست‌ها باید طوری طراحی گردد که از نظر درجه حرارت محیط برای تهویه طبیعی در شرایط عادی مناسب باشد و در عین حال جهت تهویه بهتر در شرایط آب و هوایی گرم، هواکش برقی نیز پیش‌بینی می‌گردد. همچنین میزان ریزش برف و باران عامل موثری در تعیین مشخصات اقلیمی ساختمان محسوب می‌شود، به طوری که ساختمان پست از یک طرف باید در مقابل نفوذ آب باران و برف مقاوم بوده و از طرف دیگر دارای مجاری عبور هوا برای تهویه طبیعی باشد. تمهیدات لازم جهت شرایط آب و هوایی مختلف به شرح زیر می‌باشد:

- آب و هوای گرم و خشک
  - طراحی و ساخت بنا به صورت مسطح یا گنبدی
  - افزایش ضخامت دیوارها تا حد امکان
  - طراحی پنجره‌های اطراف، تا حد امکان کوچک و همراه با سایبان

- قرارگیری ساختمان در جبهه‌ای با حداقل تابش نور خورشید

➢ آب و هوای گرم و مرطوب

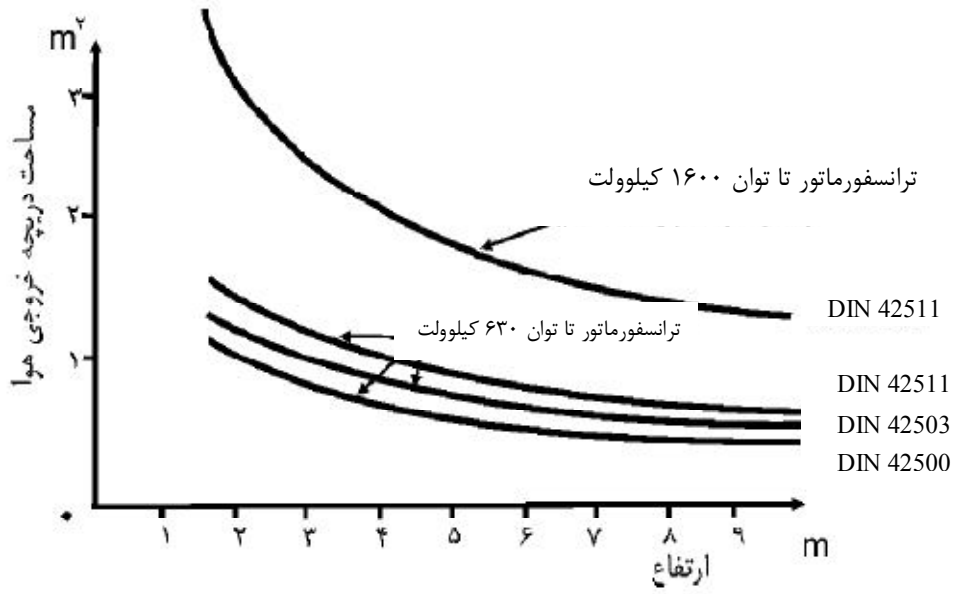
- طراحی سقف از نوع شیبدار یا عادی متناسب با بافت معماری شهر
- کاهش ضخامت دیوارها
- استفاده از پنجره‌های مشبک و سایبان
- طراحی ساختمان بر اساس تهویه طبیعی تا حد امکان
- استفاده از فضاهای سرپوشیده در اطراف ساختمان

➢ آب و هوای معتدل و مرطوب

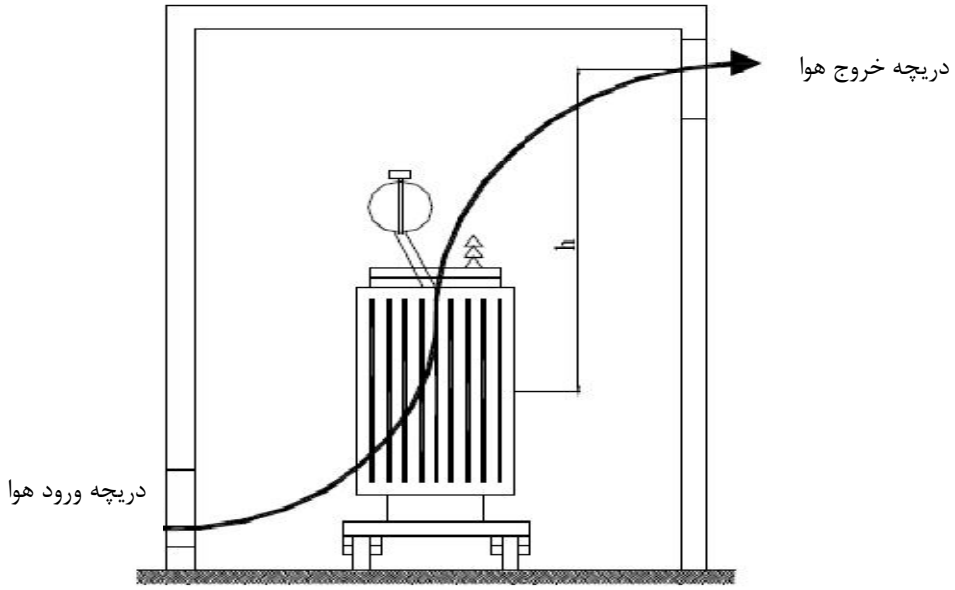
- طراحی سقف به صورت شیبدار جهت دفع سریع آب ناشی از ریزش برف و باران
- طراحی پنجره‌های سراسری و بزرگ
- عایق کاری مناسب در برابر رطوبت زمین
- استفاده از مصالح سبک و بومی مانند سفال در پوشش سقف و ...

تهویه پست باید به گونه‌ای باشد که دمای هوای درون آن از ۴۰ درجه سانتیگراد فراتر نرود. تجهیزات باید طوری قرار گیرند که بدون نیاز به لوله و کانال تهویه، عمل تهویه به طور مطلوب انجام شود. تهویه طبیعی قابل اطمینان‌ترین نوع تهویه است. کل مساحت مفید هواکش نباید از ۲۰ سانتیمترمربع به ازای هر کیلوولت آمپر از ظرفیت ترانسفورماتور کمتر باشد. در صورت استفاده از تهویه اجباری، تهویه باید توانایی حداقل ۳ فوت مکعب (تقریباً برابر ۰/۰۸ مترمکعب) هوا در هر دقیقه به ازای یک کیلوولت آمپر از ظرفیت ترانسفورماتور را داشته باشد.

به منظور جلوگیری از ورود پرندگان، حشرات، جانوران موذی یا جونده به درون کانال‌ها باید از توری مناسب در ورودی آنها استفاده نمود. نکته قابل توجه این است که فاصله دریچه خروجی هوا در سقف پست تا بالای ترانسفورماتور باید بر طبق توان نامی ترانسفورماتور مقداری مشخص باشد. در نمودار شکل ۳-۷ تغییرات مساحت دریچه هوا بر حسب مقدار فاصله بین مرکز دریچه هوا در قسمت فوقانی پست تا نصف ارتفاع ترانسفورماتور از کف پست (محور Xها) رسم گردیده است. در این نمودار چند منحنی بر اساس توان نامی ترانسفورماتور بر طبق استانداردهای DIN 42500, DIN 42503, DIN 42511 رسم شده است. شکل ۳-۸ نحوه جانمایی تهویه را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷ مساحت دریچه‌های هوا بر حسب فاصله h که در شکل ۳-۷ موجود است



شکل ۳-۸ وضعیت ظاهری و محل قرار گرفتن دریچه‌های هوا و ترانسفورماتور

میزان بارگذاری مجاز پست در حالت‌های تهویه طبیعی و تهویه با استفاده از هواکش‌های برقی همراه با تعداد و ظرفیت هواکش‌های برقی در جداول ۳-۳ تا ۳-۸ مشخص گردیده است[۱].

[۱] نشریه ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور"مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"

جدول ۳-۳ بارگذاری مجاز (KVA) پست‌های استاندارد یک طبقه تکی

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (nxkVA)	حداکثر دمای محیط (℃)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیبدار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۱×۵۰۰	۳۵	۴۶۰	۴۶۰	۴۹۰	۵۰۰
	۴۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۵۰	۴۶۰
	۴۵	۳۸۰	۳۹۰	۴۱۰	۴۲۰
	۵۰	۳۵۰	۳۶۰	۳۷۰	۳۸۰
۱×۶۳۰	۳۵	۵۷۰	۵۷۰	۶۱۰	۶۳۰
	۴۰	۵۲۰	۵۲۰	۵۵۰	۵۷۰
	۴۵	۴۸۰	۴۸۰	۵۱۰	۵۲۰
	۵۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۴۸۰
۱×۸۰۰	۳۵	۷۱۰	۷۱۰	۷۶۰	۷۸۰
	۴۰	۶۵۰	۶۵۰	۶۹۰	۷۱۰
	۴۵	۶۰۰	۶۰۰	۶۳۰	۶۵۰
	۵۰	۵۵۰	۵۶۰	۵۸۰	۶۱۰*
۱×۱۰۰۰	۳۵	۸۶۰	۸۷۰	۹۲۰	۹۵۰
	۴۰	۷۹۰	۸۰۰	۸۴۰	۸۷۰
	۴۵	۷۳۰	۷۴۰	۷۸۰	۸۰۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۲۰	۷۵۰ *
۱×۱۲۵۰	۳۵	۱۰۵۰	۱۰۵۰	۱۱۲۰	۱۱۶۰
	۴۰	۹۷۰	۹۷۰	۱۰۳۰	۱۰۶۰
	۴۵	۹۰۰	۹۰۰	۹۵۰	۱۰۱۰*
	۵۰	۸۳۰	۸۴۰	۸۸۰	۹۳۰ *

* تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت * مشخص گردیده است ۳ عدد و در سایر موارد ۲ عدد می‌باشد.

جدول۳-۴ بارگذاری مجاز (KVA) پست‌های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (nxkVA)	حداکثر دمای محیط (℃)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیبدار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۱×۵۰۰	۳۵	۴۷۰	۴۷۰	۴۹۰	۵۰۰
	۴۰	۴۳۰	۴۳۰	۴۵۰	۴۶۰
	۴۵	۳۹۰	۳۹۰	۴۱۰	۴۲۰
	۵۰	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۳۸۰
۱×۶۳۰	۳۵	۵۸۰	۵۸۰	۶۱۰	۶۳۰
	۴۰	۵۳۰	۵۳۰	۵۵۰	۵۷۰
	۴۵	۴۹۰	۴۹۰	۵۱۰	۵۲۰
	۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۷۰	۴۸۰
۱×۸۰۰	۳۵	۷۱۰	۷۱۰	۷۶۰	۷۸۰
	۴۰	۶۵۰	۶۵۰	۶۹۰	۷۱۰
	۴۵	۶۰۰	۶۰۰	۶۳۰	۶۵۰
	۵۰	۵۵۰	۵۶۰	۵۸۰	❋۶۱۰
۱×۱۰۰۰	۳۵	۸۹۰	۸۹۰	۹۲۰	۹۵۰
	۴۰	۸۱۰	۸۱۰	۸۳۰	۸۷۰
	۴۵	۷۵۰	۷۵۰	۷۸۰	۸۰۰
	۵۰	۶۹۰	۶۹۰	۷۲۰	❋ ۷۵۰
۱×۱۲۵۰	۳۵	۱۰۸۰	۱۰۸۰	۱۱۲۰	۱۱۶۰
	۴۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۳۰	۱۰۶۰
	۴۵	۹۲۰	۹۲۰	۹۵۰	❋۱۰۱۰
	۵۰	۸۵۰	۸۵۰	۸۸۰	❋ ۹۳۰

❋ تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت ❋ مشخص گردیده است ۳ عدد و در سایر موارد ۲ عدد می‌باشد.

جدول۳-۵. بارگذاری مجاز (KVA) پست‌های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (nxkVA)	حداکثر دمای محیط (℃)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیبدار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۲×۵۰۰	۳۵	۸۷۰	۸۸۰	۹۰۰	۹۳۰۰
	۴۰	۸۰۰	۸۱۰	۸۳۰	۸۵۰
	۴۵	۷۴۰	۷۴۰	۷۷۰	۷۹۰
	۵۰	۶۷۰	۶۷۰	۷۱۰	٭۷۵۰
۲×۶۳۰	۳۵	۱۰۷۰	۱۰۸۰	۱۱۰۰	۱۱۵۰
	۴۰	۹۹۰	۱۰۰۰	۱۰۲۰	۱۰۵۰
	۴۵	۹۲۰	۹۲۰	۹۵۰	۹۷۰
	۵۰	۸۵۰	۸۵۰	۸۸۰	٭ ۹۳۰
۲×۸۰۰	۳۵	۱۳۳۰	۱۳۴۰	۱۳۶۰	۱۴۲۰
	۴۰	۱۲۳۰	۱۲۴۰	۱۲۶۰	۱۳۱۰
	۴۵	۱۱۴۰	۱۱۵۰	۱۱۷۰	٭۱۲۶۰
	۵۰	۱۰۶۰	۱۰۷۰	۱۰۹۰	٭۱۱۶۰
۲×۱۰۰۰	۳۵	۱۶۲۰	۱۶۳۰	٭۱۷۶۰	٭۱۸۳۰
	۴۰	۱۵۰۰	۱۵۱۰	٭۱۶۳۰	٭۱۶۸۰
	۴۵	۱۴۰۰	۱۴۰۰	٭۱۵۱۰	٭۱۵۵۰
	۵۰	۱۳۰۰	۱۳۱۰	٭۱۳۰۰	٭۱۳۳۰
۲×۱۲۵۰	۳۵	۱۹۶۰	۱۹۸۰	٭۲۱۳۰	٭۲۲۲۰
	۴۰	۱۸۲۰	۱۸۴۰	٭۱۹۸۰	٭۲۰۵۰
	۴۵	۱۷۰۰	۱۷۱۰	٭۱۸۴۰	٭۱۸۹۰
	۵۰	۱۵۹۰	۱۶۰۰	٭۱۷۱۰	٭۱۷۶۰

٭ تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت ٭ مشخص گردیده است ۳ عدد و در سایر موارد ۲ عدد می‌باشد.

جدول۳-۶. بارگذاری مجاز (KVA) پست‌های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه اول

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (nxkVA)	حداکثر دمای محیط (℃)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیبدار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۱×۵۰۰	۳۵	۴۶۰	۴۷۰	۴۹۰	۵۰۰
	۴۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۵۰	۴۶۰
	۴۵	۳۹۰	۳۹۰	۴۱۰	۴۲۰
	۵۰	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۳۸۰
۱×۶۳۰	۳۵	۵۷۰	۵۷۰	۶۱۰	۶۳۰
	۴۰	۵۲۰	۵۳۰	۵۵۰	۵۷۰
	۴۵	۴۸۰	۴۸۰	۵۱۰	۵۲۰
	۵۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۴۸۰
۱×۸۰۰	۳۵	۷۱۰	۷۱۰	۷۶۰	۷۸۰
	۴۰	۶۵۰	۶۵۰	۶۹۰	۷۱۰
	۴۵	۶۰۰	۶۰۰	۶۳۰	۶۵۰
	۵۰	۵۵۰	۵۶۰	۵۸۰	❋۶۱۰
۱×۱۰۰۰	۳۵	۸۷۰	۸۷۰	۹۲۰	۹۵۰
	۴۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۴۰	۸۷۰
	۴۵	۷۴۰	۷۴۰	۷۸۰	۸۰۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۲۰	❋ ۷۵۰
۱×۱۲۵۰	۳۵	۱۰۵۰	۱۰۶۰	۱۱۲۰	۱۱۶۰
	۴۰	۹۷۰	۹۸۰	۱۰۳۰	۱۰۶۰
	۴۵	۹۰۰	۹۰۰	۹۵۰	❋۱۰۱۰
	۵۰	۸۳۰	۸۴۰	۸۸۰	❋ ۹۳۰

❋ تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت ❋ مشخص گردیده است ۳ عدد و در سایر موارد ۲ عدد می‌باشد.

جدول۳-۷. بارگذاری مجاز (KVA) پست‌های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه اول

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (nxkVA)	حداکثر دمای محیط (℃)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیبدار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۲×۵۰۰	۳۵	۸۵۰	۸۶۰	۹۰۰	۹۳۰۰
	۴۰	۷۸۰	۸۰۰	۸۳۰	۸۵۰
	۴۵	۷۴۰	۷۴۰	۷۷۰	۷۹۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۱۰	٭۷۵۰
۲×۶۳۰	۳۵	۱۰۵۰	۱۰۶۰	۱۱۰۰	۱۱۵۰
	۴۰	۹۷۰	۹۸۰	۱۰۲۰	۱۰۵۰
	۴۵	۹۰۰	۹۱۰	۹۵۰	۹۷۰
	۵۰	۸۳۰	۸۳۰	۸۸۰	٭ ۹۳۰
۲×۸۰۰	۳۵	۱۳۳۰	۱۳۴۰	۱۳۶۰	۱۴۲۰
	۴۰	۱۲۳۰	۱۲۴۰	۱۲۶۰	۱۳۱۰
	۴۵	۱۱۴۰	۱۱۵۰	۱۱۷۰	٭۱۲۶۰
	۵۰	۱۰۳۰	۱۰۵۰	۱۰۹۰	٭۱۱۶۰
۲×۱۰۰۰	۳۵	۱۵۷۰	۱۶۰۰	٭۱۷۶۰	٭۱۸۳۰
	۴۰	۱۴۶۰	۱۴۸۰	٭۱۶۳۰	٭۱۶۸۰
	۴۵	۱۳۷۰	۱۳۸۰	٭۱۵۱۰	٭۱۵۵۰
	۵۰	۱۲۸۰	۱۲۹۰	٭۱۴۰۰	٭۱۴۳۰
۲×۱۲۵۰	۳۵	۱۹۰۰	۱۹۳۰	٭۲۱۳۰	٭۲۲۲۰
	۴۰	۱۷۸۰	۱۸۰۰	٭۱۹۸۰	٭۲۰۵۰
	۴۵	۱۶۶۰	۱۶۸۰	٭۱۸۴۰	٭۱۸۹۰
	۵۰	۱۵۶۰	۱۵۸۰	٭۱۷۱۰	٭۱۷۶۰

٭ تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت ٭ مشخص گردیده است ۳ عدد و در سایر موارد ۲ عدد می‌باشد.

جدول۳-۸. بارگذاری مجاز (KVA) پست‌های استاندارد یک طبقه دوتایی

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفورماتور (nxkVA)	حداکثر دمای محیط (℃)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیبدار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۲×۵۰۰	۳۵	۸۵۰	۸۷۰	۹۰۰	۹۳۰۰
	۴۰	۷۸۰	۸۰۰	۸۳۰	۸۵۰
	۴۵	۷۴۰	۷۴۰	۷۷۰	۷۹۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۱۰	٭۷۵۰
۲×۶۳۰	۳۵	۱۰۴۰	۱۰۷۰	۱۱۰۰	۱۱۵۰
	۴۰	۹۶۰	۹۸۰	۱۰۲۰	۱۰۵۰
	۴۵	۹۰۰	۹۱۰	۹۵۰	۹۷۰
	۵۰	۸۳۰	۸۵۰	۸۸۰	٭ ۹۳۰
۲×۸۰۰	۳۵	۱۳۳۰	۱۳۴۰	۱۳۶۰	۱۴۲۰
	۴۰	۱۲۳۰	۱۲۴۰	۱۲۶۰	۱۳۱۰
	۴۵	۱۱۴۰	۱۱۵۰	۱۱۷۰	٭۱۲۶۰
	۵۰	۱۰۳۰	۱۰۵۰	۱۰۹۰	٭۱۱۶۰
۲×۱۰۰۰	۳۵	۱۵۶۰	۱۶۰۰	٭۱۷۶۰	٭۱۸۳۰
	۴۰	۱۴۵۰	۱۴۹۰	٭۱۶۳۰	٭۱۶۸۰
	۴۵	۱۳۶۰	۱۳۸۰	٭۱۵۱۰	٭۱۵۵۰
	۵۰	۱۲۷۰	۱۲۹۰	٭۱۴۰۰	٭۱۴۳۰
۲×۱۲۵۰	۳۵	۱۸۹۰	۱۹۴۰	٭۲۱۳۰	٭۲۲۲۰
	۴۰	۱۷۶۰	۱۸۱۰	٭۱۹۸۰	٭۲۰۵۰
	۴۵	۱۶۵۰	۱۶۹۰	٭۱۸۴۰	٭۱۸۹۰
	۵۰	۱۵۵۰	۱۵۸۰	٭۱۷۱۰	٭۱۷۶۰

٭ تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت ٭ مشخص گردیده است ۳ عدد و در سایر موارد ۲ عدد می‌باشد.

مشخصات هواکش‌ها در جدول ۳-۹ ارائه گردیده و همچنین تغذیه هواکش‌های برقی از طریق تابلوی داخل پست انجام می‌گیرد.

برای ترانسفورماتورهای نصب شده در ارتفاعات بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا بایستی مطابق جدول ۳-۱۰ به ازای هر ۲۰۰ متر ارتفاع اضافی یک درصد از ظرفیت نامی ترانسفورماتورها کاسته شود[۱].

[۱] نشریه ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور"مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"

جدول ۳-۹. مشخصات هواکش‌ها

شرح مختصات	هواکش نوع a	هواکش نوع b
دور در دقیقه (rmp)	۱۴۰۰	۹۰۰
قدرت الکتریکی (W)	۸۰	۸۰
دبی(m^3/h) در فشار استاتیک $5hgf/m^3$	۲۵۰۰	۳۲۰۰
حداکثر نویز (dB)	۶۴	۶۶
قطر تقریبی (mm)	۳۵۰	۴۵۰
ولتاژ نامی (V)	۲۲۰	۲۲۰

جدول ۳-۱۰ ضریب کاهش ظرفیت ترانسفورماتور بر حسب ارتفاع نصب از سطح دریا

ارتفاع از سطح دریا (m)	ضریب کاهش
۰-۱۰۰۰	۱
۱۰۰۰-۱۲۰۰	۰/۹۹
۱۲۰۰-۱۴۰۰	۰/۹۸
۱۴۰۰-۱۶۰۰	۰/۹۷
۱۶۰۰-۱۸۰۰	۰/۹۶
۱۸۰۰-۲۰۰۰	۰/۹۵
۲۰۰۰-۲۲۰۰	۰/۹۴
۲۲۰۰-۲۴۰۰	۰/۹۳

۳-۳-۹ روشنایی پست

روشنایی پست‌های توزیع به منظور انجام تعمیرات و بازرسی‌های ادواری آن باید به نحو مطلوبی تأمین گردد که این مقدار بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ لوکس می‌باشد. روشنایی داخل پست با استفاده از چراغهای فلورسنت و تونلی فراهم می‌گردد. روشنایی سر در ورودی با یک چراغ حباب‌دار تأمین می‌شود. همچنین تعدادی پریز تک فاز و یک عدد پریز سه فاز برای استفاده در مواقع نصب یا تعمیرات باید در نقاط مختلف روی دیوارها تعبیه شود.

رنگ لامپ‌های فلورسنت باید از نوع سفید مهتابی بوده و نباید از لامپ‌های نور گرم استفاده شود. چراغ‌های تونلی باید از نوع صنعتی مرغوب و با لامپ رشته‌ای نوع پیچی باشند.

تغذیه مدارهای پریز و روشنایی باید از تابلوی داخل پست باشد. تابلوی مربوطه باید در نزدیک‌ترین نقطه قابل دسترسی در مجاورت درب ورودی پست نصب شود.

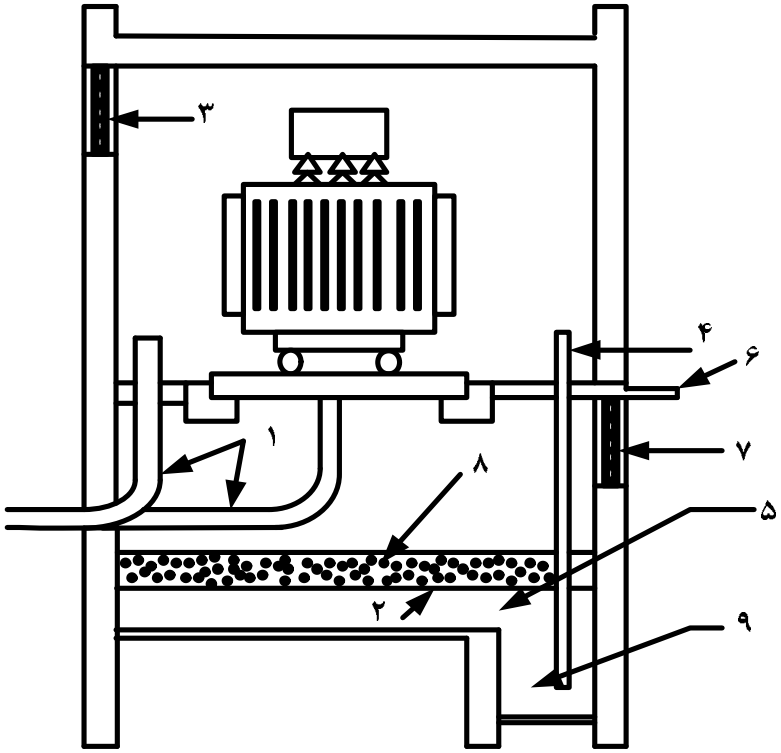
ارتفاع نصب تابلوی برق و ارتفاع کلید و پریزها بایستی به ترتیب برابر با ۱۸۰ و ۱۲۰ سانتیمتر از کف پست باشد.

۳-۳-۱۰ مشخصات چاله روغن پست

با توجه به اینکه ریزش احتمالی روغن بر اثر نشتی یا سرریز موجب آلودگی محوطه پست و آلوده ساختن خاک و محیط اطراف آن شده و خطر آتش‌سوزی را نیز بدنبال دارد، باید برای هر دستگاه ترانسفورماتور یک چاله روغن برای جمع آوری و تخلیه روغن تعبیه گردد. ابعاد و خصوصیات این چاله روغن به شرح زیر است:

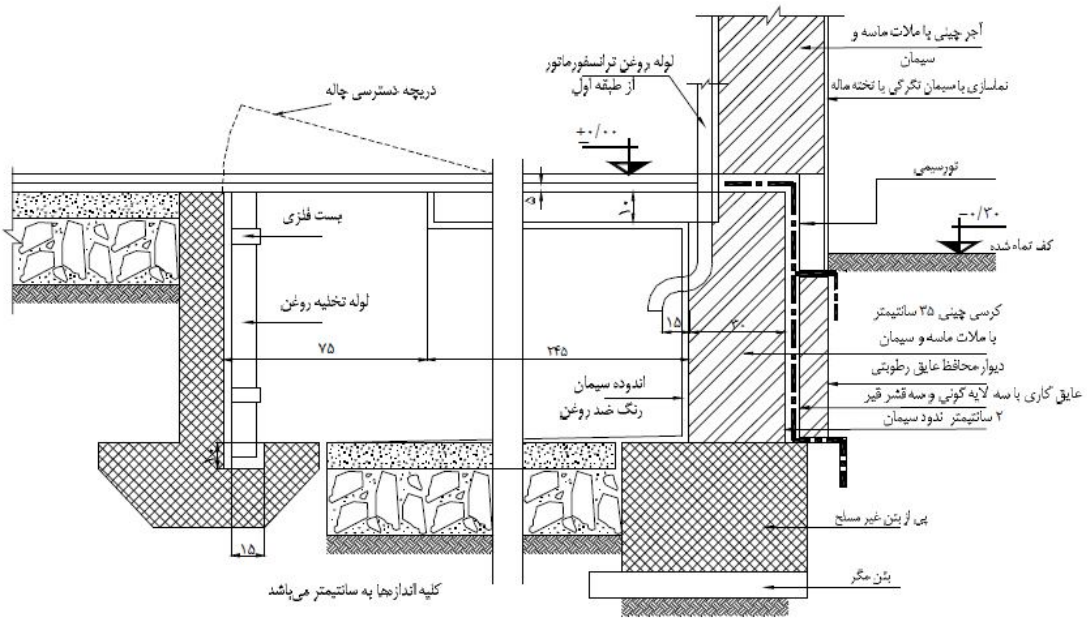
- وسعت چاله روغن باید حداقل در برگیرنده طول و عرض بیرونی ترانسفورماتور باشد به صورتی که هر گونه نشتی یا سرریز روغن از بالای ترانسفورماتور به داخل آن سرازیر شود.
- داخل چاله به ارتفاع حداقل ۲۰ سانتیمتر از شن یا سنگ گرانیت پر شده باشد تا خطر آتش گرفتن روغن داغ در اثر مجاورت با هوا به حداقل برسد.
- سطح زیر حائل آتش بایستی دارای شیب ۲٪ باشد.
- حجم مفید داخل چاله روغن حداقل برابر حجم روغن ترانسفورماتور باشد.
- لوله تخلیه یا امکانات دیگری برای جمع آوری و تخلیه روغن در ساختمان آن منظور شده باشد.
- با استفاده از مواد فایبرگلاس در ساخت چاله روغن از نشست روغن پیشگیری گردد.
- برای ترانسفورماتورهایی با توان بیشتر از ۶۳۰ کیلوولت آمپر باید در زیر ترانسفورماتور یک چاله روغن به حجم تقریبی ۰/۷ متر مکعب ایجاد شود.
- اگر چند ترانسفورماتور که هر یک حداقل دارای توان ۶۳۰ کیلو ولت آمپر باشند کنار هم در یک پست قرار گیرند، باید برای هر ترانسفورماتور یک چاله روغن به حجم تقریبی ۰/۷ متر مکعب در نظر گرفته شود. همچنین می‌توان یک چاله روغن برای کل ترانسفورماتورهای پست در نظر گرفت که توانایی جمع‌آوری حجم کل روغن‌های ترانسفورماتورهای پست را دارا باشد در این صورت بایستی حجم آن در حدود ۰/۷ × n (n تعداد ترانسفورماتورها) مترمکعب باشد.
- برای ترانسفورماتورهایی با توان بین ۸۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلوولت آمپر حجم چاله روغن باید در حدود ۲ مترمکعب باشد. اگر در یک پست چند ترانسفورماتور با ظرفیت بین ۸۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلوولت آمپر وجود داشته باشد می‌توان تعدادی چاله روغن کوچک با ظرفیت از ۲ مترمکعب در بیرون از اتاق پست ساخت که از طریق مجراهایی به هم ارتباط داشته باشند.
- برای هر چاله روغن باید یک چاهک در ته آن تعبیه شود تا پمپ کردن و تخلیه روغن به آسانی انجام گیرد. مجموعه چاله روغن و چاهک روغن باید توسط یک لایه به ضخامت ۲۰ سانتیمتر از سنگریزه یا خرده‌های گرانیت پوشیده شده و در زیر آن یک لایه آهن گالوانیزه قرار داده شود. وجود این لایه آهن و سنگریزه ها باعث کاهش احتمال آتش‌سوزی می‌شود.

در شکل ۳-۹ نمای کلی یک چاله روغن و چاهک مربوط به آن مشخص گردیده است. در شکل ۳-۱۰ جزئیات یک چاله روغن به صورت کامل نشان داده شده است.



ردیف	شرح	ردیف	شرح
۱	لوله محافظ کابل	۶	سکو
۲	آهن گالوانیزه	۷	دریچه ورود هوا
۳	دریچه خروج هوا	۸	لایه سنگریزه
۴	لوله پمپ	۹	چاهک روغنی
۵	چاله روغن		

شکل ۳-۹ نمای کلی یک چاله روغن و چاهک روغن آن



شکل ۳-۱۰ جزئیات یک چاله روغن به صورت کامل

۳-۲-۱۰ تجهیزات الکتریکی اصلی پست‌های توزیع زمینی

تجهیزات الکتریکی اصلی پست‌های توزیع زمینی به شرح ذیل می‌باشند:

- ترانسفورماتور
- تابلوهای فشار متوسط
- تابلوهای فشار ضعیف
- کابل و متعلقات

در فصول بعدی به طور کامل درباره هر یک شرح داده می‌شود.

۴ ترانسفورماتور قدرت

۴-۱ انواع ترانسفورماتورها برحسب وظایف آنها

۱) ترانسفورماتورهای قدرت در نیروگاهها و پستهای فشار قوی

۲) ترانسهای توزیع در پستهای توزیع زمینی و هوایی، برای پخش انرژی در سطح شهرها و کارخانه‌ها

۳) ترانسهای قدرت برای مقاصد خاص مانند کوره‌های ذوب آلومینیم، یکسوسازها و واحدهای جوشکاری

۴) اتوترانسها جهت تبدیل ولتاژ با نسبت کم و راه‌اندازی موتورهای القایی

۵) ترانسهای الکترونیکی

۶) ترانسهای ولتاژ و جریان جهت مقاصد اندازه‌گیری و حفاظت

۷) ترانسهای زمین برای ایجاد نقطه صفر و زمین کردن نقطه صفر

۸) ترانسهای آزمایشگاه فشار قوی و ...

۴-۲ انواع ترانسفورماتورها از نظر ماده عایقی و خنک کننده‌ها

۱) ترانسفورماتورهای روغنی (Oil immersed power Transformer) : ترانسفورماتورهایی هستند که هسته و سیم‌پیچی آن در داخل روغن با پایه نفتانیک و یا پارافینیک (روغن معدنی) قرار دارد. این روغن وظیفه عایق‌بندی بین سیم‌پیچها و بدنه و همچنین نقش سیستم خنک‌کننده را برعهده دارد.

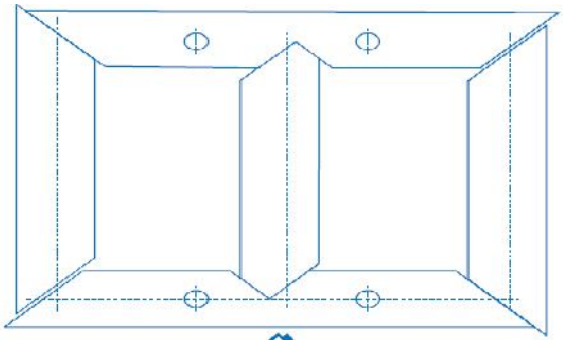
۲) ترانسفورماتورهای خشک (Dry type transformer) : به ترانسی که هسته و سیم‌پیچی آن در داخل مایع قرار نداشته باشد، ترانسفورماتور خشک گویند. برای سیستم عایق‌بندی آنها از رزین، و برای خنک‌کاری نیز از هوا به جای روغن استفاده می‌شود.

۳) ترانسفورماتورهای با عایق گازی (Gas insulated transformer (sf6)): به ترانسهایی گفته می‌شود که در آنها از گاز SF6 جهت عایق‌بندی و خنک‌کاری استفاده می‌شود. از جمله مزایای این نوع ترانسها نسبت به ترانسهای روغنی: مقاوم در برابر آتش سوزی، حجم و وزن کمتر، نصب و راه‌اندازی آسانتر و صدای کمتر را می‌توان نام برد. این ترانس‌ها دارای معایبی از جمله قابلیت هدایت حرارتی کم این گاز در مقایسه با روغن، نیاز به افزایش فشار گاز برای دستیابی به قدرت عایقی خوب، تجزیه گاز SF6 در اثر جرقه و ایجاد ترکیبات سمی و از همه مهمتر افزایش قیمت تمام شده را می‌توان ذکر کرد.

۴-۳ اجزای ترانسفورماتور

۴-۳-۱ هسته

هسته ترانسفورماتور از ورق الکتریکی به ضخامت ۰/۳ میلیمتر که در عرض‌های مختلف بریده شده تشکیل می‌شود که در نهایت پس از چیدن، دارای سطح مقطع تقریباً دایره‌ای شکل می‌گردد. به منظور کاهش تلفات آهن محل اتصال ورق‌ها به یکدیگر دارای زاویه ۴۵ درجه می‌باشد و اتصال بصورت فاق و زبانه انجام می‌گیرد (مطابق با شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱. شمایی از هسته ترانسفورماتور

۴-۳-۲ سیم‌پیچ‌ها

کلیه ترانسفورماتورهای توزیع دارای دو سیم‌پیچ (فشار ضعیف و فشار قوی) می‌باشند که در ابعاد مختلف بشرح ذیل پیچیده می‌شوند:

۱) سیم‌پیچ‌های فشار ضعیف از سیم تخت با عایق کاغذی یا فویل مسی بصورت سیم‌پیچ استوانه‌ای تولید می‌گردند.

۲) سیم‌پیچ‌های فشار قوی از سیم گرد و یا تخت به صورت‌های ذیل تولید می‌گردند:

- تا قدرت ۲۵۰ کیلوولت آمپر از سیم گرد با عایق لاکی بصورت سیم‌پیچی لایه‌ای.
- از قدرت ۳۱۵ تا ۱۰۰۰ کیلوولت آمپر از سیم گرد با عایق کاغذی و یا عایق لاکی بصورت کلافی و مرکب از قرارگیری کلاف‌های متعدد بر روی هم.
- از قدرت ۱۲۵۰ کیلوولت آمپر به بالا بصورت فوق و همچنین از سیم تخت با عایق کاغذی بصورت بشقابی مرکب از قرارگیری بشقاب‌های متعدد بر روی هم.
- همچنین جهت هدایت دمای حاصله (ناشی از تلفات مس) به خارج و جلوگیری از تمرکز و ازدیاد دما در داخل سیم پیچ‌ها بر حسب مدل، کانال‌هایی موازی با محور یا عمود بر محور پیش‌بینی می‌شود.

۴-۳-۳ مواد عایقی

عایق‌بندی ترانسفورماتور توسط مرغوب‌ترین مواد عایقی مانند: کاغذ عایق، مقوای عایق و فیبر عایق صورت می‌گیرد. رطوبت هوای محیط که به مرور در مواد عایقی راه می‌یابد، توسط کوره‌های خشک‌کننده تحت خلاء جدا می‌گردد، بطوریکه مواد عایقی موجود ترانسفورماتور کاملاً خشک و عاری از رطوبت می‌باشند.

۴-۳-۴ انشعابات سیم‌پیچی و قابلیت تنظیم ولتاژ

تغییرات جزئی ولتاژ شبکه را می‌توان با تغییر نقاط اتصال سیم‌پیچ فشار قوی برطرف نمود، به نحوی که ولتاژ مورد نیاز مصرف‌کننده ثابت بماند.

تغییر دادن نقاط اتصال و استفاده از انشعابات سیم‌پیچ فشار قوی در حالت بی‌برقی توسط کلید تنظیم ولتاژ صورت می‌گیرد.

محدوده تغییرات ولتاژ در ترانسفورماتور بطور مثال:

- ترانسفورماتورهای ۱۱ و ۳۳ کیلوولتی ٪۲/۵ × ۲ ±
- ترانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولتی تا قدرت ۲۰۰۰ کیلوولت آمپر ٪۴ ±

تنظیم و تغییر ولتاژ در طرف فشار ضعیف بندرت صورت می‌گیرد. بطور عموم ترانسفورماتورهای استاندارد در طرف فشار ضعیف و در حالت بی‌باری دارای ولتاژ ۴۰۰ ولت (سه فاز) و ۲۳۱ ولت (تک فاز) می‌باشند.

مشخصات مورد لزوم جهت انشعابات و حالات مختلف کلید تنظیم ولتاژ روی پلاک مشخصات منعکس و قابل استفاده است.

۴-۳-۴-۱ تپ چنجر

ترانسفورماتور بایستی مجهز به تپ چنجر ولتاژ جهت تغییر اتصالات بین پله‌های مختلف در سیم‌پیچی باشد. کنتاکت‌های تغییر ولتاژ باید قادر به تحمل جریان کامل اتصال کوتاه ترانسفورماتور بدون هیچگونه صدمه و آسیب دیدگی باشند. در ترانسفورماتورهای توزیع با سطوح ولتاژ ۳۳ کیلوولت معمولاً از تپ‌های ۲/۵ درصدی و در سطوح ولتاژ ۲۰ کیلوولت از تپ‌های ۴ و یا ۵ درصدی استفاده می‌شود.

۴-۳-۵ مخزن

تانک ترانس یک ظرف مکعب یا بیضوی شکل است که هسته و سیم‌پیچ‌های ترانس در آن قرار می‌گیرند و نقش یک پوشش حفاظتی را برای آنها ایفا می‌کند داخل این ظرف از روغن پر می‌شود بطوریکه هسته و سیم‌پیچ کاملاً در روغن فرو می‌روند. سطح خارجی تانک تلفات گرمایی داخل ترانس را به بیرون منتقل می‌کند از هر مترمربع سطح تانک حدوداً ۴۰۰ الی ۴۵۰ وات توان گرمایی به خارج منتقل می‌شود، بطوریکه در ترانسهای کوچک، همین سطح برای خنک‌کاری کافی است و به تمهیدات دیگری نظیر رادیاتور و فن نیاز نمی‌باشد. در ترانسهای تا 50 KVA بدنه تانک از ورق ساده فولادی به ضخامت حدوداً ۳ میلیمتر ساخته می‌شود، سطح آن صاف بوده و نیازی به میله‌های تقویتی یا لوله‌های خنک‌کن ندارد. هر ۴ وجه ترانس از یک ورق یک پارچه درست می‌شود و فقط در یک گوشه جوشکاری می‌گردد.

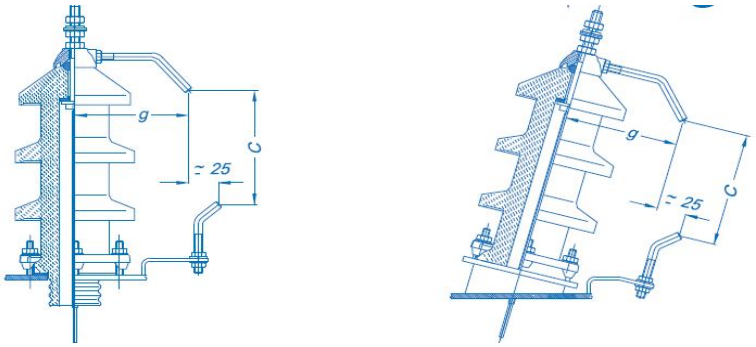
ترانسفورماتورها با توجه به قدرت، گرمای حاصله و استحکام مکانیکی مورد لزوم دارای مخازنی از نوع ورق صاف، کنگره‌ای و یا رادیاتوری می‌باشند. کف مخزن محکم‌تر از سایر نقاط آن ساخته شده و شاسی مجهز به چرخ‌های انتقال به آن جوش داده می‌شود. در قسمت پایین مخزن شیر تخلیه روغن نصب گردیده است. همچنین دو پیچ یکی در پایین و دیگری روی درب مخزن جهت اتصال زمین وجود دارد که اتصال یکی از آنها به زمین کفایت می‌نماید.

۴-۳-۶ مقره‌های و بوشینگ‌های فشار قوی و فشار ضعیف

سرهای خروجی سیم‌پیچ‌های فشار قوی و فشار ضعیف باید نسبت به بدنه فلزی تانک، عایقکاری شوند برای این منظور از مقره‌ها استفاده می‌شود. مقره یا بوشینگ تشکیل شده است از یک هادی مرکزی که توسط عایق‌های مناسبی در میان گرفته شده است. بوشینگها روی درپوش فوقانی ترانس نصب می‌شوند و در موارد نادری بوشینگها را روی دیوارهٔ جانبی تانک هم نصب می‌کنند. انتهای پایینی مقره در داخل تانک جای می-گیرد، در حالیکه سر دیگر آن در بالای درپوش و در هوای خارج واقع می‌شود.

ترمینالهای هر دو سر دارای بستهای مناسبی برای اتصال به سر هادی‌های داخل ترانس و نیز هادی‌های شبکه می‌باشند. شکل و اندازه بوشینگها به کلاس ولتاژ، نوع محل (داخل ساختمان یا در هوای آزاد) و جریان نامی آن بستگی دارد. بوشینگهای داخل ساختمانی نسبتاً کوچک بوده و سطح آن صاف است، اما بوشینگهای هوای آزاد کاملاً در معرض شرایط مختلف جوی نظیر برف و باران و آلودگی و ... قرار می‌گیرند، بنابراین از نظر شکل کاملاً متفاوتند و از سپرهایی به شکل چتر تشکیل می‌شوند، تا سطح زیرین آنها در مقابل باران خشک نگه داشته شوند. دراین صورت سطح خارجی آنها زیاد شده و فاصله خزش جرقه روی سطح چینی عایق زیادتر می‌گردد و در نتیجه استقامت الکتریکی بوشینگ افزایش می‌یابد.

ترانسفورماتورهای توزیع مجهز به مقره‌های فشار ضعیف و قوی می‌باشند. فاصله دو قطب جرقه‌گیرها متناسب با میزان بزرگترین ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل و ارتفاع محل نصب از سطح دریا می‌گردد که در جدول ۴-۱ آمده است.



جدول ۴-۱ میزان فاصله دو قطب جرقه‌گیرها

محل نصب	فضای داخل			فضای آزاد		
ولتاژ (کیلوولت)	۱۱	۲۰	۳۳	۱۱	۲۰	۳۳
C* (میلی‌متر)	۸۵	۱۵۵	۲۲۰	۸۵	۱۵۵	۲۲۰
g (میلی‌متر)	۱۳۵			۱۵۰		۱۷۰

(*) در صورتی که ارتفاع محل نصب از سطح دریا کوچکتر یا مساوی ۱۰۰۰ متر باشد، برای ارتفاع محل نصب بزرگتر از ۱۰۰۰ متر بایستی به ازاء هر یکصد متر مازاد بر ۱۰۰۰ متر این فاصله یک درصد افزایش یابد.

۴-۳-۷ سیستم انبساط روغن

۴-۳-۷-۱ کنسرواتور یا منبع انبساط

منبع ذخیره روغن که به اسامی منبع انبساط و کنسرواتور نیز نامیده می‌شود، تانکی است که در بالاترین قسمت ترانس نصب می‌شود در حین تغییرات بار روزانه، روغن ترانس انبساط وانقباض می‌یابد و در حین انبساط وارد منبع ذخیره می‌شود. اندازه و حجم منبع ذخیره به اندازه ترانس و تغییرات دمایی آن در هنگام بهره‌برداری بستگی دارد. در ترانسهایی که دارای تب چنجر قابل قطع زیر بار هستند، منبع انبساط به دو بخش تقسیم می‌گردد که قسمت کوچکتر برای تب چنجر و قسمت بزرگتر برای تانک اصلی در نظر گرفته می‌شود. از بالای هر قسمت منبع ذخیره، لوله‌ای به فضای آزاد آورده می‌شود، که به آن مجرای تنفسی می-گویند (Breather) در ورودی این مجرا ظرف شیشه‌ای قرار دارد، که داخل آن از ماده‌ای رطوبت‌گیر به نام سیلیکاژل پر می‌شود. به این ترتیب هوای ورودی به ترانس رطوبت خود را از دست داده و کاملاً خشک خواهد بود. در هر قسمت منبع ذخیره، یک نشان دهندهٔ سطح روغن نصب می‌شود تا سطح روغن را در حین کار ترانس بتوان نظارت کرد و همچنین دو سطح منبع دیگر که مجهز به کنتاکت آلارم می‌باشند نیز بر روی آنها نصب می‌گردند سطح خارجی منبع ذخیره نیز با رنگ مناسب پوشیده می‌شود تا از خوردگی و زنگ زدن محافظت گردد. در ترانسفورماتورهای نرمال ردیف ۲۰ کیلوولت تا قدرت اسمی ۲۵۰ کیلوولت آمپر منبع انبساط در طول و در طرف فشار ضعیف قرار دارد، از قدرت اسمی ۳۱۵ کیلوولت آمپر به بالا اگر ترانسفورماتور را از طرف فشار قوی نگاه کنیم در سمت راست و در عرض قرار دارد.

اما ترانسفورماتورهایی که دارای ولتاژ ۳۳ کیلوولت آمپر هستند تا قدرت اسمی ۶۳۰ کیلوولت آمپر دارای منبع انبساط در طول و در طرف فشار ضعیف بوده و از قدرت اسمی ۸۰۰ کیلوولت آمپر به بالا در صورت مشاهده از سمت فشار قوی دارای منبع انبساط در سمت راست و در عرض می‌باشد.

۴-۳-۷-۲ سیستم هرمتیک

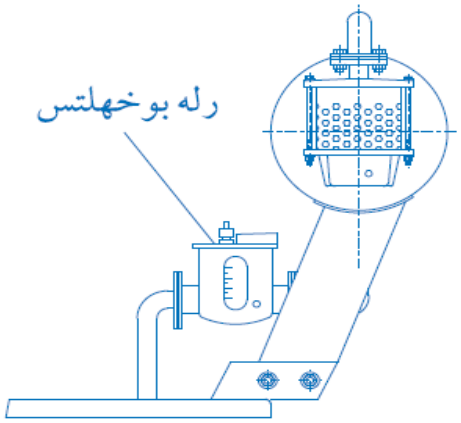
در ترانسفورماتورهای هرمتیک روغنی منبع انبساط وجود نداشته و انبساط - انقباض روی مخزن تحت فشار روغن داخل آن فضای لازم جهت جبران و افزایش - کاهش حجم روغن را ایجاد می‌نماید. لذا در این نوع ترانسفورماتورها منبع انبساط و رطوبت‌گیر وجود ندارد.

۴-۳-۸ تجهیزات نصب شده روی ترانسفورماتور

۴-۳-۸-۱ رله بوخهلتس

این دستگاه در ترانسفورماتورهای کنسرواتوردار نصب می‌گردد و برای ترانسفورماتورهای هرمتیک می‌توان از تجهیزات خاص همچون رله هرمتیک و DGPT که عملکرد مشابه رله بوخهلتس دارند استفاده نمود.

در این وسیله حفاظتی، گازهای ایجاد شده از تجزیه روغن ناشی از تخلیه جزئی و کامل و نقاط داغ غیر مجاز در داخل ترانسفورماتور جمع می‌شود، به طوری‌که اگر میزان گاز بوجود آمده از حد معینی تجاوز نماید با اتصال دو کنتاکت موجود در آن اخطار (آلارم) و سپس فرمان قطع (تریپ) می‌دهد. (مطابق شکل ۴-۲)



شکل ۴-۲. نمایش رله بوخهلتس

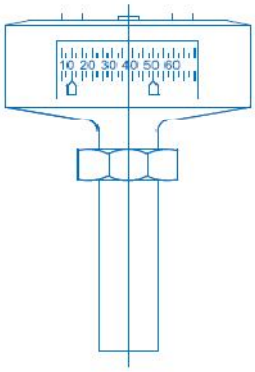
- محدودیت‌های رله بوخهلتس:

- فقط خطاهایی را تشخیص می‌دهد که در سطح روغن پایین‌تر از رله اتفاق افتاده باشد.
- تنظیم کلید جیوه‌ای را نمی‌توان زیاد حساس گرفت، زیرا در این صورت لرزشهای ناشی از بهره-برداری، زلزله، شوکهای مکانیکی در خط و حتی نشستن پرنده‌ها، ممکن است اشتباهاً آنرا به کار اندازند.

  می‌نیمم زمان عمل کردن آن ۰/۱ ثانیه است و متوسط آن ۰/۲ ثانیه است. چنین رله‌ای خیلی کند به حساب می‌آید، و لیکن با وجود آن ارزش این رله بسیار بالاست.
- از نظر اقتصادی رله بوخهولتس برای ترانسهای کمتر از ۵۰۰ kva بکار برده نمی‌شود.

۴-۳-۸-۲ ترمومتر روغن: (برای ترانسفورماتورهای ۶۳۰ کیلوولت آمپر به بالا و برای توانهای پایین‌تر با توجه به درخواست بهره‌بردار)

ترمومتر با داشتن یک عقربه، میزان دمای روغن ترانسفورماتور را نشان می‌دهد و دارای دو میکروسوئیچ قابل تنظیم بوده که با توجه به دمای مجاز روغن تنظیم می‌گردند. از این کنتاکت‌ها می‌توان برای فرمان اخطار و قطع ترانسفورماتور استفاده کرد. (مطابق شکل ۴-۳)



شکل ۴-۳. نمایش ترمومتر

۴-۳-۸-۳ سوپاپ اطمینان یا لوله انفجاری (شیر فشارشکن)

در اثر اتصال کوتاه ناگهانی و یا هر حادثهٔ دیگر در هسته و سیم‌پیچها که منجر به ایجاد گاز شدید شود، فشار داخل تانک می‌تواند به میزان خطرناکی افزایش یابد. برای جلوگیری از خطر انفجار تانک، در بالای درپوش آن شیر فشارشکن نصب می‌گردد.

این شیر در عرض چند میلی‌ثانیه عمل خواهد کرد و سبب تخلیه فشار خواهد شد. در همین موقع، میکرو سویچی که همراه آن است، سبب بسته شدن مدار تریپ می‌گردد. پس از کاهش فشار در اثر نیروی فنر، شیر خود به خود بسته خواهد شد.

۴-۳- ۸-۴ رادیاتور یا مبدل حرارتی

نظر به اینکه روغن دارای خاصیت عایقی خوب و همچنین تبادل حرارتی زیاد می‌باشد. در ترانسفورماتورها بعنوان خنک‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. جهت تبادل حرارتی بهتر با محیط اطراف، اصولاً روغن از طریق رادیاتور و پمپ‌های روغن یک سیکل بسته را طی می‌نماید و حین عبور از رادیاتورها توسط فن‌ها با محیط اطراف تبادل حرارتی انجام می‌دهد. لازم به توضیح است در بعضی از ترانسفورماتورهای واحدهای آبی روغن توسط کولرهای آبی (Heat exchanger) خنک می‌شود.

۴-۳-۸-۵پمپ و فن‌ها

جهت تبادل حرارتی بهتر با محیط اطراف، اصولاً روغن از طریق رادیاتور و پمپ‌های روغن یک سیکل بسته را طی می‌نماید و حین عبور از رادیاتورها توسط فن‌ها با محیط اطراف تبادل حرارتی انجام می‌دهد.

معمولاً در ترانس‌های قدرت که مجهز به پمپ روغن می‌باشند، یک نشان‌دهندهٔ فولی روغن در مسیر بای پاس و به موازات مسیر پمپ‌های روغن نصب می‌شود که در شرایط روشن بودن پمپ‌ها و جاری بودن روغن، صفحه معلق آن به صورت مایل قرار می‌گیرد. اما به خاموش شدن پمپ و یا قطع جریان روغن - به هر دلیل دیگر- صفحه بر اثر نیروی وزن پایین آمده و بصورت قائم واقع می‌شود. در این حالت، اغلب سبب بسته شدن کنتاکتی خواهد شد که موقعیت این صفحه را در اتاق فرمان گزارش می‌نماید. همچنین از طریق دریچه شیشه‌ای، موقعیت آن قابل رؤیت است.

۴-۳-۸-۶ مجرای تنفسی و سیلیکاژل مربوط به تانک اصلی و تب‌چنجر

منبع ذخیره روغن توسط یک یا دو مجرای تنفسی به هوای آزاد مربوط می‌گردد و در ورودی آن یک ظرف شیشه‌ای کار گذاشته می‌شود که بسته به بزرگی منبع می‌تواند از یک یا چند قسمت تشکیل شده باشد. درون این ظرفها را با سیلیکاژل پر می‌کنند.

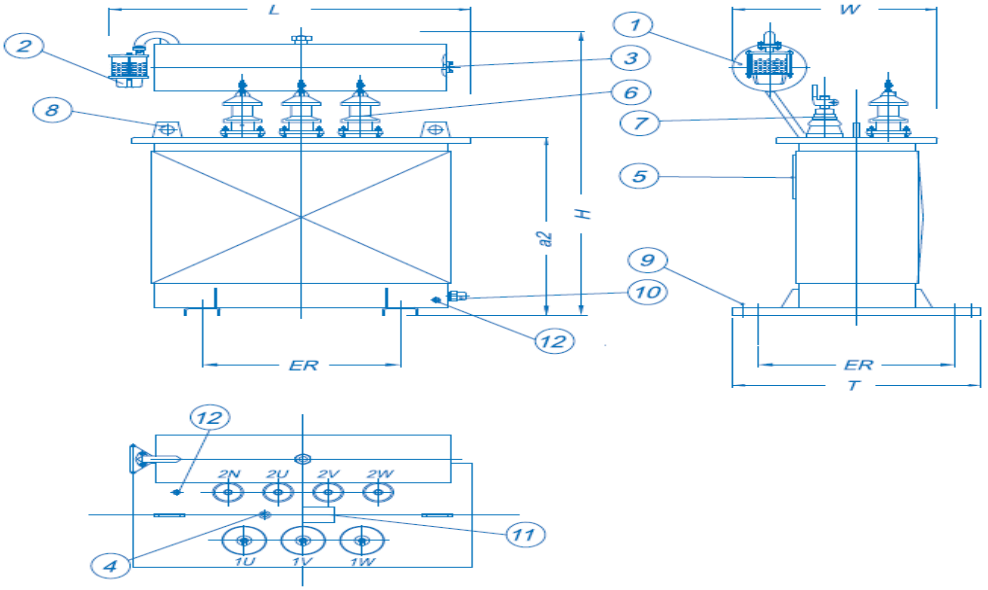
هنگامیکه بار ترانس زیاد باشد و روغن گرم شود بر اثر انبساط روغن مقداری از هوای داخل منبع ذخیره از طریق مجرای تنفسی خارج می‌شود. در انتهای ظرف سیلیکاژل یک مجرا وجود دارد که در بالای آن یک پیاله زنگی شکل بصورت معکوس قرار دارد و در ته ظرف مقداری روغن ترانس ریخته می‌شود. به این مجموعه تله هوا (air trap) می‌گویند.

هوا برای خارج شدن از منبع ذخیره باید از این تله بگذرد هنگامیکه روغن منقبض می‌شود فشار داخل منبع ذخیره کاهش می‌یابد. و فشار هوای بیرون بر سطح روغن داخل تله، سبب می‌گردد که سطح روغن داخل

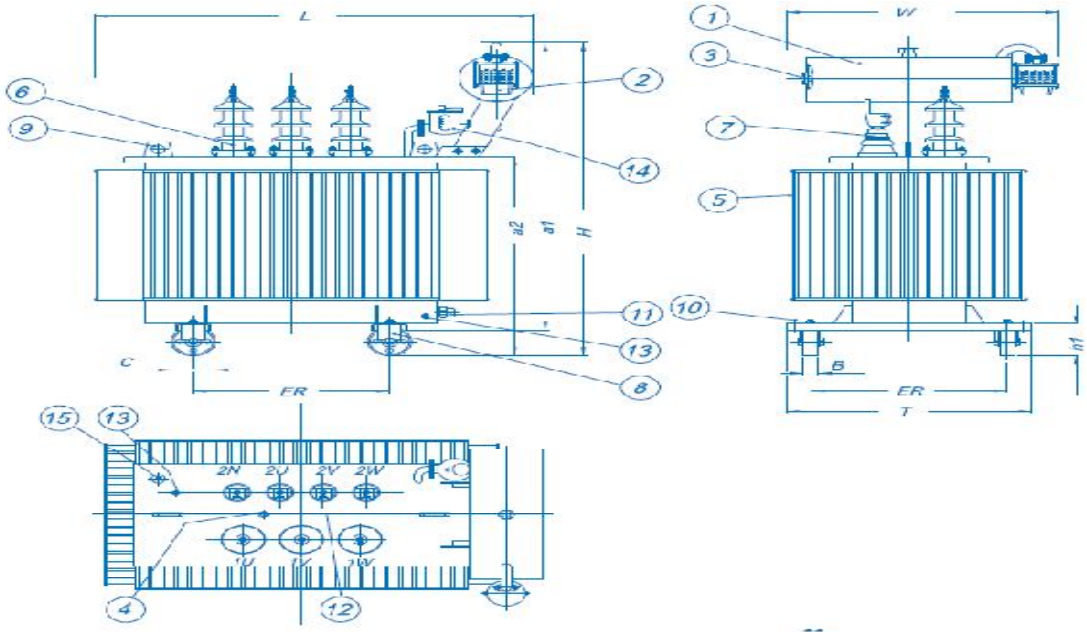
زنگ تا آنجا پائین بیاید که هوا بتواند از آن عبور کند و پس از گذشتن از سیلیکاژل به منبع ذخیره برسد. به این ترتیب روغن، ذرات معلق در هوا را می‌گیرد و سیلیکاژل که یک ماده رطوبت‌گیر است باعث جذب رطوبت هوا خواهد شد. سیلیکاژل به صورت دانه‌های گرد کوچکی است که در شرایط خشک، رنگ آن آبی است و با جذب رطوبت به رنگ صورتی در خواهدآمد. وقتی حدود ۷۵٪ درصد از سیلیکاژل داخل ظرف تغییر رنگ داد باید آن را تعویض نمود. سیلیکاژل صورتی شده را برای بازیافت به آزمایشگاه می‌فرستند سیلیکاژل از پایین ظرف شروع به تغییر رنگ می‌کند. اگر در مواردی مشاهده شود این تغییر رنگ از بالای ظرف شروع شده است به این معنی است که نشتی هوا وجود دارد و باید آن را برطرف نمود.

۴-۴ شکل ظاهری و ابعاد ترانسفورماتور

شکل ۴-۴ تصاویر ظاهری ترانسفورماتورهای کنسرواتوری و جدول ۴-۲ ابعاد مربوط به آنها را مشخص می نماید.



۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
منبع انبساط	محفظه رطوبت گیر	روغن نما	کلید تنظیم ولتاژ	پلاک مشخصات اصلی	مقره فشار قوی	مقره فشار ضعیف	قلاب حمل ترانس	قلاب کشش ترانس	شیر تخلیه	تابلو	پیچ اتصال زمین



۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
منبع انبساط	محفظه رطوبت گیر	روغن نما	کلید تنظیم ولتاژ	پلاک مشخصات اصلی	مقره فشار قوی	مقره فشار ضعیف	چرخ انتقال	قلاب حمل ترانس	قلاب کشش ترانس	شیر تخلیه	تابلو	پیچ اتصال زمین	رله بوخهلتس	ترمومتر

شکل ۴-۴ نمایش شکل ظاهری ترانسفورماتور

جدول ۴-۲ ابعاد ترانسفورماتورهای با منبع انبساط به میلیمتر[۱]

توان KVA	ولتاژ KV	L	W	H	a_1	a_2	ER	T	h_1	B	C	وزن کل Kg
۲۵	۲۰	۸۴۵	۶۹۰	۱۲۲۰	–	–	۵۲۰	۶۹۰	–	–	–	۳۴۵
۵۰	۲۰	۸۴۵	۶۹۰	۱۲۶۵	–	–	۵۲۰	۶۹۰	–	–	–	۴۳۰
۱۰۰	۲۰	۹۵۰	۶۹۰	۱۵۲۰	–	–	۵۲۰	۶۹۰	–	–	–	۵۸۰
۲۵۰	۲۰	۱۳۹۵	۸۱۰	۱۵۸۰	–	–	۵۲۰	۶۹۰	–	–	–	۹۹۵
۳۱۵	۲۰	۱۴۸۰	۹۷۰	۱۶۲۰	۱۴۸۰	۱۰۸۰	۶۷۰	۸۴۰	۱۷۶	۵۰	۱۵۰	۱۲۱۰
۴۰۰	۲۰	۱۷۱۵	۹۸۰	۱۷۵۰	۱۶۲۰	۱۱۴۵	۶۷۰	۸۴۰	۱۷۶	۵۰	۱۵۰	۱۴۹۵
۵۰۰	۲۰	۱۷۱۰	۱۰۴۰	۱۸۴۰	۱۲۴۰	۱۷۱۰	۶۷۰	۸۴۰	۱۷۶	۵۰	۱۵۰	۱۶۷۵
۶۳۰	۲۰	۱۶۳۵	۱۰۸۵	۱۹۹۰	۱۷۷۰	۱۳۰۰	۶۷۰	۸۴۰	۱۷۶	۵۰	۱۵۰	۲۰۳۰
۸۰۰	۲۰	۱۸۲۰	۱۰۹۵	۲۱۰۰	۱۹۶۵	۱۴۱۰	۶۷۰	۸۴۰	۲۳۲	۶۸	۲۰۰	۲۴۳۰
۱۰۰۰	۲۰	۱۹۴۰	۱۱۵۵	۲۲۷۰	۲۱۱۰	۱۵۷۵	۸۲۰	۱۰۳۰	۲۳۲	۶۸	۲۰۰	۲۹۳۵
۱۲۵۰	۲۰	۲۱۰۰	۱۲۷۰	۲۳۸۰	۲۲۲۵	۱۶۸۰	۸۲۰	۱۰۳۰	۲۳۲	۶۸	۲۰۰	۳۷۲۰
۱۶۰۰	۲۰	۲۲۲۵	۱۳۵۰	۲۴۵۵	۲۳۱۰	۱۷۵۵	۸۲۰	۱۰۳۰	۲۳۲	۶۸	۲۰۰	۴۵۷۰
۲۰۰۰	۲۰	۲۱۹۵	۱۳۸۰	۲۴۳۵	۲۲۹۰	۱۷۴۰	۱۰۷۰	۱۲۸۵	۲۳۲	۶۸	۲۰۰	۴۸۹۵

[۱] مشخصات فنی شرکت ایران ترانسفو

۴-۵ محاسبه قدرت مورد نیاز ترانسفورماتور پستها

$$\text{ظرفیت ترانسفورماتور} = \frac{\sum \text{KW} \times \text{ضریب همزمانی مصارف}}{\text{ضریب بهره برداری ترانسفورماتور}}$$

$$\sum KW = \sum(\text{ضرایب همزمانی} \times \text{بارهای درخواستی})$$

ضریب همزمانی مصارف = ۰/۷-۱

ضریب بهره‌برداری = ضریب کل بهره‌برداری ترانسفورماتور = ٪۷۰×۰/۹ = ٪۶۳

۴-۶ قطع و وصل ترانسفورماتورهای قدرت:

جهت قطع ترانسفورماتور بایستی ابتدا بار ترانسفورماتوری که قرار است از مدار خارج گردد، محاسبه شود. اگر امکان مانور دادن بار بر روی ترانسفورماتورهای موازی وجود داشته باشد، می‌توان پس از انجام مانور اقدام به قطع دژنکتور طرف ثانویه ترانسفورماتور نمود. بعد از آن یک ترانسفورماتور را در صورتیکه از نوع O.L.T.C باشد، روی حالت زمان گذاشته و سپس دژکتور طرف اولیه قطع گردد.

در صورتیکه امکان مانور بار وجود نداشته باشد و یا خروج ترانسفورماتور اضطراری نباشد، خاموشی به یکی از روزهای تعطیل یا در ساعاتی از شبانه روز که بار خروجی حداقل داشته باشد، موکول می‌گردد. عمل وصل ترانسفورماتورها عیناً عکس عملیاتی است که در حالت قطع صورت می‌گیرد.

۴-۷ حمل ترانسفورماتور

جهت حمل ترانسفورماتور از چوب الوار بریده شده استفاده می‌گردد. ترانسفورماتورها معمولاً با روغن ارسال می‌شوند، دستگاه‌های حفاظتی که روی ترانسفورماتور نصب شده‌اند نبایستی از روی ترانسفورماتور باز شوند. (شکل ۴-۵).

در صورت درخواست بهره‌بردار ترمومترها از روی ترانسفورماتور باز شده و همراه با ترانسفورماتور در جعبه جداگانه ارسال می‌شوند.

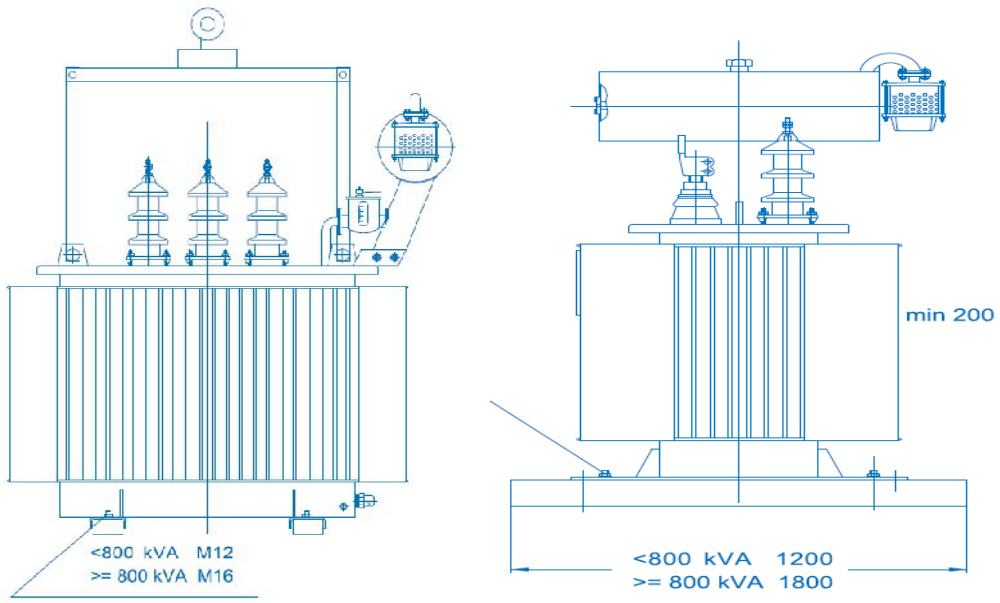
در محل و قبل از نصب، ترانسفورماتور بایستی طبق لیست کنترل بازرسی و از نظر کامل بودن وسایل و تجهیزات بازدید شود. در موقع جابجا کردن ترانسفورماتور باید آنرا در وضعیت مستقیم و ایستاده نگاه داشت و در هیچ حالتی نباید بیش از ۱۵ درجه کج شود.

تمام قطعاتی که نصب می‌شوند باید تمیز و زنگ نزده باشند، در غیر این صورت باید آنها را تمیز نموده و پس از زنگ زدایی و شستشو با روغن و آب گرم دوباره رنگ‌آمیزی نمود.

قبل از حمل و نقل، ترانسفورماتورها باید در کف تریلی‌های مربوطه کاملاً مهار شده و با سیم بکسل‌های مطمئن کشیده شود و با چوب‌های الوار به کف تریلی و مابین ترانسفورماتورها مهار گردد.

در صورتی که ترانسفورماتورها دارای قلاب مهار باشند از این محل باید با سیم بکسل نسبت به کف تریلی مهار گردند.

ترانسفورماتورها در حین حمل و نقل نباید با سرعت‌های غیرمجاز ترافیکی مواجه گردند.



شکل ۴-۵. طریقه مهار روی تریلی و طریقه حمل مناسب

۴-۸ نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتور

ترانسفورماتورهای مخصوص نصب در هوای آزاد از نظر مقره با ترانسفورماتورهایی که مخصوص نصب در فضای سرپوشیده هستند، اختلاف دارند. لذا جهت نصب ترانسفورماتورهای اخیر باید آنرا در اتاقکی سرپوشیده قرار داد تا در مقابل گرد و خاک، برف و باران و غیره ایمن باشند. به منظور خنک کردن ترانسفورماتور، فاصله آن از دیواره‌های اتاقک باید از ۳۰۰ میلی‌متر و فاصله بین دو ترانسفورماتور از ۵۰۰ میلی‌متر کمتر نباشند.

دریچه‌هایی نیز جهت ورود و خروج هوا باید در نظر گرفته شوند. در صورت لزوم می‌توان برای گردش و تهویه بهتر هوا از مکنده‌های هوا استفاده کرد. حداکثر دمای محیط نباید از ۴۰ درجه سانتیگراد (برای ترانسفورماتورهای نرمال توزیع) تجاوز کند، در غیر این صورت باید میزان بارگیری را نسبت به ظرفیت نامی کمتر کرد. در صورتیکه حداکثر دمای محیط نصب بیش از این میزان باشد در هنگام انتخاب قدرت نامی ترانسفورماتور نرمال باید یک ردیف بالاتر از ظرفیت اسمی مورد نظر انتخاب نمود.

۴-۹ بازرسی از نظر الکتریکی

قبل از عملیات راه‌اندازی ترانسفورماتور بازرسی و کنترل‌های ذیل بایستی انجام گیرند:

ارقام نوشته شده بر روی پلاک مشخصات باید به دقت کنترل و با مشخصات فنی مورد درخواست مشتری مطابقت داشته باشند.

شماره سری که بر روی پلاک مشخصات ثبت شده است نیز باید با شماره سری که روی درب مخزن در طرف فشار ضعیف حک شده مطابقت داشته باشد.

در صورت موازی نمودن باید نسبت تبدیل، گروه اتصال، درصد ولتاژ اتصال کوتاه، قدرت اسمی و ولتاژ اسمی را طبق شرایط ذیل مورد توجه قرار داد:

۱- یکسان بودن نسبت تبدیل با تلرانس ٪۰/۵ ±

نسبت تبدیل را باید به کمک یک ولت‌متر در کلیه حالات کلید تنظیم ولتاژ اندازه‌گیری نمود. مقادیر اندازه‌گیری شده باید برای سه‌فاز یکسان باشد. پس از این آزمایش کلید تنظیم ولتاژ را باید بر روی وضعیت مورد نیاز قرار داد. منظور از وضعیت مورد نیاز وضعیتی است که ولتاژ آن با ولتاژ شبکه مطابقت داشته باشد.

۲- گروه اتصال مساوی یا قابل تطبیق به یکدیگر باشد.

۳- یکسان بودن درصد ولتاژ اتصال کوتاه با تلرانس ٪۱۰ ±

۴- نسبت قدرت اسمی نباید بیش از سه به یک باشد.

۵- یکسان بودن ولتاژ اسمی.

ضمناً قبل از بهره‌برداری از ترانسفورماتور به صورت موازی (برقراری ارتباط بین ترمینال‌ها) باید کاملاً مطمئن گردید که بین ترمینال‌های همنام ولتاژی وجود نداشته باشد.

۴-۱۰ کنترل‌های قبل از برقدار کردن

۴-۱۰-۱ انجام آزمایش مقاومت عایقی (مگر): آزمایش سنجش استقامت عایقی سیم‌پیچ‌ها نسبت به بدنه با استفاده از دستگاه مگر.

خروجی سیم‌پیچ‌ها را به یکدیگر متصل نموده (مثلاً ترمینال‌های طرف فشار قوی) و ولتاژ آزمایش را از طریق یک دستگاه مگر به آن اعمال می‌نمائیم.

۴-۱۱ کنترل، سرویس و نگهداری دوره‌ای

پیش از شروع کار بازبینی، باید کلیه اتصال‌های ترانسفورماتور به خارج قطع و سپس نقاط اتصال با شبکه را اتصال کوتاه و نیز اتصال به زمین کرد سپس مواردی زیر را کنترل نمود:

۴-۱۱-۱ سطح روغن

سطح روغن باید کنترل و در صورت نیاز اضافه گردد. شیشه روغن‌نما را باید تمیز نمود.

۴-۱۱-۲ آزمایش وضعیت روغن

اگر مخزن و منبع انبساط همواره مطابق دستورالعمل با روغن پر باشند، کافی است هر پنج سال یکبار روغن موجود در ترانسفورماتور از نظر مقدار رطوبت جذب شده آزمایش و استقامت الکتریکی روغن اندازه‌گیری شود.

۴-۱۱-۳ آب بندی

جهت حصول اطمینان از آب بند بودن ترانسفورماتور بایستی تمامی اتصالات پیچ و مهره‌ای مخزن و منبع انبساط در وضعیت گرم کنترل و در صورت لزوم آچارکشی شود.

۴-۱۱-۴ ماده رطوبت‌گیر (سیلیکاژل)

در ترانسفورماتورهای دارای منبع انبساط ماده رطوبت‌گیر لازم است بطور دوره‌ای (حداقل هر سه ماه یکبار) از لحاظ تغییر رنگ کنترل گردیده و در صورتی که رطوبت جذب نموده و از رنگ آبی تیره به رنگ صورتی کم‌رنگ درآمده باشد، ماده با حرارت احیاء و یا در صورت لزوم تعویض گردد. در صورتیکه از زمان تغییر رنگ ماده رطوبت‌گیر مدت قابل توجهی گذشته باشد لازمست به همراه تعویض آن روغن ترانسفورماتور نیز آزمایش و در صورت نیاز تصفیه گردد.

۴-۱۲ تست‌های ترانس قدرت

ترانس‌های قدرت در کارخانه سازنده تست اساسی شده و با ولتاهای در حد نامی و بیشتر و جریانهای بزرگ، تست می‌شوند اما پس از حمل ترانس به مقصد جهت بررسی و تائید صحت عملکرد ترانس و نداشتن هر نوع عیب در زمان بهره‌برداری، تستهایی بر روی آن در محل (پست) با وسایل اندازه‌گیری دقیق اما قابل حمل ونقل انجام می‌شود که به اختصار در زیر آمده است:

۱- تست نسبت تبدیل: (RATIO)

۲- تست پیوستگی تپ چنجر: (TAP CONTINUE)

۳- تست مقاومت عایقی: (MEGGER)

۴- تست جریان بی‌باری: (NO_LOAD)

۵- تست شار مغناطیسی: (flow)

۶- تست گروه‌برداری: (VECTOR GROUP)

۷- تست اتصال کوتاه: (SHORT CIRCUIT)

۸- تست مقاومت اهمی: (RESISTANCE)

۹- تست تانژانت دلتا: (TAN- DELTA)

- تست نسبت تبدیل (RATIO)

در این تست با دادن ولتاژ به اولیه یا ثانویه ترانس، ولتاژ طرف مقابل را به دقت اندازه‌گیری می‌کنند. در ترانسهای قدرت کاهنده معمولاً طرف اولیه را ولتاژ ۳۸۰ ولت می‌دهند و در ثانویه ولتاژ بین ۱۱۰ تا ۱۸۰ (در ترانسهای ۶۳/۲۰ کیلوولت) بسته به ترانس و تپ‌های آن اندازه‌گیری خواهد شد.

- تست پیوستگی تپ چنجر(TAP CONTINUE)

در این تست به اولیه ولتاژ ۳۸۰ داده و در طرف ثانویه ولتمترهای آنالوگ دقیق قرار داده و در زمان تغییر تپ‌ها انحراف عقربه در هر سه‌فاز را بررسی کرده و چک می‌کنیم که عقربه به سمت عقب حرکت نکند. در زمان تغییر تپ می‌بایست به ترتیب زیر عمل نمود:

- ۱-۲....۱-۲-۳....۲-۳-۴....۳-۴-۵ و... یعنی یک پله پائین ودو پله بالا (در روند افزایشی تپ)

- تست مقاومت عایقی (MEGGER)

این تست را به کمک دستگاه مگر انجام می‌دهند و در زمانهای ۱۵ ثانیه و۶۰ ثانیه و ۵ دقیقه و ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری می‌کنند. اندازه‌گیری به قرار زیر است:

- LV/HV
- HV +E/LV
- LV+E/HV

در این تست سرهای اولیه و ثانویه اتصال کوتاه می‌شود.

- تست جریان بی‌باری (NO_LOAD)

در این تست با دادن ولتاژ به اولیه؛ در صورتی که ثانویه مدار باز است؛ جریان آن را با آمپرمتر دقیق اندازه‌گیری می‌کنیم. برای ثانویه هم به همین منوال است. در اتصال ستاره نسبت آمپرهای سه فاز ۱-۰/۸-۱ و در اتصال مثلث ۱-۱-۱/۳ است.

- تست شار مغناطیسی (flow)

در این تست با دادن ولتاژ تک فاز به سرهای هر فاز و نول (در اتصال ستاره) جریان هر فاز را اندازه‌گیری و ولتاژ سیم پیچ طرف مقابل را می‌خوانیم.

- تست گروه‌برداری (VECTOR GROUP)

در این تست سرهای مشابه، در یک فاز را اتصال کوتاه کرده (مثلاً U-u) و ولتاژ سه فاز را اعمال کرده و ولتاژ را برای تمای سرها نسبت به هم می‌خوانیم.

- تست اتصال کوتاه (SHORT CIRCUIT)

این تست را با اتصال کوتاه کردن در ثانویه انجام داده و جریان در اولیه و ثانویه را پس از وصل ولتاژ ۳۸۰ به اولیه قرائت و ثبت می‌کنیم.

- تست مقاومت اهمی (RESISTANCE)

در این تست ولتاژ مستقیم (مثلاً ۱۲ ولت) را به سرهای هر فاز با سر نول در اتصال ستاره و هر دو فاز در اتصال مثلث اعمال کرده و جریان عبوری را اندازه‌گیری میکنیم. (این تست بهتر است در آخرین مرحله انجام گیرد)

- تست تانژانت دلتا (TAN- DELTA)

در این تست با دستگاه مخصوص این تست حالتهای مختلف در ترانس را می‌شود بررسی نمود و ظرفیت خازنی بین هر نقطه از ترانس را اندازه‌گیری کرد.

۵ تابلوهای فشار متوسط

در این فصل معیارها و ضوابط فنی طراحی و ساخت تابلوهای فشار متوسط و همچنین ضوابط نصب، راه-اندازی و نگهداری این تابلوها ارائه می‌گردد.

۵-۱ کلیات

تابلوهای قدرت و فرمان با توجه به میزان حفاظتی که از افراد و اشیا در برابر تماس با قسمت‌های داخلی فراهم می‌آورند طبقه‌بندی می‌گردند. نوع حفاظتی که در این طبقه‌بندی مشخص شده شامل موارد به شرح زیر می‌باشد:

- حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمت‌های برقدار و متحرک در داخل تابلو و حفاظت وسایل داخلی تابلو در برابر نفوذ اجسام خارجی جامد به تابلو
- حفاظت تجهیزات داخل تابلو در برابر ورود آب به داخل آن

برای نشان دادن درجات حفاظت، ابتدا دو حرف IP آورده شده، سپس با دو عدد مشخص درجه حفاظت تابلو مشخص می‌گردد. اولین رقم، نمایانگر درجه حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمت‌های برقدار و متحرک داخل تابلو و نفوذ اجسام خارجی جامد به آن و دومین رقم، نشان‌دهنده درجه حفاظت در برابر نفوذ آب به داخل تابلو می‌باشد.

درجه حفاظت متناظر با اولین و دومین رقم مشخصه به ترتیب در جداول ۵-۱ و ۵-۲ آمده است.

جدول ۵-۱. نوع حفاظت متناظر با اولین رقم مشخصه[۱]

اولین رقم مشخصه	درجه حفاظت
۰	حفاظت نشده
۱	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۵۰ میلیمتر حفاظت شده است.
۲	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۱۲ میلیمتر حفاظت شده است.
۳	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر حفاظت شده است.
۴	در برابر اجسام جامد بزرگتر از ۱ میلیمتر حفاظت شده است.
۵	حفاظت در مقابل گرد و غبار مضر وجود دارد.

[۱] نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط"

جدول ۵-۲. نوع حفاظت متناظر با دومین رقم مشخصه

دومین رقم مشخصه	درجه حفاظت
۰	حفاظت نشده
۱	حفاظت در مقابل قطرات آب
۲	حفاظت در مقابل قطرات آب با زاویه ریزش ۱۵ درجه
۳	حفاظت در مقابل باران و قطرات آب با زاویه ریزش ۶۰ درجه
۴	حفاظت در مقابل پاشیدن مایع
۵	حفاظت در مقابل پاشیدن آب تحت فشار

جدول ۵-۳ و ۵-۴ درجات مختلف حفاظت مربوط به تابلوهای قدرت و فرمان را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۳. درجه مختلف حفاظت (رقم اول)

درجه حفاظتی	حفاظت در مقابل تماس با قسمت های برقدار و متحرک
X۲IP	انگشت یا اشیاء با قطر بزرگتر از ۱۲ میلیمتر
X۳IP	ابزار، سیم ها و غیره با قطر یا ضخامت بیشتر از ۲/۵ میلیمتر
X۴IP	سیم با قطر یا نوار با ضخامت بیش از ۱/۰ میلیمتر

جدول ۵-۴. درجه مختلف حفاظت (رقم دوم)

درجه حفاظتی	حفاظت در مقابل قطرات آب و مایع
X۲IP	ریزش قطرات آب به صورت عمودی بر روی تابلویی که ۱۵ درجه از وضعیت عادی خود کج شده است، مضر نیست.
X۳IP	ریزش قطرات آب تا زاویه ۶۰ درجه نسبت به حالت عمودی نبایستی هیچگونه آسیبی به تابلو برساند.
X۴IP	مایع پاشیده شده از هر جهت نبایستی به تابلو آسیب برساند.

۵-۲ شرایط بهره‌برداری

۵-۲-۱ شرایط بهره‌برداری عادی

ضوابط و معیارهای فنی ارائه شده در این بخش برای شرایط بهره‌برداری به شرح ذیل معتبر می‌باشد.

۵-۲-۱-۱ دمای هوای محیط

دمای هوای محیط برای تاسیسات داخلی:

دمای هوای محیط نباید از ۴۰°C تجاوز نماید و میانگین آن نیز در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از ۳۰ °C فراتر رود. حد پایین دمای هوای محیط ۵ °C- است.

دمای هوای محیط برای تاسیسات بیرونی:

دمای هوای محیط نباید از ۴۰ °C تجاوز نماید و میانگین آن نیز در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از ۳۵ °C فراتر رود. حد پایین دمای هوای محیط برای آب و هوای معتدل برابر با ۲۵ °C- و برای آب و هوای سرد و یخبندان برابر با ۵۰ °C- است.

۵-۲-۱-۲ شرایط جوی

شرایط جوی برای تاسیسات داخلی: هوا تمیز باشد و رطوبت نسبی آن در حداکثر دمای ۴۰ °C از ۵۰ درصد فراتر نرود. رطوبت نسبی بالاتر در دماهای پایین‌تر (برای مثال رطوبت ۹۰ درصد در ۲۰°C) مجاز است.

شرایط جوی برای تاسیسات خارجی: افزایش رطوبت نسبی تا ۱۰۰ درصد در حداکثر دمای ۲۰ °C مجاز است.

۵-۲-۱-۳ ارتفاع

ارتفاع محل نصب تابلوها در حالت عادی نباید بیشتر از ۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا باشد.

در انتخاب تابلوی قدرت و فرمان که در ارتفاع‌های بیش از ۱۰۰۰ متر مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید ضرایب تصحیح مطابق جدول ۵-۵ اعمال گردد.

جدول ۵-۵. ضرایب تصحیح مقادیر نامی سطح عایقی تابلو[۱]

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

[۱] نشریه ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور"مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"

۵-۲-۱-۴ سرعت باد

در تابلوهای نصب شده در فضای آزاد، در صورت افزونی سرعت باد از ۳۴ متر بر ثانیه باید مقدار آن برای سازنده مشخص گردد.

۵-۲-۱-۵ ضخامت یخ

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

برای تاسیسات هوای آزاد، سازنده باید وجود رطوبت، باران، برف، لایه‌ای از یخ یا برف تا ۵ کیلوگرم بر مترمربع و تغییرات سریع دما و فشار باد تا ۷۰۰ نیوتن بر مترمربع و اثرات تشعشع خورشیدی را در نظر بگیرد. برای نصب به جز شرایط فوق، استفاده کننده باید با سازنده مشورت کند.

۵-۲-۱-۶ لرزش

بار زلزله به عنوان ضریبی از شتاب ثقل زمین ۳G و ۵G انتخاب می‌شود. برای تاسیساتی که احتمال وقوع زلزله در محل نصب آنها بالاست، باید استحکام لرزه‌ای مناسب برای تجهیز طبق استاندارد IEC 61166 تامین گردد.

۵-۲-۱-۷ سایر پارامترها

در صورتی که دیگر پارامترهای محیطی تاثیرگذار در محل نصب تابلوی فرمان و قدرت وجود داشته باشد این پارامترها باید مطابق استاندارد IEC 60721 توسط خریدار تعیین گردد.

۵-۳ شرایط حمل و نقل، انبار کردن و نصب

چنانچه شرایط ذکر شده در بالا درباره دما و رطوبت و غیره برقرار نباشد، برای حمل و نقل، انبار کردن و نصب، باید توافق ویژه‌ای بین سازنده و بهره‌بردار ایجاد شود.

۵-۴ معیارها و ضوابط فنی

۵-۴-۱ معیارها و ضوابط فنی تابلوهای فشار متوسط

۵-۴-۱-۱ کلیات

تابلوها باید از موادی ساخته شوند که قابلیت استقامت در برابر تنش‌های مکانیکی، الکتریکی و حرارتی را داشته باشند. دستگاه‌ها و مدارات درون تابلو باید به گونه‌ای مرتب شوند که بهره‌برداری و نگهداری از آنها آسان باشد و در عین حال درجه ایمنی مورد نیاز را نیز تأمین کند.

۵-۴-۱-۲ ترمینال‌های هادی‌های خارجی

سازنده باید مشخص کند که چه ترمینالهایی برای اتصال هادی‌های مس یا آلومینیوم یا هر دو مناسب است. ترمینال‌ها باید به گونه‌ای باشند که در صورتی که هادی‌های خارجی توسط ادواتی مانند پیچ، بست و غیره متصل گردند، فشار تماسی مورد نیاز برای جریان نامی و قدرت اتصال کوتاه دستگاه و مدار فراهم گردد.

۵-۴-۱-۳ درجه حفاظتی

بایستی درجه حفاظت تابلوهای نصب شده در داخل محوطه مسقف و راهروها برابر با IP42 و تابلوهای نصب شده در در محوطه باز برابر با IP54 در نظر گرفته شوند.

۵-۴-۱-۴ افزایش دما

افزایش دما برای هر قطعه‌ای که در تابلو قدرت به‌کار رفته است، نباید از مقدار افزایش دمای مشخص شده برای آن قطعه، هنگامی که با دمای محیط مقایسه می‌شود، بیشتر باشد (افزایش مجاز دمای قطعه توسط سازنده وسیله ارائه می‌شود). برای اتصالات اصلی شامل شینه‌ها، افزایش دما در جریان اسمی عادی و فرکانس اسمی، نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- اتصالات با پوشش نقره‌ای ۶۵ درجه سلسیوس.
- موارد دیگر ۵۰ درجه سلسیوس.

نکته: وقتی افزایش دمای ۶۵ درجه سلسیوس به‌کار می‌رود، باید دقت شود تا به مواد عایقی اطراف، آسیبی وارد نشود.

محدوده افزایش دمای اجزای مختلف تابلو در جدول ۵-۶ آمده است

جدول ۵-۶. محدوده افزایش دمای اجزای مختلف تابلو[۱]

قطعات تابلو	افزایش درجه حرارت (°C)
اجزای نصب شده در داخل تابلو	مطابق با نیازهای مربوط به هر یک از اجزا 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 اجزای خارج 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 اجزای متصل به آن برای کنتاکت‌های PLUG-IN ، سطح مقطع ترمینال هادی
ابزار دستی فلزی عایقی	۱۵ ۲۵
محفظه و پوشش خارجی قابل دسترسی* سطح فلزی سطح عایقی	۳۰ ۴۰
آرایش‌های دو شاخه‌های اتصالات نوع سوکت	توسط محدوده اجزا وابسته به آن، در هر قسمت تعیین می‌گردد.

[۱] نشریه ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور"مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"

* به جز موارد مشخص شده در جدول در مورد پوشش‌ها و محفظه‌هایی که قابل دسترسی بوده اما در طول عملکرد عادی نیاز به تماس با آنها نیست اضافه دمای مجاز ۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

۵-۶ طرح و ساخت

تابلوهای قدرت و فرمان باید به گونه‌ای طرح شوند، که تحت شرایط کار عادی به راحتی کار کرده و عملیات نگهداری را به طور امن بتوان انجام داد. عملیات نگهداری شامل کنترل توالی فازها، زمین کردن، اتصالات کابل‌ها، وقوع خطا در کابل، آزمون ولتاژ روی کابل‌های ارتباطی یا سایر وسایل و دشارژ بارهای الکترواستاتیکی خطرناک و غیره می‌باشد.

تمام قطعات که نیاز به تعویض دارند را باید بتوان با قطعات مشابه و با همان قدرت اسمی، جایگزین نمود.

تابلوها باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدارنده از آهن به فرم نبشی، ناودانی، سپری و پوشش آن از ورقهای فلزی به ضخامت کمینه ۲/۵ میلیمتر ساخته شود، ساختمان و بدنه تابلو باید به صورتی باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت پوشش‌های قسمت‌های بالا و یا پایین تابلو که محل شینه‌کشی و عبور شینه‌ها می‌باشد، باید به وسیله پیچ و مهره‌های گالوانیزه گرم شده به اسکلت اصلی متصل شود. در روی تابلو باید قلاب مناسب جهت سهولت در حمل و نقل تابلو نصب گردد.

۵-۷ تجهیزات داخل تابلوهای فشار متوسط

۵-۷-۱ محفظه‌ها

محفظه‌های خارجی باید از فلز باشد و به گونه‌ای ساخته شود تا به هنگام نصب، حفاظت لازم را طبق شرایط زیر برآورد:

سطح کف اگرچه فلزی نباشد، باید آن را به عنوان قسمتی از محفظه درنظر گرفت، این درجه حفاظتی با توافق سازنده و مصرف‌کننده به دست می‌آید.

دیوارهای اطاق به عنوان قسمت‌هایی از محفظه، در نظر گرفته نمی‌شود.

۵-۷-۲ محل‌های تهویه خروجیهای هواکش

محل‌های تهویه و خروجی‌های هواکش باید 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 شبکه‌های سیمی و یا مشابه آن بوده که دارای مقاومت مکانیکی مناسب نیز می‌باشد.

این محل‌ها باید دارای حالتی باشند، که آسیب ناشی از خروج گاز و یا بخار تحت فشار بیرون آمده از این محل‌ها را برای اپراتور به کمینه برساند.

۵-۷-۳ مدارات کمکی

وسایل کمکی و کنترل باید توسط جداره‌های فلزی زمین شده، از مدار اصلی جدا شده باشند سیم‌کشی مدارهای کمکی به جز سیم‌های کوتاه استفاده شده در ترمینال ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، کویل‌های قطع‌کننده کنتاکت‌های کمکی و غیره باید با استفاده از جداره‌های فلزی زمین شده (مثلاً لوله‌ها) و یا استفاده از جداره‌های عایقی جدا شده باشند. فیوزهای مدارات کمکی، ترمینال‌ها و سایر وسایل کمکی که

نیاز به رسیدگی دارند، در حالتی که تابلو در حالت کار (سرویس‌دهی) می‌باشد، باید به دور از هادی‌های فشار قوی در دسترس باشند.

۵-۷-۴ کلیدهای قدرت

این کلیدها جهت قطع و وصل جریانهای متناوب اتصال کوتاه با ولتاژهای ۱۰۰۰ ولت و بیشتر به کار می‌رود و بایستی بر اساس یکی از استانداردهای IEC 56,56-1,56-2,56-3,56-4,56-4A,56-5,56-6 و یا یکی از استانداردهای بین المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد و همچنین باید دارای مشخصات زیر باشد:

- استفاده از کلید به مدت ۵ سال و یا عملکرد تا ۲۰۰۰ بار در شرایط نامی، بدون نیاز به تعمیر و نگهداری
- داشتن ایمنی و امکان دسترسی آسان جهت بازرسی، تعمیر، نگهداری و تعویض کلیدها و کنتاکتهای مربوطه
- انجام سیم کشی لازم جهت کارکرد صحیح کلید
- ایجاد حداقل سر و صدا به هنگام باز و بسته کردن کلید
- حداقل تعداد عملکرد کلیدهای خلاء در جریان نامی ده هزار بار و در جریان اتصال کوتاه یکصد بار، بدون نیاز به تعمیر و نگهداری باشد.
- محفظه قطع کننده کلیدهای خلاء باید کاملا عاری از هوا بوده و فشار آن بر اثر عوامل خارجی تغییر نکرده و در هر مرحله از ساخت که تخلیه هوا انجام می‌گیرد آزمون نشتی با اندازه‌گیری دقیق صورت گیرد.
- کلیدهای SF6 باید به گونه ای ساخته شوند که میزان نشت گاز در سال از یک درصد کمتر باشد، بنابراین فشار گاز باید توسط سنسور کنترل شود. در ضمن در موقع نصب این گاز باید ۲۰٪ بیش از مقدار لازم پر شود و گاز مورد مصرف باید بر اساس استاندارد IEC 376 و متناسب با شرایط مورد نظر باشد.
- کلیدهای قدرت کم روغن بایستی هیچ نشتی روغنی در حین کار نداشته و دارای سرو صدای کم باشند.

۵-۷-۵ ترانسفورماتورهای جریان

ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در لوازم اندازه گیری و حفاظتی الکتریکی با فرکانس ۱۵ هرتز تا ۱۰۰ هرتز بایستی بر اساس استاندارد IEC 185 یا یکی از استانداردهای بین المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. این ترانسها به صورت یکپارچه و مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت بوده و دارای مقاومت در برابر خوردگی باشند و همچنین نیازی به تعمیر و نگهداری نداشته باشند.

ترمینال اولیه آن باید از جنس مس گالوانیزه شده و مجهز به پیچهای اتصال و واشرهای مناسب و جهت اتصال به شمش مسی با اندازه حداکثر ۱۰ ×۶۰ میلیمتر باشد. ترمینالها و اتصالات اولیه تغییر دهنده نسبت

تبدیل بایستی در بالای بدنه عایقی آن در نظر گرفته شود. ترمینال ثانویه آن باید از جنس مس گالوانیزه شده و مجهز به پیچهای مناسب جهت اتصال به هادی مسی تا ۶ میلیمتر باشد.

۵-۷-۶ ترانسفورماتورهای ولتاژ

ترانسفورماتورهای ولتاژ مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط بایستی بر اساس استاندارد IEC 186 یا یکی از استانداردهای بین المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. این ترانسها به صورت یکپارچه و مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت بوده و دارای مقاومت در برابر خوردگی باشند و همچنین نیازی به تعمیر و نگهداری نداشته باشند. ترمینال اولیه آن باید از جنس مس گالوانیزه شده و مجهز به پیچهای اتصال و واشرهای مناسب و جهت اتصال به شمش مسی با اندازه حداکثر ۱۰ ×۶۰ میلیمتر باشد. ترمینالها و اتصالات اولیه تغییر دهنده نسبت تبدیل بایستی در بالای بدنه عایقی آن در نظر گرفته شود. ترمینال ثانویه آن باید از جنس مس گالوانیزه شده و مجهز به پیچهای مناسب جهت اتصال به هادی مسی تا ۶ میلیمتر باشد.

۵-۷-۷ گرمکنها، روشنایی، دریچه ضد انفجار

سلول‌های جداگانه باید مجهز به گرم‌کن برقی (هیتر) ضدتقطیر برای استفاده در 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 باید بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس باشد.

سلول‌های فشار متوسط باید دارای لامپ نئون مشخص‌کننده ولتاژ، چراغ روشنایی برای تعمیر و بازرسی تابلو درحالت بی‌برق، دریچه‌های انفجاری فوقانی برای تخلیه فشار و محدود کردن صدمات ناشی از انفجار احتمالی تجهیزات داخل تابلو باشد.

۵-۷- ۸ کلیدهای جداکننده

وسایلی که برای جدا کردن قطعات متحرک از قطعات ثابت هادی‌های فشار قوی، در حالت بدون بار، به کار می‌روند را، کلیدهای جداکننده می‌نامیم.

تمام کلیدهای جداکننده باید مطابق با IEC 60129 (کلیدهای جداکننده جریان متناوب و کلیدهای زمین) باشند. البته باید نکات زیر رعایت شود:

به دلیل در نظر گرفتن ایمنی، کلیدهای جداکننده باید به گونه‌ای طرح گردند، که هیچ‌گونه جریان نشتی الکتریکی نتواند از یک طرف فاصله عایقی به طرف دیگر آن عبور کند.

ایمنی ذکر شده با حفاظت موثر از عایق در مقابل آلودگی، به هنگام سرویس و یا با زمین کردن جریانهای نشتی، برآورده می‌شود.

با توجه به بند ۴۵ از نشریه IEC 60129، باید موقعیت عملکرد کلید جداکننده در یکی از حالات زیر به خوبی مشخص باشد:

الف فاصله عایقی قابل دید باشد.

ب وضعیت قسمت خارج شونده (کشویی) نسبت به قسمت ثابت به طور واضح قابل دید باشد.

پ وضعیت کلید جداکننده بوسیله یک نمایشگر قابل اعتماد، کاملاً مشخص گردد.

ت هر قسمت جداشدنی، باید به گونه‌ای به قسمت ثابت متصل باشد، که کلید جداکننده به علت نیروهای ناشی از کار وسیله و یا به علت اتصال کوتاه، به طور غیرمنتظره باز نشود.

۵-۷-۹ اینترلاک‌ها

به دلایل ایمنی در کار و سهولت بهره‌برداری، بین قطعات مختلف تابلو، اینترلاک نصب می‌گردد.

اقدامات زیر برای مدارات اصلی لازم الاجرا می‌باشد:

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

خارج کردن و یا درگیر نمودن یک کلید، کلید قدرت یا کنتاکتور نباید امکان‌پذیر باشد، مگر این که وسیله کلیدزنی در حالت باز باشد.

به جز وضعیت کار (اتصال)، قطع و یا جدا شده، آزمون و یا در وضعیت زمین شده (تعاریف در بندهای بالا شرح داده شده است) نباید کلید قدرت، کلید، یا کنتاکتور قادر به کار باشد. به جز در مواقعی که وسیله کلیدزنی 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 جداکننده اینترلاک‌ها برای جلوگیری از کار کردن کلیدهای جداکننده، تحت هر شرایطی به جز موارد ذکر شده در بند ۳ نشریه IEC60129 به کار می‌روند. به جز در حالت باز بودن کنتاکتور، کلید و یا کلید قدرت، عملکرد کلید از جداکننده (باز و بسته شدن) نباید ممکن باشد.

تعبیه و ساخت اینترلاک‌های اضافی و یا متفاوت به توافق سازنده و بهره‌بردار بستگی دارد. سازنده باید تمام اطلاعات لازم برای عملکرد و مشخصات اینترلاک‌ها را در اختیار بهره‌بردار قرار دهد. سفارش می‌شود، که کلیدهای زمین که دارای ظرفیت اتصال کوتاه کمتر از جریان اسمی ایستادگی پیک مدارات می‌باشند، با کلیدهای جداکننده مربوط اینترلاک شوند.

وسایلی که در مدارات اصلی نصب شده‌اند و عملکرد نادرست آنها، باعث ضرر و آسیب می‌شوند و یا برای حفظ فاصله عایقی به هنگام تعمیر و نگهداری مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید دارای سیستم قفل باشند.

۵-۷-۱۰ زمین کردن

یک هادی زمین در تمام طول تابلوی قدرت و فرمان، باید کشیده شده باشد. در شرایط اتصال کوتاه مشخص شده، چگالی جریان در هادی زمین از ۲۰۰ آمپر بر میلی‌مترمربع نباید بیشتر باشد (در صورتی که هادی زمین از مس باشد) و همچنین سطح مقطع این هادی نباید از ۳۰ میلیمترمربع کمتر باشد و هادی زمین در انتها باید طوری بریده شود، که دارای ترمینال مناسب برای اتصال به سیستم زمین تاسیسات باشد.

هر واحد از محفظه باید به هادی زمین متصل باشد. تمام قسمت‌های فلزی که به مدارات اصلی و کمکی تعلق ندارند، باید به هادی زمین متصل شوند.

سوار کردن چهارچوب تابلو، درب، پوشش‌ها، جداره‌ها و سایر قسمت‌های یک واحد با پیچ و مهره و یا جوش برای تامین تداوم الکتریکی قابل قبول می‌باشد. درب‌های خانه‌هایی که در آنها تجهیزات فشار قوی می‌باشند، باید با وسایل مطمئن به اسکلت متصل شوند.

بخش‌های فلزی اجزا خارج‌شونده که معمولاً زمین شده‌اند، باید به صورت زمین باقی بمانند تا شرایط تعریف شده برای فاصله عایقی برآورده گردد. در ضمن این قسمت‌ها باید در وضعیت قطع و تا هنگامی که تمام مدارات کمکی قطع نشده‌اند به زمین متصل باشند (برای مثال، در وضعیت آزمون).

با توجه به تنش‌های حرارتی و مکانیکی ناشی از جریان‌هایی که این هادی‌ها حمل می‌کنند، باید از پیوستگی مدارات زمین اطمینان حاصل کرد.

در جاهایی که اتصالات زمین باید بیشترین جریان اتصال کوتاه سه فاز را تحمل کنند (برای مثال، حالتی که کلیدهای زمین به کار می‌روند)، این اتصالات ابعاد مناسبی باید داشته باشند.

۵-۷-۱۱ شینه‌ها

شینه‌های مسی و آلومینیومی باید به ترتیب بر اساس استاندارد VDE 0201 و VDE 0202 یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه باشند. شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد شینه‌های فاز، در هر سلول، باید روی مقره‌های اتکایی از صمغ مصنوعی یا چینی متناسب با ولتاژ تابلو نصب، و در صورت لزوم، برای عبور شینه در بین سلول‌ها از مقره عبوری استفاده شود. شینه اتصال زمین باید در طول تابلو امتداد یافته و به قسمت‌های فلزی بدنه تابلو متصل شود. شینه نول باید روی مقره اتکایی از صمغ مصنوعی یا چینی مناسب نصب شده و از بدنه تابلو عایق گردد.

نقطه اتصال شینه‌ها به یکدیگر و کلیدها به شینه‌ها، باید پیش از اتصال کاملاً تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره پوشیده شود و سپس بوسیله پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنزی محکم شود تا بیشینه هدایت الکتریکی به وجود آمده و از گرم شدن آن جلوگیری شود.

اتصال کابل‌ها به شینه‌ها، کلیدها، فیوزها و غیره، باید به وسیله کابلشو مناسب انجام گیرد.

در مواردی که برای شینه‌کشی از شینه‌های گرد استفاده می‌شود، کلیه اتصالات باید از نوع شمش گرد باشد.

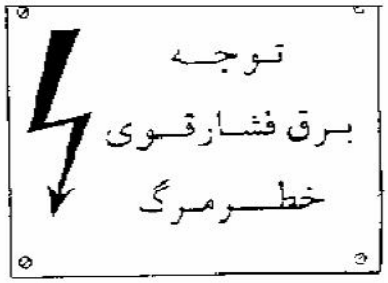
۵-۸ شناسایی

کلیدها، وسایل اندازه‌گیری، و غیره، که در تابلوها نصب می‌شود، باید دارای شماره راهنما بوده و شماره خطوط محلی که تغذیه می‌شود، روی آن نوشته شود. به علاوه، اتصالات وسایل اندازه‌گیری و سیستم‌های کنترل و خطوط خارجی، باید در روی صفحه ترمینال علامت‌گذاری شده، انجام گیرد.

کلیه سرسیم‌ها در ابتدا و انتهای مسیر در داخل تابلو و همچنین سرکابل‌ها، باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی، طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

شماتیک تک خطی هر سلول تابلو فشار متوسط، باید با مشخص بودن نوع کلید، وسایل داخل آن در روی تابلو ترسیم شود.

علامت احتیاط باید به شکل زیر و به ابعاد ۳۰۰×۲۰۰ میلی متر یا ۱۲۰×۲۰۰ میلیمتر به رنگ قرمز بر روی تابلو نصب شود:



شینه‌ها، باید با رنگ نسوز به ترتیب زیر رنگ‌آمیزی شود:

فاز اول، به رنگ قرمز

فاز دوم، به رنگ زرد

فاز سوم، به رنگ آبی

بر روی شینه‌های فاز اول، دوم و سوم به ترتیب حروف L_1، L_2، L_3 قید گردد.

طریقه استقرار شینه‌های فازهای اول و دوم و سوم در سطوح مختلف به قرار زیر خواهد بود:

الف- برای شینه‌کشی‌های افقی واقع در سطح افقی تابلو: شینه سمت جلو تابلو به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه‌ای که به طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

ب- برای شینه‌کشی‌های افقی واقع در سطح عمودی تابلو: شینه بالا به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه پایین به رنگ آبی خواهد بود.

پ- برای شینه‌کشی‌های عمودی واقع در سطح عمودی تابلو (جهت نگاه از جلو تابلو): شینه سمت چپ به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه سمت راست به رنگ آبی خواهد بود.

ت- برای شینه‌کشی‌های عمودی واقع در سطح عمودی تابلو (جهت نگاه از جنب تابلو): شینه سمت جلو تابلو به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد و شینه‌ای که به طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

۵-۹ پلاک و لوحه‌ها

پلاک‌ها باید برای تمام تجهیزات، موتورها، سلول‌های کنترل و وسایل به‌کار رفته در آن، 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 نشود.

پلاک‌های نصب شده باید زمینه سیاه رنگ داشته باشند، و با حروف سفید رنگ روی آن نوشته شده باشد.

پلاک‌ها باید به طور واضح و مختصر اطلاعات فنی را ارائه کنند.

پلاک‌های استفاده شده برای روی پانل‌ها، تابلوها، اتصالات و غیره، باید دارای اندازه‌های استاندارد زیر باشند:

الف- پلاک برای فیوزها حدود ۴۰-۳۰ میلیمتر طول و ۲۰-۱۲ میلیمتر عرض و ابعاد حروف حدود ۶-۳ میلیمتر باشند و پهنای خط نیز تقریباً یک میلیمتر باشد.

ب- پلاک برای رله‌ها، کنتاکتورها و وسایل مشابه، تقریباً ۶۵ میلیمتر طول و ۲۵میلیمتر عرض و نوشته آن مطابق بند فوق باشد.

پ- پلاک برای کلیدهای تغییر وضعیت و کنترل حدوداً ۳۰×۷۰ میلیمتر و ابعاد حروف به طول ۲۰ میلیمتر و پهنای خط ۱/۵ میلیمتر باشد.

ت- پلاک برای پانل‌ها، درهای سلول‌ها، جعبه اتصالات و غیره، حدود ۱۲۵ میلیمتر طول و ۲۵ میلیمتر عرض بوده و حدود ۱۲ میلیمتر ابعاد حروف با پهنای خط ۱/۵ میلیمتر داشته باشد.

ج- پلاک‌ها با پرچ‌های آلومینیوم محکم شود تا از زنگ زدن و فساد آنها جلوگیری گردد.

پلاک دستورالعمل بهره‌برداری به ابعاد حدود ۱۵۰×۲۰۰ میلیمتر که در هر یک از تابلوها نصب می‌شود.

۵-۱۰ رنگ‌آمیزی

قسمت‌هایی از تابلو که باید ر نگ‌آمیزی شود لازم است پس از ساخت و قبل از سوار کردن مطابق مراحل چهارگانه زیر رنگ‌آمیزی شود:

- چربی‌گیری
- زنگ‌زدایی
- فسفاته‌کاری
- رنگ‌کاری

سازنده تابلو مختار است، که هریک از روش‌های مشروحه را برای زیرسازی و رنگ‌آمیزی به کار برد.

سازنده با توجه به منطقه‌ای که تابلو در آنجا نصب می‌شود، باید نوع رنگ و ضخامت پوشش را انتخاب و به کار برد و پس از رنگ‌آمیزی، آزمون‌های مربوطه بر روی تابلو انجام شود.

در صورت موفقیت‌آمیز بودن آزمونهای ذکر شده، رنگ‌آمیزی تابلو قابل قبول خواهد بود.

۵-۱۱ ابعاد

بیشینه ابعاد تابلوهای فشار قوی تمام بسته قابل دسترسی از جلو ترجیحاً، به شرح مندرج در جدول ۵-۷ می‌باشد.

جدول ۵-۷. ابعاد ترجیحی تابلوهای فشار متوسط تمام بسته[۱]

	تابلوهای ۲۰ کیلوولت	تابلوهای ۳۳ کیلوولت
ارتفاع بیشینه (سانتیمتر)	۲۲۰	۲۲۵
عرض بیشینه (سانتیمتر)	۱۴۰	۱۶۰
عمق بیشینه (سانتیمتر)	۱۴۰	۱۶۰

[۱] نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط"

۵-۱۱-۱ بیشینه ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته کشویی:

با توجه به تنوع تجهیزات و گوناگونی طرح‌ها، ابعاد این تابلوها، باید در محدوده تعیین شده جدول ۵-۸ باشد.

جدول ۵-۸. ابعاد ترجیحی تابلوهای فشار متوسط تمام بسته کشویی[۱]

	تابلوهای ۲۰ کیلوولت	تابلوهای ۳۳ کیلوولت
ارتفاع بیشینه (سانتیمتر)	تا ۲۲۵	تا ۲۲۵
عرض بیشینه (سانتیمتر)	۱۱۰	۱۳۰
عمق بیشینه (سانتیمتر)	-	-

نکته- سایر ابعاد با توافق سازنده و مصرف‌کننده تعیین می‌شود.

۵-۱۲ اطلاعات، لوحه ویژگی‌ها

- اطلاعاتی که باید توسط بهره‌بردار داده شود:

الف- نوع داخلی یا خارجی بودن و شرایط کاری (سرویس‌دهی)

ب- درجات حفاظتی

پ- دیاگرام‌های مدار

- اطلاعاتی که باید توسط سازنده داده شود:

الف- مقادیر اسمی و اطلاعات ساختاری

ب- دستورالعمل‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری

پ- دستورالعمل‌های حمل و نقل (از جمله وزن و ابعاد جعبه‌ها)

ت- مقادیر اسمی تجهیزات استفاده شده در داخل تابلوهای قدرت و فرمان

- لوحه ویژگی‌ها

اطلاعات زیر اجباری است:

الف- نام سازنده و یا علامت (آرم) مشخصه آن

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

درج اطلاعات زیر نیز بر حسب مورد توصیه می‌شود (در جایی که کاربرد دارد):

الف- ولتاژ اسمی

ب- جریان‌های اسمی برای شینه‌ها و مدارها

پ- فرکانس اسمی

ت- سال ساخت

۵-۱۳ آزمون‌ها

آزمون‌های شرح داده شده در این قسمت، شامل آزمون‌های نوعی و آزمون‌های معمول (روتین) می‌باشد.

[۱] نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط"

۵-۱۳-۱ طبقه‌بندی آزمون‌ها

۵-۱۳-۲ آزمون‌های نوعی و تعیین تطابق‌ها

هدف از انجام آزمون‌های نوعی، تایید مشخصه‌های طراحی است و این آزمون‌ها بر روی نمونه‌ای از مجموعه یا زیرمجموعه‌ها انجام می‌گیرد.

به علت تنوع انواع تابلوها، مقادیر اسمی و ترکیبات مختلف اجزاء انجام آزمون نوعی بر روی انواع ترکیبات تابلوهای قدرت و فرمان غیرعملی است. مشخصات هر ترکیب مخصوصی را می‌توان بوسیله اطلاعات آزمون ترکیبات مشابه به دست آورد.

این آزمون‌ها و تاییدیه‌ها شامل موارد زیر می باشد:

- آزمون‌های ولتاژ ضربه‌ای (خشک)
- آزمون‌های ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک)
- آزمون‌های افزایش دما
- آزمون‌های جریان کوتاه مدت روی مدارهای اصلی
- آزمون‌های جریان کوتاه مدت روی مدارهای زمین
- تعیین تطابق با ظرفیت قطع و وصل
- آزمون‌های عملکرد مکانیکی
- تعیین تطابق درجات حفاظت افراد در مقابل آسیب‌های ناشی از نزدیک شدن به قسمت‌های برقدار و قسمت‌های متحرک.
- آزمون‌های مقاوم بودن در مقابل شرایط جوی و آب و هوا (در مورد تابلوهای قدرت و فرمان استفاده شده در خارج ساختمان)

۵-۱۴ آزمون زمین و بین فازها

هر قسمت هادی از مدار اصلی، باید نسبت به چهارچوب زمین شده با ولتاژهای نشان داده شده در ستونهای جدول ۵-۵ ، مورد آزمون قرار گیرند.

باید سمتی که قابل دسترسی برای آزمون دریچه‌های حفاظتی و جداره‌ها از مواد عایقی هستند پوشیده شوند، این پوشش در بدترین شرایط آزمون، یک ورقه فلزی مربع یا دایره‌ای شکل است که سطح آن تا حد ممکن بزرگ بوده و کمتر از ۱۰ سانتیمترمربع می‌باشد که این ورقه زمین شده است. در مواردی که در شناخت بدترین وضعیت تردید وجود دارد، آزمون برای محل‌های مختلف تکرار خواهد شد. در تمام آزمونها، شرایط باید به گونه‌ای باشد، که همه وسایل کلیدزنی بسته بوده و تمام قطعات جداشدنی در حالت کار باشند. باید توجه شود، که درحالتی که وسایل کلیدزنی باز بوده یا قطعات جداشدنی در وضعیتهای قطع جدا شده و یا در وضعیت زمین باشند، نتایج واقعی نخواهد بود و آزمون باید تکرار گردد.

هنگامی که تابلوی قدرت یا فرمان، شامل دریچه‌های حفاظتی از مواد عایق، می‌باشند و در حالی که قطعات جداشدنی در وضعیت جدا شده می‌باشند، دریچه‌های حفاظتی با ورقه مشخص شده زمین شده، و آزمون بیشتری روی آنها باید انجام گیرد.

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.

۵-۱۵ فاصله عایقی

هر فاصله عایقی از مدار اصلی، باید با ولتاژ نشان داده شده در ستون‌های جدول ۵-۵ مورد آزمون قرار گیرد.

فاصله عایقی ممکن است فاصله دو قسمت از مدار اصلی باشد، که توسط وسیله کلیدزنی 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 به صورت زیر به کار 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 طرح و کنتاکت ثابت طرف دیگر وسیله کلیدزنی خارج شونده، که در وضعیت بسته قرار دارد.

۵-۱۶ آزمون تکمیلی با جداره‌ها یا دریچه‌های حفاظتی از مواد عایق، عایق بین هادی‌های برق‌دار

مدار اصلی و جداره، دریچه حفاظتی که برای کنترل از مواد عایقی ساخته شده‌اند، باید تحت آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی به مقدار ۱۵۰ درصد ولتاژ نامی، برای مدت یک دقیقه قرار گیرند (پس از پوشاندن سطح دریچه‌های حفاظتی یا جداره‌ای، که در مقابل هادی‌ها قرار گرفته‌اند با ورقه فلزی زمین شده)

۵-۱۷ آزمون معمول (روتین)

از آنجایی که تابلوی قدرت و فرمان از اجزاء مختلفی تشکیل شده است که به طور مجزا مورد آزمون‌های معمول قرار گرفته‌اند، و این آزمون‌ها مطابق مشخصه‌های مربوط انجام شده است، لذا آزمون‌های معمول ذکر شده در این قسمت، محدود به آزمون کردن اتصالات می‌باشد.

چنین آزمونی را می‌توان با ولتاژ فرکانس صنعتی و با ولتاژ مشخص شده در ستون جدول ۵-۵ انجام داد ولیکن این آزمون، به کاربرد بر روی فاز مدار اصلی و زمین کردن هادی‌های دیگر محدود می‌شود (با بسته بودن کلیدها و وسایل کلیدزنی)

۵-۱۷-۱ آزمون ولتاژ ضربه‌ای (خشک)

مورد آزمون ولتاژ ضربه‌ای با موج ضربه تابلوهای قدرت و ولتاژ باید مطابق بخش ششم نشریه IEC60060 1/2-50 میکروثانیه قرار گیرند. وسایل حفاظتی اضافه ولتاژ باید قطع یا خارج شده باشند. ثانویه ترانسفورماتورهای جریان، ممکن است اتصال کوتاه شده و باید زمین شود.

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 پلاریته مثبت و منفی آزمون گردند.

در طول آزمون، پنج موج ضربه پیاپی به کار می‌رود، اگر قوس الکتریکی و یا گسیختگی مشاهده نشود، تابلو قدرت و فرمان آزمون را پشت سر گذاشته است. اگر دو یا بیشتر قوس الکتریکی مشاهده گردید، تابلو قدرت و فرمان آزمون را نگذرانده است. اگر فقط یک قوس ظاهر شود ده موج ضربه دیگر به کار می‌رود، اگر در اثر این ضربه‌های اضافی قوس یا گسیختگی مشاهده نشود، تابلو قدرت و فرمان به طور موفقیت آمیز آزمون را گذرانده است.

۵-۱۷-۲ آزمون ولتاژ فرکانس قدرت (خشک)

تابلوهای قدرت و فرمان، باید برای مدت یک دقیقه مورد آزمون ولتاژ فرکانس صنعتی (خشک) که در زیر شرح داده شده است قرار گیرند. ترانسفورماتورهای قدرت و ولتاژ را می‌توان با نمونه‌ای مشابه جایگزین نمود که ترکیب میدان، اتصالات فشار قوی را دوباره تشکیل دهند. وسایل حفاظتی اضافه ولتاژ می‌تواند قطع و یا جدا شده باشند.

ولتاژ آزمون، باید تقریبا دارای شکل سینوسی بوده و مقدار پیک آن ۲ برابر مقدار مشخص شده باشد، و فرکانس آن بین ۲۰ تا ۷۰ هرتز بوده و مطابق نشریه IEC 60060 آمپر داشته باشد. دامنه منبع آزمون (ترانسفورماتور با وسیله تنظیم ولتاژ، باید کمینه جریان اتصال کوتاه، جریان را تا حدود یک دهم مقدار ولتاژ مشخص شده می‌توان تطبیق کرد).

در طول آزمون، یکی از ترمینال‌های ترانسفورماتور آزمون، باید به زمین و به چهارچوب تابلوی قدرت و نقطه وسط منبع ولتاژ باید به زمین و به فرمان متصل باشد. البته به جز در طول آزمون چهارچوب تابلو متصل باشد تا ولتاژی که بین هر قسمت برق‌دار و چهارچوب ایجاد می‌شود، از مقادیر مشخص شده بیشتر نشود.

اگر این کار 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 سریعا تا ۷۵ درصد مقدار مشخص شده زیاد شود، و سپس با نرخ ۲ درصد ولتاژ نهایی بر ثانیه، ولتاژ آزمون مشخص شده برای مدت یک دقیقه مقدار آن افزایش داده می‌شود (مطابق نشریه IEC60060) اعمال می‌گردد و اگر قوس الکتریکی و یا گسیختگی مشاهده گردید تابلوی قدرت و فرمان، آزمون را با موفقیت پشت سر نگذاشته است.

۵-۱۷-۳ آزمونهای ولتاژ بر روی مدارهای کمکی

تمام مدارهای کمکی، باید به مدت یک دقیقه مورد آزمون‌های ولتاژ اسمی فرکانس صنعتی قرار گیرند. این ولتاژ بین تمام قسمت‌های برق‌دار مدارهای کمکی و محفظه تابلو، اعمال می‌شود. برای تسریع و سهولت در آزمون، می‌توان قسمت‌های برق‌دار مدارات کمکی را به یکدیگر متصل نمود.

برای مدارهای کمکی مقدار موثر ولتاژ آزمون، باید دو برابر ولتاژ نامی آنها به اضافه ۱۰۰۰ولت و کمینه 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 نگذرانده است.

ثانویه ترانسفورماتورهای جریان باید اتصال کوتاه شده و از زمین جدا شده باشند، ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ باید قطع شده باشد.

۵-۱۸ آزمون افزایش دما

۵-۱۸-۱ ترکیب آزمون

آزمون افزایش دما، روی یک مجموعه و یا زیرمجموعه کامل نو و جدید باشد. با اجزا کنتاکت تمیز انجام می‌گیرد. در جایی که در طراحی، اجزاء مختلف با ترکیبات متنوع استفاده شده است، آزمون باید در بدترین شرایط حاکم صورت گیرد.

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

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

آزمون‌ها باید با تعداد فازها و مقدار جریان اسمی معمول که از یک انتهای شین به ترمینال‌ها جریان دارد انجام شود. فرکانس جریان به مقدار اسمی بوده و با رواداری ۵ درصد باشد.

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

در هنگامی که زیرمجموعه‌ای به طور جداگانه آزمون می‌شود، تمام زیرمجموعه‌های مجاور، باید شرایط کاری 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 نسبت به دمای محیط مقایسه می‌شود. این مقادیر نباید از مقادیر مشخص شده در مشخصه‌های مربوط بیشتر شود.

۵-۱۸-۲ اندازه‌گیری دما

دمای اجزاء مختلف را می‌توان با قرار دادن ترمومترها و یا ترموکوپل‌های مناسب در داغ‌ترین نقاط قابل دسترس، اندازه‌گیری نمود. دمای اجزاء مختلف باید طبق مشخصات مربوط به آنها اندازه‌گیری شود. برای اندازه‌گیری توسط ترمومتر یا ترموکوپل‌ها، اقدامات اولیه زیر باید انجام گیرد:

الف– ترموکوپل‌ها یا شیشه‌های ترمومترها، باید به طور مناسبی در مقابل سرمای خارجی محافظت شوند. سطح حفاظت شده باید در مقایسه با سطح خنک‌شونده وسیله تحت آزمون، قابل چشم‌پوشی باشد.

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

۵-۱۸-۳ دمای هوای محیط

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

سه عدد ترمومتر یا ترموکوپل در فاصله‌های مساوی از تابلو و در ارتفاع حدود متوسط هادی مدار اصلی و در فاصله یک متری از تابلو، نصب می‌شوند. این ترمومترها یا ترموکوپل‌ها در مقابل جریان‌های هوا و تشعشعات گرمایی حفاظت شده‌اند. برای دوری از خطای ناشی از تغییرات سریع دما می‌توان ترمومترها را در قوطی‌های پر از روغن، که حاوی حدود نیم لیتر روغن می‌باشد قرار داد، متوسط دمای خوانده شده دمای محیط را نشان می‌دهد.

در زمان آخرین ربع زمانی آزمون، تغییر دمای هوای محیط، نباید از یک درجه در ساعت بیشتر باشد. اگر این کار به خاطر شرایط نامناسب دما در اتاق 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 تابلوی اضافی نباید تحت تاثیر تشعشعات حرارتی ناخواسته قرار گیرد.

۵-۱۹ آزمون‌های تحمل جریان کوتاه مدت بر روی مدار اصلی

مدارهای اصلی تابلو قدرت و فرمان باید مورد آزمون قرار گیرند تا قدرت تحمل آنها در برابر جریان اسمی کوتاه مدت و جریان ایستادگی پیک در شرایط نصب و بهره‌برداری مورد تایید قرار گیرد.

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

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

پس از آزمون در عملکرد اجزاء و هادی های تابلو، هیچ گونه تغییر شکل و خرابی نباید مشاهده گردد به گونه‌ای که در کار آنها تاثیرگذار باشد.

۵-۲۰ آزمون‌های ایستادگی جریان کوتاه مدت بر روی مدارات زمین

مدارات زمین تابلوهای قدرت و فرمان باید مورد آزمون قرار گیرند تا قدرت تحمل آنها نسبت به جریان اسمی ایستادگی کوتاه مدت، در شرایط نصب و بهره‌برداری مورد تایید قرار گیرد. و شرایط آزمون باید به گونه‌ای باشد که قسمت‌هایی که جریان اتصال کوتاه را مورد تاثیر قرار می‌دهند، درنظر گرفته شود.

هنگامی که قطعات جداشدنی وجود داشته باشد، باید بین اتصال زمین اسکلت این وسیله، و ترمینال زمین متصل به سیستم زمین جریان جاری شود. هر اتصالی بین دو جزء جداشدنی، وجود داشته باشد باید آزمون شود.

در طول مدت آزمون اختلاف ولتاژ بین دو سر مدار، نباید از یک مقدار مشخص شده بیشتر باشد. پس از آزمون نباید هیچ‌گونه قطعی در مدارات زمین وجود داشته باشد.

۵-۲۱ 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 نصب و بهره‌برداری، مطابق مشخصات آنها مورد تایید قرار گیرد. در واقع باید اثرات اجزاء دیگر نصب شده در تابلو بر روی کارایی آنها مشخص شود (برای مثال، اثر ترتیب اتصالات، نگهدارنده ها و ...).

نکته: برای تعیین این که اثرات قسمت‌های در ارتباط، بر روی 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 غیره بشود. در بعضی از موارد، این اثرات ممکن است به کلی قابل چشم‌پوشی باشد.

۵-۲۲ آزمون‌های عملکرد مکانیکی

وسایل کلیدزنی، اجزاء جداشدنی و خارج شونده، باید مورد آزمون قرار گیرند تا کارکرد آنها و نیز اینترلاکهای مکانیکی مربوط مورد تایید قرار گیرند. این عملکرد برای آزمون نوعی حدود ۵۰ مرتبه و برای آزمون معمول حدود ۵ مرتبه انجام می‌شود. در طول آزمون، هیچ تنظیمی نباید برای وسایل کلیدزنی یا اینترلاک‌ها صورت گیرد.

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، پیش و پس از آزمون در وضعیت آن تغییری رخ ندهد.

۵-۲۳ تعیین مطابقت درجات حفاظتی

۵-۲۳-۱ درجات حفاظت افراد در برابر خطرات ناشی از نزدیک شدن به قسمتهای برقدار و یا قسمتهای متحرک

با توجه به جدول زیر، باید تایید گردد که وسایل مشخص شده برای آزمون، با اجزاء متحرک داخل محفظه تماسی نمی‌توانند حاصل کنند و همچنین ابزار آزمون نمی‌توانند سطح عایقی مدار اصلی را، از مقدار مشخص شده کمتر کنند. هیچ شکافی نباید در محفظه خارجی وجود داشته باشد. آزمون فقط هنگامی انجام می‌شود که IP2X در حالت نسبت به درجه حفاظتی آن مشکوک باشیم.

جدول ۵-۹ ابزار آزمون برای درجات حفاظت افراد برابر خطرات ناشی از نزدیک شدن به قسمت‌های برق‌دار و یا قسمت‌های متحرک تابلو

اعداد مشخصه	ابزار آزمون
IP2X	آزمون استاندارد انگشت فلزی
IP3X	آزمون بوسیله سیم مستقیم فولادی به قطر ۲/۵ میلیمتر
IP3X	هیچ

۵-۲۴ شرایط تحویل

این تابلو بایستی در کارخانه سازنده تابلو ساخته شود و قابل حمل بوده و مسئولیت آزمایش آن را کارخانه سازنده بر عهده گرفته باشد.

تابلو ساخته شده باید از نوع ایستاده تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو بوده که دسترسی به تجهیزات داخل تابلو فقط بعد از قطع کلید به وسیله در لولایی مجهز به قفل ایمنی الکتریکی یا مکانیکی امکان پذیر می شود.

تابلوهای قدرت فشار متوسط ساخته شده باید بر اساس استاندارد های IEC298 یا استاندارد وزارت نیرو، امور برق جلد اول تا سوم تحت عنوان " استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع" ساخته شود.

به منظور حفاظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی تمام سطوح و خانه‌ها برای استفاده در مناطق مرطوب باید پس از ساخت، زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و رنگ‌کاری شود. نوع رنگ و ضخامت رنگ بر اساس منطقه نصب تابلو در نظر گرفته شود.

سلول‌های جداگانه باید مجهز به هیتر ضد تقطیر برای استفاده در مناطق مرطوب بوده و بهتر است سطح داخلی با پوشش ضد میعان اندود شده باشد. دمای تنظیم ترموستات بین ۲۵ تا ۳۰ درجه می‌تواند باشد.

سلول‌های فشار متوسط باید دارای لامپ نئون مشخص کننده ولتاژ، چراغ روشنایی برای تعمیر در حالت بی برقی و دریچه انفجاری فوقانی جهت تخلیه فشار باشد.

حداقل ظرفیت شینه‌ها نباید از شدت جریان اسمی کلید اصلی کمتر باشد.

شینه‌ها باید با رنگ نسوز به رنگ‌های زیر رنگ‌آمیزی شود:

فاز اول: قرمز

فاز دوم: زرد

فاز سوم: آبی

حداقل ضخامت اسکلت نگهدارنده ۲/۵ میلیمتر باشد.

کلید قدرت ایزوله شده با گاز SF6 باید دارای مشخصات زیر باشد:

میزان نشت گاز در مدت ۱ سال کمتر از ۱ درصد باشد.

فشار گاز به وسیله سنسور کنترل شود.

ترانس‌های جریان بر اساس استاندارد IEC185 و ترانس ولتاژ بر اساس استاندارد IEC186 ساخته شده باشد.

۵-۲۵ مشخصات تابلوهای فشار متوسط

برای گرفتن انشعاب از شبکه فشار متوسط شهر و تغذیه و فرمان ترانسفورماتورها، یا شبکه فشار متوسط داخلی، باید یک سری تابلوی فشار متوسط، براساس مشخصات و ضوابط شرکت برق منطقه ای که عموماً شامل وسایل زیر می باشد پیش‌بینی شود:

- دو سلول با سکسیونر قابل قطع و وصل زیر بار، و کلید اتصال زمین برای کابل های ورودی از شبکه برق فشار متوسط زیرزمین، سیستم رینگ. شایان ذکر است که در صورت استفاده از شبکه هوایی فشار متوسط، احتیاج به دو سلول فوق نبوده و کابل ورودی مستقیماً به سلول کلید اصلی وصل می‌شود.
- یک سلول با سکسیونر غیرقابل قطع و وصل زیربار، و دیژنکتور (از انواع: کم روغن،گازی، روغنی، موتوری و ...) به عنوان کلید اصلی با رله های محافظ نوع اولیه یا ثانویه.
- یک سلول با وسایل اندازه‌گیری (کنتور معمولی، کنتور اکتیو با ماکزیمتر، ساعت فرمان، ترانس جریان و ترانس ولتاژ).
- سلول‌های لازم بر حسب احتیاج، با سکسیونر غیرقابل قطع و وصل زیر بار، و دیژنکتور کم روغن برای تغذیه و فرمان ترانسفورماتورها یا شبکه داخلی فشار متوسط.

۶ تابلوهای فشار ضعیف

در این فصل معیارها و ضوابط فنی طراحی و ساخت تابلوهای فشار ضعیف و همچنین ضوابط نصب، راه-اندازی و نگهداری این تابلوها ارائه می‌گردد.

تابلوی فشار ضعیف به عنوان محفظه‌ای برای نصب لوازم الکتریکی و تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظتی، تنظیم‌کننده، مونیتورینگ و ایجاد اتصال و ارتباط لازم بین خطوط و سایر تجهیزاتی که خارج از تابلو وجود دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تابلوهای قدرت توزیع فشار ضعیف که ولتاژ اسمی آن ۱۰۰۰ ولت و فرکانس اسمی آن ۵۰ هرتز می‌باشد باید مطابق با جدیدترین اصلاحیه‌های استاندارد ۱۹۲۸ و ۱۹۲۹ ایران و از نظر حفاظت دارای حداقل درجه حفاظت IP20 باشد. وسایل داخل تابلو باید برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای بین‌المللی معتبر مشابه باشد.

- شینه‌های مسی برابر استاندارد VDE0201 و شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد VDE0202 .
- کلیدهای فشار ضعیف برابر استاندارد IEC 974
- کلیدهای خودکار فشار ضعیف برابر استاندارد IEC157-1,2
- کنتاکتورها بر اساس استاندارد ۳۱۷۹ و یا ۳۱۸۰ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
- روش علامت‌گذاری و شناسایی ترمینال‌ها و نیز کنتاکتورها و رله‌ها بر اساس استاندارد ۳۱۸۱ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
- ترانس‌های جریان بر اساس استاندارد IEC185

سایر انواع تابلوها و وسایل داخل آنها در صورت فقدان استاندارد ایرانی برابر مشخصات فنی یکی از استانداردهای معتبر و شناخته شده بین‌المللی که مورد تایید دستگاه نظارت نیز باشد مانند کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC) طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۶-۱ الزامات تابلوهای فشار ضعیف

- این تجهیزات و نیز سایر تجهیزات مورد استفاده بایستی مورد تائید دستگاه نظارت نیز باشد.
- پوشش تابلوها باید از ورق فلزی با حداقل ضخامت ۲ میلیمتر و نیز اسکلت آن باید به فرم نبشی، ناودانی یا سپری ساخته شده باشد.
- به منظور حفاظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی تمام سطوح تابلو باید مطابق زیر زیرسازی و رنگ‌آمیزی شود:
  - زیرسازی شامل چربی‌زدایی، زنگ‌زدایی، فسفاته‌کاری و یک لایه رنگ آستر
  - رنگ‌آمیزی شامل ۳ لایه پوشش رنگ برای مناطق مرطوب
- ظرفیت الکتریکی شینه‌ها نباید از ۱۵۰٪ ظرفیت کلید اصلی تغذیه‌کننده تابلو کمتر باشد و به صورتی که در قسمت تابلوهای فشار متوسط ذکر شد با رنگ نسوز رنگ‌آمیزی شود.
- درب‌های تابلو باید دارای لولا از استیل یا گالوانیزه باشد قفل‌ها همه از یک نوع انتخاب گردد و یک کلید برای قفل‌ها موجود باشد. درب‌ها علاوه بر قفل باید دارای چفت نیز باشد.
- برای هر سلول جهت جلوگیری از تعریق هیتر لازم در نظر گرفته شود.

۶-۲ انواع تابلوهای فشار ضعیف

این تابلوها از لحاظ محل نصب، به دو نوع indoor و outdoor تقسیم‌بندی می‌شوند. تابلوها کاربردهای بسیار زیادی دارند که از آنها می‌توان به تابلوهای اصلی و فرعی توزیع انرژی الکتریکی، تابلوهای MCC برای کنترل و تغذیه موتورهای الکتریکی، تابلوهای برق اضطراری دیزل‌ژنراتور، تابلوهای بانک‌خازن برای اصلاح ضریب قدرت، تابلوهای UPS ، تابلوهای کنترلی PLC ، DCS و FCS و غیره اشاره کرد.

۶-۳ لوازم تابلویی

برای قطع و وصل مدار و نیز حفاظت مدارات قدرت داخل تابلو، اغلب از کلیدهای اتوماتیک و یا کلیدفیوز در ورودی تابلو استفاده می‌شود. برای حفاظت فیدرها یا خطوط خروجی منشعب شده از تابلو نیز معمولاً کلید فیوزهای سه‌فاز، کلیدهای اتوماتیک و یا کلید و فیوز مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرد.
علاوه بر تجهیزات ذکر شده، موارد دیگری نیز در این تابلوها وجود دارند که به طور خلاصه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱-کنتاکتورهای قدرت برای قطع و وصل فیدرهای موتوری، روشنایی و غیره
۲- تجهیزات مربوط به مدارات فرمان مانند کنتاکتورهای کمکی، رله‌های زمانی و فتوسل‌ها
۳-هیتر برقی و ترموستات برای خشک کردن رطوبت داخل تابلو و جلوگیری از اکسید شدن تجهیزات و خرابی عایق‌ها
۴-چراغ‌های سیگنال در رنگ‌های مختلف برای نشان دادن وضعیت تجهیزات
۵- وسایل اندازه گیری مانند: آمپرمتر، ولتمتر، کسینوس متر و ...

۶-۴ انواع کلیدهای فشار ضعیف

از انواع کلیدهای فشار ضعیف می‌توان به کلیدهای زیراشاره کرد:

- کلیدهای اتوماتیک کمپکت (M.C.C.B: breaker Moulded case circuit)
- کلیدهای اتوماتیک هوایی (A.C.B: Breaker Air circuit)
- کلیدهای مینیاتوری (MCB: Breaker Miniature Circuit)
- کلیدهای حفاظت موتوری (M.P.C.B: Motor Protection Circuit)
- کلیدهای محافظ جان (R.C.C.B: Bbreaker Residual Current Circuit)

- معمولاً در کاتالوگ کلیدهای فشار ضعیف دو مشخصه فنی به نام‌های Icu و Ics مشخص شده‌اند که دانستن مفهوم آنها در انتخاب کلید مهم است.
- Icu: جریان اتصال کوتاهی که کلید تنها یکبار بدون آنکه آسیبی ببیند قادر به قطع آن می‌باشد و برای دفعات بعدی نیاز به تعمیر و سرویس و یا تعویض دارد.
- Ics: جریان اتصال کوتاهی که کلید به دفعات قادر به قطع آن می‌باشد بدون اینکه آسیبی ببیند و یا نیاز به تعمیر و یا تعویض پیدا کند.
- بحث اتصال کوتاه در استاندارد IE C60974-2 دارای دو مقوله می‌باشد:

مقوله۱: این نوع کلیدها بدون رنج اتصال کوتاه هستند و به ازای اتصال کوتاه لازم است مورد بازبینی قرار گیرند.

مقوله۲: این نوع کلیدها یک مدت زمان کوتاه قادر به تحمل جریان اتصال کوتاه هستند و این قضیه به Current Limiting وسیله بستگی دارد.

- در نوع دوم حفاظت و سلامت تجهیزات بهتر از نوع اول است.

۶-۴-۱ کلیدهای اتوماتیک کمپکت (MCCB: Breaker Molded Case Circuit)

نرم جریان دایم این کلیدها از ۲۵ تا ۱۶۰۰ آمپر است، اما این کلیدها حداکثر تا ۳۲۰۰ آمپر ساخته می-شوند. فریم این کلیدها با افزایش جریان نامی آنها بزرگ می‌شود. بطور مثال کلیدهای کمپکت ساخت شرکت ABB، تیپ Isomax آن از ۱۲۵ تا ۳۲۰۰ آمپر ساخته می‌شود.

۶-۴-۲ کلیدهای هوایی (ACB: Air Circuit Breaker)

این کلیدها نوع دیگری از کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف هستند که در آمپراژ بالا مورد استفاده قرار می-گیرند. به دلیل وجود سیستم اطفاء جرقه توسط هوای آزاد به این کلیدها، کلیدهای هوایی گفته می شود. حد بالای جریانی این کلیدها تا ۶۳۰۰ آمپر می‌باشد. رنج جریان دایم این کلیدها از ۶۳۰ تا ۶۳۰۰ آمپر است. مصارف این کلیدها عمدتاً در ورودی تابلوها می‌باشد که هم جریان بالایی دارد و هم برقراری سلکتویته کامل بین کلیدهای ورودی و کلیدهای خروجی که معمولاً از نوع کمپکت می‌باشند ضروری است. عمر مفید و قدرت قطع این کلیدها نسبت به کلیدهای اتوماتیک کمپکت بیشتر می باشد.
کلیدهای هوایی دارای رله‌هایی هستند که در داخل خود کلید (Built-in) جاسازی شده‌اند. ویژگی این رله-ها خاصیت تاخیری (Time Delay) آنهاست که عنصر اصلی در تامین سلکتویته از طریق صدور فرمان قطع با تاخیر می‌باشند. سلکتویته همان پدیده تقدم قطع در خروجیها نسبت به ورودی‌هاست. به این معنی که اگر خطایی در یک فیدر خروجی رخ داد، ابتدا کلید خروجی قطع شود و تنها در صورت تداوم خطا روی مدار و عمل نکردن کلید خروجی، کلید ورودی با تاخیر کل تابلو را بی‌برق می‌کند. اهمیت این موضوع در این است که در صورت وقوع خطا در یکی از خروجیها کل تابلو بی‌برق نشود.

- استفاده از کلیدهای کمپکت در هر دو مدار خروجی و ورودی در تابلو حتی اگر کلید ورودی دو سایز بالاتر از بالاترین سایز کلید در خروجیها انتخاب شود، تنها در محدوده کوچکی از جریان اتصال کوتاه، سلکتویته را تامین می‌کند و به هر حال سلکتویته کامل بدست نمی‌دهد.
- مکانیزم عملکرد کلیدهای هوایی بدین تذتیب می باشد که فنر شارژ کلید توسط گردنده یا موتور الکتریکی شارژ می شود و کلید در حالت وصل قرار می گیرد. در هنگام بروز خطا، رله الکترونیکی به کمک ترانسهای نمونه برداری جریان و وقوع خطا را حس کرده و طی زمان معینی فرمان دشارژ فنر و یا همان فعال ساختن مکانیزم قطع جریان توسط کلید صادر می گردد.
- کاربرد:

۱- مناسب جهت حفاظت اصلی در برابر اضافه بار، اتصال کوتاه آنی و تاخیری، اتصال به زمین
۲- رنج جریانی ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ آمپر با حداکثر قدرت قطع ۶۰ کیلوآمپر
۳- در انواع ثابت و کشویی ۳ و ۴ پل

۶-۴-۳ کلیدهای مینیاتوری (MCB: Miniature Circuit Breaker)

از انواع کلیدهای فشار ضعیف که معمولاً در جریانهای پایین و در تابلوهای روشنایی و تابلوهای توزیع با توان کم و یا جهت حفاظت مدارات کنترل و فرمان تجهیزات و تاسیسات برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. جریان قطع اتصال کوتاه این کلیدها معمولاً چندان بالا نیست. حداکثر جریان مورد استفاده با کلید مینیاتوری ۱۰۰ آمپر است و همینطور جریان قطع اتصال کوتاه این کلیدها بطور معمول ۱۰ کیلو آمپر و حداکثر ۲۵ کیلو آمپر است. این کلیدها دارای دو نوع کاربرد صنعتیIEC60947 و کاربرد مسکونی IEC60898 هستند.

۶-۴-۴ کلیدهای حفاظت موتوری (MPCB: Breaker Protection Circuit Motor)

همانگونه که از اسم این کلیدها معلوم است این کلیدها برای حفاظت موتورها بسیار کاربرد دارند، این کلیدها معمولا" تا ۱۰۰ کیلو آمپر ساخته می‌شوند و برای موتورهای تا ۵۵ کیلووات مناسب هستند.

۶-۴-۵ کلیدهای محافظ جان (RCCB: Breaker current Circuit Residual)

یکی از عوامل اصلی در بروز خسارات مالی، صدمات و تلفات جانی به ویژه در منازل مسکونی، مراکز اداری، تجاری و مجتمع های صنعتی عدم رعایت مسائل ایمنی در استفاده از انرژی برق می‌باشد. بمنظور حفاظت از جان افراد در مقابل خطر برق گرفتگی و جلوگیری از خطرات جریان نشتی از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (محافظ جان) استفاده می‌شود. این کلیدها که براساس حساسیت خود به دو نوع خانگی و صنعتی تقسیم می‌شوند، علاوه بر حفاظت افراد در مقابل تماس مستقیم و یا غیر مستقیم برق، با جلوگیری از نشتی جریان در حفاظت دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی نیز موثر می‌باشند. بر این اساس در صورتی که حساسیت کلیدها تا ۳۰ میلی‌آمپر باشد این کلید به عنوان حفاظت از جان و در صورتی که حساسیت آن بیشتر از ۳۰ میلی‌آمپر باشد به عنوان حفاظت از تجهیزات صنعتی بکار می‌رود.

اساس کار کلیدهای حفاظت از خطر برق‌گرفتگی، مقایسه جریان ورودی با جریان خروجی کلید می‌باشد به طوری که اگر جریان نشتی در مداری که کلید در آن واقع شده است بیشتر از حساسیت کلید باشد، کلید عمل کرده و جریان ورودی و در نتیجه مدار را قطع می‌نماید.

از مزایای دیگر استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی جلوگیری از بروز آتش‌سوزی در اثر وجود جریان نشتی می‌باشد. باتوجه به اینکه یک جریان ۰/۵ آمپری می‌تواند باعث بروز آتش‌سوزی شود، کلید حفاظت از خطر برق‌گرفتگی با تشخیص جریان نشتی و قطع جریان ورودی، مانع از بروز آتش‌سوزی می‌شود. همچنین از آنجا که در صورت وجود جریان نشتی در بدنه وسائل برقی و یا سیستم سیم‌کشی ساختمان، این جریان به مرور زمان یاد می‌شود و احتمال سوختن وسایل برقی و سیستم سیم‌کشی ساختمان را به وجود می‌آورد لذا استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق‌گرفتگی، با توجه به کاهش میزان هدر رفتن انرژی الکتریکی و برق مصرفی، صرفه‌جوئی اقتصادی و حفظ ثروتهای ملی را نیز در بر خواهد داشت.

۶-۴-۵-۱ مشخصات کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (جریان نشتی)

- دمای کاری کلیدها جهت قطع جریان نشتی متناوب از ۲۵- تا ۴۰+ درجه سیلسیوس و با قدرت اتصال کوتاه ۶ تا ۲۵ کیلو آمپر می‌باشد.

- جهت حفاظت کلیدها و مدار مصرفی در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار بایستی فیوز پشتیبان (Back-Up Fuse) با توجه به جریان نامی کلید و مشخصات ارائه شده در کاتالوگ نصب گردد.

-کلیدها با جریان نامی ۱۲۵-۱۶ آمپر تولید می‌شوند.

-کلیدها جهت استفاده مشترکین تکفاز (خانگی) به صورت دو پل (فاز + نول) و مشترکین سه فاز (صنعتی) به صورت چهار پل، که می‌تواند همراه با نول و یا بدون نول (در سیستم‌های سه سیمه) بکار رود.

-میزان جریان قطع خودکار کلیدها (حساسیت) از ۱۰ میلی‌آمپر تا ۱/۵ آمپر، و مدت زمان قطع حداکثر ۲۰۰ میلی‌ثانیه است.

-باتوجه به موقعیت نصب، سیم‌های ورودی و خروجی می‌توانند از بالا و یا پائین به کلید متصل شوند که این امر در کارکرد کلید اثری نخواهد داشت.

- درجه حفاظت کلیدها برای جلوگیری از ورود اجسام خارجی برابر با IP 40 می‌باشد.

- کلید عملیات نصب و رفع نقص بایستی توسط فرد متخصص انجام شود.

-ترمینال‌های ورودی و خروجی کلیدها باتوجه به آمپر کلید برای بالاترین قطر کابل یا سیم در نظر گرفته شده و از این نظر مشکلی وجود نخواهد داشت.

- همراه با کلید امکان استفاده از کنتاکت کمکی نیز وجود دارد.

۶-۵ لزوم استفاده از کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف

به‌منظور حفاظت تأسیسات روشنائی، برق صنعتی، سیم و کابل و ماشین‌آلات در برابر اضافه بار و جریان اتصال کوتاه از فیوز، کلید- فیوز و کلیدهای اتوماتیک استفاده می‌گردد. لیکن به لحاظ اینکه اولا فیوزها همیشه نمی‌توانند عمل حفاظت موضعی و سلکتیو را در انواع مختلف شبکه‌ها بطور کامل و بدون خطا انجام دهند و در ثانی بعلت اینکه در شبکه سه فاز در موقع ازدیاد جریان اغلب قطع سه فاز بطور همزمان لازم و ضروری است لذا نمی‌توان همیشه از فیوز و کلید- فیوز استفاده کرد. در ضمن در بعضی از شبکه‌های توزیع می‌بایست به محض برگشت جریان (ولتاژ) یا افت بیش از حد مجاز ولتاژ، مدار بطور خودکار قطع و آلارمهای لازم ایجاد گردد. همچنین در بعضی موارد ورود اتوماتیک یا دستی ژنراتور اضطراری یا ترانسفورماتور در شبکه توزیع جهت تداوم کار شبکه یا انجام تعمیرات دوره‌ای شبکه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در چنین حالاتی فقط از کلید اتوماتیک می‌توان استفاده کرد.

کلیدهای اتوماتیک علاوه بر موارد فوق نسبت به فیوزها و کلید- فیوزها دارای مزایای زیر می‌باشند:

- کلید خودکار پس از قطع مدار در اثر جریان زیاد و یا هر عامل دیگری بلافاصله مجددا آماده بهره-برداری می‌باشد.
- با کمک کنتاکتهای فرعی که در آن تعبیه شده می‌توان وضعیت کلید را در هر حالت (قطع، وصل یا وقوع خطا) توسط سیگنال تعیین و در اطاق فرمان منعکس کرد.

ساختمان این کلیدها بگونه‌ای است که اگر کلید را بر روی یک مدار اتصال کوتاه شده ببندیم، در ضمن عمل بسته شدن، رله اضافه جریان کلید به‌سرعت وارد عمل شده و مدار را قطع می‌کند.

۶-۶ بهره‌برداری و نگهداری

برای نصب تابلوها، اعم از فشار متوسط و فشارضعیف، باید مقدمات و شرایط خاصی فراهم آورده شود تا تابلوها بتوانند بدون ایراد و در شرایط مطلوب نصب و مورد بهره‌برداری واقع شوند. همچنین برای عملکرد بهتر تجهیزات و نیز افزایش طول عمر آن‌ها، معمولاً تعمیراتی با عنوان تعمیرات پیش‌گیرانه یا Preventive Maintenance، در بازه‌های زمانی مشخص و عمدتاً بر اساس ساعت کارکرد تجهیز، انجام می‌گیرد. به علت تنوع شرایط کاری، محیطی، امکانات پرسنلی و ابزار آلات، به راحتی نمی‌توان در مورد دوره‌های تعمیر و نگهداری هر تأسیسات نظر داد ولی کارخانه سازنده در هر مورد باید حداقل تکرار دوره نگهداری و نیز مراحل انجام آن‌ها را مشخص کند. این تکرار به عوامل زیادی از جمله شرایط محیطی کار تجهیز، اهمیت و نوع کار آن، مباحث اقتصادی مرتبط با تجهیز و... بستگی داشته و باید با توجه به قوانین محلی که تجهیز در آن به کار گرفته می‌شود، صورت گیرد .

در تابلوها اعم از فشارقوی و فشار متوسط، معمولاً تست‌هایی در دوره‌های زمانی که اغلب توسط سازنده و یا استانداردهای موجود، تعیین می‌گردد، انجام می‌شود. مهم‌ترین این تست‌ها به این شرح‌اند:

- تست مقاومت عایقی
- تست PI یا اندیس پلاریزاسیون
- تست Hipot
- تست‌های مربوط به روغن
- تست اهمی قطب‌های کلیدهای قدرت
- تست زمین تابلو

۶-۷ ظرفیت بارگذاری شینه‌های تابلویی

ظرفیت بارگذاری شینه‌های تابلویی در جداول زیر آورده شده است:

جدول ۶-۱ جدول ظرفیت بار ثابت شمشهای مسی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد بر حسب آمپر[۱]

ابعاد میلیمتر	سطح مقطع میلیمتر مربع	وزن کیلوگرم بر متر	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش بر حسب تعداد							
				رنگ شده				بدون رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۱۵×۳	۴۵	۰/۴		۱۸۵	۳۳۰			۱۷۰	۳۰۰		
			=	۱۹۵	۳۳۵			۱۷۵	۳۰۵		
۲۰×۳	۶۰	۰/۵۳		۲۴۵	۴۲۵			۲۲۰	۳۸۰		
			=	۲۵۰	۴۳۵			۲۲۵	۳۹۵		
۲۵×۳	۷۵	۰/۶۷		۳۰۰	۵۱۰			۲۷۰	۴۶۰		
			=	۳۱۰	۵۳۰			۲۷۵	۴۸۵		
۳۰×۵	۱۵۰	۱/۳۴		۴۵۰	۷۸۰			۴۰۰	۷۰۰		
			=	۴۷۵	۸۰۰			۴۲۵	۷۲۵		
۴۰×۵	۲۰۰	۱/۷۸		۶۰۰	۱۰۰۰			۵۲۰	۹۰۰		
			=	۶۰۰	۱۰۳۰			۵۵۰	۹۳۵		
۵۰×۵	۲۵۰	۲/۲۳		۷۰۰	۱۲۰۰	۱۷۵۰	۲۳۰۰	۶۳۰	۱۱۰۰	۱۵۵۰	۲۱۰۰
			=	۷۴۰	۱۲۷۰	۱۸۷۰		۶۵۰	۱۱۵۰	۱۷۰۰	
۶۰×۵	۳۰۰	۲/۶۷		۸۲۵	۱۴۰۰	۱۹۸۰	۲۶۵۰	۷۵۰	۱۳۰۰	۱۸۰۰	۲۴۰۰
			=	۸۷۰	۱۵۰۰	۲۲۰۰	۲۷۰۰	۷۸۰	۱۴۰۰	۱۹۰۰	۲۵۰۰
۶۰×۱۰	۶۰۰	۵/۳۴		۱۲۰۰	۲۱۰۰	۲۸۰۰	۳۸۰۰	۱۱۰۰	۱۸۶۰	۲۵۰۰	۳۴۰۰
			=	۱۲۵۰	۲۲۰۰	۳۱۰۰	۳۹۰۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰
۸۰×۵	۴۰۰	۳/۵۶		۱۰۶۰	۱۸۰۰	۲۴۵۰	۳۳۰۰	۹۵۰	۱۶۵۰	۲۲۰۰	۲۹۰۰
			=	۱۱۵۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰	۱۰۰۰	۱۸۰۰	۲۵۰۰	۳۲۰۰
۸۰×۱۰	۸۰۰	۷/۱۲		۱۵۴۰	۲۶۰۰	۳۴۵۰	۴۶۰۰	۱۴۰۰	۲۳۰۰	۳۱۰۰	۴۲۰۰
			=	۱۶۵۰	۲۸۰۰	۴۰۰۰	۵۱۰۰	۱۴۵۰	۲۶۰۰	۳۶۰۰	۴۵۰۰
۱۰۰×۱۰	۱۰۰۰	۸/۹		۱۸۸۰	۳۱۰۰	۴۰۰۰	۵۴۰۰	۱۷۰۰	۲۷۰۰	۳۶۰۰	۴۸۰۰
			=	۲۰۰۰	۳۶۰۰	۴۹۰۰	۶۲۰۰	۱۷۰۰	۳۲۰۰	۴۴۰۰	۵۶۰۰
۱۲۰×۱۰	۱۲۰۰	۱۰/۶۸		۲۲۰۰	۳۵۰۰	۴۶۰۰	۶۱۰۰	۲۰۰۰	۳۲۰۰	۴۲۰۰	۵۵۰۰
			=	۲۳۰۰	۴۲۰۰	۵۷۰۰	۷۴۰۰	۲۱۰۰	۳۷۰۰	۵۲۰۰	۶۶۰۰

[۱] نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط"

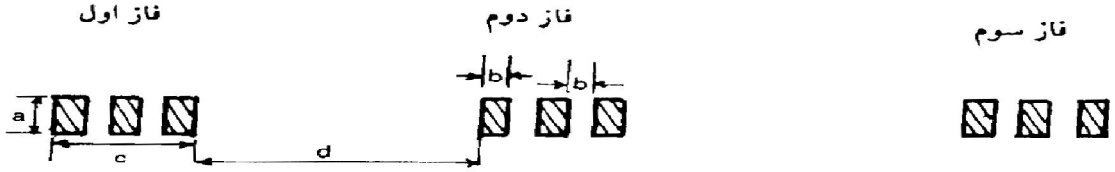
جدول ۶-۲ جدول ظرفیت بار ثابت شمشهای آلومینیومی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد بر حسب آمپر[۱]

ابعاد میلیمتر	سطح مقطع میلیمتر مربع	وزن کیلوگرم بر متر	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش بر حسب تعداد							
				رنگ شده				بدون رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۲۰×۳	۶۰	۰/۱۶۲		۱۹۵	۳۴۰			۱۴۵	۲۷۰		
			=	۲۰۰	۳۵۰			۱۵۰	۲۸۰		
۲۵×۳	۷۵	۰/۲۰۲		۲۴۰	۴۱۰			۱۸۰	۳۳۰		
			=	۲۴۵	۴۳۰			۱۸۵	۳۴۰		
۳۰×۵	۱۵۰	۰/۴۰۵		۳۶۰	۶۲۵			۲۷۰	۵۰۰		
			=	۳۸۰	۶۴۵			۲۷۵	۵۲۰		
۴۰×۵	۲۰۰	۰/۵۴۰		۴۶۰	۸۰۰			۳۵۰	۶۵۰		
			=	۴۸۵	۸۳۰			۳۶۰	۶۶۰		
۴۰×۱۰	۴۰۰	۱/۰۸۰		۶۷۰	۱۲۰۰	۱۶۵۰	۲۲۵۰	۵۱۵	۹۷۵	۱۳۵۰	۱۸۰۰
			=	۷۰۰	۱۲۴۰	۱۷۵۰		۵۴۰	۱۰۰۰	۱۴۲۰	
۵۰×۱۰	۵۰۰	۱/۳۵		۸۲۰	۱۴۴۰	۱۹۶۰	۲۲۶۰	۶۲۵	۱۱۵۰	۱۶۰۰	۲۱۶۰
			=	۸۵۰	۱۵۲۰	۲۱۴۰		۶۵۵	۱۲۱۵	۱۷۳۰	
۶۰×۵	۳۰۰	۰/۸۱		۶۶۰	۱۱۳۰	۱۵۸۰	۲۱۲۰	۵۰۰	۹۰۰	۱۳۰۰	۱۷۳۰
			=	۷۰۰	۱۲۱۰	۱۷۰۰	۲۲۰۰	۵۳۰	۹۶۰	۱۴۲۰	۱۸۵۰
۶۰×۱۰	۶۰۰	۱/۶۲		۹۶۰	۱۶۵۰	۲۲۳۰	۳۰۴۰	۷۳۰	۱۳۰۰	۱۸۵۰	۲۵۰۰
			=	۱۰۰۰	۱۷۹۰	۲۵۰۰	۳۱۵۰	۷۷۰	۱۴۳۰	۲۶۳۰	۲۶۰۰
۸۰×۱۰	۸۰۰	۲/۱۶		۱۲۳۰	۲۱۰۰	۲۷۶۰	۳۸۶۰	۹۳۰	۱۶۵۰	۲۳۰۰	۳۱۰۰
			=	۱۳۰۰	۲۳۰۰	۳۲۰۰	۴۱۰۰	۹۸۵	۱۸۴۰	۲۶۴۰	۳۴۰۰
۱۰۰×۱۰	۱۰۰۰	۲/۷۰		۱۵۰۰	۲۴۵۰	۳۲۰۰	۴۳۰۰	۱۱۰۰	۱۹۵۰	۲۷۰۰	۳۷۰۰
			=	۱۵۸۰	۲۸۰۰	۳۹۰۰	۵۰۰۰	۱۲۰۰	۲۲۴۰	۳۲۰۰	۴۲۰۰
۱۲۰×۱۰	۱۲۰۰	۳/۲۴		۱۷۶۰	۲۸۰۰	۳۷۰۰	۴۹۰۰	۱۳۱۰	۲۳۵۰	۳۱۰۰	۴۳۰۰
			=	۱۸۷۵	۳۳۰۰	۴۶۰۰	۵۹۰۰	۱۴۲۰	۲۶۴۰	۳۸۰۰	۵۰۰۰

نکاتی که برای استفاده از جداول ۶-۱ و ۶-۲ باید مورد توجه قرار گیرد:

[۱] نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط"

۱- ظرفیت بار مشخص شده، در هر یک از جداول، برای شینه هایی معتبر است که ضلع بزرگتر مقطع آن (a) در وضعیت عمودی قرار گیرد.



۲- در هر یک از فازها، فاصله بین دو شینه مجاور (b)، برابر است با ضخامت شینه مورد نظر.

۳- مقادیر ظرفیت بار (I) در حرارتهای بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد (θ) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

I_{30} : ظرفیت بار (آمپر) در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد.

۴- شدت جریان مجاز (I) برای فرکانس های دیگر (f)، با استفاده از فرمول $I = I_{30}\sqrt{\frac{50}{f}}$ محاسبه می شود.

۵- در هر یک از فازها فقط سطوح خارجی شینه ها باید رنگ‌آمیزی شود.

۶- شرایط زیر برای برق متناوب معتبر است:

الف- معدل افزایش حرارت در جدول برابر ۳۰ درجه سانتیگراد خواهد بود مشروط بر آن که فاصله بین مجموعه شینه های دو فاز (d) از ده برابر قطر مجموع شینه های یکی از فازها (c) کمتر نباشد.

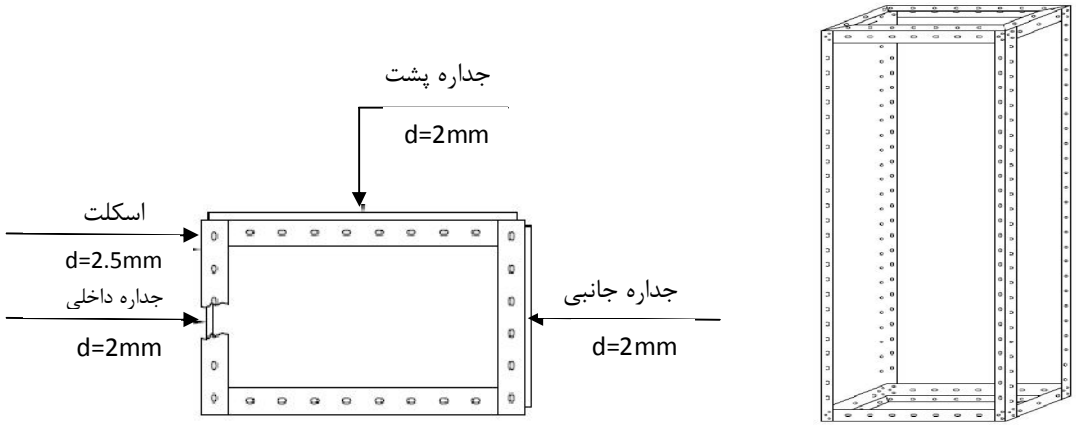
در صورتی که فاصله d کمتر از ده برابر فاصله c باشد، مقادیر ظرفیت بار مندرج در جداول ۶-۱ و ۶-۲ طبق ضرایب زیر کاهش می‌یابد:

نسبت c:d	۸	۶	۴	۲
ضریب کاهش	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹	۰/۸

ب- شینه‌هایی که روبروی فازهای مجاور واقع می‌شود دارای چند درجه حرارت بیشتر خواهد بود.

۶-۸ جزئیات فنی تابلوهای فشار ضعیف

۶-۸-۱ مشخصه فنی اسکلت تابلوها

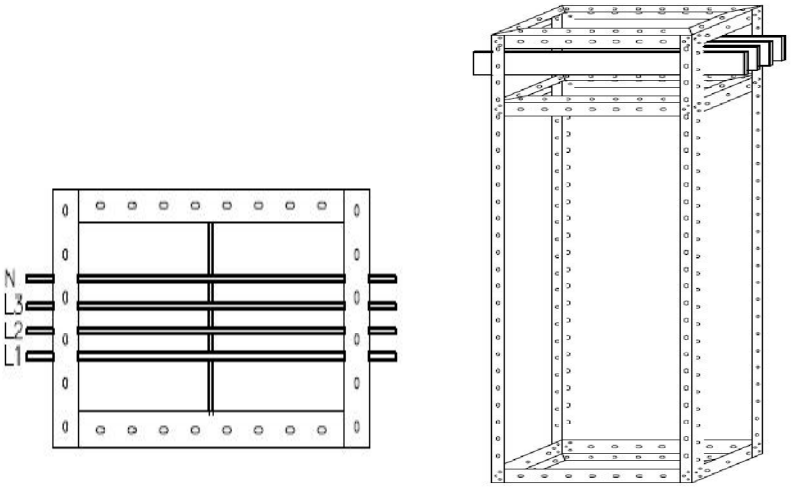


شکل ۶-۱. نمای ظاهری اسکلت و نمای از بالای تابلو

جدول ۶-۳. مشخصات تابلوهای فشار ضعیف

آمپراژ فیدر ورودی (A)	ارتفاع تابلو (mm)	عرض تابلو (mm)	عمق تابلو (mm)
۴۰۰۰ ماکزیمم	۲۲۰۰	۶۰۰-۱۲۰۰	۶۰۰-۱۲۰۰

۶-۸-۲ محل نصب باس‌های اصلی در تابلو



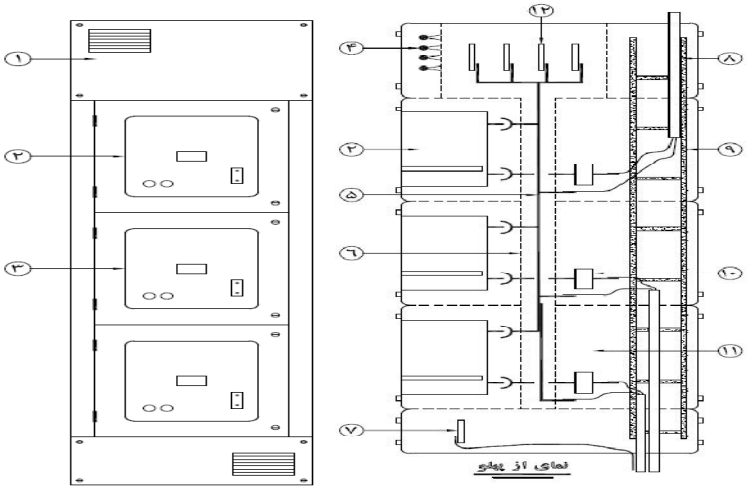
شکل ۶-۲. نمای ظاهری اسکلت و نمای از بالای تابلو

۱- باس‌های اصلی N-L3-L2-L1 در قسمت بالای تابلو نصب شده و بوسیله جداره (پارتیشن) از قسمهای دیگر جدا می‌شود.

۲- باس بارها می‌توانند تکی، دوتایی و یا سه تایی طراحی و اجرا شوند و ظرفیت باردهی آنها باید با توجه به درجه حرارت محیط و شرایط تهویه تابلو برآورد گردد.

۳- برای توزیع برق می‌توان از شینه‌های عمودی انشعابی نیز استفاده کرد.

۶-۸-۳ جانمایی تابلو با کلیدهای اتوماتیک کشویی و اتصالات کابل در پشت



شکل ۶-۳. جانمایی تابلو با کلیدهای اتوماتیک کشویی و اتصالات کابل در پشت (نما از پهلو و جلو)

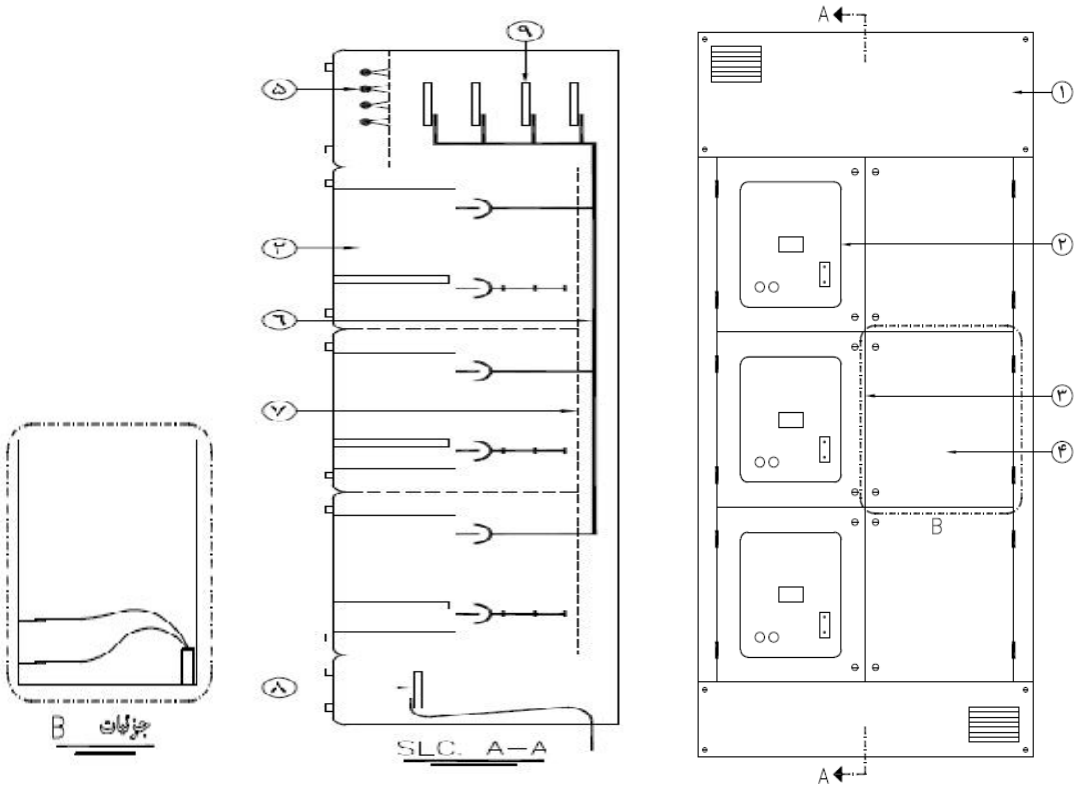
شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
تجهیزات	قسمت باسهای اصلی	کلید اتوماتیک نوع کشویی	درب قسمت کلید اتوماتیک کشویی	باس های مشترک فرمان و سیگنال	باس های انشعابی عمودی	پارتیشنهای داخلی تابلو	باس ارتینگ حفاظتی	کابل خروجی	تکیه‌گاه نردبانی کابل	ترانسفورمر جریان اندازه گیری و حفاظتی	قسمت عبور و اتصالات کابل	باسهای اصلی توزیع برق

۱- ابعاد و مشخصات قسمتهای مختلف تابلو باید برحسب مورد و با توجه به مشخصات فنی کلید اتوماتیک مورد نظر و رعایت نکاتی که در مشخصات فنی عمومی ذکر شده، طراحی گردد.

۲- کلیه لوازم و قطعات تابلو باید از تولیدات استاندارد انتخاب گردد.

۳- برای پیشگیری از حرکت در وضعیت بسته باید اینترلاک‌های لازم پیش‌بینی شود.

۶-۸-۴ جانمایی تابلو با کلیدهای اتوماتیک کشویی و اتصالات کابل در جلو



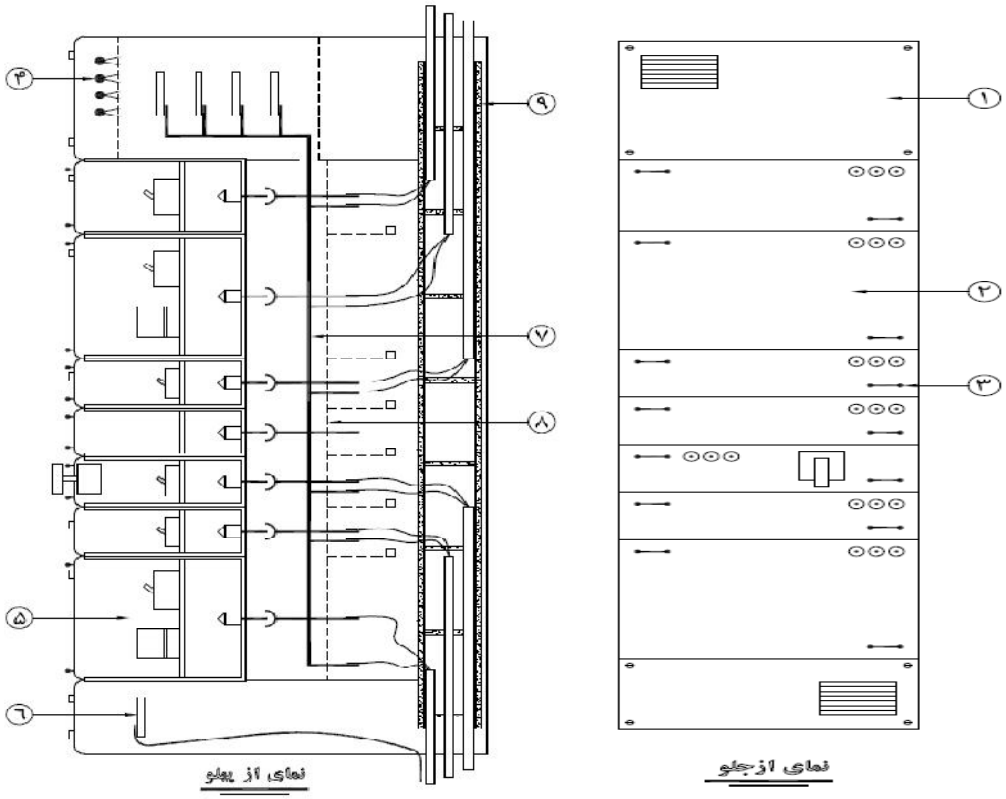
شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تجهیزات	قسمت باسهای اصلی	کلید اتوماتیک نوع کشویی	درب قسمت کلید اتوماتیک	قسمت عبور اتصالات کابل و ترانسفورمر جریان	باس‌های مشترک فرمان و سیگنال	باس های انشعابی عمودی	پارتیشنهای داخلی تابلو	باس ارتینگ حفاظتی	باسهای اصلی توزیع برق

۱- ابعاد و مشخصات قسمتهای مختلف تابلو باید برحسب مورد و با توجه به مشخصات فنی کلید اتوماتیک مورد نظر و رعایت نکاتی که در مشخصات فنی عمومی ذکر شده، طراحی گردد.

۲- کلیه لوازم و قطعات تابلو باید از تولیدات استاندارد انتخاب گردد.

۳- برای پیشگیری از حرکت در وضعیت بسته باید اینترلاک‌های لازم پیش‌بینی شود.

۶-۸-۵ جانمایی تابلو با مدولهای کشویی و اتصالات کابل در پشت



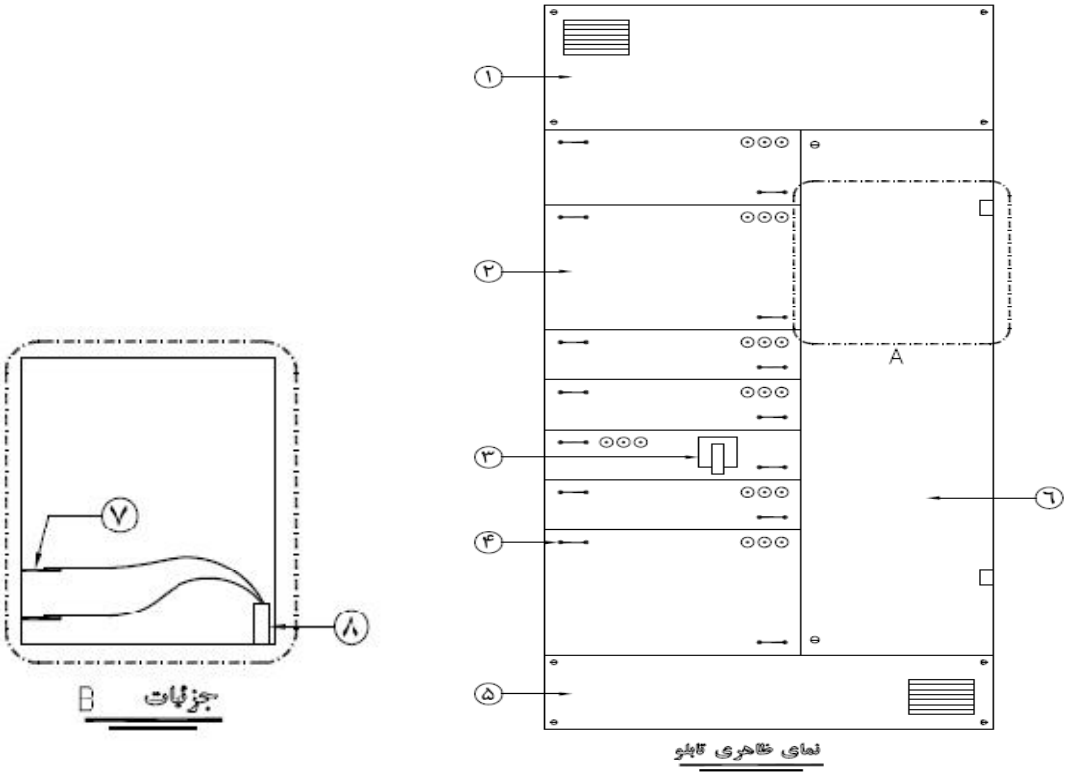
شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تجهیزات	قسمت باسهای اصلی	کلید مدول کشویی	دستگیره مدول کشویی	باس‌های مشترک فرمان و سیگنال	یک واحد مدول کشویی	باس ارتینگ حفاظتی	باس های انشعابی عمودی	پارتیشنهای داخلی تابلو	تکیه‌گاه نردبانی کابل

۱- ارتفاع مدول کشویی نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد.

۲- کلیه لوازم و قطعات تابلو باید از تولیدات استاندارد انتخاب گردد.

۳- ارتباط بین مدارهای فرمان قسمت ثابت و متحرک باید با استفاده از فیش‌های قابل جداسازی صورت گیرد.

۶-۸-۶ جانمایی پانل با مدولهای کشویی و اتصالات کابل در جلو



شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تجهیزات	قسمت باسهای اصلی	درب مدول کشویی	لوازم الکتریکی روی درب	دستگیره مدول کشویی	باس ارتینگ حفاظتی و کابل	قسمت اتصالات و عبور کابل	شینه های انشعابی	کابل خروجی

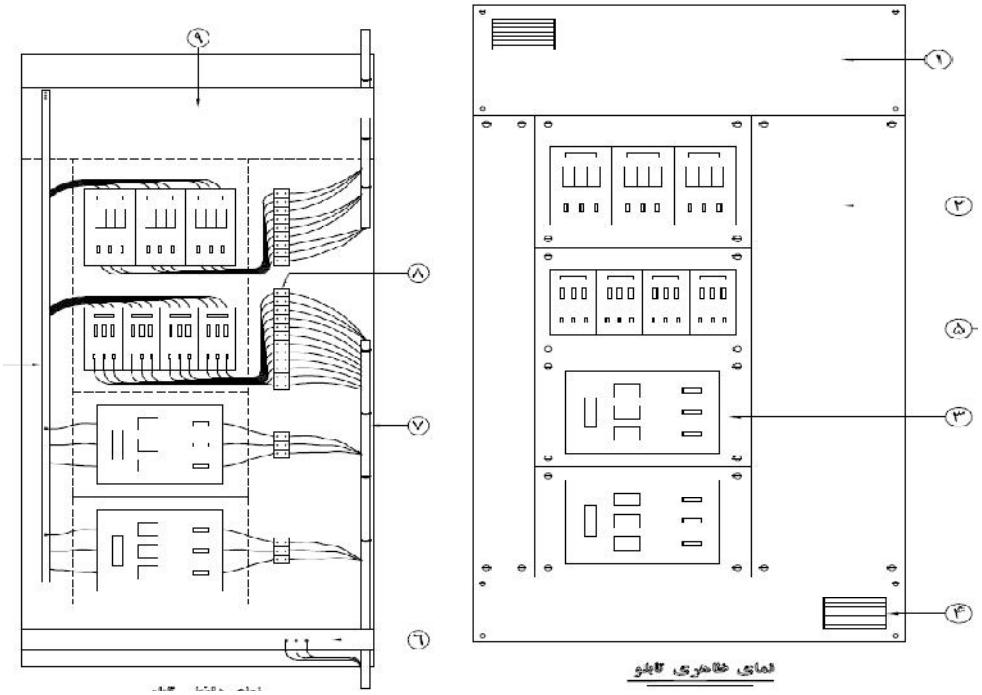
۱- ارتفاع مدول کشویی نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد.

۲- کلیه لوازم و قطعات تابلو باید از تولیدات استاندارد انتخاب گردد.

۳- ارتباط بین مدارهای فرمان قسمت ثابت و متحرک باید با استفاده از فیش‌های قابل جداسازی صورت گیرد.

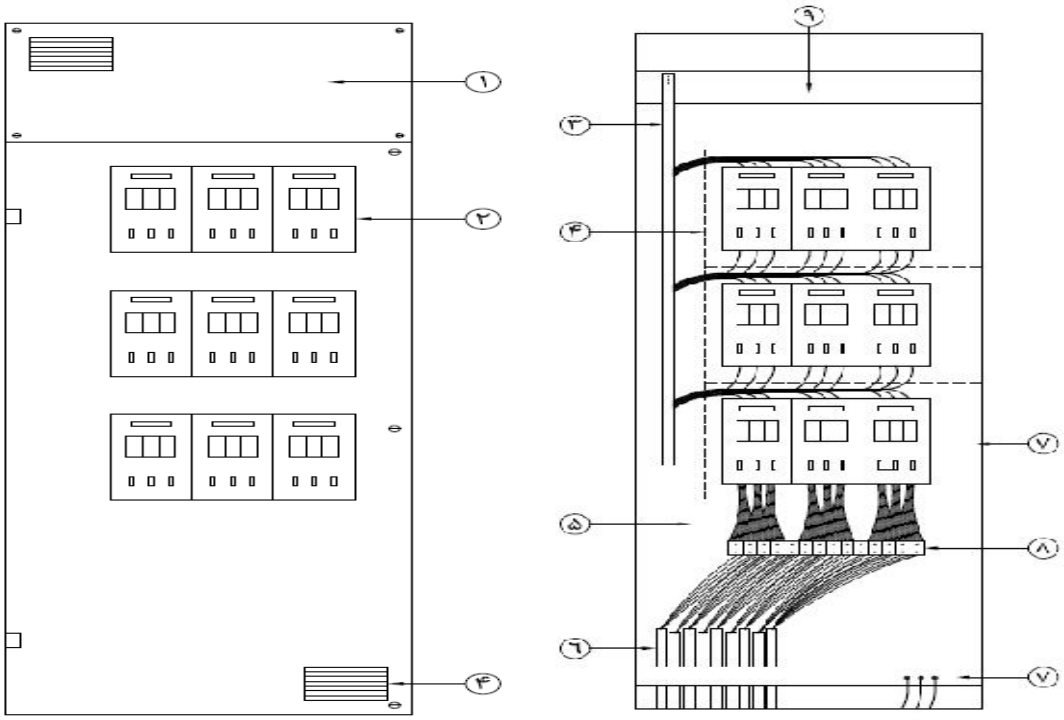
۶-۸-۷ جانمایی تابلو با لوازم فیکس و اتصالات کابل در جلو

شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تجهیزات	قسمت باسهای اصلی	قسمت اتصالات و عبور کابلها	قسمت لوازم تابلویی	باس ارتینگ حفاظتی	باس های انشعابی عمودی	باس ارتینگ حفاظتی	کابلهای خروجی روی بدنه جانبی	ترمینالهای خروجی	باس‌های اصلی



۱- در صورتیکه اتصالات کابل در قسمت پشت تابلو قرار گیرد، عرض تابلو کمتر شده و به عمق آن افزوده می‌گردد.

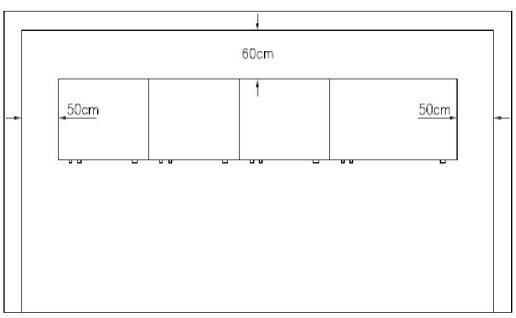
۶-۸-۸ جانمایی تابلو با لوازم فیکس و اتصالات کابل در پایین



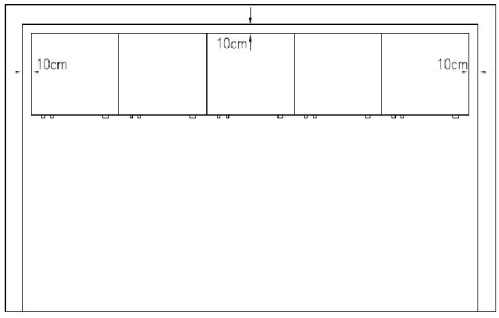
شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تجهیزات	قسمت باسهای اصلی	قسمت لوازم تابلویی	شینه انشعابی عمودی	جداره های داخلی	قسمت اتصالات کابل	کابلهای خروجی	باس ارتینگ حفاظتی	ترمینالهای خروجی	باس‌های اصلی

ابعاد و مشخصات قسمتهای مختلف تابلو باید برحسب مورد و با توجه به مشخصات فنی کلید اتوماتیک مورد نظر و رعایت نکاتی که در مشخصات فنی عمومی ذکر شده، طراحی گردد.

۶-۸-۹ پلان نصب تابلوهای ایستاده



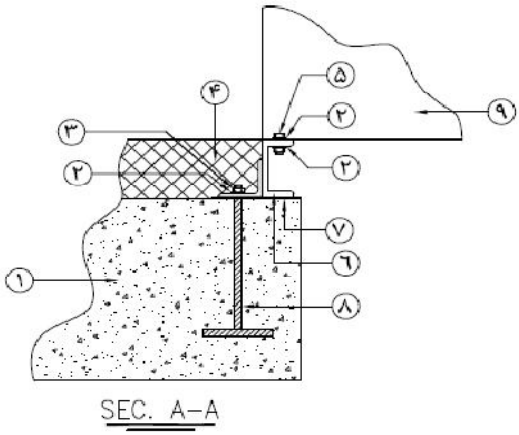
پلان نصب تابلوهای با دسترسی از جلو و از پشت

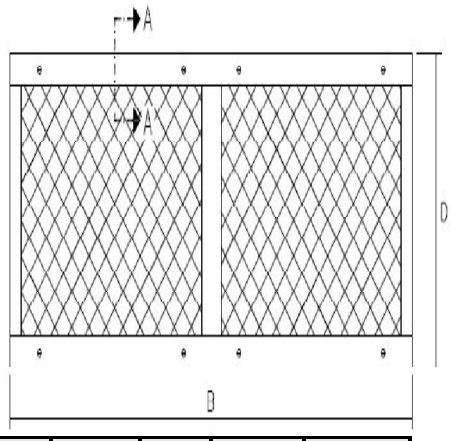


پلان نصب تابلوهای با دسترسی از جلو

۱- عرض فضای جلوی تابلو باید حداقل ۱۵۰۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

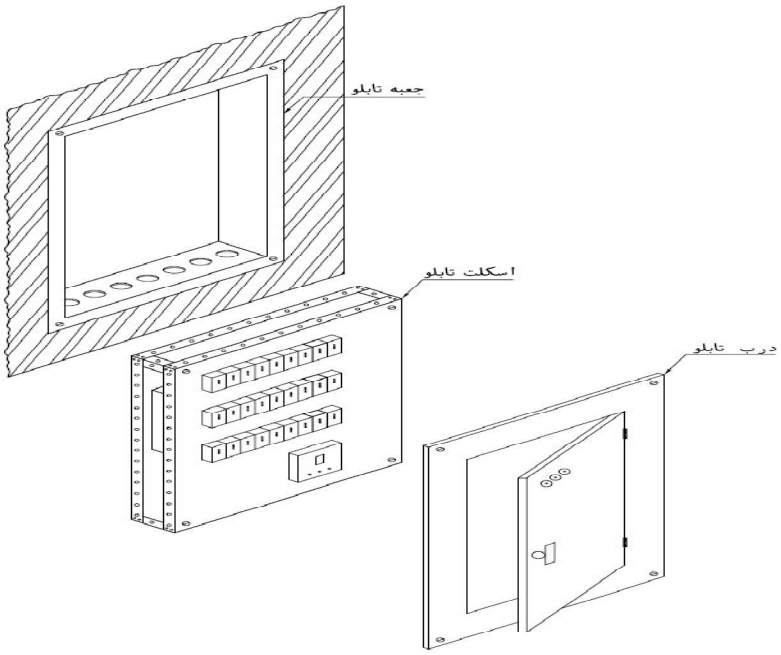
۶-۸-۹ پلان نصب تابلوهای ایستاده (فونداسیون کف)



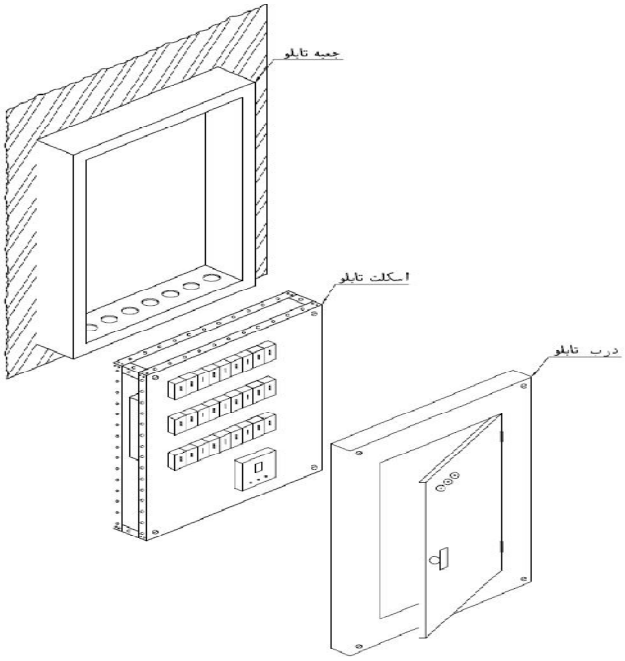


شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تجهیزات	بتن کف	واشر	بولت مطابق نیاز	کف سازی	پیچ و مهره	ناودانی نمره ۱۰	ورقه تنظیم	آرماتور رزوه دار داخل بتن	بدنه پانل

۶-۸-۱۰جزئیات دمونتاژ شده تابلوی فرعی توکار



۶-۸-۱۱جزئیات دمونتاژ شده تابلوی فرعی روکار



۹-۶ تابلوی اصلاح ضریب توان

جهت کاهش توان راکتیو و اصلاح ضریب توان قدرت از خازنهای صنعتی در شبکه ها و تاسیسات برقی استفاده می شود.

تابلوهای اصلاح ضریب توان بایستی مطابق مشخصات زیر ساخته شوند:

ارتفاع محل نصب این خازنها کمتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا باشد و خازن‌های صنعتی مورد استفاده در آن بر اساس استاندارد های VDE0560 و یا IEC70,70A و یا استاندارد شماره ۲۷۸۱ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ساخته و تست شده باشند. خازن‌های نصب شده باید قابلیت کار در محدوده دمای محیط بین ۴۰- تا ۵۰+ درجه سانتیگراد را داشته باشند. این تابلوها بایستی از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلیمتر و ابعاد مناسب ساخته شده و جهت کلید حفاظتی آن از فیوزهای کاردی با قدرت متناسب با ظرفیت شدت جریان خازنها در نظر گرفته شود.

این تابلو باید دارای کلید ۳ حالته اتوماتیک – خاموش – دستی ۶ آمپری چراغهای سیگنال وصل خازن‌ها و یک دستگاه کسینوس فی‌متر باشد. دستگاه رگلاتور الکترونیکی باید دارای تعداد مراحل لازم (حداقل ۱۲ مرحله) و فرکانس ۵۰ هرتز و قابل اتصال به ترانس جریان با جریان ثانویه ۵ آمپر باشد.

۷ کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع

۷-۱ انواع کابلهای قدرت

۱- کابلهای فشار ضعیف
۲- کابلهای فشار متوسط
۳- کابلهای فشار قوی

۷-۲ معیارهای انتخاب کابل[۱]

با توجه به اینکه هر کابلی با سطح مقطع معین قادر به انتقال جریان مشخص می‌باشد، چنانچه جریان عبوری از آن حد بیشتر گردد، باعث کوتاه شدن عمر و یا سوختن کابل و بروز حوادثی خواهد شد. بنابراین در طراحی یک شبکه باید به موارد زیر توجه شود:

- ولتاژ نامی
- انتخاب سطح مقطع با توجه به جریان‌دهی کابل
- درنظر گرفتن افت ولتاژ مجاز
- تحمل جریان اتصال کوتاه توسط کابل

۷-۲-۱ ولتاژ نامی

ولتاژ نامی کابل بایستی متناسب با سیستمی که کابل در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، باشد. ولتاژ نامی کابلهای رایج ۱۱،۲۰،۳۳ کیلوولت می‌باشد.

۷-۲-۲ ظرفیت جریان‌دهی کابلها

مهمترین مرجع بکار رفته در این مورد استاندارد IEC-287 تحت عنوان "محاسبه جریان نامی پیوسته کابلها در ضریب بار ۱۰۰ درصد" است. تعیین حد مجاز جریان کابلها به تلفات ایجاد شده در کابل و نحوه انتقال گرمای ایجاد شده به سطح کابل و محیط بستگی دارد. این استاندارد با درنظر گرفتن تلفات ایجاد شده در کابل و مقاومت حرارتی لایه‌های مختلف کابل و زمین در شرایط مشخص، حد مجاز جریان را به دست می‌آورد.

۷-۲-۲-۱ عوامل موثر در ظرفیت نامی جریان کابل

عوامل مهم موثر در ظرفیت نامی جریان کابل را می‌توان به گروههای زیر تقسیم نمود:

الف- دما

دما از عوامل مهم تعیین ظرفیت نامی جریان کابل می‌باشد که شامل دمای محیط، دمای محل نصب و نیز دمای مجاز برای عایق کابل و ساختار آن می‌باشد.

ب- طرح کابل

[۱] استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع "شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)"

علاوه بر دمای مجاز عایق کابل، نوع طراحی کابل و لایه‌های مختلف بکار رفته در آن، در تعیین جریان مجاز دارای اهمیت می‌باشند. این لایه‌ها چگونگی انتقال حرارت از هادی به سطح بیرونی کابل را مشخص می‌کنند.

پ- شرایط نصب

شرایط نصب از قبیل نصب در هوا، دفن شده در زمین، در مجرا، نوع خاک و ... از عوامل موثر بر جریان‌دهی کابل‌ها می‌باشند.

ت- اثرات کابل‌های مجاور

در صورت همجواری کابل با سایر کابل‌ها یا لوله‌ها بایستی ضرایب مناسب برای کاهش جریان مجاز کابل درنظر گرفت.

۷-۲-۲-۱-۱ دمای کار کابل

حداکثر دمای کار کابل مطابق با استاندارد IEC ۲۸۷ برای کابل‌های مختلف بایستی مطابق با جدول ۷-۱ باشد:

جدول۷-۱. حداکثر دمای کار هادی برای کابلهای مختلف

عایق	حداکثر درجه حرارت هادی (°C)
PVC	۷۰
PE	۷۰
XLPE	۹۰

۷-۲-۲-۲ تاثیر شرایط نصب بر حد نامی جریان کابل

- عمق دفن کابل: حداقل کردن آسیب وارده به کابل، عامل تعیین‌کننده عمق کابل می‌باشد که هرچقدر ولتاژ کابل بیشتر باشد عمق دفن کابل بیشتر می‌گردد. با افزایش عمق، دما افزایش یافته و مقدار رطوبت بیشتر می‌شود، در این حالت با افزایش دما ظرفیت جریان‌دهی کابل کمتر شده ولی با افزایش رطوبت این مقدار بیشتر می‌گردد.
- مقاومت مخصوص حرارتی خاک: وجود رطوبت اثر تعیین‌کننده‌ای در مقاومت مخصوص هر نوع خاک دارد، برای هر منطقه این مقدار بایستی اندازه‌گیری شود، در صورتیکه این عدد در دسترس نباشد، طبق استاندارد IEC ۲۸۷ مقادیر زیر پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۷-۲ مقاومت مخصوص حرارتی خاک

وضعیت آب و هوا	شرایط خاک	مقاومت حرارتی (Km/W)
پیوسته مرطوب	خیلی مرطوب	۰/۷
بارانی	مرطوب	۱
بندرت بارانی	خشک	۲
بدون باران و یا کم باران	خیلی خشک	۳

از کابلهای توزیع معمولاً بطور دائم در بار کامل استفاده نمی‌شود، بنابراین مسئله خشک شدن خاک زیاد مطرح نمی‌باشد. در شرایطی که بتوان خاک را مرطوب فرض کرد مقدار مقاومت حرارتی خاک را می‌توان بین ۱-۰/۸ Km/W درنظر گرفت. در محلهایی که خاک همواره کاملاً مرطوب نمی‌باشد اما نوع آن مخلوطی از خاک رس و خاک باغچه باشد مقدار ۱/۲ Km/Wرقم مناسبی می‌باشد. در صورتیکه خاک از شن و ماسه تشکیل شده باشد، بعد از خشک شدن مقداری هوا در فضای خالی شن و ماسه بوجود می‌آید، در این حالت مقدار مقاومت حرارتی خاک را می‌توان بین ۳-۲ Km/W با توجه به توضیحات زیر درنظر گرفت:

نوع الف: کابل‌هایی که در طول سال بار ثابتی حمل می‌کنند.

در حالی که بار دائمی یا دوره‌ای باشد، مقدار حداکثر مقاومت حرارتی خاک باید در نظر گرفته شود، اگرچه این مقدار در بعضی از سال‌ها و برای مدت کوتاهی در تابستان یا پائیز به وجود آید، مقادیر پیشنهادی عبارتند از:

نوع خاک	مقاومت حرارتی (Km/W)
تمام خاک‌ها به جز خاک‌های زیر	۱.۵
خاک گچی با قطعات ریز گچ	۱.۲
خاک با ترکیبی از گیاهان پوسیده	۱.۲
خاک سنگلاخی	۱.۵
شنی که آب آن کشیده شده باشد	۲.۵
خاک عمل آورده شده	۱.۸

در صورتی که خاک زیر پوششی از لایه غیرقابل نفوذ مانند آسفالت قرار گیرد. مقدار مقاومت حرارتی مربوط به ردیف اول در تمام انواع خاک‌ها ممکن است به ۱/۲ Km/W کاهش یابد.

نوع ب: کابل‌ها با بار متغیر و حداکثر بار در تابستان

نوع خاک	مقاومت حرارتی (Km/W)
تمام خاک‌ها به جز خاک‌های زیر	۱/۲
خاک سنگلاخی	۱/۳
شنی که آب آن کشیده شده باشد	۲
خاک عمل آورده شده	۲/۶

نوع پ: کابل‌ها با بار متغیر و حداکثر بار در زمستان

نوع خاک	مقاومت حرارتی (Km/W)
تمام خاک‌ها به جز خاک‌های زیر	۱
خاک رسی	۰/۹
خاک گچی با قطعات ریز گچی	۱/۲
خاک سنگلاخی	۱/۵
خاک شنی که آب آن کشیده شده باشد	۱/۵
خاک عمل آورده شده	۱/۲

وقتی خاک رسی زیر پوشش غیرقابل نفوذ قرار گیرد مقاومت حرارتی آن ممکن است تا 0.8 Km/W کاهش یابد.

۷-۲-۲-۳ شرایط استاندارد و ضرایب نامی برای تصحیح مقدار نامی باردهی کامل

مقادیر جریان مشخص شده در جداول بر اساس پارامترهای مشخص شده زیر می‌باشد و در صورتی که کابل در شرایطی بجز این موارد بکار رود، باید ضرایب تصحیح مناسب برای آن در نظر گرفته شود.

- **کابلهای نصب شده در هوا**

الف- دمای هوای محیط ۲۵ درجه سانتیگراد برای کابلهای توزیع و ۳۰ درجه سانتیگراد برای کابلهای داخل ساختمان درنظر گرفته شود.

ب- جریان هوا بطور قابل‌ملاحظه‌ای محدود نشده و برای کابلهای نصب شده روی دیوار بایستی حداقل فاصله ۲ سانتیمتر فضای خالی تا دیوار وجود داشته باشد.

پ- مدارهای مجاور هم حداقل ۱۵ سانتیمتر از هم فاصله داشته بطوریکه بر یکدیگر اثر حرارتی نداشته باشند.

ت- کابلها در مقابل اشعه آفتاب محافظت شوند.

ضرایب تصحیح دمای محیط برای کابل در هوا در جدول ۷-۳ آورده شده است.

جدول ۷-۳. ضرایب تصحیح درجه حرارتهای مختلف

عایق کابل	حداکثر دمای هادی در شرایط کار (درجه سانتیگراد)	دمای محیط (درجه سانتیگراد)					
		۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
PVC	۷۰	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۱
XLPE*	۹۰	۱	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۸	۰/۷۵	۰/۶۹
XLPE**	۹۰	۱/۰۴	۱	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۷۶

* برای ولتاژ بالای KV ۳/۳ تا ۱/۹

** برای ولتاژ زیر KV ۳/۳ تا ۱/۹

هنگامیکه گروهی از کابلهای قدرت چند رشته‌ای در هوا نصب می‌شوند باید فضای کافی برای انتقال دما موجود باشد، برای اینکه در شرایط نصب در هوا مقدار جریان کاهش نیابد بایستی تمهیدات زیر در نظر گرفته شود:

- فاصله افقی بین مدارها نباید از دو برابر قطر خارجی کابلها کمتر باشد.
- فاصله عمودی بین مدارها نباید از چهار برابر قطر خارجی کابلها کمتر باشد.
- در صورتی که تعداد مدارها از ۳ بیشتر شود باید تمامی آنها بصورت افقی نصب گردند.

- **کابلهای کشیده شده بطور مستقیم در زمین**

الف- دمای زمین ۱۵ درجه سانتیگراد

ب- مقاومت مخصوص حرارتی خاک Km/W ۱/۲

پ-حد فاصله مدارهای مجاور ۱/۸ متر

ت- حداقل عمق گودال برای کابل تا ولتاژ یک کیلوولت برابر ۵۰ سانتیمتر و برای کابلهای بیش از یک کیلوولت تا ۳۳ کیلوولت برابر ۰/۸ متر در نظر گرفته شده است.

ضرایب تصحیح برای دمای زمین، مقاومت مخصوص حرارتی خاک، کابلهای نصب شده بصورت گروهی، عمق کابل‌گذاری در جداول زیر آمده است.

جدول ۷-۴. ضریب تصحیح برای دماهای مختلف زمین

عایق کابل	حداکثر دمای عملکرد هادی (درجه سانتیگراد)	دمای زمین (درجه سانتیگراد)						
		۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
PVC	۷۰	۱/۰۴	۱	۰/۹۵	۰/۹	۰/۸۵	۰/۸	۰/۷۴	۰/۶۷
XLPE	۹۰	۱/۰۳	۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۱	۰/۷۷

جدول ۷-۵. ضریب تصحیح برای مقاومت حرارتی خاک (مقدار متوسط)

اندازه هادی (mm^2)	مقاومت مخصوص حرارتی خاک (Km/W)						
	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳
کابل تک رشته‌ای تا ۱۵۰	۱/۱۶	۱/۱۱	۱/۰۷	۰/۹۱	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۶۷
کابل تک رشته‌ای ۴۰۰-۱۵۰	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۷	۰/۹	۰/۸	۰/۷۲	۰/۶۶
کابل چند رشته‌ای تا ۱۶	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۷۹	۰/۷۴
کابل چند رشته‌ای ۱۵۰-۲۵	۱/۱۴	۱/۱	۱/۰۷	۰/۹۳	۰/۸۴	۰/۷۶	۰/۷
کابل چند رشته‌ای ۴۰۰-۱۸۵	۱/۱۶	۱/۱۱	۱/۰۷	۰/۹۲	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۶۸

- **کابل‌های نصب شده در مجرا**

الف) دمای زمین ۱۵ درجه سانتیگراد

ب) مقاومت مخصوص حرارتی زمین 1.2 km/W

پ) حداقل فاصله مدارهای مجاور از یکدیگر 1.8 m

ت) حداقل عمق کابل‌گذاری برای کابل‌های با ولتاژ زیر یک کیلو ولت برابر ۵۰ سانتیمتر و برای کابلهای از یک تا ۳۳ کیلو ولت ۰/۸ متر است.

ضریب تصحیح برای تغییرات دمای زمین مطابق جدول ۷-۴ می‌باشد و ضرایب برای مقاومت حرارتی خاک و گروه کابل ها و عمق قرار گرفتن کابل‌ها در جدول زیر آمده است.

جدول ۷-۶ ضریب تصحیح برای مقاومت مخصوص حرارتی خاک

اندازه هادی (mm^2)	مقاومت مخصوص حرارتی خاک (Km/W)						
	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳
کابل تک رشته‌ای تا ۱۵۰	۱/۱	۱/۰۷	۱/۰۴	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۸۱	۰/۷۵
کابل تک رشته‌ای ۴۰۰-۱۵۰	۱/۱۱	۱/۰۸	۱/۰۵	۰/۹۴	۰/۸۶	۰/۷۹	۰/۷۳
کابل چند رشته‌ای تا ۱۶	۱/۰۵	۱/۰۴	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۷۴
کابل چند رشته‌ای ۱۵۰-۲۵	۱/۰۷	۱/۰۵	۱/۰۳	۰/۹۶	۰/۹	۰/۸۵	۰/۷۸
کابل چند رشته‌ای ۴۰۰-۱۸۵	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۷۶

۷-۲-۳ افت ولتاژ

از عوامل مهم تعیین سطح مقطع کابل، مقدار افت ولتاژ مجاز آن می‌باشد، این مقدار بخصوص در کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌های فشار متوسط در شرایطی که طول کابل خیلی طولانی باشد، عامل تعیین‌کننده می‌باشد. برای تعیین افت ولتاژ در کابل‌ها بایستی مقدار مقاومت و راکتانس آن‌ها در شرایط بهره‌برداری مشخص شود و سپس با استفاده از فرمول‌های ۷-۱ تا ۷-۴ افت ولتاژ در کابل را بدست آورد. لازم به ذکر است که مشخص کردن مقدار مقاومت و راکتانس کابل‌ها، از جمله مشخصات فنی می‌باشد که بایستی در مشخصات فنی اسناد مناقصه توسط فروشنده ارائه شده باشد، در صورتی که اطلاعات در دسترس نباشد

می‌توان از جداول ۷-۷ برای تعیین مقدار مقاومت و راکتانس استفاده نمود، مقدار راکتانس کابل تابع پارامترهای زیادی می‌باشد که در جداول ۷-۷ برای شرایط بخصوص مقادیر آن آمده است.
برای محاسبات مربوط به جریان متناوب تک فاز:

$$\Delta U = 2L.I(R_L.\cos\varphi + X_L \sin\varphi) \qquad ۱-۷$$

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_N}\ 100\% = L.2I\ \frac{(R_L.\cos\varphi + X_L \sin\varphi)}{U_N} \qquad ۲-۷$$

برای محاسبات مربوط به جریان متناوب سه فاز:

$$\Delta U = \sqrt{3}L.I(R_L.\cos\varphi + X_L \sin\varphi) \qquad ۳-۷$$

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_N}\ 100\% = L.\sqrt{3}I\ \frac{(R_L.\cos\varphi + X_L \sin\varphi)}{U_N} \qquad ۴-۷$$

جدول ۷-۷. مشخصات الکتریکی کابل با عایق PVC با ولتاژ ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت

کابلهای چند رشته‌ای زره‌دار یا بدون زره		کابلهای تک رشته‌ای زره‌ای *			
مقاومت AC در ۷۰°C		راکتانس (50HZ)		مقاومت AC در ۷۰°C	
آلومینیوم (ohm/km)	مس (ohm/km)	تخت** (ohm/km)	مثلثی (ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	مس (ohm/km)	اندازه هادی (mm^2)
۲/۲۷	۱/۳۸					۱۶
۱/۴۴	۰/۸۷					۲۵
۱/۰۴	۰/۶۲۷					۳۵
۰/۷۷	۰/۴۶۴	۰/۱۹۸	۰/۱۱۲	۰/۷۷	۰/۴۶۴	۵۰
۰/۵۳۳	۰/۳۲۱	۰/۱۹۳	۰/۱۰۷	۰/۵۳۳	۰/۳۲۱	۷۰
۰/۳۸۵	۰/۲۳۲	۰/۱۸۹	۰/۱۰۳	۰/۳۸۵	۰/۲۳۲	۹۵
۰/۳۰۵	۰/۱۸۴	۰/۱۸۸	۰/۱۰۳	۰/۳۰۵	۰/۱۸۴	۱۲۰
۰/۲۴۸	۰/۱۵۰	۰/۱۸۶	۰/۱۰۱	۰/۲۴۸	۰/۱۵۰	۱۵۰
۰/۱۹۸	۰/۱۲۱	۰/۱۸۴	۰/۰۹۹	۰/۱۹۸	۰/۱۲۱	۱۸۵
۰/۱۵۲	۰/۰۹۲۹	۰/۱۸۲	۰/۰۹۶	۰/۱۵۲	۰/۰۹۲۷	۲۴۰
۰/۱۲۲	۰/۰۷۵۱	۰/۱۸۱	۰/۰۹۴	۰/۱۲۲	۰/۰۷۵۱	۳۰۰

* زره با سیم آلومینیومی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

جدول ۷-۸. مشخصات الکتریکی کابل با عایق XLPE با ولتاژ ۲۴ کیلو ولت

کابلهای تک رشته‌ای *					
خازن (μF/km)	راکتانس (50HZ)		مقاومت AC در ۹۰°C		اندازه هادی
	تخت** (ohm/km)	مثلثی (ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	مس (ohm/km)	(mm^2)
					۱۶
					۲۵
					۳۵
۰/۱۹	۰/۱۹۲	۰/۱۳۸	۰/۸۲۱	۰/۴۹۴	۵۰
۰/۲۲	۰/۱۸۵	۰/۱۳۱	۰/۵۶۹	۰/۳۴۲	۷۰
۰/۲۴	۰/۱۷۸	۰/۱۲۴	۰/۳۰۹	۰/۲۴۷	۹۵
۰/۲۶	۰/۱۷۳	۰/۱۱۹	۰/۳۲۴	۰/۱۹۶	۱۲۰
۰/۲۸	۰/۱۷۰	۰/۱۱۶	۰/۲۶۵	۰/۱۵۹	۱۵۰
۰/۳۰	۰/۱۶۵	۰/۱۱۳	۰/۲۱۱	۰/۱۲۸	۱۸۵
۰/۳۴	۰/۱۶۱	۰/۱۰۸	۰/۱۶۰	۰/۰۹۸	۲۴۰
۰/۳۷	۰/۱۵۸	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۰۷۹	۳۰۰
۰/۴	۰/۱۵۵	۰/۱۰۱	۰/۱۰۱	۰/۰۶۳	۴۰۰

* بدون زره با پوشش الکترواستاتیک از سیمهای مسی

** فاصله بین مراکز کابل دو برابر قطر کابل

کابلهای سه رشته‌ای				
راکتانس (50HZ)		مقاومت AC در ۷۰°C		
تخت** (ohm/km)	مثلثی (ohm/km)	آلومینیوم (ohm/km)	مس (ohm/km)	اندازه هادی (mm^2)
				۱۶
۰/۱۷	۰/۱۳۹	۱/۵۴	۰/۹۲۷	۲۵
۰/۱۸	۰/۱۳۰	۱/۱۱	۰/۶۶۸	۳۵
۰/۲۰	۰/۱۲۴	۰/۸۲۲	۰/۴۹۳	۵۰
۰/۲۲	۰/۱۱۸	۰/۵۶۸	۰/۳۲۲	۷۰
۰/۲۴	۰/۱۱۱	۰/۴۱۰	۰/۲۴۷	۹۵
۰/۲۶	۰/۱۰۷	۰/۳۲۵	۰/۱۹۶	۱۲۰
۰/۲۸	۰/۱۰۴	۰/۲۶۴	۰/۱۵۹	۱۵۰
۰/۳۱	۰/۱۰۱	۰/۲۱۱	۰/۱۲۷	۱۸۵
۰/۳۴	۰/۰۹۷	۰/۱۶۱	۰/۰۹۸	۲۴۰
۰/۳۷	۰/۰۹۴	۰/۱۳۰	۰/۰۷۹	۳۰۰
۰/۴۱	۰/۰۹۰	۰/۱۰۲	۰/۰۶۳	۴۰۰

۴-۲-۷ تحمل جریان اتصال کوتاه توسط کابل

در انتخاب نوع کابل، تحمل جریان اتصال کوتاه یکی از عوامل تعیین‌کننده می‌باشد. در زمان بروز اتصال کوتاه جریان به طور ناگهانی برای چند سیکل افزایش یافته و سپس مقدار آن کم شده تا آن که سیستم حفاظتی عمل نماید. مدت زمان اتصال کوتاه معمولاً بین ۰/۲ تا ۳ دقیقه می‌باشد. در زمان شروع اتصال کوتاه ممکن است کابل در بار کامل (حداکثر دما) باشد و افزایش دمای ناشی از اتصال کوتاه عامل مهمی در انتخاب سطح مقطع نامی خواهد بود. جریان اتصال کوتاه گاهی تا بیست برابر جریان دائمی رسیده و این جریان نیروی الکترومغناطیسی و ترمودینامیکی به وجود می‌آورد که متناسب با مربع جریان می‌باشد.

نظر به اینکه زمان اتصال کوتاه خیلی کم است، کابل پس از آن به سرعت خنک می‌شود و عایق کابل بایستی تحمل دماهای بالاتر از جریان دائمی (ناشی از اتصال کوتاه) را داشته باشد. جدول ۷-۸ مقادیر دمای قابل تحمل اجزاء مختلف کابل‌های توزیع را نشان می‌دهد. مقادیر مذکور مطابق با استاندارد IEC-724 می‌باشد.

مقادیر داده شده در جدول ۷-۹ برای سایر اجزاء کابل غیر از عایق آن می‌باشد.

در نبودن پوشش مسلح کابل، غلاف کابل به عنوان عایق در نظر گرفته می‌شود. مقادیر بالا در مواردی کاربرد دارد که قابلیت تحمل عایقی کمتر از اعداد فوق نباشد.

جدول ۷-۹ حد دمای اتصال کوتاه

مواد	درجه حرارت حداکثر (°C)
عایق PVC تا سطح مقطع ۳۰۰ میلیمتر مربع	۱۵۰
عایق PVC با سطح مقطع بیش از ۳۰۰ میلیمتر مربع	۱۳۰
عایق PVC برای ولتاژ ۶/۶ kv و بالاتر	۱۶۰
غلاف PVC	۲۰۰
عایق XLPE	۲۵۰
اتصال هادی‌ها به صورت لحیم شده	۱۶۰
اتصال هادی‌ها به صورت فشرده شدن	۲۵۰
غلاف پلی اتیلن	۱۵۰

۳-۷ ساختمان کابل و کاربرد آن از نظر ساختمان داخلی

اغلب کابل‌ها از سه قسمت زیر تشکیل می‌شوند:

الف) عایق کابل

عایق کابل متناسب با نوع کاربرد از جنس مختلف می‌باشد که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

۱- کاغذ آغشته به روغن ۲- مواد پلاستیکی

۳- PVC (پروتودور) ۴- P.E.T (پلی‌اتیلن)

- PVC نمی‌سوزد ولی PET قابل اشتغال است.

ب) هادی کابل

هادی کابل باعث هدایت جریان الکتریکی می‌شود که جنس آن اغلب از مس یا آلومینیوم است. هادی کابل ممکن است به صورت افشان یا مفتول (دایره‌ای یا مثلثی) باشد.

پ) غلاف کابل

این غلاف اغلب از جنس سرب است و برای حفاظت کابل در برابر رطوبت روی عایق کابل استفاده می‌شود. برخی از کابل ها فاقد غلاف می‌باشند.

- در کابل‌هایی که تحت فشار و ضربه قرار می‌گیرند، برای حفاظت از نوارهای فلزی استفاده می‌شود که برای حفاظت غلاف کابل از لایه‌های قیرگونی نیز استفاده می‌شود.
- در بعضی از کابل‌ها برای خنک کردن کابل از روغن استفاده می‌شود که محل جهت ریختن روغن در مرکز کابل و یا در اطراف آن در نظر گرفته می‌شود که در نتیجه روغن مورد نیاز برای این کابلها را توسط پمپ های مخصوص، تحت فشار مشخص وارد محفظه کابل می‌نمایند.

۷-۳-۱ کاربرد کابلها از نظر ساختمان داخلی

۱) کابل پروتودور:

- کاربرد این نوع کابل در انتقال و توزیع انرژی برق کارخانجات و شبکه‌های تا یک کیلوولت می‌باشد.

۲) کابل باعایق کاغذی:

- کاربرد آن در ساختمان‌ها و شبکه‌ها و ... می‌باشد.

۳) کابل با عایق پلاستیکی:

- کاربرد آن در کشش‌ها بوده و دیگر تولید و استفاده نمی‌شود.

۴) کابل با غلاف سربی (کابل کاغذی با غلاف سربی):

- کاربرد آن در پمپ بنزین‌ها و مناطق ذخیره نفت و تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد.

۵) کابل با روپوش آلومینیوم:

- کاربرد آن در انتقال انرژی در زمین می‌باشد.

۶) کابل دریایی:

- همان طور که از اسمش پیداست برای انتقال انرژی برق تا ۱۰ کیلوولت از رودخانه‌ها و دریاها اغلب از این کابل که نوعی پروتودور می‌باشد، استفاده می‌شود.

۷-۳ انواع کاربرد کابلها

- کابل‌های افشان قابل‌انعطاف نوع (NYMHY)

- کاربرد: جهت مصرف در نقاطی خشک و نمناک هنگامی که نرمش بیشتر و خواص متوسط مکانیکی مورد نیاز می‌باشد. در منازل و ادارات نیز برای اتصال وسایل برقی متحرک (حتی گرمازا)

به برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد این کابل در فضای باز مجاز نیست. ساختمان این کابل از هادی نرم شده که به وسیله ماده پی‌وی‌سی عایق می‌شود، تشکیل شده است. سیم‌های به هم تابیده شده (اندازه ۲*۰/۷۵ میلیمتر مربع به صورت موازی) در داخل غلاف کابل به رنگ سفید یا مشکی قرار می‌گیرند.

- کابل‌های زمینی (NYY)

- کاربرد: این نوع کابل‌های برق برای کابل‌کشی در زیرزمین، در آب، در کانال و محلهایی که امکان ضربه مکانیکی نباشد با ولتاژ اسمی ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختمان این نوع کابل‌ها از رشته‌های هادی مسی نرم شده که به وسیله پی‌وی‌سی عایق و غلاف می‌شوند، تشکیل شده است. مقطع هادی این نوع کابل‌ها گرد یا سه گوش است. سیم‌های عایق شده پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده پرکننده قرار می‌گیرند. به دور کابل‌های دارای هادی سه گوش، نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود. برای کابل‌کشی در داخل خاک اغلب از کابل با هادی مسی و عایق و غلاف P.E.T استفاده می‌شود که در صورت نیاز کابل فوق به سیم با نوار فولادی مسلح می‌گردد.

- کابلهای هوایی

- کابل‌های هوایی، هادی‌های عایق شده دارند و برای سطح ولتاژی ۱ تا ۳۶ کیلوولت استفاده می‌شوند. کابلهایی که بصورت نصب روکار روی دیوار یا سقف یا سینی کابل استفاده می‌شوند شامل: هادی مسی، عایق پی‌وی‌سی، ماده پرکننده برای شکل‌دهی کابل و غلاف نهایی پی‌وی‌سی یا غلاف زره گالوانیزه یا غلاف سربی یا غلاف سیمی می‌باشند. کابلهایی که بصورت هوایی و آویزان بین دو تیر نصب می‌شوند شامل: هادی مسی، عایق پی وی سی، ماده پرکننده و غلاف نهایی پی وی سی و سیم مهار (بکسل) از فولاد گالوانیزه برای نگهداری کابل می‌باشند. در این کابل‌ها یک سیم رشته‌ای از جنس فولاد گالوانیزه به موازات کابل قرار گرفته به صورت مشترک یک غلاف از مواد پلی‌اتیلن روی آن‌ها کشیده می‌شود. (کابل فوق توسط گیره‌های مخصوص به تیرها نصب می‌گردد).

۴-۷ شناسایی کابل‌ها

در کابل‌های فشار ضعیف عایق هر رشته کابل با یک رنگ مشخص می‌شود ولی در کابل‌های فشار قوی باید در هنگام اتصال دقت شود زیرا رنگ تمام رشته‌ها یکسان می‌باشد.

رنگ عایق رشته‌های کابل به شرح جدول ذیل می باشد.

جدول ۷-۱۰ رنگ عایق رشته‌های کابل

تعداد رشته کابل	رنگ عایق رشته‌های کابل
۲	خاکستری روشن و سیاه
۳	خاکستری روشن و سیاه و قرمز
۴	خاکستری روشن و سیاه و قرمز و آبی
۵	خاکستری روشن و سیاه و قرمز و آبی و سیاه

- **در** کابل‌های فشار ضعیف سیم خاکستری روشن همیشه به عنوان سیم خنثی و سیم قرمز برای محافظت به کار می‌رود.

۷-۴-۱ طریقه شناسایی کابل‌های جریان زیاد

- N: علامت کابل با سیم مسی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.
- NA : علامت کابل با سیم آلومینیومی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.
- Y : علامت عایق پروتودور (اولین Y در ردیف حروف)
- H : علامت ورق متالیزه
- T : سیم تحمل‌کننده (در برابر کابل‌های هوایی)
- R : حفاظت فولادی سیم نواری شکل یا زره
- C : در کابل‌های فشار ضعیف علامت سیم صفر و در کابل‌های فشارقوی علامت سیم حفاظت و یا سیم نول (صفر) می‌باشد.
- B : حفاظت فولادی نواری شکل
- GB : حفاظت نواری فولادی شکل
- Y : روپوش پروتودور (دومین حرف Y در ردیف حروف)
- re : سیم گرد یک رشته‌ای (یک لا)
- rm : سیم گرد چند رشته (چند لا)
- se : سکتور شکل و یک سیمه (مثلثی)
- sm : سکتور شکل و چند سیمه (مثلثی چندرشته‌ای)

۷-۴-۶-۱-۱طراحی مفصل‌ها و سرکابل‌ها

اثرات ناشی از جریان اتصال کوتاه در مفصل‌های کابل‌های دفن شده در زمین مهم می‌باشد زیرا که به علت فشار وارده از زمین بر روی سطح کابل هادی‌های کابل ممکن است در داخل کابل به طور طولی افزایش یافته و داخل مفصل یا سرکابل شوند، مقدار این نیروی پیش‌رونده خیلی زیاد بوده مثلاً $۵۰ N/mm^2$ و برای کابل‌های با اندازه بزرگتر اهمیت آن بیشتر می‌باشد. اگر مواد پُرکننده‌ی مفصل‌ها و ترمینال‌ها (سرکابلها) به اندازه کافی نرم باشد که اجازه پیشروی هادی‌ها را بدهد نیروی ذکر شده باعث

ایجاد نقص در داخل سرکابل یا مفصل می‌شود و پس از خنک شدن هادی‌ها تنش به وجود آمده در آنها باعث ایجاد مشکلات دیگری خواهد شد و به همین دلیل حد نهایی دما برای اتصالات لحیم شده هادیها 160 c° در نظر گرفته شده است. از عوامل دیگری که باید در نظر گرفته شوند آن است که نگهدارنده‌ها و چفت و بست‌ها بایستی مناسب انتخاب شده تا در دمای به وجود آمده در آن ها باعث ایجاد اشکال در مفصل نشود.

۶-۴-۱-۲ اختلاف بین هادی‌های مسی و آلومینیوم

اگرچه ضریب انبساط آلومینیوم از مس بیشتر است و لیکن تنش به وجود آمده در آن به علت اینکه ضریب مدولاسیون الاستیک آن کمتر است همانند مس خواهد بود. بنابراین نیروهای درهم شکننده برای هر دو فلز تقریباً مشابه یکدیگر می‌باشند.

وقتی که محدودیت‌ها توسط غلاف‌های سربی و یا نیروهای الکترومغناطیسی تحت تاثیر قرار می‌گیرند، نوع فلز هادی از لحاظ تئوری هیچ فرقی ندارد ولیکن در رابطه با نیروهای ضربه‌ای آلومینیوم از ضریب کمتری نسبت به مس برخوردار است زیرا که برای یک مقدار مشخصی از جریان، اندازه سطح مقطع هادی آلومینیوم از مس بزرگتر می‌باشد.

۷-۵ شرایط نصب و کابل‌کشی

به طوری که قبلاً ذکر شده است اثرات نیروی پیشروی طولی در کابل هایی که در زمین کشیده شده‌اند از مهم ترین پارامترها می‌باشند.

در کابل‌هایی که دارای عایق ترموپلاستیک و غلاف خارجی می‌باشند بایستی از افزایش زیاد فشار محلی (موضعی) جلوگیری نمود زیرا که باعث تغییر شکل دادن عایق و غلاف می‌شود. این مورد ممکن است به علت رعایت نکردن شعاع انحنا در موقع کابل‌کشی و یا مناسب نبستن وسایل نگهدارنده درکابل‌ها پیش آید. موارد نامبرده بالا در مورد کابل‌های با عایق ترموست که سطح مقطع آن‌ها بزرگتر است نیز صادق می‌باشد.

۷-۶ شرایط نصب و قرار دادن کابل‌های برق و نکاتی درباره چگونگی استفاده از کابل

می‌دانید که نگهداری و استفاده صحیح هر نوع وسیله ای از جمله کابل باعث ازدیاد طول عمر آن خواهد شد که در این خصوص جا دارد چند نکته مهم زیر توجه نمود:

- کابل پلاستیکی (PVC) را نباید در زمستان (درجه حرارت کمتر از صفر باشد) کابل‌کشی نمود. اگر در چنین مواقعی لازم به کابل‌کشی بود باید قبلاً قرقره کابل را در اتاق یا انبار گرم نمود و سپس فوراً آن را مورد استفاده قرار داد.
- اگر کابل در خاک گذاشته شود، باید گودالی به عمق 70cm حفر گردد و کمی خاک نرم در آن ریخته و پس از گذاشتن کابل به اندازه ۲۰ سانتی‌متر خاک نرم روی کابل بریزید و روی آن را یک ردیف آجر قرار دهید و بعد داخل گودال را با خاک معمولی پر کنید.
- هنگام نصب کابل نباید شعاع خمش کابل از ۱۵-۱۲ برابر قطر خارجی آن کمتر باشد.

- کابل‌های با غلاف و عایق پلاستیکی را نباید هیچ‌گاه در درجه حرارت زیر ۵- درجه سانتی‌گراد نصب و کابل کشی کرد. در صورت اجبار، قرقره، کابل باید چند روز قبل از نصب در محیط گرمی (حدود۲۰درجه سانتیگراد) انبار شود.
- در هنگام کابل‌کشی شعاع خمش کابل‌های پلاستیکی نباید از ۱۵ برابر قطر خارجی آن کوچکتر باشد.

  اما در انتهای کابل می‌توان شعاع خمش را در موارد خاص با رعایت اصول فنی تا نصف مورد فوق کاهش داد.
- هنگامی که کشیدن کابل توسط دستگاه‌های مخصوص انجام می‌گیرد باید مواظب بود که نیروی کششی وارده به کابل از مقادیر مجاز بیشتر نشود.

اگر کابل در خاک دفن شود باید گودالی به عمق ۷۰ سانتی‌متر حفر کرد و کابل‌ها را در این گودال در خاک نرم (الک شده) به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر قرار داد و روی آن یک ردیف آجر و بر روی آجر خاک معمولی ریخت. این عمل سبب می‌شود که از فشار طبقات خاک بر روی کابل و تغییر شکل آن جلوگیری به عمل آید و همچنین در موقع کندن زمین با بیل و کلنگ صدمه‌ای به کابل وارد نیاید.

۷-۷ اتصال کابل به مدار

برای اتصال کابل به مدار از کفشک کابل یا کابلشو استفاده می‌شود.

کابلشو سه نوع می‌باشد: ۱- پرسی ۲- لحیمی ۳- پیچی

کابلشو از نظر ظاهری شبیه فیش‌ها و ترمینال‌های اصلی می‌باشند که اغلب برای بدست آوردن یک اتصال محکم، کابلشو را به کابل لحیم می‌کنند.

۸-۷ انواع اتصالات کابل

۱. اتصال انتهایی ۲. اتصال سر به سر ۳. اتصال سه‌راهی

۴. اتصال Y ۵. اتصال چهارراه

۹-۷ مفصل و انواع آن

جهت اتصال کابل‌ها در مسیرهای طولانی و نیز در انشعابات و انتهای خطوط از وسایل دیگری نیز مانند مفصل و سرکابل استفاده می‌شود که قادرند محل اتصال را در برابر رطوبت، فشارهای مکانیکی و عوامل الکتریکی حفاظت کنند.

مفصل‌ها و سرکابل‌ها اغلب از جنس چدن، فولاد و یا مواد عایق (PVC) می‌باشند که با علامت مخصوص، مشخص می‌شوند.

برخی از مفصل‌ها به شرح زیر می‌باشند:

- **مفصل V.S :**

کاربرد آن در مورد کابل‌های مسلح است و جنس آن از چدن و در فرم‌های VS_8 تا VS_{64} ساخته می‌شود.

- **مفصل PV :**

کاربرد آن برای انشعاب کابل‌های پروتودور و در جایی می‌باشد که نیاز به مفصل چدنی یا فولادی ندارد باشد. (بیشتر در محل اتصالات کوچک) و اغلب در فرم‌های PV_1 تا PV_8 ساخته می‌شود.

۷-۱۰ تعیین محل عیب در یک کابل

برای تعیین این عیب در زمین، روش‌های مختلفی وجود دارد که با توجه به نوع عیب تعیین می‌شود.
سه عیبی که ممکن است برای یک کابل پدید آید به شرح زیر است:

۱. اتصال کوتاه بین دو یا چند هادی کابل.
۲. اتصال یک یا چند هادی کابل به غلاف فلزی کابل (اتصال زمین).

در این دو حالت باید به قرار زیر عمل نمود:

ابتدا با انجام یک سری اندازه‌گیری‌های مقدماتی و اولیه نوع عیب را مشخص کرد تا بعد بتوان نسبت به رفع آن اقدام نمود.

برای تشخیص اتصال کوتاه و اتصال زمین ابتدا باید ابتدا و انتهای کابل را از مصرف‌کننده باز نمود و آنها را نسبت به یکدیگر و نسبت به زمین طوری عایق کرد که احتمال اتصال دوباره وجود نداشته باشد. بعد یکی از سرهای مگر (MEGER) را به روپوش فلزی کابل با زمین وصل نمود و سر دیگر را به تک تک هادی‌های کابل وصل نمود که در هر صورت با چرخاندن دسته مگر، باید مقاومت اندازه‌گیری شده، چندین مگا اهم باشد که در غیر اینصورت (کمتر از این مقدار بود) بیانگر اتصال داشتن هادی به زمین است که برای تشخیص اتصالی بین هادی‌های کابل باید به وسیله مگر مقاومت عایقی بین دو به دوی هادی‌ها را اندازه‌گیری نمود که در صورت نشان دادن مقاومت صفر یا چند کیلو اهم بین دو هادی بیانگر وجود اتصالی بین دو هادی خواهد بود.

۳. پاره یا قطع شدگی هادی کابل.

برای تشخیص این عیب باید ابتدا و انتهای کابل را از مدار باز نمود و بعد در یک سر کابل تمامی هادیها را به یکدیگر اتصال کوتاه کرد و سپس با اندازه‌گیری مقاومت بین دو به دوی هادی‌ها در طرف دیگر کابل (به وسیله اهم متر) می‌توان قطع شدگی را تشخیص داد.

۷-۱۱ الزامات طراحی خطوط زمینی و هوایی فشارمتوسط

در سالیان گذشته کابلهای زمینی با جنس و مقاطع مختلف در شبکه توزیع مورد استفاده قرار می گرفت ولی در حال حاضر به منظور تنوع زدایی استفاده از کابل ۱×۱۸۵ آلومینیومی با عایق XLPE در کل خطوط ۲۰ کیلوولت زمینی الزامیست، سیمهای هوایی نیز از جنس آلومینیوم- فولاد و از انواع فاکس، مینک، هاینا و لینکس مورد استفاده قرار می‌گرفت که در حال حاضر استفاده از سیم هاینا برای مدارات اصلی الزامی بوده و برای ارتباطات از سیم مینک در شبکه استفاده می‌گردد. بدلایل مذکور مفاد دستورالعمل حاضر شامل انواع مختلف کابلها و سیمهای استفاده شده در شبکه می‌باشد.

۷-۱۲ مراحل ساخت کابل فشار قوی

الف: تک رشته بدون زره:

۱- نازک کردن مفتول به قطر دلخواه با استفاده از دستگاه کشش و قالبهای الماسه

۲- آنیل کردن سیم نازک شده با استفاده از دستگاه آنیلر

۳- تابیدن رشته‌های نازک شده با استفاده از دستگاه استرندر و تابیدن نوار نیمه‌هادی با استفاده از Taper

۴- اکسترود کردن همزمان لایه‌های نیمه‌هادی داخلی (هادی) عایق پلی اتیلن کراسلینک و لایه نیمه-هادی داخلی با استفاده از دستگاه (CCV , VCV) و انجام عملیات کراسلینک کردن پلی اتیلن با استفاده از روش پر اکسید و بخار آب (داخل لوله ولکانیزاسیون)

۵- تابیدن نوار نیمه‌هادی بیرونی و تابیدن رشته‌های شیلد الکترواستاتیکی و نوار پلی استر با استفاده از دستگاه استرندر

۶- اکسترود کردن روکش PVC با استفاده از دستگاه اکسترودر و حک کردن مارک (استاندارد ساخت، ولتاژ، تعداد رشته‌ها، سطح مقطع و متراژ) بر روی کابل

۷- ریوایند، اندود کردن سطح روکش به وسیله کربن و پیچیدن کابل روی قرقره با متراژ مناسب

۸- تستهای الکتریکی نهایی (تست ولتاژ و تست تخلیه جزئی (Partial Discharge) بر اساس استاندارد IEC ۶۰۸۴۰ .

۹- سرکابل‌زنی و بسته‌بندی

۱۰- حمل به انبار

۱۱- بارگیری

ب: تک رشته زره‌دار:

ب-۱: زره مفتولی:

۱- نازک کردن مفتول به قطر دلخواه با استفاده از دستگاه کشش و قالبهای الماسه

۲- آنیل کردن سیم نازک شده با استفاده از دستگاه آنیلر

۳- تابیدن رشته‌های نازک شده با استفاده از دستگاه استرندر و تابیدن نوار نیمه‌هادی با استفاده از Taper

۴- اکسترود کردن همزمان لایه‌های نیمه‌هادی داخلی (هادی) عایق پلی اتیلن کراسلینک و لایه نیمه-هادی داخلی با استفاده از دستگاه (CCV , VCV) و انجام عملیات کراسلینک کردن پلی اتیلن با استفاده از روش پر اکسید و بخار آب (داخل لوله ولکانیزاسیون)

۵- تابیدن نوار نیمه‌هادی بیرونی و تابیدن رشته‌های شیلد الکترو استاتیکی و نوار پلی استر با استفاده از دستگاه استرندر

۶- اکسترود کردن لایه بدینگ (BEDING) با استفاده از دستگاه اکسترودر

۷- تابیدن مفتولهای آلومینیوم بر روی کابل توسط دستگاه استرندر و نوار پیچی

۸- اکسترود کردن روکش PVC با استفاده از دستگاه اکسترودر و حک کردن مارک (استاندارد ساخت، ولتاژ، تعداد رشته‌ها، سطح مقطع و متراژ) بر روی کابل

۹- ریواین‌د، اندود کردن سطح روکش به‌وسیله کربن و پیچیدن کابل روی قرقره با متراژ مناسب

۱۰- تستهای الکتریکی نهایی (تست ولتاژ و تست تخلیه جزئی (Partial Discharge) بر اساس استاندارد IEC ۶۰۸۴۰ .

۱۱- سرکابل زنی و بسته‌بندی

۱۲- حمل به انبار

۱۳- بارگیری

ب: تک رشته زره‌دار:

ب-۲: زره نواری:

۱- نازک کردن مفتول به قطر دلخواه با استفاده از دستگاه کشش و قالبهای الماسه

۲- آنیل کردن سیم نازک شده با استفاده از دستگاه آنیلر

۳- تابیدن رشته‌های نازک شده با استفاده از دستگاه استرندر و تابیدن نوار نیمه‌هادی با استفاده از Taper

۴- اکسترود کردن همزمان لایه‌های نیمه‌هادی داخلی (هادی) عایق پلی اتیلن کراسلینک و لایه نیمه-هادی داخلی با استفاده از دستگاه (CCV , VCV) و انجام عملیات کراسلینک کردن پلی اتیلن با استفاده از روش پر اکسید و بخار آب (داخل لوله ولکانیزاسیون)

۵- تابیدن نوار نیمه‌هادی بیرونی و تابیدن رشته‌های شیلد الکترو استاتیکی و نوار پلی استر با استفاده از دستگاه استرندر

۶- اکسترود کردن لایه بدینگ (BEDING) با استفاده از دستگاه اکسترودر

۷- پیچیدن نوار آلومینیوم بر روی کابل توسط دستگاه TAPER

۸- اکسترود کردن روکش PVC با استفاده از دستگاه اکسترودر و حک کردن مارک (استاندارد ساخت، ولتاژ، تعداد رشته‌ها، سطح مقطع و متراژ) بر روی کابل

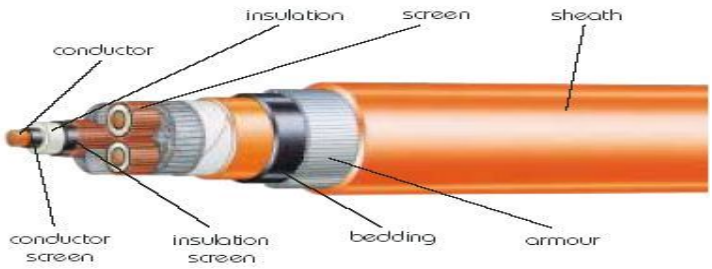
۹- ریواین‌د، اندود کردن سطح روکش به‌وسیله کربن و پیچیدن کابل روی قرقره با متراژ مناسب

۱۰- تستهای الکتریکی نهایی(تست ولتاژ و تست تخلیه جزئی (Partial Discharge) بر اساس استاندارد IEC ۶۰۸۴۰ .

۱۱- سرکابل زنی و بسته‌بندی

۱۲- حمل به انبار

۱۳- بارگیری



۱- هادی
۲- لایه نیمه هادی داخلی (هادی) اکسترود شده
۳- لایه عایق اکسترود شده
۴-لایه نیمه هادی بیرونی (عایق) اکسترود شده
۵- نوار نیمه هادی بیرونی
۶- شیلد الکترو استاتیکی متحد المرکز
۷- لایه بدینگ
۸- زره نواری
۹- غلاف (روکش) اکسترود شده و آغشته به گرافیت

۷-۱۳ انواع کابل از نظر ساختمان

۱- کابلهای زمینی:

- کابلهای زمینی با عایق بندی پلاستیکی با ولتاژ نامی ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت:

کابلهای NYY با هادی مسی و NAYY با هادی آلومینیوم با مقطع گرد یا سه گوش می‌باشد. سیمهای عایق شده پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده پر کننده قرار می‌گیرند. به دور کابل‌های دارای هادی سه گوش، نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود.

کابلهای NYCY و NYCWY، مشابه کابل NYY است ولی بین غلافهای پی وی سی داخلی و خارجی آن، زره سیم مسی یا نوار مارپیچ مسی می‌باشد که غلاف مسی به عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده می گردد.

کابلهای NYRGY با هادی مسی رشته‌ای دارای عایق از جنس پی وی سی دارای زره از سیمهای فولادی گالوانیزه با مقطع گرد و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ و کابلهای NYFGY مجهز به زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ می‌باشد و در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد نیاز باشد استفاده می‌گردد.

- کابلهای زمینی با عایق‌بندی پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) با ولتاژ نامی ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت:

کابلهای XY2 با هادی مسی یک یا چند رشته‌ای با عایق پلی اتیلن مستحکم و پوشش داخلی و لایه فویل بر روی مجموعه هسته‌ها و غلاف خارجی از جنس پی وی سی است.

کابلهای XRGY2 با هادی مسی مفتولی، دارای زره از سیمهای فولادی گالوانیزه با مقطع گرد، نوار از فولاد گالوانیزه و کابلهای XFGY2 با هادی مسی رشته‌ای با مقطع گرد یا قطاعی، زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت، نوار از فولاد گالوانیزه می‌باشند. این کابلها در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است استفاده می‌گردد.

- کابلهای با عایق کاغذی با ولتاژ نامی ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت:

کابلهای NKBA با هادی مسی رشته‌ای و کابلهای NAKBA با هادی آلومیوم رشته‌ای دارای عایق و کمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف سربی، لایه کاغذی مرکب، زره از نوار فولادی دوبل، پوشش کنفی است.

- کابل با عایق سیلیکون:

این محصول در محیطهای با دمای بالا تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد کاربرد دارد لاستیک سیلیکون ماده‌ای بدون هالوژن بوده و در مقابل اکثر مواد شیمیایی و محیطها مقاوم میباشد. این ماده در مقابل پیشروی آتش مقاوم است و در اثر سوختن یک لایه عایق از جنس SIO2 تشکیل می‌دهد.

۲- کابلهای ساختمانی:

سیم و کابل‌های ساختمانی وظیفه تقسیم برق در ساختمان را بر عهده دارند. این نوع سیم و کابلها ساختارهای متفاوتی دارند. از جمله این ساختارها می‌توان به کابلهای Flexible اشاره کرد که هادی آنها بایستی Flexible باشد. عایق‌های به کار رفته در آنها PVC 70 ºC یا PVC 90 ºC یا Rubber می‌باشد.

این نوع کابل‌ها می‌تواند به صورت شیلددار بافت مسی ساده یا قلع اندود تولید گردد.

۳- کابلهای ابزار دقیق:

کابل‌های ابزار دقیق در سیستم‌های کنترلی جهت ارسال/دریافت علائم (سیگنال‌های) دیجیتال و آنالوگ به/از تجهیزات و حسگرها (سنسور) استفاده می‌شوند.

۴- کابل های مخابراتی:

کابل‌های مخابراتی در سیستم‌های فرکانس پایین استفاده می‌شوند و به صورت کابل‌های زوجی و با هادی مسی تولید می گردند. این کابل‌ها جهت شبکه های محلی و مطابق نیازهای خاص مشتری و استانداردهای بین المللی تولید می‌گردند.

۵- کابلهای ضد آتش:

کابل‌های ضد آتش می‌بایست قادر باشند در مقابل آتش، آتش همراه با آب و یا آتش همراه ضربه‌های مکانیکی مقاومت کنند. این کابل‌ها می‌بایست خفه کننده آتش و کم دود باشند. به عبارت دیگر این کابل‌ها نباید با از بین رفتن منشا آتش به سوختن ادامه دهند و یا آتش را به نقاط دیگر انتقال داده، یا دودی ایجاد کنند که مانع از دیدن چراغهای اضطراری یا راه خروجی شود.

۸ سیم‌های برق با هادی مسی

۸-۱ استاندارد ساخت

سیم‌های دارای عایق پلی‌وینیل کلراید (PVC) با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت که برای نصب ثابت در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی به کار می‌رود، باید برابر استانداردهای ملی ایران با شماره‌های ۱-۶۰۷ و ۳-۶۰۷، و یا استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک با شماره‌های IEC 227-1 و IEC 227-3 ساخته شده باشد. سیم‌های قابل انعطاف با پوشش لاستیکی (طبیعی، مصنوعی، و یا مخلوطی از آن دو) با ولتاژ اسمی‌حداکثر ۷۵۰ ولت، مورد مصرف در تاسیسات یاد شده، باید بر طبق استانداردملی ایران با شماره ۱۹۲۶ و یا استانداردهای IEC با شماره‌های IEC ۲۴۵-۱، IEC ۲۴۵-۳، IEC ۲۴۵-۴ تولید شده باشد. در مواردی که برای سیم مورد نیاز استانداردهای ایرانی موجود نباشد باید از استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک و یا سایر استانداردهای معتبر جهانی مانند CENELEC، VDE، BS و مشابه آن استفاده شود.

- سیم‌های مفتولی نوع(NYA): هادی این نوع سیم‌ها از مس نرم شده با پوششی از ماده پی‌وی‌سی در رنگهای مختلف مانند: سیاه، قرمز، زرد، سبز و ... تشکیل شده است. ولتاژ اسمی سیم ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و برای جریان‌های مختلف با سطح مقطع‌های ۱/۵ تا ۲۴۰ میلی‌مترمربع ساخته می‌شود.

- کاربرد: برای مصرف در تابلوهای برق و تاسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم در داخل دیوار به طور مستقیم مجاز نیست.

- سیم نیمه‌افشان (NYAB): ساختمان این سیم مثل کابل NYA است. ولتاژ اسمی این نیز ۴۵۰/۷۵۰ ولت است.

  - کاربرد: برای مصرف در تاسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نیست. این سیم نسبت به نوع NYA نرمش بیشتری دارد.

- سیم‌های افشان قابل انعطاف (NYAF): ساختمان این نوع سیم مانند سیم‌های نوع NYA و NYAB می باشد و ولتاژ اسمی آن ۵۰۰/۳۰۰ ولت است.

  - کاربرد: برای مصرف در تاسیساتی که به طور ثابت می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نیست.

۸-۲ مشخصات و موارد مصرف انواع سیم‌های دارای عایق

۸-۲-۱ سیم با هادی تک مفتولی و چندمفتولی برای مصارف عمومی

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۱ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت بوده وهادی‌های آن به صورت تک‌مفتولی (گروه ۱) و یا چند مفتولی تابیده شده منظم (گروه ۲) مطابق مقررات استانداردهای ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده وهادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول (۱) از استانداردملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۰۱(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع ۱/۵ تا ۴۰۰ میلی‌متر مربع ساخته شود. حداکثر دمای‌هادی در استفاده از عادی برای این گونه سیم‌ها ۴۰۰ درجه سلسیوس است.

۸-۲-۲ سیم با هادی قابل انعطاف برای مصارف عمومی

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۲ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت بوده وهادی‌های قابل انعطاف آن (گروه ۵) از جنس مس و مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود.

جنس عایق باید آویزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده وهادی را پوشش دهد. ضخامت ومقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول (۳) از استانداردملی شماره‌ای ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۰۲(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع ۱/۵ میلی‌متر تا ۲۴۰ میلی‌متر مربع ساخته شود. حداکثر دمای هادی در بهره برداری عادی برای این گونه سیم‌ها ۷۰ درجه سلسیوس است .

۸-۲-۳ سیم باهادی تک مفتولی برای سیم‌کشی داخلی

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۵ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده وهادی‌های آن به صورت تک‌مفتولی (گره۱) مطابق استانداردملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده وهادی را در برگرفته باشد.

ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره(۵) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۰۵ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی۰/۵، ۰/۷۵ و یک میلی‌متر مربع ساخته شود. حداکثر دمای‌هادی در استفاده عادی ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

۸-۲-۴ سیم باهادی انعطاف برای سیم‌کشی داخلی

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۶ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی‌های قابل انعطاف آن (گروه ۵) از جنس مس و مطابق استاندارد ملی ۳۰۸۴ ساخته شود.

جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی وینیل کلراید از نوع C بوده وهادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۷) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۰۶(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی۰/۵، ۰/۷۵ و یک میلی‌متر مربع تولید شود. حداکثر دمای هادی در بهره‌برداری عادی ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

۸-۲-۵ سیم باهادی تک‌مفتولی برای سیم‌کشی داخلی

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۷ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده وهادی آن به صورت تک‌مفتولی (گروه ۱) مطابق استاندارد ملی ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید

آمیزه‌ای از پلی وینیل کلراید از نوع E بوده وهادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۹) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۰۷(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی۰/۵، ۶ میلی‌متر مربع تولید شود. حداکثر دمای‌هادی در استفاده عادی ۱۰۵ درجه سلسیوس می‌باشد.

۸-۲-۶ سیم با هادی انعطاف برای سیم‌کشی داخلی برای دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۸ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده وهادی آن از نوع مسی قابل انعطاف (گروه ۵) مطابق استاندارد ملی ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی وینیل کلراید از نوع E بوده وهادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۱۱) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۰۸(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی۰/۵، ۶ میلی‌متر مربع تولید شود. حداکثر دمای‌هادی در استفاده برای این نوع سیم‌ها ۱۰۵ درجه سلسیوس می‌باشد.

۸-۳ مشخصات و موارد کاربرد سیم‌های عایق‌دار و کابل‌های قابل انعطاف

۸-۳-۱ کد بین‌المللی هماهنگ

نشانه شناسایی سیم‌ها و کابل‌ها در این سیستم عبارت است از حروف HAR یا نخی با رنگ‌های متوالی مشکی، قرمز، زرد، که همراه با نشانه‌های استاندارد کشور سازنده باید حداقل بر روی یک هسته علامت‌گذاری شود، به طوری که مثلا سیم‌ها و کابل‌های استاندارد آلمان در سیستم هماهنگ با علامت ⊲VDE⊳ ⊲ HAR ⊳ مشخص می‌شود. در مواردی که از نخ شناسایی استفاده می‌شود ملیت استاندارد تولیدکننده ممکن است با استفاده از طول رنگ‌های مختلف نیز مشخص شود.

۸-۴ انواع سیم‌ها و کابل‌های قابل انعطاف

عمده‌ترین انواع سیم‌های عایقدار و کابل‌های انعطاف مورد استفاده در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی برابر استانداردهای سیستم هماهنگ CENELEC و VDE به قرار زیر است:

- سیم از نوع V-U۰۷H (NYA)

این نوع سیم با ولتاژ اسمی۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی مفتولی از جنس مس نرم شده است می‌باشد که با ماده پی- وی-سی به رنگ‌های مختلف پوشیده شده است. اینگونه سیم‌ها در تابلوهای برق و تاسیسات نصب ثابت در محیط‌های خشک در داخل لوله، روی دیوار یا داخل آن به کار می‌رود. استفاده از این نوع سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نخواهد بود.

- سیم از نوع V-R۰۷H (NYAB)

این نوع سیم با ولتاژ اسمی۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای‌هادی رشته‌ای (نیمه افشان) از مس نرم شده با پوششی از ماده پی- وی-سی به رنگ‌های مختلف می‌باشد و در تاسیسات نصب ثابت در محیط‌های خشک درون لوله به صورت روکار یا توکار به کار می‌رود. استفاده از این نوع سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نخواهد بود. سیم نوع NYAB نسبت به نوع NYA دارای نرمش بیشتری است.

- سیم‌های نوع V-U۰۵H (NYFA) و V-K۰۵NYFAF H

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای عایق از جنس پی- وی-سی می‌باشد. سیم V-U۰۵H دارای هادی مسی تک‌مفتولی و سیم V-K۰۵H دارای‌هادی‌های مسی افشان (قابل انعطاف) است . این‌گونه سیم‌ها در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی یا اتصالات لوازم و دستگاه‌های اندازه گیری و کنترل تاسیسات نیرو، لوازم برقی و چراغ‌ها و در تاسیسات حفاظت شده نصب ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- کابل پلاستیکی سبک NYM

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی‌های مسی مفتولی یا افشان، عایق ترموپلاستیک (پی- وی-سی) پوشش مشترک بر روی هسته، و غلاف ترموپلاستیک می‌باشد و در محیطهای خشک،تر و مرطوب در زیر یا روی کار به صورت نصب ثابت به کار می‌رود. استفاده از کابل مزبور در فضای باز در صورتی که در برابر نور مستقیم خورشید محافظت شود بلامانع است لیکن دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود.

- سیم از نوع NYIF

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۲۲۰/۳۸۰ ولت، دارای‌هادی مسی مفتولی و عایق پلاستیکی است که چند رشته از آن با فاصله به موازات یکدیگر قرار داده شده و با یک روپوش مشترک لاستیکی پوشانیده شده است و برای سیم‌کشی نصب ثابت در محیط‌های خشک درون گچ‌کاری و یا زیرآن به کار می‌رود. استفاده از این نوع سیم‌ها در حمام آپارتمان‌ها و هتلها نیز مجاز است.

- سیم‌های نوع GA۴N و GAF۴N

سیم‌های نوع GA۴N با هادی مسی قلع اندود مفتولی ونوع GAF۴N باهادی‌های مسی قلع اندود افشان، با ولتاژاسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت و عایق مقاوم حرارت از جنس لاستیک مصنوعی در تاسیسات حفاظت شده نصب ثابت به کار می‌رود. این گونه سیم‌ها درمواردی که حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد باشد در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی وسایل حرارتی، ماشین‌های برقی، تابلوهای توزیع و به ویژه برای عبور سیم از داخل چراغ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- سیم از نوع SJ-K۰۵H

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای‌هادی مسی افشان، عایق از لاستیک سلیکون و روکش پشم شیشه با اندود وارنیش می‌باشد. سیم مزبور درمواردی که حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد باشد در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی چراغ‌های روشنایی دارای شدت نور زیاد یا با نور متمرکز، موتوهای برقی، و تمامی‌انواع وسایل حرارتی به کارمی‌رود . همچینین این نوع سیم ممکن است در شرایطی که نصب وسایل برقی مشکل یا با تنش‌های مکانیکی زیادهمراه باشد مورد استفاده قرار گیرد و در مقاطع ۱/۵ میلی‌متر مربع به بالا نیز ممکن است از آن در تاسیسات حفاظت شده نصب ثابت در لوله به صورت روکار یا توکار استفاده شود.

- سیم‌ها و کابل‌های NHXMH , NYBUY

این نوع سیم‌ها و کابل‌ها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت، در محیط‌های خشک، مرطوب، تر و در هوای آزاد در صورتی که در برابر نور مستقیم خورشید محافظت شود، ممکن است در ون گچ و زیر یا روی آن به صورت نصب ثابت مورد استفاده قرار گیرد لیکن دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهدبود. کابل NHXMH دارای‌هادی‌های مسی مفتولی یا افشان، عایق از جنس پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) پوشش درونی بر روی هسته و غلاف از نوع EVA مستحکم می‌باشد. این نوع سیم‌های ساختمانی فاقد ترکیبات هالوژن بوده و در برابر آتش مقاومت بیشتری دارد. کابل NYBUY دارای هادی مسی مفتولی، عایق از نوع پروتودر، پوشش داخلی هسته، غلاف سربی با روکش پروتودر می‌باشد. استفاده از کابل‌های غلاف سربی در حمام مجاز نخواهد بود.

- سیم‌های NHXA و NHXAF

سیم NHXA با هادی مسی مفتولی و سیم NHXAF با هادی مسی افشان با ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای عایق از جنس EVA می‌باشد و در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی تجهیزات برقی و در چراغ‌ها به صورت حفاظت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این نوع سیم‌ها در لوله به صورت رو کار یا توکار و در کانال‌های بسته نیز مجاز است.

- سیم VH-H۰۳H (NYZ)

این نوع سیم که به صورت بند تخت دوتایی ساخته می‌شود دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۳۰۰ ولت،هادی از رشته‌های مسی خیلی نازک و عایق از جنس پی-وی-سی می‌باشد، در محیط‌های خشک با تنش‌های مکانیکی خیلی‌کم برای تغذیه وسایل برقی خیلی کم مصرف که گرمازا نمی‌باشد مانند رادیو، چراغ رومیزی وساعت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- سیم از نوع NFYW

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۰/۶ تایک کیلو ولت دارای هادی‌های مسی رشته‌ای و عایق و غلاف ترموپلاستیک (پی-وی-سی) می‌باشد. این گونه سیم‌ها که به صورت تک رشته‌ای ساخته می‌شود در برابر عوامل جوی مقاوم است وبرای انشعاب مشترکین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- سیم از نوع NYL

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴ تا ۷ کیلوولت و ۸ تا ۱۴ ولت، دارای هادی رشته‌ای مسی نارک و عایق از ترموپلاستیک (پی-وی-سی) می‌باشد. که برای نصب در چراغ‌های فلورسنت برابر استاندارد شماره VDE آلمان، و در لوله‌های فولادی سخت یا قابل انعطاف در رو یا زیر کار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸-۵ سیم لخت مسی

مقاطع مسی بنا به نوع مصرف آنها، در آلیاژها و اشکال مختلف قابل تحویل هستند. ولی عمده مصرف مقاطع مسی برای تولید سیم تخت است که در ساخت ترانسفورماتور کاربرد دارد. مورد مصرف دیگر مقاطع مسی در تولید پیچها و پرچهای مسی است که در صنایع الکتریکی کاربرد دارد.

مشخصات ابعادی: مقاطع مسی با ابعاد مختلف تحویل می شود. گستره ابعادی قابل تولید به شرح ذیل می باشد:

میلگرد: از ۲ تا ۸۰ میلیمتر

چهارگوش: از ۴ تا ۳۰ میلیمتر

شش گوش: از ۴ تا ۳۰ میلیمتر

۸-۶ ضوابط طراحی سیستم سیم‌کشی

طراحی سیستم سیم‌کشی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی باید مطابق ضوابط مندرج در آیین نامه تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها (استاندارد ملی شماره ۱۹۳۷) یا استاندارد IEC ۳۶۴ و یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه انجام شود. در طراحی سیم‌کشی‌ها زیر باید مورد توجه قرار گرفته و رعایت شود:

- سیستم توزیع نیرو واتصال زمین استفاده در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی عموما سیستم TN از نوع TN-C-S و یا درصورت انتخاب، TN-S خواهد بود، در مواردی که به علت توسعه وضع موجود یا علل موجه دیگر، از سیستم‌های TT و IT و یا نوع دیگری از سیستم‌های ایمنی استفاده می‌شود باید ضمن رعایت کلیات ضوابط این مشخصات فنی، از استانداردهای معتبر همچون IEC، VDE، NEC، BS و مانند آن استفاده شود. در این گونه مواردباید مجوز لازم قبلا از مقام مجری این ضوابط یا نماینده مجاز وی کسب شود.
- انتخاب نوع سیم‌کشی وطرز آن باید با توجه به ماهیت محل، نوع و ماهیت دیوارها وسایر قسمت‌های حاوی سیم‌کشی‌ها، امکان دسترسی انسان یا حیوانات اهلی، میزان ولتاژ، و تنش‌های مکانیکی که ممکن است در جریان نصب یا بهره‌برداری به وجود آید انجام شود.
- سطح مقطع‌هادی‌ها باید با توجه به حداکثر دمای مجاز، افت ولتاژ مجاز، تنش‌های الکترومکانیکی ناشی از اتصال کوتاه ودیگر تنش‌های مکانیکی، حداکثر مقاومت ظاهری (امپدانس) با توجه به عمل وسیله حفاظتی در برابر اتصال، و صرفه اقتصادی تعیین شود.
- در طراحی مدارهای توزیع (D) و مدارهای نهایی (F)، حداکثر افت ولتاژ مجاز باید مطابق مقادیر ارایه شده در جدول ۸-۱ باشد.

SP= نقطه تغذیه (ورودی سرویس مشترک - تابلو اصلی ترانسفورماتور)

D= مدار توزیع (این مدار ممکن است مرکب از چند مدار مختلف باشد که پس از عبور از چند تابلو به تابلو نهایی یا جعبه توزیع می‌رسد)

DB= جعبه توزیع

E= تجهیزات مصرف نصب ثابت یا پریز

- استفاده از ضرایب همزمانی فقط در موادری مجاز است که مصرف کننده غیر همزمان در مدار یا مدارهای تابلو وجود داشته باشد در مورد مدارهای انفرادی نهایی مانند روشنایی، پریز، موتور و غیره، نباید ضریب همزمانی اعمال شود، این گونه مدارها با بار کامل باید در نظر گرفته شود.

- هادی‌های برق‌دار باید در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه، جز در موادری که منبع تغذیه قادر به تامین جریان به مقداری که بیش از جریان مجاز هادی نباشد (مانند ترانسفورماتورهای زنگ، جوشکاری و یا ژنراتورهای ترموالکتریک) به کمک یک یا چند وسیله که به طور خودکار مدار تغذیه را قطع کند حفاظت شود. علاوه بر این، حفاظت‌های اضافه بار و اتصال کوتاه باید با یکدیگر هماهنگی شود. وسایلی که حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه را باهم تضمین می‌نماید عبارتند از کلیدهای خودکار، انواع مخصوص فیوزها و کلیدهای خودکار توام با فیوز.
- در مواردی که در طول مدار جریان مجاز حرارتی‌هادی‌ها در نتیجه تغییر درسطح مقطع یا نوع‌هادی‌ها یا اضافه جریان متناسب یا نحوه نصب آن تقلیل یابد یا ازآن انشعاب گرفته شود باید یک وسیله حفاظت در برابر اضافه جریان متناسب با جریان مجاز مقطع کوچکتر پیش‌بینی و نصب شود، مگر آن که :

الف) حداکثر طول مدار یا انشعاب با مقطع کوچکتر، ۳ متر باشد، یا

ب) وسیله حفاظتی در شروع مدار اصلی مناسب برای مدار یا انشعاب مقطع کوچکتر باشد.

- در انتخاب جریان مجاز هادی‌های برقدار باید به تاثیر مدارهای همجوار و شرایط نصب توجه و در صورت لزوم از ضریب تعدیل مناسبی استفاده شود. وسایل حفاظتی مدار باید با توجه به جریان مجاز تعدیل شده انتخاب شود.

- در انتخاب سطح مقطع‌هادی خنثی در مدارهای سه فاز، باید دقت کافی به عمل آید و در صورت لزوم سطح مقطع این‌هادی برابرهادی‌های فاز انتخاب شود.

- سطح مقطع یا قطرهادی‌های مسی برای مدارهای مختلف الکتریکی باید بر اساس محاسبه تعیین شود لیکن در هیچ موردی از مقادیر ارایه شده در جدول ۵ نباید کمتر باشد.

۸-۷ اصول و روش‌های نصب در سیم‌کشی

- سیم‌های مدارهای مختلف الکتریکی حامل ولتاژهای متفاوت باید از لوله‌های جداگانه عبور کند.
- سیم‌ها باید در برابر گرم شدن زیاد با وسایل خودکاری که بستگی به مقدار جریان و درجه حرارت دارد محافظت گردد.
- هادی‌های مربوط به یک مدار (فاز یا فازها، هادی خنثی وهادی حفاظتی) باید کلا در داخل یک لوله یا مجرا یا کانال سیم‌کشی (ترانکینگ) کشیده شود.
- سیم نول هر مدار فیوز باید به طور مجزا تعبیه شود و استفاده از یکی نول مشترک برای مدارهای مختلف مجاز نخواهد بود.
- به کار بردن سیم اتصال زمین (هادی حفاظتی) به جای سیم نول مجاز نمی‌باشد، سیم نول (خنثی) باید به طور جداگانه کشیده شود.
- تمامی‌سیم‌های درون لوله‌های اعم از سیم خنثی (سیم صفر) و یا سیم محافظ (مخصوص اتصال بدنه به زمین) باید دارای پوشش باشد.

- لوله‌های فلزی و پوشش‌های فلزی سیم‌های عایقدار نباید به عنوان سیم نول یا سیم حفاظت مورد استفاده قرار گیرد.
- تمامی مدارها باید در داخل مجاری ساختمانی (کانال‌ها، رایزرها و غیره)، کانال‌های ویژه سیم‌کشی (مانند ترانکینگ و نظایر آن) یا لوله‌هایی با نگهداری مخصوص مانند سینی کابل یا نردبان کابل و غیره به گونه‌ای نصب یا هدایت شوند که بازدید، خارج کردن و نصب مجدد آن در داخل مجاری، لوله‌ها و دیگر محل‌های ذکر شده بدون ایجاد خرابی و کندوکاو، امکان‌پذیر باشد.
- استفاده از مسیر (شافت) آسانسور به عنوان کانال بالا رو برای هر نوع مداری جز مدارهای مجاز مربوط به خود آسانسور ممنوع است، مگر اینکه کانال عبور این گونه مدارها با دیواری که حداقل ضخامت آن برابر با عرض یک آجر (۱۰ سانتی‌متر) یا معادل آن از بتن باشد، از مسیر (شافت) آسانسور مجزا شده باشد. در هر حال استفاده از این دیوار به عنوان دیوار حامل کابل‌ها ممنوع است.
- سیستم سیم‌کشی باید به گونه‌ای علامت‌گذاری شود که شناسایی هادی‌ها برای بازرسی، آزمایش و تعمیرات بعدی به سهولت امکان پذیر باشد.
- پوشش سیم‌ها برای مصارف مختلف باید به رنگ‌های متفاوت باشد، لیکن برای یک نوع مصرف همچون سیم‌کشی سیستم وتعمیرات بعدی به سهولت انجام پذیرد.
- رنگ سیم‌ها باید برحسب فاز تغذیه تغییر کرده و برطبق فهرست زیر باشد:

فاز اول : قرمز نول = آبی‌کمرنگ

فاز دوم: زرد برگشت: ترجیحا رنگ فاز مربوطه با خط سفید ودر صورت امکان خاکستری

فازسوم: سیاه زمین: رنگ دوگانه سبز/ زرد

- در اطراف هود آشپزخانه و محیط‌های که درجه حرارت محیط از ۵۵ درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند باید از سیم‌های نسوز در برابر حرارت که در داخل لوله‌های فولادی معمولی یا نرم قرار خواهد گرفت استفاده شود.
- سیم‌ها نباید به داخل چراغ‌ها، لوازم، یا دستگاه‌هایی وارد شود که به علت انتقال حرارت در شرایط عادی کار ممکن است سبب تجاوز دمای هادی‌ها از مقادیر منظور شده در محاسبه جریان و سطح مقطع گردد.
- سیم‌ها و کابل‌ها نباید از ابتدا در داخل لوله‌های برق داده شود بلکه باید پس از نصب لوله‌ها و اتمام نازک‌کاری، در موقع مناسب نسبت به قرار دادن آن در داخل لوله‌ها اقدام شود.
- هنگام نصب یا کشیدن سیم‌ها به داخل لوله‌ها، بهتر است تنش و کشش بر هادی‌ها وارد شود و نه بر پوشش آن.
- تمامی‌سیم‌هایی که در داخل لوله‌های برق قرار می‌گیرند باید یک تکه و بدون زدگی باشد.
- اتصال سیم‌ها به یکدیگر باید در داخل جعبه‌های تقسیم انجام شود و موکدا به وسیله ترمینال یا اتصالی نوع شانه‌ای پیچی صورت پذیرد.
- سر سیم‌های افشان باید قبل از قرار گرفتن در ترمینال با لحیم‌کاری یکپارچه شود. در صورتی که عمل لحیم‌کاری مشکل باشد باید از کابلشوهای لوله‌ای پرسی مخصوص زیر ترمینال استفاده شود.

- پوشش سر سیم‌ها (به ویژه سیم‌های افشان) باید با استفاده از ابزار مخصوص (سیم لخت‌کن) برداشته شود و توجه گردد که به رشته‌ها یا هادی‌ها آسیبی وارد نشود.
- در هر نقطه خروجی و در هر قسمت کلیدی حداقل باید ۱۵ سانتی‌متر از سیم برای ایجاد اتصالات و وصل وسایل و دستگاه‌های مربوطه در نظر گرفته شود مگر آنکه سیم بدون اتصال از آن نقطه یا قسمت عبور داده شود.
- اتصال سیم‌ها به شینه‌های تابلو، ماشین‌ها و مصرف کننده‌های دیگر فقط با پیچ ومهره مجاز است.
- هر رشته سیم نول باید مستقلا به شینه نول تابلو متصل شود و اتصال دو یا چند سیم نول به هم بسته به تابلو مجاز نخواهد بود.
- تمامی‌مدارهای نهایی روشنایی و پریزها، برای اتصال به بدنه‌های‌هادی چراغ‌ها یا کنتاکت حفاظتی پریزها (برحسب مورد) باید شامل هادی حفاظتی باشد.
- سیم‌های مورد استفاده در سیستم سیم‌کشی باید برای مقاطع پایین تا ۱۰ میلی‌متر مربع از نوع تک‌مفتولی و برای مقاطع بالاتر از نوع چند مفتولی، با عایق‌بندی پی-وی-سی انتخاب شود. کاربرد سیم‌های افشان فقط درمواردی که انجام برخی قسمت‌های سیم‌کشی به طور استثنایی مشکل باشد مجاز است.
- سیم‌های لخت که به سیستم زمین متصل نیست باید فقط روی مقره کشیده شود و از دیوارها و قسمت‌های فلزی و ساختمان‌ها فاصله کافی داشته باشد.
- سیستم‌های سیم‌کشی روکار یا توکار که در محیط‌های‌تر و مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرد باید با استفاده از لوله‌های فولادی مقاوم در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی، یا پلاستیکی سخت، و یا کابل‌های غلاف سربی و یا عایق معدنی انجام شود.
- لوازم سیم‌کشی که در محیط‌های‌تر و مرطوب به کار می‌رود باید مجهز به اتصالات متناسب با نوع سیم‌کشی باشد تا از نفوذ آب و رطوبت به درون لوله‌ها و سایر تجیهزات مانند جعبه‌ها و کلیدها و پریزها، چراغ‌ها وسایر مصرف‌کننده‌ها جلوگیری شود. تمامی لوازم مورد استفاده در این‌گونه محیط‌ها باید حداقل دارای درجات حفاظت زیر باشد:

الف) لوازم و تجهیزات مورد مصرف در محیط‌های مرطوب باید حداقل دارای درجه حفاظت IP۴۴ باشد (مقاوم در برابر ترشح آب)

ب) لوازم و تجهیزات مورد استفاده در محیط‌های تر باید حداقل دارای درجه حفاظت IP45 باشد (مقاوم در برابر آب تحت فشار)

۸-۸ سطح مقطع هادی‌ها

سطح مقطع هادی‌ها باید باتوجه به عوامل زیر تعیین شوند:

- حداکثر دمای مجاز؛
- افت ولتاژ مجاز؛
- تنشهای الکترومکانیکی که ممکن است در اثر اتصال کوتاه در آنها به وجود آید؛
- تنشهای مکانیکی دیگری که ممکن است در هادی ها ایجاد شود؛

- حداکثر مقاومت ظاهری، باتوجه به عمل وسیله حفاظتی در برابر اتصال کوتاه.

- نکات ذکرشده در بالا، در درجه اول، مربوط به تأمین حفاظت تأسیسات الکتریکی است ولی از لحاظ بهره برداری اقتصادی ممکن است از مقاطعی بزرگتر از آنچه که برای تأمین حفاظت لازم است استفاده شود.

۸-۹ انواع سیمکشی و طریقه‌های نصب آن

انتخاب نوع سیم‌کشی و طرز نصب به نکات زیر بستگی دارد:

- ماهیت محل؛
- نوع و ماهیت دیوارها و سایر قسمتهای ساختمان که سیمکشی‌ها را در بردارند؛
- قابلیت دسترسی به سیمکشی‌ها برای اشخاص و حیوانات اهلی؛
- ولتاژ؛
- تنشهای مکانیکی دیگری که ممکن است در حین نصب یا بهره‌برداری از تأسیسات الکتریکی در سیمکشی‌ها به وجود آید.

۹ سیستم اتصال زمین

۹-۱ اصطلاح‌ها و تعاریف

زمین (ارت): رسانندگی جرم زمین را در صورتی که پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از زمین به صورت قراردادی برابر صفر در نظر گرفته شود، زمین (ارت) می‌نامند.

سیستم اتصال به زمین (ارتینگ): یک یا چند الکترود همراه با سیمهای ارت را که قابلیت اتصال به ترمینال اصلی داشته باشند، سیستم اتصال به زمین (ارتینگ) می‌نامند.

الکترود ارت (زمین): رسانا یا گروهی از رساناهای متصل به هم است که اتصال الکتریکی به زمین را فراهم می‌کنند.

مقاومت الکترود ارت: مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است.

امپدانس حلقه اتصال به زمین: امپدانس حلقه جریان اتصالی زمین است که شروع و پایان آن نقطه اتصالی است و با ZS نشان داده می‌شود.

- حلقه اتصالی زمین در سیستمهای مختلف به شرح ذیل است:
  - سیستمهای TN: نقطه شروع (محل اتصالی)، از بدنه دستگاه به ترتیب به سیم ارت، شینه ارت، شینه نول، نقطه ترانس، سیم‌پیچ ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصال به بدنه.
  - سیستمهای TT و IT: نقطه شروع (محل اتصالی)، سیم اتصال به زمین، الکترود زمین، زمین، الکترود سیستم، شینه نول، نقطه صفر ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصالی.

اتصالی: حالتی از مدار است که جریان در مسیری غیرعادی یا بدون اینکه پیش‌بینی شده باشد یا در نظر گرفته شود، جاری می‌شود. این جریان امکان دارد از نقص در عایق‌بندی یا از بستهای به کار رفته بر روی عایق رساناها ناشی شود.

جریان اتصال به زمین (جریان اتصال کوتاه): اضافه جریانی است که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانسی قابل چشم‌پوشی بین هادیهای با پتانسیلهای مختلف در شرایط عادی کار برقرار شود.

جریان نشتی زمین: جریان جاری به زمین یا رساناهای دیگری را که مدار الکتریکی آنها به زمین راه دارد، جریان نشتی زمین می‌نامند. در صورت استفاده از خازن در مدارها، امکان دارد جریان مذکور دارای مقدار جزء خازنی هم باشد.

سیم اتصال به زمین (سیم ارت): سیم حفاظتی را گویند که ترمینال اصلی ارت تأسیسات را به الکترود ارت یا سایر قسمتهای اتصال به زمین وصل می‌کند.

سیم خنثی (نول): سیمی متصل به نقطه خنثی در سیستم (صفر زمین) که قادر است انرژی الکتریکی را انتقال دهد.

هادی حفاظتی(PE): در بعضی از اقدامات حفاظتی برای تأمین ایمنی در برابر برق‌گرفتگی لازم است با استفاده از هادی حفاظتی قسمتهای زیر به همدیگر وصل شوند:

- بدنه‌های هادی؛
- قسمتهای هادی بیگانه؛
- ترمینال اصلی زمین؛
- الکترود زمین؛
- نقطه صفر ترانس (نقطه خنثی)؛

سیم غلاف دار فلزی به منظورزمین کردن: یک نوع سیستم سیم‌کشی است که در آن سرتا سر طول یک یا چند سیم عایق‌دار توسط نوار یا غلاف فلزی پوشانده شده و مانند هادی PEN عمل می‌کند.

سیم مشترک ارت ـ (PEN): سیمی را که به طور مشترک، هم کار سیم اتصال به زمین و هم کار سیم نول را انجام دهد، سیم PEN می‌نامند.

قسمتهای بی‌حفاظ (روباز) هادی: قسمت بی‌حفاظ از تجهیزات را که قابل لمس بوده و حامل برق نیست، اما امکان برقدار شدن در شرایط اتصالی را دارد، قسمت بی‌حفاظ هادی می‌نامند.

ترمینال اصلی اتصال به زمین (ارتینگ): ترمینال یا شینه‌ای را گویند که برای اتصال به سیمهای محافظ تهیه شده و سیمهای هم‌پتانسیل‌کننده و سیمهای اتصال به زمین (ارت)، یا هر وسیله‌ای که به عنوان اتصال به زمین (ارتینگ) به کار می‌رود، به آن وصل می‌شوند.

قسمتهای برقدار: سیم یا قسمتهایی از رسانا را که برای استفاده‌های معمولی برقدار شده‌اند، قسمتهای برقدار می‌نامند.

سیم نول نیز شامل این قسمتهاست، اما طبق قرارداد، سیم PEN (سیم مشترک ارت ـ نول) به عنوان قسمت برقدار محسوب نمی‌شود.

پتانسیل زمین (ارت): پتانسیل الکتریکی ایجاد شده نسبت به جرم موجود زمین یا نسبت به سطح زمین اطراف الکترود ارت را هنگامی که جریان الکتریکی از الکترود به زمین جاری شود، پتانسیل زمین می‌نامند.

گرادیان پتانسیل (در یک نقطه از زمین): اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری شده بر واحد طول یک نقطه را در جهتی که پتانسیل بیشترین مقدار را داشته باشد، گرادیان پتانسیل می‌نامند.

دستگاه‌های سیار (قابل حمل): دستگاههای الکتریکی رامی‌نامند که در حال حرکت کار می‌کنند یا اینکه می‌توانند به آسانی از محلی به محلدیگر حرکت داده شوند. در حالی که به پست توزیع برق متصل هستند.

قسمتهایی که به طور همزمان با هم قابل دسترسی هستند: سیمها یا قسمتهای رسانا که به طورهمزمان در موقعیتهای مخصوصی قابل لمس هستند. این قسمتها شامل بدنه‌های برقدار، قسمتهای بدون حفاظ (روباز)، هادیهای بیگانه، سیم ارت و الکترودهای ارت هستند.

دستگاه پس‌ماند جریان (RCD): دستگاه سوئیچینگ مکانیکی یا مجموعه‌ای از دستگاهها که در شرایط مشخصی سبب بازنگه داشتن اتصالات در مواقعی می‌شوند که پس‌ماند جریان به مقدار معینی رسیده باشد.
هادی بیگانه: قسمتی از رساناها را که احتمال ایجاد پتانسیل، به ویژه پتانسیل ارت در آنها وجود دارد وقسمتهای شکل یافته‌ای از تجهیزات الکتریکی نیستند، هادی بیگانه می‌نامند.
وسایل قطع و وصل و کنترل (قبل یا بعد از تابلو): تجهیزاتی است که برای وصل یک مدار الکتریکی با هدف ذیل پیش‌بینی می‌شود:

- حفاظت
- کنترل
- جدا کردن
- انجام عملیات قطع و وصل

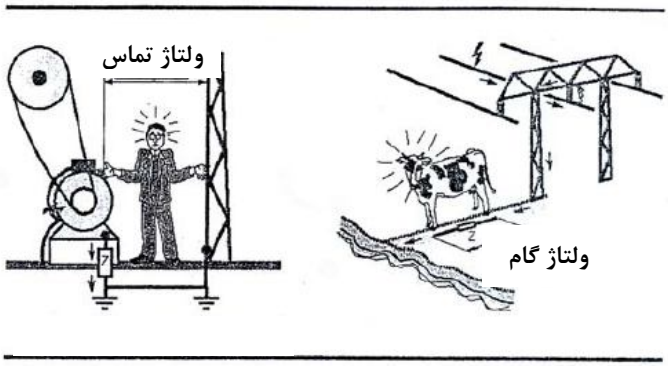
کانال کابل: محفظه یا پوششی است که بالای زمین یا داخل آن قرار دارد و در بعضی موارد دارای تهویه است و ابعاد آن اجازه ورود افراد را به داخل آن نمی‌دهد، ولی امکان دسترسی به هادیها یا کابلها در تمامی طول آن امکان‌پذیر است.
سینی کابل: تکیه‌گاه پایه داری برای کابل است که لبه‌های آن برگشته و بدون پوشش است و ممکن است دارای منافذ پرس شده باشد.
تونل کابل: محفظه‌ای است به شکل راهرو و آدم‌رو، حامی سازه‌های نگهدار برای هادیها یا کابلها و مفصلها که دسترسی آزاد برای افراد در تمام طول آن ممکن باشد.
تماس مستقیم: تماس افراد یا احشام است با قسمتهای برقدار، مانند تماس با سیم فاز یا تماس با سیم فاز و نول.
تماس غیرمستقیم: تماس افراد یا احشام با قسمتهای معیوب الکتریکی مانند تماس با کلید یا پریز معیوب یا بدنه فلزی برقدارشده که در حالت عادی برقرارنیستند.
ترمینال اصلی زمین (شینه ارت): ترمینال یا شینه‌ای است که برای وصل هادیهای حفاظتی که شامل هادیهای همبندی برای هم ولتاژ کردن و هادیهای مربوط به اتصال زمین عملیاتی (در صورت وجود) به سیستم زمین است، پیش‌بینی می‌شود.
تجهیزات مصرف‌کننده جریان: تجهیزاتی است که برای تبدیل انرژی الکتریکی به نوعی انرژی دیگر در نظر گرفته می‌شود. مانند لامپها، بخاری‌های برق و دینام‌ها.
عایق‌بندی: عایق‌بندی به قسمتهای برقدار اعمال می‌شود تا در برابر برق‌گرفتگی ایمنی ایجاد کند.

ولتاژ تماس: ولتاژی است که به هنگام بروز خرابی در عایق‌بندی بین قسمتهایی از هادیها، بدنه‌های هادی، قسمتهای هادی بیگانه و غیره که به طور همزمان در دسترس هستند، ظاهر می‌شود. (شکل ۹-۱)

ولتاژ تماس احتمالی: حداکثر ولتاژ تماس است که احتمال دارد در صورت بروز اتصال کوتاهی با امپدانس ناچیز، در تأسیسات الکتریکی ظاهر شود.

ولتاژ گام: ولتاژی است که براثر برخورد هادی فاز با زمین ایجاد می‌شود. این برخورد ممکن است در اثر پارگی هادیهای فاز برق فشار ضعیف یا فشار قوی بوجود آمده و یا اینکه در اثر از بین رفتن عایق‌بندی سیم‌ها یا کابلهای برقدار و نشت جریان برق به زمین حادث می‌شود. (شکل ۹-۱)

اضافه ولتاژ صاعقه: اضافه ولتاژ گذرایی در نقطه‌ای از سیستم است که به علت اصابت صاعقه‌ای با مشخصات معین ظاهر می‌شود.



شکل ۹-۱. ولتاژ گام و ولتاژ تماس

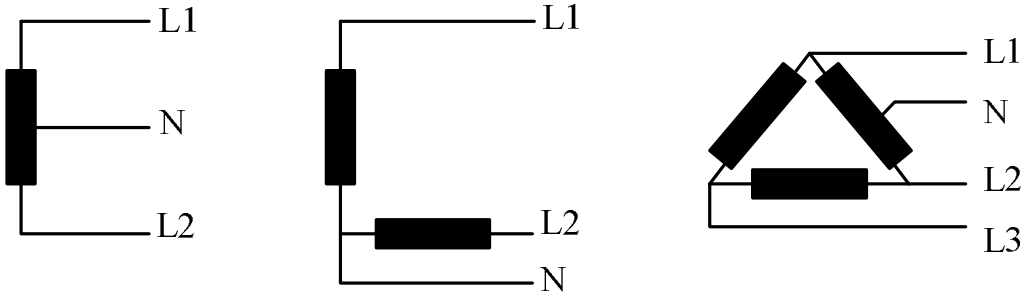
۹-۲ مفاهیم اساسی سیستم اتصال به زمین

- اتصال به زمین از دو نظر مهم است:
  - حفظ سلامت و ایمنی افرادی که از سیستم برق استفاده می‌کنند.
  - حفظ سلامت سیستم، صرفنظر از مسایل مربوط به ایمنی.
- اتصال به زمین از نظر انجام کار صحیح و سالم سیستم، دو هدف را دنبال می‌کند:
  - ایجاد شرایطی که در آن، سیستم از نظر فنی درست عمل کند، این هدف با برقراری مسیری از طریق زمین به منبع تغذیه و اتصال به زمین با استفاده از رله‌های حساس به دست می‌آید.
  - ایجاد شرایطی که در آن عایق‌بندی سیستم سالم می‌ماند.

درساده‌ترین تحلیل ممکن، یک سیستم از رساناها و عایقها تشکیل می‌شود، رساناها باید تا جایی که ممکن است جلوی عبور جریان برق از مسیرهای ناخواسته را بگیرند. به عبارت دیگر، عبور جریان برق باید در مسیر دلخواه برقرار شود و در سایر جهات از آن جلوگیری به عمل آید. عایقها حساس‌تر از هادیها هستند و علاوه بر دمای زیادی که سبب انهدام عایق می‌شود، بالا رفتن بیش از حد ولتاژ و اثر آن به مدت طولانی، مخصوصاً در دمای بالا، عایق را زودتر از بین برده و سبب بروز خرابی در سیستم می‌شود. به طورخلاصه، صرفنظر از اثر دما در تحلیل اولیه، عمر عایق‌بندی بستگی به شدت میدان و مدت زمان برقراری آن دارد. اگر شدت میدان کمی از مقدار مجاز آن بیشتر باشد، ممکن است پس از چند سال سبب خرابی عایق‌بندی شود و اگر این مقدار چند برابر مقدارمجاز باشد، درظرف چند دقیقه یا ثانیه سبب از بین رفتن عایق‌بندی در ضعیف‌ترین نقطه سیستم می‌گردد.

- انواع سیستمهای توزیع فشارضعیف:
  - سیستمهای سه فاز با هادی خنثی؛
  - سیستمهای تک فاز منشعب از سه فاز با هادی خنثی؛

دو سیستم مذکور در ایران معمول است، اما انواع دیگری سیستمهای توزیع وجود دارند که در شکل ۹-۲ نمونه‌هایی از آنها نشان داده شده است.



شکل ۹-۲. انواع سیستمهای توزیع فشار ضعیف

شناسایی هادیها در سیستمهای جریان متناوب:

برای مشخص کردن هادی فاز از حرف L اولین حرف کلمه (Live) استفاده می‌شود.

برای مشخص کردن هادی خنثی از حرف N اولین حرف کلمه (Neutral) استفاده می‌شود.

برای مشخص کردن هادی حفاظتی از حرف PE اولین حرف کلمات (Protective Earthing) استفاده می‌شود.

برای مشخص کردن هادی مشترک حفاظتی/خنثی از حروف PEN استفاده می‌شود.

بنابراین، سیستمهای تک فاز به صورت ذیل خواهند بود:

الف- سیستمهای دو سیمه L1+PEN; L1+L2; L1+N

ب) سیستم سه سیمه L1+N+PE

سیستمهای سه فاز به صورت ذیل خواهند بود:

الف) سیستم سه سیمه L1+L2+L3

ب) سیستمهای چهار سیمه L1 + L2 + L3 + N یا PE

ج) سیستمهای پنج سیمه L1 + L2 + L3 + N + PE

۹-۳ سیستمهای اتصال به زمین

- انواع مختلف اتصال به زمین: در انواع مختلف سیستمهای الکتریکی، وصل قسمتهایی از سیستم و بدنه‌های هادی لوازم الکتریکی به جرم کلی زمین از دو دیدگاه مورد توجه است:

الف) اتصال به زمین عملیاتی یا سیستم: در این روش وصل نقطه خنثای سیستم به زمین باعث قطع مدارهای معیوب احتمالی می‌شود و در نتیجه عایق‌بندی سیستم حفظ شده، صحت کار لوازم و دستگاههای الکتریکی تأمین و اضافه ولتاژها محدود می‌گردد و از این طریق به کارکرد صحیح لوازم و مدارها کمک می‌شود.

ب) اتصال به زمین حفاظتی: در این روش بدنه‌های هادی به خنثی و زمین وصل می‌شود تا در مواقع اتصالی مدار معیوب را به سرعت قطع کند و بدین ترتیب ایمنی افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستمهای الکتریکی هستند و همچنین سایر افراد جامعه که مصرف‌کننده نهایی انرژی هستند، تأمین شود و خطر آتش‌سوزی نیز محدودگردد.

- طبقه‌بندی سیستمهای اتصال به زمین فشار ضعیف:

انواع سیستمهای اتصال به زمین فشار ضعیف عبارتند از:

- TN شامل TN-C، TN-S و TN-C-S
- TT
- IT

- نامگذاری سیستمهای الکتریکی مذکور به صورت ذیل است:

الف) از دو حرف اصلی شناسایی، حروف اول سمت چپ رابطه سیستم با زمین را مشخص می‌کند. حرف اول از سمت چپ T برگرفته از کلمه (Terra لاتین) به معنای زمین: بدین معناست که یک نقطه از سیستم به زمین وصل است.

حرف اول از سمت چپ I برگرفته از کلمه (Isolated) ، نشان می‌دهد که سیستم از زمین مجزاست یا با مقاومتی بزرگ به آن وصل است.

ب) از دو حرف اصلی شناسایی، حرف دوم از سمت چپ رابطه بدنه‌های هادی تجهیزات با زمین را مشخص می‌کند. حرف دوم از سمت چپ: N نمایانگر آن است که بدنه‌های هادی به هادی خنثای زمین شده، وصل هستند. حرف دوم از سمت چپ: T مشخص می‌کند که بدنه‌های هادی، مستقل از زمین سیستم، به زمین وصل هستند.

ج) حروف کمکی نشان دهنده زیرسیستمها هستند (C,S): حرف سوم از سمت چپ: S بدنه‌های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مخصوص (PE) در مبدأ به نقطه خنثای سیستم وصل می‌شود (سیستم TN-S).

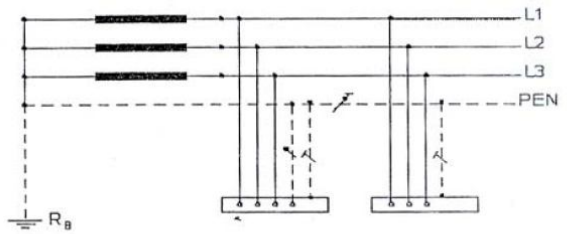
حرف سوم از سمت چپ: C بدنه‌های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مشترک مخصوص و خنثی (PEN) به زمین وصل می‌شود. (سیستم TN-C).

سیستم TN: در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) دریک یا چند نقطه ارت شده و قسمتهای هادی در قسمتهای هادی بیگانه تأسیسات تنها از طریق سیمهای ارت به نقطه یا نقاط ارت شده منبع متصل می‌شوند. به عبارت دیگر مسیری رسانا برای عبور جریانهای اتصال به زمین تأسیسات به نقطه یا نقاط ارت شده منبع وجود دارد.

این سیستم به چند دسته تقسیم می‌شود:

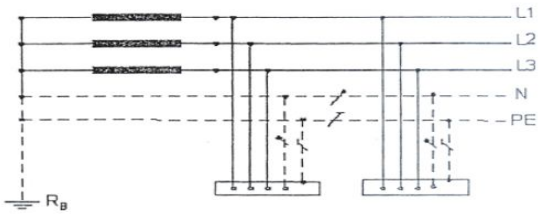
الف) سیستم TN – C :

در این سیستم، سیم ارت و نول مشترک هستند. به عبارت دیگر سیم نول که از شینه نول تابلوی اصلی به مصرف‌کننده‌ها برده می‌شود، هم به عنوان نول و هم به عنوان سیم ارت مورد استفاده قرار می‌گیرد یعنی یک انشعاب از سیم نول به بدنه هادی دستگاههای مصرف‌کننده به عنوان سیم ارت وصل می‌شود. کابلهای هم مرکز ارت شده یا کابلهای غلاف‌دار فلزی ارت شده که مسیر برگشتی برای عبور جریان اتصال به زمین را فراهم می‌آورند.



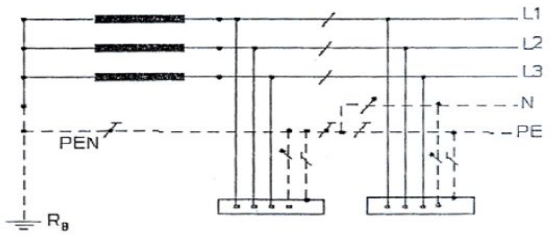
ب) سیستم TN-S:

در این سیستم، سیمهای نول و ارت از یکدیگر جدا هستند. یعنی در محل تابلوی اصلی برق علاوه بر شینه نول، شینه دیگری به نام شینه ارت وجود دارد که سیم ارت اصلی از الکترودهای زمین به آن وصل شده و از آنجا به موازات سیمهای نول و فازها (به صورت پنج سیمه) تا دستگاههای مصرف‌کننده برده شده و به بدنه هادی آنها متصل می‌شود.



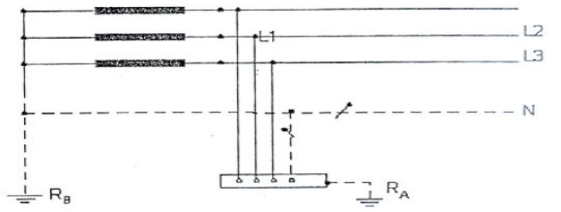
ج) سیستم TN-C-S:

تنها در بخشی از این سیستم (معمولاً در ابتدا)، سیم نول و ارت با یکدیگر مشترک هستند و از آن نقطه به بعد، سیم پنجمی از نول منشعب شده و جداگانه به بدنه دستگاههای مصرف‌کننده اتصال داده می‌شود.



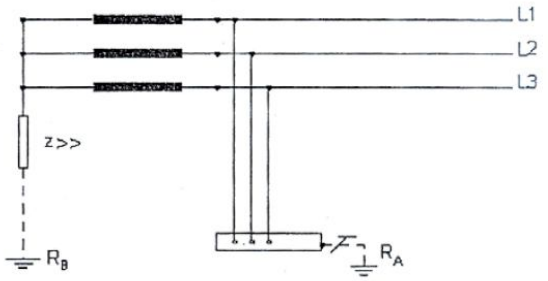
سیستم TT :

در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) در یک یا چند نقطه ارت شده و قسمتهای هادی در دسترس و هادی بیگانه تأسیسات به الکترود ارت محلی یا الکترودهایی که نقطه نظر الکتریکی مستقل از ارت های منبع سیستم هستند، متصل می‌شوند. یعنی اتصال به زمین حفاظتی هیچگونه ارتباطی با اتصال به سیستم ندارد.



سیستم IT :

در این سیستم منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) یا به طور کلی ارت نشده، یا از طریق یک امپدانس بزرگ ارت می‌شود و قسمتهای هادی در دسترس تأسیسات نیز به الکترود ارتی که از نظر الکتریکی مستقل است، وصل می‌شوند. در این سیستم نیز اتصال به زمین حفاظتی و اتصال سیستم با یکدیگر ارتباط ندارند. استفاده از این سیستم برای شبکه‌های عمومی توزیع برق ممنوع است.



- از انواع سیستمهای مذکور تنها استفاده از سیستم اتصال به زمین نوع TN در کارخانه‌ها و کارگاهها الزامی است. مگر آنکه نوع کارخانه یا کارگاه، استفاده از سیستمهای TT و IT را ایجاب کند که در این صورت لازم است با ذکر دلایل، اجازه مخصوص برای استفاده از این سیستمها گرفته شود.

- هادی خنثی (N) و هادی حفاظتی (PE) باید از همدیگر مجزا باشند و فقط در یک نقطه (نقطه مبدأ) به یکدیگر وصل شوند، نباید از محل جدا شدن هادیهای خنثی و حفاظتی، آنها را در نقطه دیگری به یکدیگر وصل کرد. علت این امر آن است که در صورت اتصال مکرر سیم نول و ارت به یکدیگر، حلقه ایجاد می‌شود که جریان چرخشی ناشی از آن در سیستمهای مخابراتی و الکترونیکی پارازیت یا نویز ایجاد می‌کند.
- در سیستم قدرت خالی بودن ظرفیت جریان سیم ارت مهم است. در صورت پر بودن ظرفیت (ایجاد LOOP) سیم ارت وظیفه خود رادر موقع لزوم به درستی انجام نخواهد داد.

۹-۴ انواع الکترودهای مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین

- سه نوع الکترود متداول و مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین عبارتند از:
- الکترودهای صفحه‌ای
- الکترودهای میله‌ای
- الکترودهای تسمه‌ای

۹-۴-۱ الکترودهای صفحه‌ای

- برای استفاده از این نوع الکترودها، صفحاتی از جنس مس با ابعاد حداقل ۰/۵ × ۱ متر و ضخامت حداقل ۲ میلیمتر و یا صفحاتی از جنس فولاد گالوانیزه با ابعاد حداقل ۰/۵ × ۱ متر و ضخامت حداقل ۳ میلیمتر پیشنهاد می‌شود.
- الکترودهای صفحه‌ای باید در عمقی که رطوبت زمین به طور دایمی وجود دارد، نصب گردد.
- آماده سازی خاک اطراف الکترود صفحه‌ای به روش ذیل است:
  - ابتدا مخلوطی از نمک، خاکه زغال چوب و خاک رس را به ترتیب با نسبتهای ۱ و ۴ و ۳۵ در بیرون با آب به صورت گل درآورده و اطراف صفحه الکترود را حداقل تا ۲۰ سانتیمتر بالاتر از لبه بالایی صفحه با این مخلوط پر کرده و سپس خاک رس سرند شده را در داخل چاه ریخته و به طور متناوب به آن آب اضافه شود.
- الکترودهای صفحه‌ای باید به صورت عمودی نصب شوند.
- اتصال سیم ارت به الکترود صفحه‌ای باید حداقل در دو نقطه مجزا انجام شود.
- برای اتصال سیم ارت به الکترود صفحه‌ای در صورت امکان جوش نقره بهتر است و جوش احتراقی (ترمیت) نیز روش مناسبی است. ضمن اینکه استفاده از کلمپ نیز جایز است.
- سیم اصلی اتصال به زمین (سیم ارت) متصل به صفحه مسی باید دارای سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع از جنس مس باشد (سیم شماره ۵۰).
- فاصله لبه بالایی الکترود صفحه‌ای از سطح زمین نباید از ۶۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

ب ـ الکترودهای میله‌ای

- برای استفاده از الکترودهای میله‌ای، میله‌هایی از جنس مس یا فولاد با روکش مس یا فولاد زنگ‌نزن و یا فولاد گالوانیزه پیشنهاد می‌شود.
- قطر الکترودهای میله‌ای از جنس مس و فولاد با پوشش مس به ترتیب ۱۲ میلیمتر و ۱۶ میلیمتر و برای میله‌هایی از جنس فولاد گالوانیزه ۱۶ میلیمتر پیشنهاد می‌شود.
- سیم اصلی اتصال به زمین که از سر چاه‌های ارت یا الکترودهای میله‌ای گرفته شده و به شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) وصل می‌شود، باید سیم مسی شماره ۵۰ باشد.
- استفاده از الکترودهای میله‌ای در مناطق خشک که رسیدن به لایه‌های مرطوب خاک در عمق کم امکان‌پذیر نیست، توصیه نمی‌شود.

ج ـ الکترودهای تسمه‌ای

- در صورتی که خاک محل نصب الکترودهای صفحه‌ای یا میله‌ای سخت باشد، به گونه‌ای که حفر چاه و رسیدن به لایه‌های مربوط خاک عملاً غیر ممکن یا دشوار باشد، می‌توان از سیستم

الکترودهای تسمه‌ای استفاده کرد. بدین صورت که الکترودها در خاک، به صورت افقی قرار می‌گیرند.

- از الکترودهایی به شکل تسمه مسی بدون روکش قلع با ضخامت مس حداقل ۲ میلی‌متر و یا تسمه فولادی گالوانیزه گرم با سطح مقطع حداقل ۱۰۰ میلمتر مربع (۳۰ * ۳/۵) و یا حتی سیم مسی لخت با سطح مقطع ۲۵ میلیمتر مربع (قطر ۵/۶ میلیمتر) می‌توان به عنوان الکترود افقی استفاده کرد.
- ضخامت الکترود تسمه‌ای نباید بیش از یک هشتم پهنای آن باشد.
- عمق دفن الکترود تسمه‌ای و پهنای آن تأثیر نسبتاً کمی روی مقاومت دارند. بنابراین، عمق دفن الکترودهای تسمه‌ای (افقی) بین ۰/۶ تا ۲ متر پیشنهاد می‌شود.
- علاوه بر سیم تسمه‌ای شکل می‌توان از سیم گرد نمره ۵۰ نیز به عنوان الکترود تسمه‌ای استفاده کرد.
- طول الکترودهای افقی تسمه‌ای یا سیمگرد، در چهار وضعیت تک رشته‌ای (ـ) ، و دو رشته عمود برهم (⊤)، سه رشته با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر (Y ستاره) و چهار رشته عمود بر هم (صلیبی +) مطابق جدول ۹-۱ برای دو نوع خاک رس و خاک آهکدار مشخص شده است.

جدول ۹-۱ طول الکترود تسمه ای (افقی) در چهار وضعیت مختلف برای دو نوع خاک

نوع الکترود	جنس خاک	طول الکترود (بر حسب متر)
تک رشته ای (-) تسمه‌ای و سیم گرد	رس	۵۰
	آهکدار	۲۰۰
دو رشته عمود به هم تسمه‌ای و سیم گرد (⊤)	رس	۴۰
	آهکدار	۱۵۰
ستاره (Y) تسمه و سیم گرد	رس	۳۰
	آهکدار	۱۱۰
چهار رشته عمود بر هم (+) تسمه	رس	۳۰
	آهکدار	۱۰۰
صلیبی سیم گرد	آهکدار	۵۰

- سیم اتصال به زمین متصل به الکترود تسمه‌ای باید نمره ۵۰ از جنس مس باشد.

۹-۵ مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکترودها

- مقاومت یک الکترود اتصال به زمین به مقاومت ویژه الکتریکی خاکی که الکترود در آن نصب شده است، بستگی دارد. به همین جهت، این عامل می‌تواند به منظور تصمیم‌گیری در انتخاب سیستمهای حفاظتی مهم باشد.

- مقاومت ویژه خاک به میزان رطوبت خاک و ترکیبات شیمیایی و نمکهای محلول موجود در خاک و اندازه و توزیع دانه‌ها و نزدیکی آنها به یکدیگر بستگی دارد. مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک برحسب اهم ـ متر در جدول ۹-۲ آمده است.

۹-۲ مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک بر حسب اهم - متر

نوع خاک	شرایط جوی			
	ریزش باران معمولی و زیاد (بیش از ۵۰۰ میلیمتر در سال)		شرایط صحرایی و ریزش باران کم (کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در سال)	آبهای زیرزمینی (چشمه آب شور)
	مقادیر احتمالی اهم - متر	گسترده مقادیر واقعی اهم - متر	گسترده مقادیر واقعی اهم - متر	گسترده مقادیر واقعی اهم - متر
خاک رس آبرفتی	۵	-	-	۱ الی ۵
خاک رس	۱۰	۵ الی ۲۰	۱۰ الی ۱۰۰	۱ الی ۵
خاکهای آهک دار	۲۰	۱۰ الی ۳۰	۵۰ الی ۳۰۰	-
سنگ آهک خلل و فرج دار(مانند گچ)	۵۰	۳۰ الی ۱۰۰	-	-
سنگ سیاه خلل و فرج دار (سنگهای رستی و سنگ سیاه)	۱۰۰	۳۰ الی ۱۰۰	-	-
کوارتز، سنگ آهک متراکم و بلوری (مانند مرمر)	۳۰۰	۱۰۰ الی ۱۰۰۰	-	-
تخته سنگهای رس و سنگهای رستی	۱۰۰۰	۳۰۰ الی ۳۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰	۳۰ الی ۱۰۰
گرانیت	۱۰۰۰	-	-	
شیست و سنگ آذرین	۲۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰	-	-
* به سطح آب محل بستگی دارد.				

- محل نصب الکترود بر حسب انواع خاک به ترتیب ذیل انتخاب می‌شود:

الف) زمین باتلاقی مرطوب؛

ب) خاک رس، خاک گلدانی، زمین قابل کشت، خاک گلدانی مخلوط با کمی شن؛

ج) خاک رس و خاک گلدانی مخلوط با درصدی از شن، سنگ و سنگریزه؛

د) شن خیس و مرطوب و زغال سنگ؛

- در صورت امکان نباید از شن خشک، سنگریزه، سنگ آهک، سنگ مرمر سیاه، گرانیت و زمین خیلی سنگی یا محلهایی که در آن صخره‌های خیلی نزدیک به سطح زمین وجود دارد، استفاده کرد.

- محل نصب الکترودها باید به گونه‌ای انتخاب شود که زهکشی آن کم باشد.

برای پایین بردن رطوبت در زمینهایی که سطح آب آنها بالاست، در قسمت انتهایی زمین کانالی حفری می‌شود که رطوبت اضافی آن را می‌گیرد تا زمین قابل استفاده باشد. بنابراین برای احداث سیستم اتصال به زمین در این گونه زمینها باید توجه شود که اگر سطح آب خیلی بالا باشد (به طوری که اطراف الکترود پر آب شود)، باعث اکسیده شدن و از بین رفتن الکترود خواهد شد. از سوی دیگر، در صورت پایین بودن بیش از حد رطوبت، خاک اطراف الکترود خشک شده، مقاومت الکتریکی آن بالا رفته و در نتیجه جریان اتصالی را به راحتی به زمین انتقال نمی‌دهد. بنابراین برای تنظیم رطوبت خاک، عمق کانال زهکشی باید مناسب باشد.

- از محلهایی که رطوبت آن ناشی از عبور جریان آب است مانند بستر رودخانه‌ها، باید اجتناب شود. زیرا در چنین شرایطی ممکن است نمکهای سودمند کاملاً شسته شوند.
- استفاده از لوله پلاستیکی یا فلزی برای آب‌دهی چاه ارت بلامانع است. به ویژه اگر همراه با بی‌کربنات دو سود باشد (در فصل خشک).
- در محلهای ساختمانی یا مکانهایی که عملیات کندن و خاکبرداری و خاکریزی و انجام شده، با توجه به امکان تغییر شرایط محلی، الکترودها باید در عمق بیشتر دفن شوند.
- محل نصب الکترودها باید به گونه‌ای انتخاب شود که کود و سایر و مواد دیگر به آن تراوش نکند.
- در مناطقی که مقاومت ویژه خاک زیاد است، می‌توان خاک محل چاه و اطراف الکترود را با خاک آماده‌سازی شده جایگزین کرد.
- در مناطق شمال کشور مانند گیلان و مازندران که رطوبت دایمی در سطح زمین وجود دارد، بهتر است از الکترودهای میله‌ای استفاده شود.
- در مناطق خشک کویری و نیز در مناطقی که خاک زمین آنها دج (سفت) است، استفاده از الکترودهای افقی پیشنهاد می‌شود.
- در زمینهای آبرفتی (زمینهایی که در مسیر رودخانه‌ها واقع شده‌اند و مواد کانی آنها شسته شده است) باید از الکترودهای افقی استفاده شود و خاک اطراف الکترود تعویض (آماده‌سازی) شود.
- الکترودهای صفحه‌ای تنها در مناطقی نصب می‌شوند که رطوبت کافی در اعماق زمین وجود داشته باشد.
- آماده‌سازی خاک فقط برای تأسیسات الکتریکی موقت می‌تواند اقتصادی‌ترین راه باشد و جهت تأسیسات با طول عمر بیشتر، شاید بهتر باشد خاک اطراف الکترودها با مواد ذیل که مقاومت ویژه پایین‌تری دارند، تعویض گردد:

الف) بنتونیت: ماده جاذب رطوبت است.

ب) بتون: مخلوطی از شن و ماسه و سیمان و آب است.

ج) بتون هادی که در آن به جای شن معمولی از دانه‌های زغالی استفاده شده است.

- درصورت استفاده بیش از یک الکترود (صفحه‌ای یا میله‌ای) حداقل فاصله دو الکترود باید برابر با عمق دفن آنها باشد.

- در مواردی که کارگاه در مناطق مرطوب قرار گرفته باشد، کلیه تجهیزات باید بادوام بوده و به طور مرتب بازرسی شوند و نسبت به زمین کردن آنها و مدارهای حفاظتی توجه خاص به عمل آید.

۹-۶ الکترودهای متفرقه

- ترمینال اصلی سیستم اتصال زمین باید قابل دسترسی باشد تا بتوان در صورت لزوم تأسیسات را از سیستم اتصال به زمین جدا کرده و اندازه‌گیریهای مربوط به اتصال به زمین را به راحتی انجام داد.

- الکترودهای متفرقه، اجزای هادی تأسیسات و تجهیزاتی از جنس مس، آهن، فولاد و غیره هستند که در ساختمانها وتأسیسات مربوط به آن برای مصارف ویژه به کار گرفته می‌شوند و در همبندی برای پایین آوردن مقاومت کل مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- غلافهای فلزی و زره کابلها را که معمولاً به منظور ایجاد مسیری برای هدایت جریان اتصالی به نقطه خنثای منبع در محل ترانسفورماتور مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به عنوان الکترود متفرقه محسوب کرد، به شرطی که حداقل به طور ۳۰۰ متر در زیر خاک مدفون باشد.

- سازه‌های قسمتهای فلزی که در پی‌های بتونی ساختمان قرارگرفته‌اند، می‌توانند به عنوان یک الکترود اتصال به زمین موثر و آماده به حساب آیند. سطح کل الکترودی که توسط اجزای فلزی در پی ساختمانهای بزرگ ایجاد می‌شود، می‌تواند مقاومت الکتریکی کمتری را نسبت به زمین البته در مقایسه با روشهای دیگر ایجاد کند.

مقاومت اجزای فولادی مستقر در حجم بتون یا میلگردهای به کار رفته در بتون نسبت به زمین برحسب نوع خاک و میزان رطوبت آن و شکل پی متفاوت خواهد بود. بتون جاذب رطوبت است، به ویژه در مناطق غیرخشک، هنگام قرار گرفتن در درون خاک، مقاومت ویژه‌ای در حدود ۳۰ تا ۹۰ اهم - متر دارد که کمتر از بعضی از انواع خاک است.

- مقاومت الکتریکی قسمتهای فلزی که به عنوان الکترود مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید نسبت به زمین، اندازه‌گیری و در فواصل زمانی منظم مقدار آن کنترل شود.
- باید از برقراری اتصال الکتریکی بین کلیه اجزای فلزی که جزء الکترود اتصال به زمین محسوب می‌شوند، اطمینان حاصل شود.
- برای اتصال الکتریکی بین اجزای فلزی به کار رفته در حجم بتون یا در زیر سطح زمین مانند میلگردهای بتون، بهترین روش جوشکاری در بالای سطح زمین است.
- در مورد پیچ‌های مهار (انکربولت) این کار معمولاً از طریق دور زدن هر محل اتصال سازه‌ای به کمک یک هادی همبندی انجام می‌شود. این امر به ویژه در مورد سطوحی که ممکن است قبل از نصب، رنگ بخورند، صورت می‌گیرد.
- الکترود چنبره‌ای: نوعی الکترود است که در بعضی مناطق و برای مصارف پایین شدت جریان می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد. در این روش از سیم لختی با نمره ۵۰ به صورت چنبره‌ای با شعاع بیرونی ۴۰ سانتیمتر تعداد ۵ حلقه (که در ته چاه اتصال به زمین (ارت) قرار می‌گیرد) استفاده

می‌شود.

- در کارگاه‌های کوچک نیز ایجاد سیستم اتصال به زمین مناسب با استفاده از الکترودهای صفحه‌ای، میله‌ای و یا تسمه‌ای الزامی است و همبندیها نیز طبق معمول اجرا می‌شود.
- در کارگاه‌ها و کارخانه‌های بزرگ، نمی‌توان از الکترودهای متفرقه به عنوان الکترودهای اصلی سیستم اتصال به زمین استفاده کرد. دراین حالت علاوه بر ایجاد سیستمهای اتصال به زمین مطمئن باید الکترودهای متفرقه را نیز با آنها همبندی کرد.
- برای تأسیسات نمی‌توان از لوله‌های آبرسانی عمومی، لوله‌های گاز، نفت، هوای فشرده و فاضلاب به عنوان تنها وسیله اتصال به زمین استفاده کرد.
- سیم نول باید به نحو مؤثری به زمین وصل شده باشد تا در صورت بروز اتصالی بین سیم فاز و یک سیم اتصال به زمین با مقاومت کم (غیر از اتصال مستقیم فاز و نول) مثلاً از طریق لوله‌کشی آب، ولتاژ سیم نول نسبت به اتصال زمین از مقدار مجاز ۵۰ ولت تجازو ننماید. بنابراین مقدار مقاومت سیم نول باید یک اهم یا کمتر باشد. (با اتصال به هادیهای بیگانه)

تبصره: منظور از مقاومت نول، کل مقاومت سیم نول است که ممکن است شامل چندین الکترود اتصال به زمین در نزدیکی پست ترانسفورماتور یا ژنراتور و اتصالات زمین کابلهایی با غلاف فلزی، اتصالات زمین خطوط هوایی در ابتدا و انتهای هر خط اصلی و غیره باشد.

- مقاومت کل سیستم الکترودهای اتصال به زمین (بدون اتصال به نول) باید کمتر از ۲ اهم باشد.
- مقاومت کل الکترودهای اتصال به زمین تا شعاع ۱۰۰متری پست برق نباید از ۵ اهم تجاوزکند.
- مقاومت کل الکترودهای اتصال به زمین مدارهای تغذیه کارگاه‌ها وکارخانه‌ها اعم از هوایی یا کابلی (با غلاف فلزی یا غلاف عایق) که طول آنها ۲۰۰ متر باشد، نباید از ۵ اهم تجاوز نماید.
- چنانچه طول سوله (ساختمان، کارگاه وغیره) یا فاصله سوله‌ها نسبت به یکدیگر بیشتر از ۲۰۰ متر باشد، باید میان آنها چاه اتصال به زمین (چاه ارت) احداث شود و مقاومت کل آن نباید از ۵ اهم تجاوز کند.
- به کارگرفتن الکترودی با حداقل مقاومت ۵ اهم در ۱۰۰ متری پست برق برای پوشش دادن منطقه در موارد بحرانی، الزامی است.

- استفاده از الکترودهای زمین در فاصله ۲۰۰ متری پست باعث می‌شود که در صورت بروز اتصالی بین یک هادی فاز و هادی حفاظتی، ولتاژ هادی حفاظتی و بدنه‌های هادی متصل به آن، به زمین نزدیکتر شده و در نتیجه ولتاژ تماس یا ولتاژ برق گرفتگی نیز کمتر می‌شود. (گستردگی زمین باعث کاهش راکتانس زمین می‌شود، در صورتی که راکتانس سیم با افزایش طول افزایش می‌یابد.

- در صورتی که تعداد پست برق دو یا بیشتر باشد، اگر پستها در حوزه همدیگر قرار گرفته باشند، مجموع مقاومت الکترودهای حفاظتی ۲ اهم برای هر دو پست کافی است. اما اگر حوزه پستها جدا باشد، یعنی پستها نسبت به همدیگر در فاصله دورتر قرار گرفته باشند، در آن صورت باید مقاومت

الکترودهای زمین هر پست به تنهایی ۲ اهم باشد و سپس با سیم رابط مناسبی به همدیگر اتصال داده شوند.

۹-۷ همبندی سیستم

- همبندی سیستم عبارت است از اتصال اجزای مختلف سیستم اتصال به زمین به یکدیگر به منظور هم پتانسیل کردن قسمتهای مختلف تأسیسات.
- به منظور هم پتانسیل کردن، باید قسمتهایی از هادیهای بیگانه به ترمینال اصلی اتصال به زمین (ارت) تأسیسات همبندی شوند که عبارتند از: لوله‌های فلزی گاز و نفت و آب و هوای فشرده، فاضلاب، لوله‌ها و مجراها و سایر سرویسها، سیستمهای حرارت مرکزی تهویه هوا، قسمتهای فلزی در دسترس ساختمان و صاعقه‌گیر.
- سیمهای همبندی لوله‌های آب و گاز باید تا حد امکان نزدیک به نقطه ورود آنها به ساختمان باشد (بعد از کنتور در طرف مصرف کننده و قبل از انشعاب لوله‌ها)

تبصره: در مورد کنتورهای نصب شده در داخل ساختمان، اتصال باید در فاصله حدوداً ۶۰۰ میلیمتر از کنتور باشد.

- انشعاباتی از سیم اتصال به زمین باید برای تجهیزات کمکی مانند تابلوهای کنترل ورله، اجزای فلزی سازه‌ها و تأسیسات اطفای حریق در نظر گرفته شوند.
- اتصالات انشعابی باید از شینه اصلی اتصال به زمین برای هر یک از دستگاه‌های تأسیسات برده شوند.
- در صورتی که چند دستگاه در کنار یکدیگر قرار داشته باشند، به جای انشعابات طولانی از شینه اصلی، از یک حلقه کمکی با انشعابات کوتاه استفاده شود.
- قسمتهای هادی بیگانه سیستم باید به کلیه بدنه‌های هادی که بطور همزمان در تماس هستند، اتصال فلزی مستقیم داشته باشند.

تبصره: اگر این اتصال از طریق تجهیزاتی که به قسمتهای فولادی مشترک وصل است، امکان‌پذیر نباشد، باید بدنه‌های هادی و قسمتهای هادی بیگانه با استفاده از سیمهای همبندی به یکدیگر متصل شوند.

- درمواردی که دو یا چند ایستگاه در نزدیکی یکدیگر قرار داشته و یک واحد به حساب آیند، سیستمهای زمین آنها باید با یکدیگر همبندی شوند، به طوری که کل منطقه تحت تأثیر یک سیستم زمین قرار گیرد. اگر ایستگاه‌ها دارای فصل مشترکی با یکدیگر باشند، دو جبهه مماس سیستمهای زمین آنها باید به یکدیگر وصل شوند تا کل منطقه با یک سیستم زمین پوشش داده شود. در صورتی که فاصله بین دو ایستگاه آن قدر زیاد باشد که نتوان آنهارا دو ایستگاه مجاور هم به حساب آورد، هادی زمین رابط با سطح مقطع کافی باید پیش‌بینی شود تا اطمینان حاصل شود که جریان اتصالی از طریق زره یا غلاف کابلها برقرار نخواهد شد (به دلیل جلوگیری از آسیب دیدن عایق کابل در اثر ایجاد حرارت جریان اتصالی، زیرا هادی تحمل گرمای زیاد را دارد).

- در کارخانه‌ها برای اتصال زمین پستها به یکدیگر نمی‌توان از زره یا غلاف کابلها استفاده نمود.
- در کارخانه‌هایی که دو پست یا بیشتر، سالن واحدی را که دارای اسکلت فلزی است تغذیه می‌کنند، وجود سیم رابط الزامی است و استفاده از اسکلت فلزی کافی نیست زیرا مقاومت آهن از سیم مسی بالاتر است.
- اگر دو پست مجزا هرکدام ساختمان مجزایی را که دارای اسکلت فلزی است، تغذیه کنند، برای اتصال دو پست به یکدیگر باید از سیم رابط مسی با سطح مقطع کافی جهت اتصال نولهای دو پست به یکدیگراستفاده نمود و اتصال دو اسکلت فلزی به وسیله یک هادی با سطح مقطع کافی به صورت هوایی با زمینی کافی نیست.
- اتصال زمین کارخانه‌های مجاوز (همسایه) – با پستهای مجزا - به یکدیگر منطقی نیست و تنها در صورت توافق مالکین می‌توان زمینهای آنها را به یکدیگر متصل کرد.
- برای جلوگیری از ایجاد جرقه (در اثراختلاف پتانسیل)، صاعقه‌گیر، مخازن مواد شیمیایی قابل اشتعال و اتصال به زمین برق - در صورتی که زمین آنها یکی باشد باید همبندی شوند.

تبصره: در صورت جدا بودن منابع شیمیایی آتشزا می‌توان اتصال به زمین جداگانه‌ای را برای آنها در نظرگرفت.

۹-۸ انتخاب نصب هادی زمین

- هادی زمین (سیم اتصال به زمین) قسمتی از سیستم زمین است که الکترود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می‌کند.
- از آلومینیوم لخت یا آلومینیوم دارای پوشش مس نباید در تماس با زمین چه به عنوان الکترود و چه به عنوان هادی زمین استفاده کرد. در محیط‌های مرطوب نیز نباید از این مواد به عنوان هادی زمین استفاده نمود.
- سیم هادی زمین (سیم اصلی اتصال به زمین) باید از نظر مکانیکی استحکام لازم را داشته باشد.
- هادی اتصال به زمین باید در مقابل خوردگی شیمیایی و الکترو شیمیایی استحکام لازم را داشته باشد.

تبصره: منظور از خوردگی شیمیایی اثر مواد شیمیایی خاک برروی فلز هادی اتصال زمین و منظور از خوردگی الکترو شیمیایی تشکیل پیل به وسیله فلزات ناهمگون در زمین است. (مانند مس و فولاد که مس نسبت به فولاد قطب مثبت تشکیل داده، سبب خوردگی سریع خواهد شد.

- برای اطمینان از استحکام سیم اتصال به زمین سطح مقطع آن طبق جدول ۹-۳ انتخاب می‌شود.
- سیم لخت اتصال زمین تا حد امکان نباید از داخل لوله‌های فلزی عبور کند. زیرا قبل از اتصال سیم ارت به شینه اتصال به زمین (ارت)، سیم اتصال زمین (ارت) نباید با زمین اتصال داشته باشد و در صورت استفاده از لوله‌های فلزی امکان اتصال وجود دارد.

تبصره: تنها در جاهایی که امکان آسیب دیدن سیم حفاظتی وجود دارد، استفاده از لوله فلزی پیشنهاد می‌شود.

- هادی مسی لخت نباید در طول مسیر تا محل اتصال به هادی خنثی یا هادی خنثی یا زمین، تماس الکتریکی داشته باشد. زیرا اگرمقاومت الکترود زمین زیادتر از حد مجاز شود، یا سیم اتصال زمین از الکترود ارت قطع گردد، به هنگام اتصال کوتاه ایجاد ولتاژ تماس خواهد کرد.
- چنانچه سطح مقطع هادیهای فاز کمتر از ۱۰ میلیمتر مربع باشد، هادی خنثی (نول) و حفاظتی (ارت) باید از یکدیگر مجزا باشند و در مورد سطح مقطع هادیهای فاز برای ۱۰ میلیمتر مربع و بیشتر می‌توان از یک هادی مشترک به عنوان هادی خنثی (نول) و حفاظتی استفاده کرد.

جدول ۹-۳. سطح مقطع سیمهای به کار رفته در سیستم اتصال به زمین (mm^2)

سیم فاز	سیم حفاظتی عایق دار		سیم مسی لخت	
	سیم عایقدار	کابل ۴ رشته‌ای	با حفاظت مکانیکی	بدون حفاظت مکانیکی
۱/۵	۴	۴	۴	۴
۲/۵	۴	۴	۴	۴
۴	۴	۴	۴	۴
۶	۶	۶	۴	۴
۱۰	۱۰	۱۰	۶	۶
۱۶	۱۶	۱۶	۱۰	۱۰
۲۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۳۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۵۰	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
۷۰	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
۹۵	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
۱۲۰	۷۰	۷۰	۵۰	۵۰
۱۵۰	۷۰	۷۰	۵۰	۵۰
۱۸۵	۹۵	۹۵	۵۰	۵۰
۲۴۰	-	۱۲۰	۵۰	۵۰
۳۰۰	-	۱۵۰	۵۰	۵۰
۴۰۰	-	۱۸۵	۵۰	۵۰

- وجود شینه اتصال به زمین (ارت) در تابلوی اصلی الزامی است، به طوری که سیم اتصال به زمین از الکترود به این شینه آمده و سپس از ترمینال اصلی به قسمتهای مختلف منتقل می‌شود.
- وجود شینه نول در تابلوی اصلی الزامی است.
- در سیستم TN-C-S که در اکثر موارد مورد استفاده است، اتصال شینه نول به شینه ارت در تابلوی اصلی ـ و فقط در تابلوی اصلی ـ الزامی است.
- با توجه به اینکه شینه نول از طریق سیم اتصال زمین به بدنه تابلو وصل است برای تسهیل در عیب یابی آن را باید روی مقره عایق سوار کنند.
- سیمهای اتصال به زمین (ارت) را می‌توان از شینه اصلی اتصال به زمین (ارت) به صورت دسته‌ای به قسمتهای فلزی هر جزء از تجهیزات وصل کرد.
- در صورت دفن سیمهای ارت فولادی یا مسی لخت در زمین، اگر این سیمها به منظور کاهش مقدار مقاومت اتصال به زمین ایستگاه در نظر گرفته شده باشد (به عنوان الکترود محسوب شود)، باید حداقل در عمق ۲۵ سانتیمتری زمین دفن کرد.
- از سیم آلومینیوم نمی‌توان به عنوان سیم ارت دفن شده در زمین استفاده کرد.

تبصره: از سیم آلومینیومی تنها در صورتی می‌توان در زیر سطح زمین استفاده کرد که در برابر تماس با خاک و رطوبت حفاظت شده یا دارای غلاف مناسب باشد.

- هنگام دفن سیمهای چند مفتولی باید دقت شود که مفتولها از یکدیگر جدا نشده و شکل اصلی سیم حفظ شود.
- اگر سیمهای ارت مدفون در زمین در برابر خوردگی حفاظت شده باشد، اما دارای حفاظت مکانیکی نباشد، برای مس و فولاد گالوانیزه گرم، سطح مقطع باید بیش از ۱۶ میلیمتر باشد.
- در صورتی که سیم مدفون در زمین در برابر خوردگی حفاظت نشده باشد، سطح مقطع برای سیم مسی باید بیش از ۲۵ میلیمتر مربع و برای سیم فولادی بیش از ۵۰ میلیمتر مربع باشد.
- ضخامت سیم تسمه‌ای بی‌حفاظ دفن شده در زمین برای فولاد گالوانیزه نباید از ۳ میلیمتر کمتر باشد.
- ضخامت سیم تسمه‌ای بی‌حفاظ دفن شده درزمین برای مس نباید کمتر از ۲ میلیمتر باشد.
- هنگام اتصال سیم اصلی اتصال زمین (ارت) به الکترود، مواد به کار رفته در اتصالات باید با مواد بکار رفته در الکترود و سیم اتصال به زمین سازگار باشد تا میزان خورندگی گالوانیک به حداقل برسد.
- مواد بکار رفته در اتصالات باید از نظر استحکام مکانیکی مقاوم باشند و به گونه‌ای محکم اتصال را برقرار نمایند.
- اتصال الکترودهای صفحه مسی به سیم اتصال به زمین باید از نوع اتصال دهنده مسی، جوش یا پرچ باشد. محل این اتصال باید با پوشش ضخیمی از قیر یا مواد مناسب دیگر حفاظت شود.
- برای اتصال انشعابی سیمهای چند مفتولی به سیم اصلی اتصال زمین می‌توان از اتصالات نوع فشاری (کلمپ) استفاده نمود. در صورت استفاده از بستهای پیچی، پیچها باید گشتاوری حداقل برابر ۲۰ نیوتن متر را تحمل کنند.

- در صورت استفاده از تسمه به عنوان سیم اتصال به زمین و اتصال آن به تجهیزات نباید تسمه را برای پیچی که قطر آن از یک سوم پهنای تسمه بیشتر است، سوراخ کرد.
- اتصالات آلومینیوم به آلومینیوم می‌تواند با استفاده از روشهای جوش قوس تنگستن ـ گاز خنثی (TIG) خنثی، یا جوش قوس فلز – گاز خنثی (MIG) ، جوشکاری با گاز اکسی استیلن یا لحیم سخت یا لحیم سرد پرسی، اتصال پرسی و اتصال پیچی انجام شود.
- اتصال بین آلومینیوم و مس باید از نوع پیچی، جوش سرد و یا جوش مالشی باشد و در ارتفاع حداقل ۲۵۰ میلیمتری ازسطح زمین قرار گرفته باشد.
- اتصالات بین مس و مس می‌تواند با یکی از روشهای لحیم کاری سخت فاقد روی با نقطه ذوب حداقل ۶۰۰ درجه سانتیگراد، پیچ کردن، لحیم کاری فشاری، جوشکاری حرارتی و جوشکاری پرس سرد انجام شود.
- هنگام اتصال سیم اتصال به زمین (ارت) به تجهیزات، اگر فلز رنگ شده باشد، باید هنگام وصل به قسمتهای فلزی گالوانیزه، قلع اندود کرد.
- در تأسیساتی که اتصال سیم همبندی اتصال زمین به تجهیزات در معرض خوردگی قرار دارد، باید از طریق رنگ ماستیک قیری یا لفاف حفاظتی مناسب این اتصالات حفاظت شوند.
- اتصالات زمین به برقگیرها باید دارای سطح مقطع کافی بوده و تا حد امکان راست و مستقیم باشد و این اتصالات نباید از لوله‌های آهنی یا سایر اجزای آهنی یا فولادی ـ که باعث افزایش امپدانس ضربه می‌شوند ـ بگذرد.
- اتصالات سیم اتصال به زمین به تجهیزات تا حد امکان باید به گونه‌ای باشد که سطوح تماس در یک صفحه قائم قرار گیرند.
- در مواردی که از غلاف فلزی و زره فلزی کابل استفاده شود، غلاف و زره باید با لحیم کاری به یکدیگر همبندی شده و اتصال اصلی هادی حفاظتی به کابل با لحیم‌کاری به زره انجام شود.

۹-۹ اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکترود زمین

- منظور از مقاومت الکترود، مقاومت حجم خاکی است که الکترود را احاطه می‌کند و به اصطلاح حوزه مقاومت الکترود زمین گفته می‌شود.
- هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکترودهای اتصال به زمین، در صورتی که به هیچ عنوان امکان جداسازی الکترودها و اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی مستقل آنها وجود نداشته باشد، با در نظر گرفتن کلیه اصول ایمنی و حصول اطمینان از پیوستگی، اندازه‌گیری مقاومت کل کافی است.
- هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکترود اتصال به زمین، به هیچ عنوان باز کردن نول ورودی (نول اداره برق) مجاز نیست.
- در کارخانه‌هایی که دارای چاه‌های اتصال به زمین متعدد هستند، با حصول اطمینان از پیوستگی همه آنها مقاومت کل اندازه‌گیری می‌شود.

- در کارخانه‌هایی که قطع برق آنها به هیچ عنوان مجاز نیست، ابتدا باید مقاومت کل اندازه‌گیری شود و درصورتی که این مقدار زیر یک اهم باشد، با اطمینان از همبندی کامل می‌توان چاهها راتک تک از مدار خارج کرد و مقاومت الکتریکی مستقل آنها را اندازه‌گیری نمود.
- در کارخانه‌هایی که الکترودهای قابل قبول چاه و اسکلت فلزی توأماً مقاومتی زیر حد مجاز دارند، با در نظر گرفتن کلیه موارد ایمنی و پیوستگی موضوع حل می‌شود.
- در شرایط اضطراری و استثنایی با تبعیت از رابطه ذیل مقاومت بیش از ۲ اهم قابل قبول است. هرگاه برای مجری مقررات ثابت شود که دریک منطقه، مقاومت اتصال اتفاقی بین یک هادی فاز و جرم کلی زمین (از راه تماس مستقیم هادی فاز با زمین یا هادیهای بیگانه که به هادی خنثی یا حفاظتی وصل نیستند) از ۷ اهم بیشتر است، مجری مقررات می‌تواند به جای ۲ اهم کل مقاومت مجاز نسبت به جرم کلیدر آن منطقه مقدار جدیدی را که از رابطه ذیل بدست می‌آید، مجاز اعلام کند:

که در آن:

RS= مقاومت کل مجاز جدید (به جای ۲ اهم) بر حسب اهم

RE= مقاومت اتفاقی اتصال فاز به زمین (مقدار تجربی آماری)

U_0= ولتاژ اسمی بین فاز و خنثای سیستم (۲۲۰ ولت در موارد عادی) بر حسب ولت

۵۰ = ولتاژ مجاز تماس بر حسب ولت

۹-۱۰ اتصال به زمین تجهیزات تولید برق

- اتصال به زمین تجهیزات تولید برق برای محدود کردن پتانسیل هادیهای حامل جریان نسبت به جرم کلی زمین انجام می‌شود و این کار به منظورحفاظت در برابر خطر برق گرفتگی در اثر تماس غیرمستقیم ضروری است.
- حفاظت از مولدهای برق از طریق اتصال بدنه‌های هادی مولد و قسمتهای هادی بیگانه به ترمینال اصلی اتصال به زمین انجام می‌شود.
- ترمینال اصلی اتصال به زمین به یک الکترود اتصال به زمین مستقل متصل می‌شود و در موارد مقتضی به سایر امکانات اتصال به زمین مربوطه به تأسیسات وصل می‌گردد.
- در مواردی که تأسیسات با بیش از یک منبع انرژی تغذیه شوند (مانند برق شهر و یک مولد) سیستم اتصال به زمین باید طوری طراحی شود که هر یک از منابع بتوانند مستقل از منابع دیگری کار کنند و اتصال به زمین خود را حفظ کنند.
- بهتر است برای هر مولدی که تأسیسات متصل به شبکه توزیع برق عمومی را تغذیه می‌کند، اتصال به زمین مستقل انتخاب شود.

- در ماشینهای مولد فشار ضعیف سنکرون یا آسنکرون که با برق شبکه تحریک می‌شود، اگر در سیم‌پیچهای ماشین نقطه خنثی وجود داشته باشد، این نقطه نباید اتصال شود و بدنه‌های هادی و قسمتهای هادی بیگانه باید به ترمینال اصلی اتصال به زمین تأسیسات وصل شوند.
- در مورد مولدهایی که می‌توانند مستقل از منبع برق شبکه کار کنند، اگر تنها یک مولد وجود داشته باشد، هر دو اتصال زمین حفاظتی و اتصال زمین سیستم از طریق وصل نقطه خنثای مولد به بدنه مولد و قسمتهای هادی بیگانه به یک ترمینال اصلی اتصال زمین با استفاده از یک الکترود اتصال زمین مستقل ایجاد شوند.
- در مورد مولدهایی که به عنوان منبع ذخیره یا منبع اضطراری بکار می‌روند، اگر تنها یک مولد فشار ضعیف وجود داشته باشد، نقطه خنثای سیم پیچ‌های آن، بدنه مولد، کلیه قسمتهای هادی در دسترس و قسمتهای هادی بیگانه باید به ترمینال اصلی اتصال زمین وصل شوند و این ترمینال اتصال زمین باید به یک الکترود اتصال به زمین مستقل وصل گردد.
- در صورتی که چند مولد به طور موازی به یکدیگر متصل باشند، اتصال زمین حفاظتی بدنه‌های مولد و قسمتهای فلزی مربوط به آن، مشابه اتصال زمین مربوط به یک مولد خواهد بود. ولی اتصال زمین سیستم برای سیم‌پیچها، تحت تأثیر جریانهای دوار قرار خواهد داشت (به دلیل امکان وجود جریان در سیستمهای اتصال زمین).
- برای رفع مشکل جریان جاری شده در سیم اتصال به زمین سیم‌پیچهای چند مولد که بطور موازی به یکدیگر وصل شده‌اند، روشهای ذیل را می‌توان بکاربرد:

الف) وصل یک ترانسفورماتور اتصال زمین خنثی بین فازها و زمین

ب) وصل نقطه خنثای مولدها به یکدیگر و اتصال نقطه خنثای یک مولد به سیم ارت

ج) استفاده از یک رآکتور مناسب در محل وصل خنثای هر مولد که باعث تضعیف جریانهای فرکانس بالاشود، بدون آنکه امپدانس قابل توجهی را در فرکانس اصلی از خود نشان دهد.

- در مولدهای سه فاز سیار فشارضعیف، سیم پیچهای مولدی را که تازه از کارخانه تحویل داده شده‌اند، نمی‌توان به بدنه ماشین وصل کرد. در این حالت ترمینالهای سه فاز و اتصالات نقطه خنثی باید جداگانه به جعبه ترمینال مولد یا پریز خروجی وصل شوند. همچنین نقطه ستاره سیم‌پیچهای مولد باید به یک نقطه مرجع مشترک وصل شود.

تبصره: نقطه مرجع مشترک از اتصال بدنه مولد کلیه قسمتهای فلزی در دسترس، زیر بدنه یا شاسی وسیله نقلیه و کلیه سیمهای حفاظتی به یکدیگر ایجاد می‌شود و در صورت امکان باید به نقطه اتصال زمین هم وصل شوند.

- در مولدهای سیار سه فاز فشارضعیف بهتر است که جعبه ترمینال یا پریز خروجی دارای پنج اتصال باشد: یک اتصال مجزا برای سیم اتصال زمین و چهار اتصال عادی برای سه فاز و نول.
- در مولدهای سیار سه فاز فشار ضعیف چنانچه فقط چهار اتصال وجود داشته باشد، از مولدها باید صرفاً برای تأمین بارهای سه فاز متعادل استفاده کرد و اتصال چهارم برای سیم اتصال زمین در نظر گرفته شود.

- در مولدهای سیار سه فاز فشار ضعیف با چهار اتصال، اتصال چهارم و سیم آن نباید به عنوان سیم مشترک ارت – نول (PEN) مورد استفاده قرار گیرد، زیرا در صورت قطع این سیم احتمال بروز خطر وجود خواهد داشت.
- اتصال بین نقطه مرجع مشترک و اتصال زمین واقعی در محل مولد ضروری است و بین نقطه خنثی و اتصال زمین در محل مصرف از وسیله حفاظتی جریان پسماند نباید اتصال برقرار شود.
- کلیه کابلهای سه فاز بهتر است دارای چهار رشته باشند و به پرده فلزی قابل انعطاف یا زرهی از سیمهای فولادی مجهز باشند تا بتوانند به عنوان سیم اتصال به زمین مورد استفاده قرار گیرند.
- در مولدهای تک فاز نیز باید کابل مجهز به پرده فلزی قابل انعطاف یا زرهی از سیمهای فولادی باشد تا بتواند به عنوان یک هادی حفاظتی مجزا عمل کند.
- در مواردی که به دلیل طولانی بودن کابل، مقاومت زره یا پرده فلزی آن افزایش یابد، دستیابی به یک امپدانس پایین برای حلقه اتصال به زمین را مشکل می‌سازد، باید از کابل پنج رشته‌ای برای سه فاز (و کابل سه رشته‌ای برای تک فاز) استفاده شود، به طوری که سیم اضافی را بتوان به صورت موازی با پرده فلزی وصل نمود.
- در مورد کابلهای فاقد پرده فلزی یا غلاف سیمی، این کابلها باید از نوعی انتخاب شوند که روکش آنها در برابر سایش مقاوم باشد و به سیم اتصال به زمین جداگانه مجهز باشد.
- در مواردی که ممکن است کابلها و تجهیزات در معرض خطر آسیب‌دیدگی قرار گیرند، می‌توان نوعی حفاظت تکمیلی را به کمک وسیله حفاظتی جریان پسماند (RCD) پیش‌بینی کرد. این وسیله نه تنها باید هنگام وقوع اتصالی بین سیم فاز و اتصال زمین یا بدنه فلزی عمل کند، بلکه باید خطر برق‌گرفتگی ناشی از تماس افراد با سیمهای برقدار کابلهای آسیب دیده فاقد زره یا تجهیزاتی را که کاملاً توسط محفظه فلزی پوشیده نشده‌اند، کاهش دهد.

۹-۱۱ اتصال به زمین خطوط هوایی

- اتصال به زمین سازه‌های فولادی مشبک (دکلها)، تیرهای فلزی و تیرهای بتونی نگهدارنده خطوط هوایی از طریق تماس آنها با زمین باید انجام شود.
- در مناطقی که مقاومت ویژه خاک آنها بالاست، اتصال به زمین هوایی که به مقر تکیه‌گاه متصل است و در انتهای تغذیه به نول وصل می‌شود مناسب بوده و تا حدودی حفاظت در برابر رعد و برق را نیز تأمین می‌کند.
- دکلهای فولادی ابتدای خطوط انتقال نیرو به سیستم اتصال زمین اصلی ایستگاه وصل می‌شوند.
- در مواردی که مقره‌ها به تیری از جنس غیررسانا یا بازوهای افقی غیررسانا که به تیر وصل است، متصل شوند، حذف همبندی قسمتهای فلزی بالای تیر باعث تحمل ولتاژ ضربه‌ای بیشتری خواهد شد و در این حال احتمال خرابی ناشی از جرقه فاز به فاز کاهش می‌یابد.
- در مواردی که تجهیزاتی مانند ترانسفورماتورها، کلیدهایی با قطع و وصل مکانیکی یا سرکابلها روی یک تیر پلاستیکی تقویت شده یا چوبی نصب شده باشند مقاومت در برابر ولتاژ ضربه وارد شده از

طریق تیرکاهش می‌یابد و بنابراین قسمتهای فلزی روی تیر باید با یکدیگر همبندی شده و به زمین اتصال داده شوند.

- مقره‌های مهار باید روی مهار تیر نصب شوند.
- هیچ بخشی از مقره نباید در ارتفاعی کمتر از سه متری بالای زمین قرار گیرد و لازم است که تا حد امکان بالاتر نصب شود، اما مقره باید طوری استقرار یابد که قسمت زیرین آن هیچ تماسی با سیم مهار در بالا و سیم فاز و تجهیزات برقدار نداشته باشد، حتی اگر یکی از آنها پاره، شکسته و یا شل شده باشد.
- براکتهای فلزی متصل یا نزدیک به هر یک از سازه‌های فلزی ساختمان یا قسمتهای متصل به ساختمان که نگهدارنده سیم فاز هستند، باید به زمین متصل شوند، مگر آنکه اولاً سیم عایقدار باشد و ثانیاً توسط یک مقره نگه داشته شود.
- سیم اتصال به زمین هوایی که در بالای خطوط نیروی هوایی نصب می‌شود، علاوه بر اینکه مسیری برای برگشت اتصال زمین ایجاد می‌کند، در برابر صاعقه نیز تا حدودی حفاظت به وجود می‌آورد.

۹-۱۲ اتصال به زمین روشنایی و تجهیزات الکتریکی مستقر در خیابانها

- تجهیزات مستقر در خیابان عبارتند از: تیرهای ثابت چراغ برق، تابلوهای راهنمایی مجهز به روشنایی، کیوسک‌ها و سایر وسایل مجهز به برق که به گونه‌ای دایمی در خیابان نصب هستند.
- تجهیزات مستقر در خیابان را می‌توان از طریق سیستم TN-S تغذیه و حفاظت کرد که در این صورت از کابل تغذیه با سیمهای فاز، نول و اتصال به زمین مجزا از یکدیگر استفاده می‌شود.
- قسمتهای هادی در دسترس تجهیزات خیابان، باید به ترمینال اتصال به زمین تجهیزات و همچنین به ترمینال اتصال به زمین مدار تغذیه متصل شوند.
- برای تغذیه و حفاظت تجهیزات خیابان می‌توان از سیستم TN-C-S نیز استفاده کرد. در این روش معمولاً از کابلی با سیم مشترک نول ـ اتصال زمین (PE) استفاده می‌شود.
- در روش TN-C-S برای تأسیسات جدید، بدنه‌های هادی در دسترس باید از طریق یک سیم مسی به ترمینال نول وصل شود و سطح مقطع این سیم حداقل باید ۱۰ میلیمتر مربع (سیم شماره ۱۰) یا برابر با سطح مقطع سیم نول مدار تغذیه باشد.
  - اجزای فلزی کوچک مجزا که احتمال تماس آنها با قسمتهای هادی در دسترس یا قسمتهای هادی بیگانه یا با سیم اتصال به زمین کم است (مانند درهای فلزی کوچک و چارچوب‌های در) نباید به ترتیب یاد شده به سیستم اتصال زمین وصل شوند.
- در صورتی که مداری بیش از یک وسیله خیابان را تغذیه کند (مثلاً به صورت حلقه)، یک الکترود اتصال زمین باید در واحد آخر یا ماقبل آن نصب شود و مقاومت اتصال زمین در هر نقطه قبل از وصل هر سیم همبندی یا سیم اتصال زمین به‌ترمینال نول باید کمتر از ۲۰ اهم باشد و چنانچه این مقاومت الکترود بیش از ۲۰ اهم باشد، باید الکترودهای اتصال زمین دیگری در طول مدار با فاصله‌های مساوی از یکدیگر نصب شوند.

- در صورتی که سیستم تغذیه TN-C باشد، ولی شرکت ناظر بر روشنایی عمومی، مایل به استفاده از کابلهایی با سیمهای مجزای اتصال به زمین نول باشد، و همچنین در مواردی که شرکت برق، ترمینال اتصال زمین را تهیه کرده ولی چاه اتصال زمین را برای استفاده در اختیار شرکت روشنایی نگذارد، شرکت ناظر بر روشنایی باید الکترود ارت حفاظتی خود را نصب کند و در این حالت سیستم اتصال به زمین باید از نوع TT باشد.
- الکترود ارت نول ترانسفورماتور تغذیه (TN-C) یک جزء مهم از حلقه اتصالی است، ولی مقاومت آن نسبت به الکترود اتصال به زمین تحت کنترل شرکت روشنایی خیابان نیست و در چنین شرایطی برای اطمینان از قطع تجهیزاتی که دچار اتصال شده‌اند، باید از وسایل حفاظتی جریان پسماند استفاده شود، استفاده از تیرهای چراغ برق فلزی یا اسکلت فلزی واحدهای کنترل و غیره به عنوان الکترودهای اتصال به زمین حفاظتی توصیه نمی‌شود.
- استفاده از تیرهای چراغ برق فلزی یا اسکلت فلزی واحدهای کنترل و غیره به عنوان الکترودهای اتصال زمین حفاظتی توصیه نمی‌شود.

۹-۱۳ اتصال به زمین داربستهای موقت و سازه‌های فلزی

- سازه‌هایی که به کمک اتصال پیچی یا بستهای پیچی سوار می‌شوند، با توجه به تعداد اتصالات، مسیرهای متعددی با مقاومت نسبتاً مطلوب ایجاد می‌کنند، اما نباید این سازه موقت فلزی را به نحوی موثر متصل به زمین دانست.
- درصورتی که سازه‌های موقت حامل مدارهای روشنایی یا مصارف کوچک باشد، توصیه می‌شود که سازه با سیم حفاظتی همبندی شود.
- در سازه‌های موقت چنانچه ولتاژ کار مدار کمتر از ۵۰ ولت (AC) باشد، نیازی به همبندی نیست.
- برای استفاده از ولتاژ کار بیشتر از ۵۰ ولت (AC)، سازه فلزی به عنوان قسمتی از هادی بیگانه محسوب شده و باید با سیم حفاظتی همبندی شود.
- در صورتی که سازه موقتی در کنار ساختمان بلندی نصب شده باشد، این سازه فلزی موقت باید در برابر صاعقه نیز حفاظت شود.
- برای حفاظت سازه موقت فلزی در برابر صاعقه، باید این سازه، هم در بالاترین نقطه نزدیک به ساختمان و هم در سطح زمین و یا در نزدیکی آن به یک یا چند سیم حفاظتی وصل شود.
- سازه‌های فلزی موقت ممکن است برای حفاظت کافی در برابر صاعقه به الکترودهای ارت جداگانه نیاز داشته باشند که این امر به ساختار پی‌ها و پایه‌های موقت بستگی دارد.

۹-۱۴ طرح و اجرای همبندی اصلی در میلگردهای بتن مسلح در ساختمان‌های بتنی

- براساس مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان و با توجه به وجود مقاومت الکتریکی در اتصالات عادی بین میلگردهای بتن مسلح، بایستی پیش از هر مرحله بتن‌ریزی به ترتیبی که شرح داده

می‌شود، اتصالات الکتریکی مطمئنی را به وجود آورد و سپس شبکه میلگرد را به اتصال زمین ساختمان متصل نمود.

- مهندسین طراح تأسیسات الکتریکی ساختمان‌های بتنی مؤظفند تمامی نقشه‌های لازم جهت اجرای همبندی اصلی در میلگردهای ساختمان را تهیه و برای اجرای کار در اختیار کارفرما بگذارند.
- مهندسین ناظر تاسیسات الکتریکی ساختمان‌های بتنی مؤظفند بر اساس طرح داده شده بر حسن اجرای همبندی اصلی در میلگردهای ساختمان نظارت نمایند.

۹-۱۴-۱ روش طراحی

نقشه‌های همبندی اصلی در میلگردهای ساختمان بایستی بر روی پلان شالوده (فونداسیون) و پلات‌های تیر ریزی و مقاطع ستون‌ها و در صورت لزوم سایر نقشه‌های سازه ترسیم و جزئیات (دیتایل‌های) لازم به آن‌ها افزوده می‌شود.

همبندی در میلگردهای ساختمان با ایجاد شبکه‌ای از یک هادی در فونداسیون و همه طبقات ساختمان انجام می‌شود. این شبکه تمام بخش‌های زیر را در بر می‌گیرد.

الف)تمامی شناژهای ارتباطی فونداسیون

ب)تمامی شناژها در همه‌ی سقف‌ها

ج) کلیه راه پله ها

د)تعدادی از ستون‌های همه طبقات

- هادی همبند کننده در این شبکه یک عدد میلگرد با سطح مقطع مناسب است که بر اساس طرح همبندی به میلگردهای موجود در نقشه‌های سازه اضافه می‌شود.
- میلگردهای همبندی بایستی با سیم آرماتوربندی معمولی به میلگردهای اصلی سازه بسته شوند. (تعداد بست و روش بستن آنها مانند میلگردهای اصلی سازه است)
- اتصال الکتریکی مطمئن بین قطعات میلگرد همبندی به وسیله جوشکاری (با استفاده از ترانس جوش معمولی) بوجود می‌آید.

۱۰ الزامات سیستم توزیع بیمارستانها

۱۰-۱ سیستم برآورد، تامین و توزیع نیروی برق بیمارستانها

نیروی برق مورد نیاز بیمارستان باید پس از برآورد میزان کل مصرف و اعمال ضرایب همزمانی و همچنین پیش‌بینی توسعه آتی به شرح زیر پیش‌بینی، محاسبه، تامین و توزیع شود:

۱۰-۱-۱ برآورد میزان کل مصرف برق

میزان مصرف برق باید براساس محاسبه توان کل نصب شده و اعمال ضرایب همزمانی مناسب برای سیستمها، تجهیزات و دستگاه های زیر برآورد و محاسبه شود:

- سیستم روشنایی شامل روشنایی عمومی و موضعی (عادی و اضطراری) برای تمامی بخش‌ها و قسمت‌های داخلی بیمارستان و همچنین روشنایی ساختمان های جنبی و محوطه بیمارستان
- پریزهای مصارف عمومی
- آسانسورها شامل آسانسورهای بیماربر و معمولی
- تجهیزات بخش‌های جراحی، زایمان و مراقبت‌های ویژه
- دستگاه‌های عکسبرداری اشعه ایکس و سونوگرافی و تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)
- لوازم و وسایل برقی آشپزخانه، آبدارخانه و سلف سرویس
- موتورخانه مرکزی و مراکز فرعی تاسیسات مکانیکی
- مراکز اصلی و فرعی ضدعفونی و گندزدایی، و رختشویخانه
- تجهیزات فیزیوتراپی (مکانوتراپی، هیدروتراپی، الکتروتراپی و غیره)
- تجهیزات آزمایشگاه‌ها
- فن‌کویل‌ها، هوارسان‌ها، ایرواشرها و مکنده‌ها
- سیستم‌های آبرسانی شامل افزایش فشار آب مصرفی و آتش‌نشانی
- دستگاه‌های تصفیه فاضلاب
- دستگاه‌های زباله‌سوز و سردخانه مربوط
- مرکز گازهای طبی شامل پمپ‌های خلاء و هوای فشرده
- تجهیزات سردخانه جسد
- تجهیزات ساختمان‌های جنبی

۱۰-۱-۲ تامین نیروی برق

برای تامین نیروی برق عادی مورد نیاز بیمارستان، باتوجه به میزان مصرف باید با احداث یک پست انشعاب فشار متوسط و یک پست تبدیل برق فشار متوسط به فشار ضعیف برابر ضوابط و استانداردهای شرکت‌های برق منطقه‌ای از شبکه سراسری برق کشور استفاده شود و به منظور تامین نیروی برق اضطراری در مواقع قطع جریان برق عادی، باید از مولدهای برق اضطراری نوع خودکار، با قدرت کافی و متناسب با احتیاجات هر بیمارستان، پیش‌بینی شود. در مواردی که استفاده از شبکه برق سراسری امکان پذیر نباشد، برای تامین نیروی برق مورد نیاز و به منظور حصول اطمینان در مورد داشتن برق بدون وقفه،

باید دو دستگاه مولد برق دایم، هر کدام با حداقل ۶۰ درصد قدرت کلی برق لازم پیش‌بینی شود تا در صورت خرابی یکی از دستگاه ها، تامین حداقل شصت درصد برق مورد نیاز به وسیله دستگاه دیگر امکان پذیر گردد. در این صورت، احتیاج به داشتن مولد برق اضطراری نخواهد بود.

۱۰-۱-۳ پست فشار متوسط، تبدیل، و موتورخانه برق اضطراری

به منظور تامین نیروی برق مورد نیاز از شبکه فشار متوسط شهر، باید ساختمانی برای احداث پست فشار متوسط اصلی پیش‌بینی شود که شامل قسمت‌های مجزایی برای نصب تابلوهای اصلی فشار متوسط، ترانسفورماتورهای تبدیل، تابلوهای اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف و خازن‌های تصحیح ضریب قدرت، و همچنین مولد برق اضطراری خواهد بود. این قسمت ها، باید به وسیله احداث دیوار آجری به ضخامت حداقل ۳۵ سانتی‌متر یا دیوار بتنی به ضخامت حداقل ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر جدا شود. این ساختمان، براساس مشخصات شرکت برق منطقه‌ای، نزدیک به در اصلی ورود به محوطه بیمارستان بوده، و در صورت امکان، برای ورود به قسمت فشار متوسط، دری مستقل در سمت خیابان خواهد داشت.

۱۰-۲ اتاق ترانسفورماتور

۱۰-۲-۱ ترانسفورماتورها

باتوجه به اهمیت داشتن برق ثابت و قابل اطمینان در بیمارستان، باید حداقل دو دستگاه ترانسفورماتور با قدرت مساوی، یکی برای تامین نیروی برق سیستم‌های عادی منشعب از تابلوی اصلی توزیع برق عادی، و دیگری برای تامین نیروی برق سیستم‌های اضطراری منشعب از تابلوی اصلی توزیع برق اضطراری و، همچنین، برق اضطراری برای روشنایی محوطه، ساختمان های جنبی و غیره، پیش‌بینی شود.

۱۰-۳ مولد برق اضطراری

به منظور تامین نیروی برق اضطراری، باید یک یا چند دستگاه مولد برق اضطراری از نوع خودکار، که متناسب با قدرت برق اضطراری مورد نیاز باشد، همراه با تابلوی فرمان مربوطه، پیش‌بینی شود. این مجموعه باید در صورت قطع جریان برق عادی به طور خودکار فوراً شروع به کار کند (زمان لازم برای به کار افتادن موتور دیزل و بهره‌برداری نیرو حدود ۵ تا ۷ ثانیه خواهد بود)، و پس از برقراری جریان برق عادی، حداقل تا ده دقیقه دیگر به کار خود ادامه داده، و سپس به طور خودکار خاموش شود.

در صورتی که تعداد مولدهای اضطراری بیش از یک دستگاه باشد، باید کلیدهای آن از لحاظ قدرت و مشخصات یکسان بوده و ساخت یک کارخانه باشد.

۱۰-۳-۱ استاندارد ساخت

الف- موتور دیزل

موتور دیزلی یا با سوخت گازی باید بر طبق مشخصات مندرج در استانداردهای BS 5514,DIN 6280,DIN 6271,ISO 3046 یا یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

ب- ژنراتور

ژنراتور باید بر طبق مشخصات مندرج در استانداردهای VDE 0530,BS 5000,BS 4999,IEC 34 یا یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۱۰-۳-۲ مشخصات فنی و روش نصب

مشخصات فنی و روش نصب مولدهای برق شامل موارد زیر باید با ضوابط و معیارهای ارایه شده در فصل نهم از نشریه ۱۱۰ و همچنین مبنی بر دستورالعمل شناسایی و آماده بکاری مولدهای اضطراری تامین کننده برق مراکز حیاتی، حساس، مهم و ضروری[۱] مطابقت نماید. با توجه به اینکه کلیه بیمارستانها و مراکز درمانی کشور از جمله این مراکز می‌باشند، بنابراین لازم است موارد زیر در کلیه پروژه‌های در دست اجرا و طراحی به دقت رعایت گردد:

۱) قدرت مورد نیاز مولدهای اضطراری میبایست توسط مشاور طرح بطوری محاسبه و تعیین گردد که جوابگوی تداوم خدمات باشد، سپس تاییدیه وزارت نیرو یا شرکت توانیر و درمناطق و استانها تاییدیه شرکت برق منطقه ای یا شرکت توزیع نیروی برق، توسط مشاور اخذ گردد.

۲) در قراردادها (شامل خرید، حمل، نصب و راه اندازی مولدها) تاکید بر رعایت کلیه استانداردهای مربوطه، تامین تجهیزات، تست، نصب و راه اندازی، تحویل موقت و تحویل دائم مولدها، تهیه و تحویل کلیه مدارک مورد نیاز دوران بهره‌برداری، نگهداری وتعمیرات، همچنین تهیه لوازم یدکی جهت دوران راه اندازی و بهره - برداری، آموزش پرسنل کارفرما و بهره بردار، گارانتی و خدمات پس از فروش لحاظ گردد.

۳) حتی‌المقدور حداقل تعداد مولدهای اضطراری باید دو دستگاه باشد (جمع قدرت مورد نیاز به دو دستگاه و یا بیشتر تقسیم گردد).

۴) مولدها میبایست دوگانه سوز بوده و سوخت حداقل ۷ روز کاردائم آن همیشه ذخیره شده باشد.

۵) در زمان رخداد بحرانها، دسترسی به مولد میبایست به آسانی میسر بوده و راه اندازی آن سریع باشد.

۶) محل نصب مولدها باید به گونه‌ای باشد که در زمان بهره‌برداری از نظر صوتی و دود خروجی اگزوز، آلودگی ایجاد ننموده و هوای لازم و مورد نیاز، به مولدها برسد.

۷) فونداسیون مولدها میبایست از فونداسیون ساختمان بطور جداگانه اجرا شده و جهت اجرای فونداسیونهای مولدها، عمود بر یکدیگر باشد (بدین ترتیب هنگام وقوع زلزله احتمال آسیب فونداسیون مولدها کمتر خواهد شد).

۸) مولدها میبایست قابلیت کار دائم (Continues Duty) را داشته باشند.

۹) مولدها میبایست قابلیت Change Over را داشته و به همراه تابلوهای Change Over نصب گردند تا در زمان قطع شبکه سراسری برق بصورت خودکار در مدار قرار گرفته و تامین برق نمایند.

۱۰) اتصال زمین مولدها، تابلوها و تاسیسات برقی میبایست مطابق استاندارد انجام شود.

۱۱) مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان ایران (طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها) در خصوص لزوم تامین مولد باید رعایت شود.

۱۲) افراد مشخصی (بیش از یک نفر) میبایست در مورد نحوه بهره‌برداری و نگهداری مولدها آموزش کامل دیده و در مواقع اضطراری، در دسترس باشند.

---

[۱] مطابق با نامه معاون محترم وزیر و هماهنگ کننده اجرای طرحهای پدافند غیرعامل

۱۳) شبکه تامین برق داخلی ساختمانهای مشمول این دستورالعمل، میبایست برای شرایط عادی و همچنین شرایط بحرانی به‌صورتی طراحی گردند که در صورت وقوع شرایط اضطراری، فقط با تغییر یک کلید دوطرفه، شبکه آماده استفاده از مولد گردد.

۱۴) کلیه مولدهای موجود در مراکز حیاتی و حساس میبایست قابلیت Fast Starter را داشته و به محض قطع برق فعال شوند.

۱۵) در کلیه مراکز Change Over موجود باشد.

۱۰-۴ خازن‌های اصلاح ضریب قدرت

برای اصلاح ضریب مصرف برق، و رساندن آن به نود و شش درصد، باید سیستم خازن اصلاح ضریب قدرت، نوع خودکار، متناسب با قدرت مصرف پیش‌بینی شود.

استاندارد ساخت و روش طراحی و اجرای مجموعه یک سیستم اصلاح ضریب قدرت خودکار که شامل تابلوی اتصال کابل، تابلوی دستگاه رگولاتور، تابلوهای فرمان و خازن‌های صنعتی بوده و به صورت یک واحد روی یک شاسی نصب می‌شود.

۱۰-۵ پست‌های فرعی فشار متوسط برق

در بیمارستان‌های بزرگ و وسیع که مجهز به بخش‌های مختلف و ساختمان‌های جنبی پراکنده و دور از ساختمان مرکزی بیمارستان (مانند آموزشگاه، آسایشگاه، پرستاری، بخش مسکونی کارکنان و غیره (میباشد، باتوجه به جنبه‌های فنی- اقتصادی، باید برای هر بخش، یک پست برق فشار متوسط فرعی جداگانه، منشعب از پست فشار متوسط اصلی، با سیستم رینگ داخلی پیش‌بینی شود.

۱۰-۶ سیستم تابلوهای توزیع نیروی برق

۱۰-۶-۱ سیستم‌های نیرو و منابع تغذیه

سیستم‌های نیرو و منابع تغذیه مورد استفاده در تاسیسات برق بیمارستان باید متناسب با موارد کاربری از انواع TN-S, TT و یا IT انتخاب شود. استفاده از سیستمهای TNCS,TNC مجاز نخواهد بود.

۱۰-۶-۲ سیستم تابلوهای توزیع

به منظور توزیع نیروی برق قابل اطمینان، و تا حدی بدون وقفه، در کلیه قسمت‌های بیمارستان به طوری که بروز اشکال در یک مدار فرعی یا در یک قسمت، اثری در کار سایر مدارها و یا قسمت‌ها نداشته باشد و باعث قطع جریان برق آن نشود، باید سیستم های توزیع زیر در نظر گرفته شود.

۱۰-۶-۲-۱ تابلوهای اصلی توزیع نیروی برق

برای توزیع و کنترل برق مورد نیاز تابلوهای نیم اصلی، تابلوهای توزیع و فرمان موتورخانه مرکزی، دستگاه‌های عکسبرداری اشعه ایکس، آسانسورها، مراکز فرعی تاسیسات مکانیکی، ساختمان‌های جنبی، روشنایی محوطه و غیره، باید حداقل سه دستگاه تابلوی اصلی توزیع نیروی برق جداگانه، از نوع ایستاده پیش‌بینی شود، که دو دستگاه آن برای توزیع نیروی برق عادی، و یک دستگاه دیگر برای توزیع نیروی برق اضطراری به کار خواهد رفت. تابلوهای اصلی باید متناسب با تعداد و قدرت تابلوها و دستگاه‌های مختلف لازمه بوده، و حداقل دارای بیست درصد مدار اضافی به عنوان یدک باشد، و در ساختمان پست فشار متوسط نصب شود.

در بیمارستان‌های بزرگ‌تر، تعداد تابلوهای مزبور، متناسب با ظرفیت بیمارستان، سطح محوطه مربوط و ساختمان‌های جنبی، زیادتر خواهد بود.

۱۰-۶-۲-۲ تابلوهای نیمه اصلی توزیع نیروی برق

باتوجه به این که امتداد کلیه کابل‌ها از تابلوهای توزیع فرعی مختلف واقع در داخل ساختمان مرکزی بیمارستان، به تابلوهای اصلی توزیع نیروی برق واقع در پست برق به علت فاصله زیاد، از لحاظ فنی - اقتصادی قابل توجیه نمی‌باشد. بنابراین، به منظور برق‌رسانی به تابلوهای مزبور، لازم است دو دستگاه تابلوی نیم اصلی توزیع نیروی برق از نوع ایستاده - یکی برای توزیع نیروی برق عادی و دیگری برای توزیع نیروی برق اضطراری - متناسب با تعداد و قدرت تابلوهای فرعی توزیع نیروی برق، با حداقل ده تا بیست درصد مدار اضافی به عنوان یدک، برای نصب در اتاق مخصوص برق واقع در مرکز ساختمان، پیش بینی شود.

۱۰-۶-۲-۳تابلوی توزیع و فرمان برق موتورخانه مرکزی، و مراکز فرعی تاسیسات مکانیکی

به منظور برق‌رسانی به وسایل و دستگاه‌های مختلف موتورخانه مرکزی، تابلوهای توزیع برق مراکز فرعی تاسیسات مکانیکی، و همچنین فرمان پمپ ها و غیره، لازم است دو دستگاه تابلوی توزیع و فرمان جداگانه از نوع ایستاده – یکی برای توزیع و فرمان نیروی برق عادی، و دیگری برای توزیع و فرمان نیروی برق اضطراری مورد نیاز - متناسب با تعداد و قدرت و احتیاجات کلیه تجهیزات و دستگاه‌ها، با حداقل ده درصد مدار اضافی به عنوان یدک، برای نصب در موتورخانه مرکزی پیش بینی شود.

۱۰-۶-۲-۴ تابلوهای توزیع برق آشپزخانه، رختشویخانه و مراکز ضدعفونی و گندزدایی

برای برق‌رسانی به دستگاه‌های آشپزخانه، رختشویخانه و مراکز گندزدایی، باید برای هر کدام از این گونه محل‌ها، یک و یا دو دستگاه تابلوی توزیع نیروی برق جداگانه از نوع دیواری توکار، یا نیم ایستاده، متناسب با تعداد و قدرت و احتیاجات دستگاه‌های هر کدام پیش‌بینی شود.

۱۰-۶-۲-۵ تابلوهای فرعی توزیع نیروی برق

برای هر قسمت، یا هر بخش بیمارستان باید حداقل دو دستگاه تابلوی توزیع نیروی برق از نوع دیواری توکار یا روکار - یکی برای تامین نیروی برق عادی، و دیگری به منظور تامین نیروی برق اضطراری سیستمهای روشنایی و پریزهای عمومی و اختصاصی – با تعداد لازم کلید خودکار مینیاتوری ده یا شانزده آمپر، متناسب با تعداد مدارهای چراغ ها و پریزها، و حداقل ده تا بیست درصد مدار اضافی به عنوان یدک برای پریزها، با کلید اصلی از نوع خودکار یا گردان با فیوز فشنگی بسته به احتیاج پیش بینی شود.

۱۰-۶-۳ استاندارد، مشخصات فنی ساخت و روش نصب تابلوهای توزیع

۱۰-۶-۳-۱ استاندارد ساخت

تابلوهای فشار ضعیف مورد استفاده در سیستم توزیع برق بیمارستان باید مطابق با مشخصات مندرج در جدیدترین اصلاحیه‌های استاندارد ایران با شماره‌های ۱-۱۹۲۸و ۲-۱۹۲۸ یا استاندارد IEC 60439-1&2 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. درجه حفاظت این‌گونه تابلوها در برابر تماس با قسمت‌های برقدار، ورود اجسام صلب خارجی و مایعات باید حسب مورد طبق جدیدترین اصلاحیه استاندارد ایران با

شماره ۲۹۶ با علامت ...IP مشخص شود. لوازم و وسایل داخل تابلو باید برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای بین المللی معتبر مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

- شینه‌های مسی برابر استاندارد VDE 0201 و شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد VDE 0202
- کلیدهای خودکار فشار ضعیف برابر استاندارد IEC 60947-1,2
- کلیدها، قطع‌کننده‌ها (disconnectors)، کلیدهای قطع‌کننده و در ترکیب با فیوزهای فشار ضعیف برابر استاندارد IEC 60947-3
- کنتاکتورهای فشار ضعیف برابر استاندارد ایران با شماره‌های ۳۱۷۹ و ۳۱۸۰
- کنتاکتورها و را هاندازهای موتور الکترومکانیکی برابر استاندارد IEC 60947-4-1
- کنتاکتورها و را هاندازهای موتور نیمه هادی برق متناوب برابر استاندارد IEC 60947-4-2
- کنتاکتورهای الکترومکانیکی هوایی مصارف خانگی و مشابه برابر استاندارد IEC 61095
- روش‌های علامتگذاری و شناسایی ترمینال‌های کنتاکتورهای فشار ضعیف و رله‌های اضافه بار همراه آن برابر استاندارد ایران با شماره ۳۱۸۱
- فیوزهای ولتاژ ضعیف برابر استاندارد ایران با شماره ۳و۲،۱-۳۱۰۹ و یا ۱-۱،۴،۴-۱،۳،۳-۱،۲،۲- IEC ۶۰۲۶۹
- ترانسفورماتورهای جریان برابر استاندارد IEC 60044-1

۱۰-۶-۳-۲ مشخصات فنی ساخت و روش نصب

مشخصات فنی ساخت و روش نصب انواع تابلوهای فشار ضعیف و لوازم و وسایل داخلی آن شامل موارد زیر باید با نشریه ۱۱۰ مطابقت نماید:

الف- انواع تابلو و موارد استفاده

ب- جعبه تابلو (ابعاد، اسکلت نگهدار و ضخامت پوشش)

پ- حفاظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد (زیرسازی و رنگ آمیزی)

ت- شینه‌ها و شینه‌کشی (جنس، ظرفیت الکتریکی، مقاطع لازم، نحوه استقرار، سیستم رنگ آمیزی، مقره های اتکایی وروش نصب)

ث- لوازم و وسایل داخل تابلو (سیستم سیم‌کشی، روش نصب و ترمینال‌ها)

ج- روش نصب تابلو

۱۰-۶-۳-۳ آزمون تابلوهای سیستم توزیع

کلیه تابلوهای مورد استفاده در سیستم توزیع برق بیمارستان باید پس از ساخت در کارخانه و همچنین پس از نصب در محل و قبل از راه‌اندازی، در زمینه‌های خواص دی الکتریک، افزایش دما، ایستادگی در برابر اتصال کوتاه، پیوستگی مدارهای حفاظتی، فواصل هوایی و خیزشی، نحوه کار اجزای مکانیکی و درجه حفاظت مورد آزمون قرار گیرد.

۱۰-۶-۴ کابل‌کشی‌های سیستم توزیع نیروی برق و روشنایی محوطه

برای توزیع نیروی برق از تابلوهای اصلی به تابلوهای نیمه اصلی و به دیگر تابلوهای لازم، یا از تابلوهای نیمه اصلی به تابلوهای فرعی، و همچنین، روشنایی خیابان‌ها و محوطه، باید از کابل زیرزمینی مجاز برای دفن در زیرزمین استفاده شود.

کلیه کابل‌کشی‌هایی که در محوطه انجام می‌شود، باید مستقیماً در زیرزمین با حداقل عمق ۷۰ سانتیمتر در پیاده‌رو و یک متر در زیر سطح خیابان دفن شود، لیکن کابل‌کشی‌هایی که در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، باید در داخل کانال‌های ساخته شده در کف، یا روی سقف اصلی در داخل سقف کاذب، یا روی سینی مخصوص کابل، با بست‌های مناسب نصب شود.

طراحی و اجرای سیستم‌های کابل‌کشی فشار ضعیف بیمارستان شامل کابل‌های هوایی و زمینی باید با ضوابط و معیارهای نشریه ۱۱۰ مطابقت نماید.

۱۰-۶-۵ توزیع نیروی برق ایزوله (سیستم IT)

به منظور تداوم نیروی برق و اعمال استانداردهای ایمنی و پیشگیری در برابر آتش‌سوزی و انفجار و همچنین محافظت بیماران و افراد در برابر شوک و بر ق‌گرفتگی در مناطق معینی از بیمارستان مانند اتاقهای عمل، زایمان، شکسته‌بندی و همچنین بخش های مراقبت ویژه ICU,CCU باید از سیستم برق ایزوله استفاده شود. تابلوهای توزیع در این‌گونه مکان‌های درمانی، به طور کلی به شرح زیر است، لیکن در مواردی که تجهیزات مورد لزوم باید به وسیله منابع تغذیه با زمان تبدیل تا ۰/۵ ثانیه تامین شود، استفاده از لوازم شارژکننده و باتری متناسب با مورد مصرف باید در نظر گرفته شود:

۱۰-۶-۵-۱تابلوهای توزیع نیروی برق ایزوله مخصوص اتاقهای عمل، زایمان و شکسته‌بندی

برای هر اتاق عمل، زایمان یا شکسته‌بندی باید یک دستگاه تابلوی توزیع نیروی برق ایزوله جداگانه از نوع دیواری توکار متناسب با مورد استفاده، شامل یک عدد کلید خودکار از نوع مینیاتوری دوپل، ۳۲ آمپر (کلید اصلی ورودی برق)، یک دستگاه ترانسفورماتور ایزوله مخصوص از نوع یک فاز و نول ۲۲۰ ولت به ۲۲۰ ولت، پنج کیلو ولت - آمپر، یک عدد کلید خودکار از نوع مینیاتوری، دوپل، ۲۵ آمپر (کلید اصلی)، و هشت تا ده عدد کلید خودکار از نوع مینیاتوری، دوپل، ۱۶ آمپر (مدارهای خروجی شامل یک مدار برای چراغ عمل و یک مدار برای چراغ رویت فیلم، و شش تا هشت مدار برای پریزهای برق) با دستگاه مخصوص کنترل و اعلام خطر اتصال زمین، پیش بینی شود.

تابلوهای توزیع نیروی بر ق ایزوله مخصوص اتاق های مراقبت های قلبی و ویژه مراقبت های شدید باید یک دستگاه تابلوی توزیع برق ایزوله جداگانه از نوع توکار، متناسب با مورد مصرف و قابل نصب بر روی دیوار یا در قسمت زیرین قفسه دستگاه‌های مونیتورینگ در جنب تخت بیمار، در نظر گرفته شود. این نوع تابلوها، ممکن است شامل یک عدد کلید خودکار از نوع مینیاتوری، دو پل، ۲۵ آمپر (کلید اصلی ورودی برق)، یک دستگاه ترانسفورماتور ایزوله مخصوص از نوع یک فاز و نول، ۲۲۰ ولت به ۲۲۰ ولت، سه یا پنج کیلوولت – آمپر بسته به احتیاج، یک عدد کلید خودکار از نوع میناتوری، دوپل، ۲۵ آمپر (کلید اصلی)، شش عدد کلید خودکار از نوع مینیاتوری، دو پل، ۱۶ آمپر (مدارهای خروجی شامل یک مدار برای چراغ معاینه دیواری یا سقفی ب الای تخت بیمار، یک مدار برای چراغ مخصوص خواب و چراغ رویت فیلم و

چهار مدار برای پریزهای برق)، دو عدد جعبه پریزهای برق و اتصال زمین، هر جعبه شامل چهار عدد پریز برق از نوع یک فاز و نول با اتصال زمین، ۱۶ آمپر، ۲۲۰ ولت و چهار عدد پریز اتصال زمین، با دستگاه مخصوص کنترل و اعلام خطر اتصال زمین، پیش‌بینی شود.

۱۰-۶-۵-۲ تابلوی توزیع نیروی برق ایزوله – پریز مخصوص دستگاه سیار عکسبرداری اشعه ایکس برای اتاق‌های عمل، زایمان و شکسته‌بندی

برای مجموعه اتاق‌های عمل، زایمان و شکسته‌بندی که در یک منطقه قرار گرفته باشد، یا برای هرگونه اتاق‌های عمل، شکسته‌بندی، و زایمان، باید یک دستگاه تابلوی توزیع نیروی برق ایزوله جداگانه، از نوع دیواری توکار، متناسب با مورد مصرف، به منظور تغذیه پریزهای مخصوص دستگاه سیار عکسبرداری اشعه ایکس پیش‌بینی شود. این‌گونه تابلوها ممکن است شامل یک عدد کلید خودکار از نوع دو پل، یکصد آمپر (کلید اصلی ورودی برق)، یک دستگاه ترانسفورماتور ایزوله مخصوص با ظرفیت پانزده یا بیست کیلوولت – آمپر، یک عدد کلید خودکار از نوع دو پل، ۶۳ و یا ۱۰۰ آمپر (کلید اصلی) و یک عدد کلید گردان از نوع دو پل، ۶۳ و یا ۱۰۰ آمپر، سه تا ده حالتی متناسب با جمع تعداد اتاق‌های عمل، زایمان، و شکسته‌بندی هر گروه، (به طوری که در یک زمان، فقط پریز برق یکی از اتاق‌ها، بسته به احتیاج و انتخاب، برای استفاده از دستگاه سیار عکسبرداری اشعه ایکس، دارای برق باشد)، با دستگاه مخصوص کنترل و اعلام خطر اتصال زمین باشد.

۱۱ سیستم حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی)

۱۱-۱ کلیات

جهت حفاظت ساختمانهای مرتفع با کاربریهای مختلف (مسکونی، صنعتی، درمانی، ...) از خطر صاعقه با توجه به عواملی مانند موقعیت مکانی ساختمان، شکل و ارتفاع بنا، نوع مصالح بکار رفته در بنا و تعداد دفعات رعد و برق در منطقه موردنظر و ... سیستم صاعقه‌گیر انتخاب و طراحی می‌گردد، که لوازم و تجهیزات مورد استفاده در این سیستم بایستی برابر با استانداردهای بین‌المللی و معتبر جهانی همچون NFPA 780, IEC 61024 ,NFC17-102, BS 6651 باشد.

۱۱-۲ انواع صاعقه گیر

در حالت کلی به دو نوع حفاظت خارجی و داخلی تقسیم می‌شوند.

۱۱-۲-۱ حفاظت خارجی

جهت حفاظت ساختمان در مقابل اصابت مستقیم رعد و برق بکار می‌رود.
انواع برقگیرهای حفاظت خارجی در حالت کلی:

- برقگیر غیرفعال (پسیو): برقگیر غیرفعال شامل یک میله ساده نوک تیز است که دقیقاً مخروط ایمنی از نوک آن به فاصله ۴۵ درجه می‌باشد و در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان این زاویه را ۳۵ یا حتی پایین تر در نظر می‌گیرند.
- برقگیر فعال (اکتیو): برقگیر فعال با فن‌آوری مختلف (خازنی ، اتمی و ...) هوای اطراف خویش را یونیزه می‌نماید و بدینوسیله سطح ایمنی در اطراف خود ایجاد می‌نماید. این نوع برقگیرها با توجه به سطح ایمنی ایجادی به کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ تقسیم می‌گردند. در برقگیرهای فعال معمولاً سه مؤلفه کلاس حفاظتی، شعاع حفاظت و ارتفاع برقگیر نسبت به سطح بایستی مورد توجه قرار گیرد. برقگیرهای فعال گران‌تر از نوع غیرفعال می باشند. در انتخاب برقگیر بایستی دقت شود تا مجهز به سیستم هادی میانی مناسب بوده تا برقگیر درست عمل کرده و موجب خسارت نگردد.

برقگیرهایی که معمولاً در ساختمانها به کار می‌روند، به شرح زیر می‌باشد:

- **میله‌های ساده فرانکلینی: این طرح برای** اولین بار توسط فرانکلین پیشنهاد گردید که این سیستم شامل میله‌های ساده بودند و شعاع حفاظتی این صاعقه‌گیرهای ساده در کلاسهای حفاظتی براساس تئوری زاویه محاسبه می‌گردید.
- **قفس فارادی:** با توجه به گسترش ابعاد ساختمانها و محدودیت‌های میله ساده، قفس فارادی (Faraday Cage) جایگزین میله‌های ساده فرانکلینی گردید، امروزه نیز اکثر استانداردهای جهانی

استفاده از قفس فارادی را بهترین روش میدانند. در این روش سعی می‌شود ساختمان را در قفسی از هادیهای مسی یا فولادی محصور نمود.

- **صاعقه گیرهای الکترونیکی (یونیزه کننده هوا)**: طراحی و نصب این صاعقه‌گیرهای براساس استاندارد NFC 17-102 انجام می‌گیرد ریشه این استاندارد نیز همان تئوری گوی غلطان است که در تمامی استانداردها از آن استفاده شده است.

۱۱-۲-۲ حفاظت داخلی

این سیستم، تجهیزات الکتریکی داخل ساختمان را در مقابل عوامل مختلفی مانند نوسانات ولتاژ(Over Voltage) و القائات ولتاژ ناشی از اصابت غیرمستقیم رعد و برق (در محدوده‌ای به شعاع یک کیلومتری از محل اصابت صاعقه، این القائات وجود دارند) محافظت می‌نماید.

ارسترها تجهیزاتی هستند که کار حفاظت از سیستم‌های مخابرات و الکترونیک، در برابر نوسانات ناشی از رعد و برق را بر عهده دارند.

با توجه به اینکه سیستم حفاظت خارجی مخصوصاً در قسمت انتهایی آن، قدرت آنی تخلیه انرژی زیاد ایجاد شده از اصابت مستقیم را ندارد (در لحظه اول تنها ۵۰ درصد انرژی توسط حفاظت خارجی تخلیه می‌گردد) و با توجه به هم پتانسیل بودن ساختمان امکان برگشت انرژی به داخل سایت و از بین رفتن این انرژی امکان‌پذیر نمی‌باشد، بکارگیری ارسترها حائز اهمیت می‌باشد.

ارسترها در کلاس‌های حفاظتی مختلف یک، دو، سه و به صورت یک پل، دو پل تا چهار پل موجود هستند که بر اساس محاسبه جریان عبوری از آنها انتخاب و طراحی می‌گردند.

انواع مختلف ارسترها جهت محافظت از خطوط تلفن، خطوط آنتن، شبکه‌های رایانه‌ای و شبکه‌های رادیویی فرکانس بالا موجود می باشد که می‌توان بسته به پورت‌های ورودی و خروجی و تعیین اهمیت حفاظت نسبت به تهیه آنها در رنج‌ها و کلاس‌های مختلف اقدام نمود.

۱۱-۳ سیستم برقگیر نوع قفس فارادی

این سیستم بایستی دارای مشخصات زیر باشد:

- تمامی اجزای سیستم بایستی از یک جنس و از نوع مقاوم در برابر زنگ زدگی و خوردگی باشند.
- بخشی از سیستم که در مجاورت دودکش و در معرض مستقیم گازهای متصاعد شده از آن قرار دارد، بایستی با یک اندود محافظتی، حداقل تا ۶۰ سانتیمتر پایین تر از دهانه دودکش پوشیده شود.
- سر میله برقگیر بایستی از جنس مس خالص (با ضریب رسانایی حدود ۹۵ درصد) و میله آن به صورت یک پارچه باشد.

- میله برقگیر دوپارچه باید ساخته شده از میله مسی و قطر آن باید حداقل $\frac{5}{8}$ اینچ و حداکثر ۱ اینچ و طول آن حداقل ۱ متر و حداکثر ۲ متر باشد. همچنین دو سر آن (یک سر برای سوار کردن سر میله و سر دیگر جهت نصب روی پایه) به طول مناسب دنده شده باشد.
- شبکه ارتباطی بین میله‌های برقگیر در پشت بام تا سطح ۱۸۰۰ مترمربع باید متشکل از تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳ ×۲۰ میلیمتر و بیشتر از ۱۸۰۰ متر مربع ۳ ×۲۵ میلیمتر یا بیشتر باشد، در صورت استفاده ازشبکه هوایی برابر استاندارد BS 6651 حداقل سطح مقطع هادی موازی رشته ای باید ۵۰ میلیمتر مربع باشد.
- هادیهای نزولی بین شبکه مشبک پشت بام و پایانه های زمینی برای سطح تا ۹۰ متر مربع و ارتفاع حداکثر باید از نوع تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳ ×۲۰ میلیمتر و یا سیم مسی لخت با حداقل سطح مقطع ۷۰ میلیمتر مربع و برای بیشتر از ۹۰ متر ۳ ×۲۵ میلیمتر یا بیشتر باشد.
- برای تعیین تعداد هادیهای نزولی از دو روش زیر می‌توان استفاده کرد:

  - احتساب پیرامون: به طور کلی برای هر ۳۰ متر محیط تحت محافظت برقگیر باید یک هادی نزولی درنظر گرفت ولی در حداقل تعداد نزولیها برای هر نوع ساختمان دو عدد می باشد.
  - احتساب مساحت: جهت محیط تحت محافظت برقگیر تا ۳۶۰ متر مربع مساحت دو هادی نزول و برای هر ۲۷۰ متر مربع مازاد یک هادی نزولی اضافی درنظر گرفته شود.

- سیستم زمین برقگیر باید یکی از انواع میله اتصال زمین، لوله اتصال زمین و یا ورق مسی یکپارچه یا مشبک دفن شده در زمین یا چاه اتصال زمین باشد و در هر صورت مقاومت سیستم زمین آن نباید از ۵ اهم تجاوز کند.
- تعداد پایانه های هوایی بستگی به سطح پشت بام، ارتفاع و فواصل نصب پایانه ها دارد. بر اساس استاندارد NFPA 78 فواصل این پایانه ها به شرح زیر می باشد:

  - فواصل نصب بر روی نقاط پیرامونی سقفهای مسطح یا با شیب ملایم و سقفهای شیبدار، در صورتی که ارتفاع نوک پایانه هوایی از سطح مورد حفاظت از ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلیمتر) کمتر نباشد، باید حداکثر ۶ متر در نظر گرفته شود و چنانچه این ارتفاع حداقل ۲۴ اینچ (۶۰ سانتیمتر) یا بیشتر باشد، فواصل نصب بایستی حداکثر ۲۵ فوت (۷/۶ متر) باشد.
  - فواصل میانی نصب پایانه های هوایی در سقفهای مسطح و یا با شیب ملایم باید حداکثر ۱۵ متر درنظر گرفته شود.

۱۱-۴ برقگیر الکترونیکی

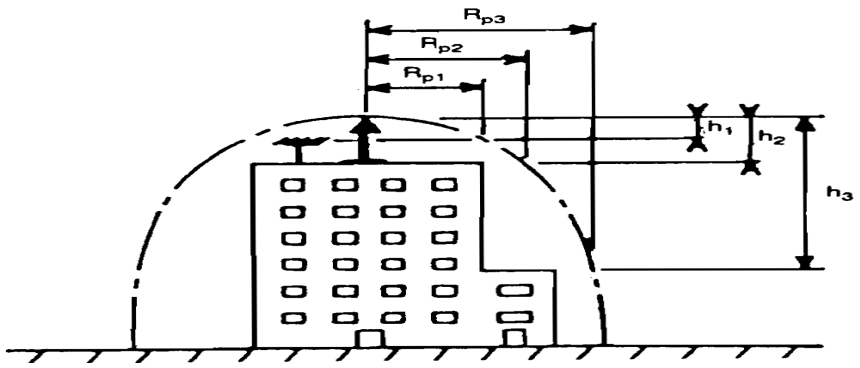
این سیستم بر اساس استاندارد NFC 17-102 برای محافظت ساختمانهای عادی با ارتفاع کمتر از ۶۰ متر و برای ساختمانهای درمانی و مراقبتی (بیمارستانها و درمانگاهها) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این برقگیرها دارای مشخصات زیر می‌باشند:

- پایانه‌های هوایی برقگیر الکترونیکی که شامل یک میله نوک تیز، یک دستگاه محرک، و یک میله پایه مجهز به سیستم اتصال هادی نزولی می‌باشند، بایستی از جنس مس، آلیاژ مس یا فولاد ضدزنگ باشند. میله و سرمیله آنها باید دارای حداقل ۱۲۰ میلیمتر مربع مقطع رسانا باشند.
- محدوده حفاظتی این سیستم از گردش شعاعهای حفاظتی (R_{pn}) حاصل از ارتفاعهای مختلف (h_n) حول محور آن بوجود می‌آید (شکل ۱۱-۱).

h_n: ارتفاع نوک برقگیر نسبت به صفحه افقی که از بالای عنصر مورد نظر عبور می‌نماید.

R_{pn}: شعاع حفاظتی برقگیر در ارتفاع مورد نظر.



شکل ۱۱-۱. محدوده و شعاعهای حفاظت برقگیر الکترونیک

شعاع حفاظت هر برقگیر الکترونیک (R_p) بستگی به ارتفاع نوک آن نسبت به سطح مورد حفاظت (h)، پیشروی زمان تخلیه (ΔT)، و انتخاب کلاس حفاظت مورد نیاز دارد که به شرح زیر محاسبه و تعیین می‌شود:

در مواردی که $h < 5m$ باشد، شعاع حفاظت می تواند با توجه به کلاس حفاظت مورد نظر از رابطه ۱۱-۱ بدست آید.

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \qquad (۱-۱۱)$$

R_p: شعاع حفاظت برقگیر

h: ارتفاع نوک میله برقگیر از سطح مورد حفاظت

D: قطر کره فرضی با توجه به کلاس حفاظت یا فاصله برخورد صاعقه

ΔL: فاصله‌ای که برقگیر نقطه دریافت آذرخش را برابر نظریه گوی فرضی از نوک پایانه هوایی دور می‌کند.

طبقه‌بندی سیستم حفاظتی برقگیر الکترونیک در برابر صاعقه توسط کلاس حفاظت بیان می‌گردد و نشاندهنده سطح کارایی سیستم می‌باشد و به سه طبقه زیر تقسیم می‌گردد:

کلاس I، D=20m، حداکثر حفاظت

کلاس II، D=45m، حفاظت متوسط

کلاس III، D=60m، حفاظت استاندارد

- محاسبه نوع وتعداد لازم برقگیر و حداقل ارتفاع آن از بالاترین سطح پشت بام ساختمان نیازمند بررسی مقدماتی به منظور تعیین کلاس حفاظت مورد لزوم بر اساس ضریب تناوب صاعقه، شرایط جوی و محیطی و ... می‌باشد. (به همین منظور می‌توان از نرم افزارهای قابل ارائه توسط شرکتهای سازنده این تجهیزات کمک گرفت).

۱۱-۴-۱ اصول و روشهای نصب سیستم برقگیر الکترونیکی

- محل نصب این نوع برقگیر حدوداً در مرکز سطح حفاظت و در بالاترین نقطه ساختمان روی کل مناسب می‌باشد.
- نوک میله پایانه هوایی بایستی حداقل دو متر بالاتر از وسایل نصب شده (دودکش موتوخانه، برج کننده، کلاهک هواکش، آنتن‌های گیرنده یا فرستنده رادیو و تلویزیون، چراغهای هشدار دهنده هوایی و ...) قرار گرفته باشد.
- در ساختمانهای بلند مرتبه برای اعلام خطر باید در بالاترین نقطه دکل (زیر دستگاه برقگیر) و در بازوی جداگانه چراغ هشدار دهنده هوایی نصب گردد.
- هر برقگیر بایستی حداقل توسط یک هادی نزولی به سیستم زمین وصل گردد. در موارد زیر نیاز به دو و یا بیشتر هادی نزولی می‌باشد:
  - تصویر هادی نزولی افقی بزرگتر از تصویر هادی عمودی باشد.
  - چنانچه این سیستم بر روی سازه‌ای بلندتر از ۲۸ متر نصب گردد.
- تسمه‌های بکار رفته جهت هادیهای نزولی باید از نوع حلقه‌ای بوده و از بکارگیری تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی بوجود می‌آورند ، خودداری کرد.
- تمامی تسمه‌ها باید با بستهای مناسب و به تعداد سه عدد در هر متر به کف بام یا دیوار بنا کاملاً محکم شوند.
- هادیهای نزولی باید از کوتاهترین و مستقیم تریت مسیر ممکن و بدون خمهای تند یا برگشت به بالا نصب شوند. شعاع خمها نباید از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.
- هادیهای نزولی نباید به موازات لوله های برق یا به صورت متقاطع با آنها نصب گردند، نانچه این کار غیر قابل اجتناب باشد، لوله برق باید در داخل یک حفاظ فلزی به طول یک متر از نقطه تقاطع به هر طرف قرار داده شود و حفاظ به هادی نزولی متصل گردد.
- هر هادی نزولی به منظور اندازه‌گیری میزان مقاومت زمین باید به یک جعبه اتصال آزمون همراه با تیغه و سایر تجهیزات مربوطه مجهز باشد. ارتفاع نصب این جعبه‌ها در ارتفاع حداقل ۱/۵ متر از سطح زمین می‌باشد.

- در صورت استفاده از دستگاه صاعقه شمار، این دستگاه بر روی مستقیم‌ترین هادی نزولی و در ارتفاع حدود دو متری از سطح زمین و در بالای جعبه اتصال آزمون نصب شود.
- اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمانهای بتن آرمه در چندین نقطه در پشت بام و بالای پی ساختمان باید به هادی نزولی متصل گردد.

پیوست الف- چک لیست‌های سیستم توزیع در ساختمانهای دولتی و عمومی

جدول الف-۱. چک لیست کنترل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی

چک لیست کنترل سیستم توزیع
نام پروژه: سطح زیر بنا: تعداد طبقات: شهر محل پروژه: نوع آب و هوا:
فهرست بازبینی انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی
نوع انشعاب برق: پست عمومی ☐ پست اختصاصی ☐ نوع پست اختصاصی: ترانس هوایی ☐ پست زمینی ☐ توضیحات: .....
نوع لوله گذاری: پی وی سی ☐ گالوانیزه ☐ لوله سیاه ☐ ترانکینگ ☐ آیا استاندارد است ☐ روش اجرا : توکار ☐ روکار ☐ هر دو ☐
نوع سیستم اتصال زمین: اجرای چاه زمین ☐ میله زمین ☐
برقگیر: دارد ☐ ندارد ☐ آیا استاندارد است ☐ نوع برقگیر: قفس فارادی ☐ الکترونیکی ☐
سیم کشی و کابل کشی: تناسب سیم و کابلها با طول مسیر و جریان مجاز: دارد ☐ ندارد ☐
مولد برق اضطراری: دارد ☐ ندارد ☐ نحوه ورود دیزل ژنراتور: دستی ☐ اتوماتیک ☐ هر دو ☐

چک لیست کنترل سیستم توزیع		
فهرست بازبینی انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی	انجام شده	انجام نشده
محل احداث پست داخلی به مرکز ثقل بار نزدیک می‌باشد؟	☐	☐
ابعاد اتاق ترانسفورماتور مطابق با مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان می‌باشد؟ (ر.ک.ف ۳)[۱]	☐	☐
در صورت در نظر گرفتن پست در داخل ساختمان الزاما از ترانس خشک استفاده شده است؟	☐	☐
آیا فضای آزاد در اطراف ترانسفورماتور از ۰/۸ متر بیشتر است؟	☐	☐
آیا اتاق ترانس فاقد رطوبت و ضد سرایت حریق می‌باشد؟	☐	☐
آیا دیوارهای اتاق ترانس از مصالح ضدگردگیر پوشیده شده است (مانند کاشی‌کاری)؟	☐	☐
آیا سقف اتاق ترانس فاقد هرگونه نازک‌کاری، مانند گچکاری، می‌باشد؟	☐	☐
آیا در طرح اتاق مجاری عبور هوا با سطح مقطع کافی و حداقل تغییر در مسیر، برای خنک کردن ترانسفورماتور از راه تهویه طبیعی پیش‌بینی شده است؟	☐	☐
آیا در زیر محل استقرار ترانسفورماتور، و پایین‌تر از مسیر عبور هوای خنک کننده، حائل مشبک که دارای پوشش ضد زنگ باشد، پیش‌بینی شده است؟	☐	☐
آیا در اتاق ترانس بر روی شبکه حایل آتش حداقل به ضخامت ۲۰ سانتیمتر شن یا سنگ گرانیت شکسته ریخته شده است؟	☐	☐
آیا در اتاق ترانس سطح زیر حائل آتش دارای شیب ۲٪ می‌باشد؟	☐	☐
آیا ارتفاع کف اتاق ترانسفورماتور حداقل ۲۰ سانتیمتر از سطح احتمالی سیلاب روهای منطقه بالاتر است ؟	☐	☐
آیا در اتاق ترانس دریچه‌های ورودی و خروجی هوای خنک‌کننده مجهز به شبکه‌های جلوگیری کننده از دخول پرنده‌ها و حیوانات کوچک (مانند گربه) و آب باران به داخل اتاق می‌باشند؟	☐	☐
آیا در ورودی اتاق ترانس آهنی و به سمت خارج باز می‌شود؟	☐	☐

[۱] رجوع کنید به فصل ۳

چک لیست کنترل سیستم توزیع

فهرست بازبینی انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی	انجام شده	انجام نشده
آیا برای جلوگیری از تعریق برای اتاق ترانسفورماتور گرمکن برقی مجهز به ترموستات پیش‌بینی شده است؟	☐	☐
آیا جهت اتاق پست تهویه مناسب در نظر گرفته شده است؟ (ر.ک.ف ۳)	☐	☐
آیا حجم مفید داخل چاله روغن اتاق ترانس حداقل برابر حجم روغن ترانسفورماتور می‌باشد؟	☐	☐
جهت خمها ، انشعابات،جعبه‌های تقسیم و کلیه اتصالات مرتبط با لوله‌کشی، از جنس یکسان متناسب با لوله کشی استفاده شده است؟	☐	☐
لوله‌های روکار و توکار اجرا شده با خط الراس دیوارها موازی یا عمود می‌باشند؟	☐	☐
فواصل لوله‌های نصب شده و شعاع خمش آن یکسان می‌باشد؟	☐	☐
برای سر لوله‌ها در محل اتصالات جهت عدم ورود نخاله‌های ساختمانی از براس بوش استفاده شده است؟	☐	☐
الزام به کارگیری سرسیم و یا لحیم‌کاری سیمهای افشان قید شده است؟	☐	☐
در صورتیکه تعداد خمها از چهار خم ۹۰ درجه (مجموعا ۳۶۰ درجه) بیشتر باشد، آیا از جعبه کشش استفاده شده است؟	☐	☐
کندن شیار در دیوارهای بتنی بعد از بتن ریزی مجاز نمی‌باشد. آیا لوله‌های لازم در مرحله قالب‌بندی در محل مورد نظر پیش‌بینی و تعبیه شده اند؟	☐	☐
عمق شیار حفر شده کمتر از نصف ضخامت دیوار است؟	☐	☐
سطح خارجی لوله‌های نصب شده حداقل ۱۵ میلیمتر زیر سطح تمام شده دیوار قرار دارند؟	☐	☐
لوله‌های داخل سقف کاذب توسط بست مناسب (عدم تکیه به سقف کاذب) مهار شده است؟	☐	☐
با توجه به ضرورت عدم اجرای سیم‌کشی و کابل‌کشی قبل از اتمام نازک کاری، آیا این کار رعایت گردیده است؟	☐	☐
رنگ بندی سیمها (فاز اول: قرمز، فاز دوم: قهوه ای(زرد)، فاز سوم: سیاه، نول: آبی، ارت: زرد و سبز) رعایت گردیده است؟	☐	☐

چک لیست کنترل سیستم توزیع

فهرست بازبینی انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی	انجام شده	انجام نشده
سیمهایی که در محیطهایی با درجه حرارت بیش از ۵۵ درجه سانتی گراد قرار دارند از نوع نسوز انتخاب شده است؟	☐	☐
ابعاد مورد نیاز تابلو، ارتفاع از کف و عمق مناسب و همچنین فواصل مجاز از تاسیسات آب و گاز رعایت شده است؟	☐	☐
آیا در کلیه تجهیزات محل وصل هادی حفاظتی پیش‌بینی شده است؟	☐	☐
آیا سیم نول بصورت جداگانه از سیم ارت (هادی حفاظتی) اجرا گردیده است (سیستم TN-S)؟	☐	☐
اتصال بین شینه نول و ارت در تابلوی اصلی اجرا گردیده است؟	☐	☐
کلیه تست‌های مربوط به ارت، تابلوهای برق و صورتجلسه تحویل به بهره بردار ... انجام شده است؟	☐	☐
آیا از علائم خطر و هشدار دهنده بر روی تابلو های برق و سایر تجهیزات برقی در هنگام اجرا و پس از اتمام عملیات استفاده شده است؟	☐	☐
آیا دستورالعمل تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری، نصب و نقشه تک خطی مدار تابلو و نگهداری این مدارک در درب تابلو نصب شده است؟	☐	☐
آیا مولدها قابلیت Change Over را داشته و به همراه تابلوهای Change Over نصب گردیده اند تا در زمان قطع شبکه سراسری برق بصورت خودکار در مدار قرار گرفته و تامین برق نمایند؟	☐	☐
آیا قدرت مورد نیاز مولدهای اضطراری توسط مشاور طرح بطوری محاسبه و تعیین گردیده که جوابگوی تداوم خدمات باشد؟	☐	☐
آیا تاییدیه وزارت نیرو یا شرکت توانیر و در مناطق و استانها تاییدیه شرکت برق منطقه‌ای یا شرکت توزیع نیروی برق، توسط مشاور اخذ گردیده است؟	☐	☐
آیا در قراردادها (شامل خرید، حمل، نصب و راه اندازی مولدها) تاکید بر رعایت کلیه استانداردهای مربوطه، تامین تجهیزات، تست، نصب و راه اندازی، تحویل موقت و تحویل دائم مولدها، تهیه و تحویل کلیه مدارک مورد نیاز دوران بهره‌برداری، نگهداری وتعمیرات، همچنین تهیه لوازم یدکی جهت دوران راه اندازی و بهره برداری، آموزش پرسنل کارفرما و بهره بردار، گارانتی و خدمات پس از فروش لحاظ گردیده است؟	☐	☐
آیا حتی‌المقدور حداقل تعداد مولدهای اضطراری دو دستگاه می‌باشد؟	☐	☐

چک لیست کنترل سیستم توزیع

فهرست بازبینی انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی	انجام شده	انجام نشده
آیا مولدها دوگانه سوز بوده و سوخت حداقل ۷ روز کاردائم آن همیشه ذخیره شده است؟	☐	☐
آیا در زمان رخداد بحرانها، دسترسی به مولد به آسانی میسر بوده و راه اندازی آن سریع می‌باشد؟	☐	☐
آیا محل نصب مولدها به گونه‌ای می‌باشد که در زمان بهره‌برداری از نظر صوتی و دود خروجی اگزوز، آلودگی ایجاد ننموده و هوای لازم و مورد نیاز، به مولدها برسد؟	☐	☐
آیا فونداسیون مولدها از فونداسیون ساختمان بطور جداگانه اجرا شده است و جهت اجرای فونداسیونهای مولدها، عمود بر یکدیگر می‌باشند؟	☐	☐
آیا مولدها قابلیت کار دائم (Continues Duty) را دارند؟	☐	☐
آیا اتصال زمین مولدها، تابلوها و تاسیسات برقی مطابق با استاندارد انجام شده است؟	☐	☐
آیا افراد مشخصی (بیش از یک نفر) در مورد نحوه بهره‌برداری و نگهداری مولدها آموزش کامل دیده و در مواقع اضطراری، در دسترس می‌باشند؟	☐	☐
آیا کلیه مولدهای موجود در مراکز حیاتی و حساس قابلیت Fast Starter را داشته تا به محض قطع برق فعال شوند؟	☐	☐
آیا کلیه هادی‌های بیگانه به منظور هم ولتاژ شدن با پتانسیل زمین (همبندی) به سیستم زمین وصل می‌باشند؟	☐	☐
آیا کابل‌کشی تأسیسات برقی با سایر تأسیسات ساختمان نظیر آب، گاز و غیره تداخل دارد؟ و آیا تمهیدات لازم به منظور حفاظت‌های لازم در نظر گرفته شده است؟	☐	☐
آیا مسیرهای عبور کابل نظیر لوله‌ها، سینی‌ها، داکت‌ها و غیره و همچنین کانال‌های کابل بطور صحیح اجرا شده‌اند و با استانداردها و مقررات ملی مطابقت دارند؟	☐	☐
آیا رنگ‌آمیزی تابلو برق اصلی از نوع الکترواستاتیک پاششی و یاکوره‌ای می‌باشد؟	☐	☐
آیا بدنه تابلو ارت شده است؟	☐	☐
آیا ساخت تابلو توسط سازندگان مورد تائید مراجع ذیصلاح در خدمات مربوطه انجام گرفته است؟		
از لوله‌های مناسب و با ظرفیت کافی جهت سیم‌کشی‌های برق و جریان ضعیف استفاده شده است؟		

چک لیست کنترل سیستم توزیع

فهرست بازبینی انتخاب، طراحی، اجرا و تحویل سیستم توزیع ساختمانهای دولتی و عمومی	انجام شده	انجام نشده
آیا سیستم زمین ساختمان بدرستی اجرا شده و مقاومت زمین کمتر از ۲ اهم بوده و همچنین سطح مقطع سیم زمین بطور صحیح انتخاب و اجرا شده است؟	☐	☐
آیا کلیه کلیدهای ACB, MCCB , MCB و فیوزها از سازندگان معتبر و شناخته شده و مطابق استاندارد تهیه و در تابلو نصب شده‌اند؟	☐	☐
آیا فاصله لازم بین مدارهای جریان ضعیف وکابل‌های برق در مسیرهای کابل‌کشی، سینی‌های کابل و داکت‌ها و غیره لحاظ شده است؟	☐	☐
آیا سطح مقطع سیم‌ها و کابل‌های برق و سیستم‌های جریان ضعیف در کلیه مدارات اعم از تابلوها ورودی کلیدها و پریزها و ترمینالها و غیره مناسب و مطابق نقشه‌های طرح شده توسط مهندس طراح اجرا شده‌اند؟	☐	☐
آیا در چاه ارت صاعقه‌گیر از مصالح مناسب و مطابق نقشه استفاده شده است؟	☐	☐
در ساختمانهای بلند مرتبه چراغ خطر برخورد، در بام نصب گردیده است؟	☐	☐
آیا از داکت مخصوص هادی نزولی برای هیچ سیستم دیگری بجز صاعقه گیر استفاده شده است؟	☐	☐
آیا هادیهای نزولی از ابتدا و انتها یکپارچه می‌باشند و از هیچ مفصل یا اتصالی استفاده شده است؟	☐	☐
آیا سطح مقطع هادی نزولی کمتر از ۷۵ میلیمتر مربع می‌باشد؟	☐	☐
آیا هادی‌های نزولی به چاه ارت اختصاصی صاعقه‌گیر (مجزا از چاه ارت اصلی) ساختمان متصل شده است؟	☐	☐
آیا فاصله تابلوهای تمام بسته فشار متوسط و فشار ضعیف از هم حداقل ۱/۵ متر می‌باشد؟	☐	☐
ابعاد کانال‌های کابل یا فضاهای زیر اتاقها باید با یکدیگر و با کانال‌های ارتباط با اتاق ترانسفورماتور هماهنگی کامل دارد؟	☐	☐
آیا درجه حفاظت تابلوهای نصب شده در داخل محوطه مسقف و راهروها برابر با IP42 و تابلوهای نصب شده در محوطه باز برابر با IP54 در نظر گرفته شده است؟	☐	☐

پیوست ب- مقره‌ها

یکی از اجزاء مهم شبکه‌های فشار قوی، مقره‌ها می‌باشد که بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت، شکل خاصی به خود می‌گیرند. وظایف مقره‌ها در شبکه‌ها را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- تحمل وزن هادی‌های خطوط انتقال و توزیع برای نگهداری سیم‌های هوایی روی پایه‌ها و دکل‌ها در بدترین شرایط (یعنی موقعی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم‌ها در حداکثر مقدار باشد) را داشته باشد و اصولاً باید بتوانند بیشترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر آنها را تحمل کنند.

۲- عایق‌بندی هادی‌ها و زمین و بین هادی‌ها با یکدیگر به عهده مقره است. یعنی مقره‌ها باید از استقامت الکتریکی کافی برخوردار باشند تا بتوانند بین فازهای شبکه و دکل‌ها که متصل به زمین هستند ایزولاسیون کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند. استقامت الکتریکی آنها باید در حدی باشد که در بدترین شرایط (یعنی در حضور رطوبت، باران، آلودگی و بروز صاعقه با ولتاژ بالا) دچار شکست کامی الکتریکی نشوند.

بنابراین مقره‌ها باید دارای خصوصیات زیر باشند:

۱- استقامت الکتریکی بالا

۲- استقامت مکانیکی بالا

۳- عاری از ناخالصی و حفره‌های داخلی

۴- استقامت در برابر تغییرات درجه حرارت و عدم تغییر شکل در اثر تغییر دما (با توجه به ضریب انبساط حرارتی که بایستی کم باشد)

۵- ضریب اطمینان بالا

۶- ضریب تلفات عایقی کم

۷- مقاوم در برابر نفوذ آب و آلودگی‌ها

جنس مقره‌ها معمولاً از چینی یا شیشه است. مقره‌های چینی از سه ماده مختلف تشکیل شده است:

۱- کائولین یا خاک چینی AL_2O_3-$2SIO_2$-$2H_2O$ به مقدار ۴۰ تا ۵۰ درصد

۲- سیلیکات آلومینیوم (فلداسپات K_2O-AL_2O_3-$6SIO_2$) به مقدار ۲۵ تا ۳۰ درصد

۳- خاک کوارتز SIO_2 به مقدار حداکثر ۲۵ درصد

این سه نوع با ترتیب برای بالا بردن استقامت حرارتی، الکتریکی و مکانیکی به کار می‌روند. به عبارت دیگر خواص الکتریکی، مکانیکی و حرارتی چینی بستگی به درصد فراوانی این سه جزء دارد. هر چه فلداسپات بیشتر باشد استقامت الکتریکی آن زیادتر می‌شود و هر چه مقدار کوارتز بیشتر شود، استقامت مکانیکی آن بیشتر شده و با افزایش کائولین، استقامت حرارتی آن بیشتر می‌شود. برای تهیه چینی، مواد فوق را با کمی آب خالص مخلوط می‌کنند تا به صورت گل و خمیر در آید. سپس این گل را در قالب‌های معینی شکل داده و در کوره حرارت می‌دهند تا پخته شود و رطوبت آن نیز گرفته شود. البته قبل از قالب‌گیری، درصد رطوبت گل را پایین می‌آورند و تحت خلاء آن را پرس می‌کنند، پس از ریخته شدن آن را سرد می‌کنند. ولی سرد

کردن آن به طور ناگهانی انجام نمی‌شود و با ملایم این کار صورت می‌گیرد. تا ترکی در آن ایجاد نشود. پس از این مرحله یک لایه لعاب شیشه‌ای بر روی آن می‌ریزند تا سطح آن کاملاً خالی از وجود حباب‌ها و ترکهای مویین گردد. لعاب شیشه‌ای علاوه بر افزایش استقامت مکانیکی مقره قدرت چسبندگی گرد و غبار و نفوذ گرد و غبار و رطوبت را کاهش می‌دهد. همچنین باعث ایجاد یک سطح کاملاً صاف می‌شود که باعث افزایش مقاومت سطحی عایق می‌شود. درجه حرارت پختن در کوره نیز در تعیین استقامت الکتریکی و مکانیکی مقره چینی مؤثر است که هر چه در درجه حرارت بالاتری قرار داده شود، حبابهای هوا در آن کمتر به وجود می‌آیند و استقامت الکتریکی آن زیاد می‌شود اما در عوض عایق خیلی ترد و شکننده می‌شود و هرچه درجه حرارت پختن در کوره کمتر شود استقامت مکانیکی آن بیشتر می‌شود و هر چه درجه حرارت پختن در کوره کمتر می‌شود، استقامت مکانیکی آن بیشتر می‌شود، ولی حفره‌های بیشتری در آن باقی می‌ماند و استقامت الکتریکی آن بیشتر می‌شود ولی حفره‌های بیشتری در آن باقی می‌ماند و استقامت الکتریکی آن کاهش می‌یابد. معمولاً درجه حرارت پخت در کوره را بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه نگه می‌دارند. در نتیجه، استقامت الکتریکی چینی بین (kv/cm)۱۲۰ تا (kv/cm)۲۸۰ می‌باشد. از خواص بسیار مهم چینی می‌توان آسان شکل گرفتن آنها و استقامت در برابر مواد شیمیایی و تغییرات جوی را نام برد.

مقره شیشه‌ای: معمولاً شیشه را در درجه حرارت بالا با مخلوطی از مواد مختلف از جمله آهک و پودر کوارتز ذوب می‌نمایند و سپس به طور ناگهانی آن را سرد نموده و قالب‌ریزی می‌کنند. این عمل (Toughening) باعث سفت شدن شیشه می‌شود. بدین ترتیب مقره شیشه‌ای با استقامت مکانیکی خیلی زیاد بدست می‌آید که در مقابل لب پریدگی از چینی مقاوم‌تر است و استقامت مکانیکی فشاری آن ۱/۵ برابر چینی است و استقامت مکانیکی آن در برابر نیروهای خمشی اندک، کمتر از چینی است. همچنین استقامت الکتریکی آن هم خیلی بیشتر از عایق‌های چینی است (بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلو ولت بر سانتی‌متر). مزیت دیگر شیشه این است که ضریب انبساط حرارتی آن کوچک است و در نتیجه تغییر شکل نسبی آن در اثر تغییر درجه حرارت، خیلی کم است. همچنین در مقره‌های شیشه‌ای، قبل از بروز ترک، کاملاً خرد می‌شوند و لذا از روی زمین به راحتی می‌توان مقره معیوب را تشخیص داد. بر خلاف مقره‌های چینی، در واقع ساخت مقره‌های شیشه‌ای، معمولاً حفره در آن به وجود نمی‌آید و اگر ترک یا حفره‌ای هم باشد به راحتی قابل مشاهده است. به علاوه به علت عبور نور خورشید از آن در اثر صاف بودن ، مقاومت آن در برابر نور خورشید بیشتر است. اما معایب شیشه آن است که:

۱- اولاً رطوبت به راحتی در سطح آن تقطیر می‌شود.
۲- به علت تغییر شکل نسبی داخلی پس از سرد شدن، نمی‌توان مقره‌های بزرگی از آنها ساخت.
۳- گرد و خاک را بیشتر به خود جذب می‌کند.

شکست الکتریکی در مقره‌ها: دو نوع شکست در مقره‌ها ممکن است رخ دهد.

۱- سوراخ شدن مقره (شکست الکتریکی داخل بدنه مقره): این شکست بستگی به جنس مقره، ضخامت بدنه مقره و ناخالصی‌های آن دارد که غالباً اتفاق نمی‌افتد؛ مگر در هنگام صاعقه‌های بسیار خطرناک و امواج سیار روی خط چین رخ می‌دهد. ضخامت بدنه مقره را طوری طراحی می‌کنند که برای ولتاژهای ضربه صاعقه‌ای و امواج سیار ناشی از سویچینگ سوراخ نشود.

۲- جرقه سطحی مقره: به علت اینکه سح مقره‌ها با هوا در ارتباط است و با توجه به اینکه استقامت الکتریکی هوا خیلی کمتر از مقره‌ها است لذا قبل از سوراخ شدن، در روی سطح مقره‌ها جرقه زده می‌شود. معمولاً اگر بر روی سطح مقره‌ها گرد و غبار و رطوبت و آلودگی بنشیند به سطح آن رسانا می‌شود و یک جریان نشتی روی سطح مقره بین هادی و پایه فلزی آن برقرار می‌گردد و باعث پایین آمدن ارزش عایقی سطح مقره می‌شود. لذا اولاً سطح عایق‌ها را طویل می‌سازند تا مسیر جریان نشتی طولانی‌تر شود و ارزش عایقی سطحی زیاد از دست نرود. دیگر آن که سطح عایق را به صورت چتری می‌سازند تا باران از آن ریخته شده و ابعاد مقره نیز بزرگ نشود و بالاخره جای خشک هم داشته باشد. شیب چترها باید طوری باشد که روی سطوح هم پتانسیل یعنی عمود بر خطوط میدان بین هادی و میله قرار گیرند. زیرا اگر بین دو نقطه‌ای که دارای اختلاف پتانسیل باشند، سطح رسانای ناشی از گرد و غبار تشکیل می‌شود، جریان زیادتری جاری شده و جرقه سطحی زودتر زده می‌شود. انواع مقره‌ها بر حسب کاربرد این نوع وسیله، مقره‌ها را به سه دسته تقسیم می‌کنند:

۱- مقره‌های خطوط هوایی: برای عایق کردن هادی‌ها نسبت به پایه دکل و نسبت به یکدیگر و نگهداری هادی‌ها بر روی پایه ها از این نوع مقره استفاده می‌شود.

۲- مقره‌های اتکایی: برای عایق‌کاری باس بارها در پست‌ها و تابلوها نسبت به زمین و نگهداری آنها از این نوع مقره‌ها استفاده می‌شود.

۳- مقره‌های عبوری یا بوشینگ‌ها: از این نوع مقره‌ها برای عبور باس بارها از دیواره‌ها یا ورود به تجهیزات استفاده می‌شود. همچنین برای ایزوله کردن خطوط یا باس بارها نسبت دیوارها یا بدنه تجهیزات هم به کار می‌رود.

اکنون به توضیح تک تک این نوع مقره‌ها خواهیم پرداخت. البته درصد بسیار زیادی از مقره‌های مورد استفاده از نوع مقره‌های خطوط هوایی می‌باشد.

انواع مقره‌های خطوط هوایی:

الف) مقره های سوزنی (میخی): از این مقره‌ها برای نگهداری خطوط توزیع ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت استفاده می‌شود که بیشتر به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند و معمولاً به شکل ناقوس کلیسا هستند و هادی خط روی شیار بالایی مقره قرار می‌گیرد و توسط یک سیستم به مقره محکم می‌شود. مقره توسط یک پیچ فولادی که در داخل مقره محکم شده است به بازوی دکل بسته می‌شود. اطراف پیچ فولادی را با فلز نرم مانند سرب یا سیمان پر می‌کنند تا چینی مقره با فولاد سخت در تماس نباشد و در اثر گشتاور خمشی شکسته نشود. چترهای روی مقره هم به خاطر ایجاد مسیر طولانی و همچنین ایجاد نقاط خشک در هنگام بارندگی و هم لغزان بودن سطح مقره برای باقی نماندن باران بر روی سطح مقره ایجاد می‌شود. به عبارت دیگر در حالت مرطوب بودن مقره، فاصله جرقه برابر مجموع کوتاه‌ترین فاصله از لبه یک چتر به نزدیکترین نقطه روی چتر پایینی به اضافه فاصله از لبه چتر پایینی تا پایه فلزی مقره می‌باشد. همچنین در حالت خشک بودن مقره کوتاه‌ترین فاصله از هادی تا پایه فلزی مقره است. به این منظور، ضریب اطمینان مقره را به صورت زیر تعریف می‌کنند:

ولتاژ لازم برای جرقه سطحی برابر ضریب اطمینان مقره ولتاژ نامی نقره در شبکه‌های ۲۰ کیلو ولت، ضریب اطمینان هوای خشک مقره‌های میخی برابر ۶ کیلو ولت و برای هوای مرطوب به مقدار ۴ کیلو ولت است. همچنین در شبکه‌های ۱۱ کیلو ولت این ضریب در هوای خشک برابر ۸/۲ کیلو ولت و برای هوای مرطوب به مقدار ۵ کیلو ولت است.

ب) مقره‌های آویزان (در مقره‌های خطوط هوایی): در ولتاژهای بالاتر از ۵۰ کیلو ولت که در سیستم‌های انتقال و فوق توزیع استفاده می‌شود، استفاده از مقره‌های سوزنی به علت نیاز به ضخامت زیادتر و پیچیده‌تر شدن ساختمان مقره‌ها و گرانتر شدن و غیر اقتصادی بودن آنها امکان‌پذیر نیست. لذا در ولتاژهای بالا از مقره‌های آویزان می‌شود و هادی خط به وسیله کلمپ فلزی به پایین‌ترین مقره بشقابی زنجیره متصل می‌گردد. هر مقره بشقابی از یک دیک بشقاب از جنس چینی یا شیشه تشکیل شده است که در قسمت بالایی آن، یک کلاهک چدنی گالوانیزه توسط سیمان مخصوصی به نام (Alumina) که مقاومت الکتریکی بالا و از استقامت مکانیکی و چسبندگی بالایی برخوردار است، به شیشه یا چینی متصل شده است و در قیمت پایین مقره نیز یک پین (pin) فولادی گالوانیزه که آن هم به وسیله سیمان مخصوص Alumina به مقره متصل شده است. همچنین مسیر زیر بشقاب‌ها به صورت چین‌دار است تا طول مسیر جریان نشتی افزایش یابد. پین فولادی هر مقره در داخل حفره کلاهک مقره پایینی قرار گرفته و با زدن گیره اطمینان حفره (Split-Pin)، کلاهک از سوراخ ریز مقابل آن اتصال پین و کلاهک محکم می‌شود. دو مقره ضمن اتصال محکم به مقره در محل اتصال به صورت لولایی حرکت آزادانه هم دارند. قطر بشقاب‌های این نوع مقره‌ها معمولاً بین ۱۵۰ تا ۳۶۰ میلیمتر و یا بیشتر می‌باشد. استقامت مکانیکی آنها هم معمولاً بین ۴۰ تا ۳۰۰ کیلو نیوتن می‌باشد.

مزایای استفاده از مقره‌های بشقابی را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- چون هر واحد مقره بشقابی برای یک ولتاژ نامی پایینی (در حدود ۱۱ کیلو ولت) طراحی می‌شود. متناسب با ولتاژ خط می‌توان به تعداد دلخواه از این بشقاب‌ها را به هم متصل نمود تا یک زنجیره آن بتواند ولتاژ خط را تحمل کند (قابلیت انتخاب تعداد بشقاب‌ها).

۲- اگر هر کدام از بشقاب‌های یک زنجیره مقره آویزان، معیوب یا صدمه ببیند فقط لازم است همان یک بشقاب عوض شود و نیازی به تعویض کل زنجیره نیست (اقتصادی بودن مقره).

۳- چون زنجیره مقره به کراس آرم خط آویزان است و می تواند به صورت آزادانه حرکت نماید، حداقل فشار مکانیکی بر مقره‌های آویزان وارد می‌شود (تنش‌های مکانیکی کمتری به مقره وارد می‌شود).

۴- اگر به دلیلی بخواهند ولتاژ نامی خط را افزایش دهند به راحتی می‌توان با اضافه نمودن چند تا بشقاب، قدرت عایقی مناسب را به دست آورد و نیازی به تعویض زنجیره مقره نیست (قابلیت انعطاف در افزایش ولتاژ خط).

۵- چون هادی خط به زنجیره آویزان می‌گردد و پایین‌تر از بازوی کراس آرم (صلیبی) دکل خط انتقال قرار می‌گیرد در نتیجه هنگام برخورد صاعقه به خط، صاعقه ابتدا به بازوی کراس آرم خط برخورد

می‌نماید تا حدود زیادی از خط حفاظت می‌شود (حفاظت خط در برابر صاعقه به وسیله بازوی کراس آرم دکل انجام می‌شود).

۶- اگر بار مکانیکی خط زیاد باشد مثلاً: در اسپن‌های بلند ، هنگام عبور خطوط انتقال از روی رودخانه-ها، دره‌ها ، اتوبان‌ها می توان از زنجیره‌های دوبل یا بیشتر استفاده نمود (قابلیت استفاده از زنجیره-های دوبل یا بیشتر).

ب) مقره‌های سنتی: مقره‌های کششی در جاهایی که نیروی کشش افقی زیادی به مقره وارد می‌شود استفاده می‌گردد. از این مقره‌ها در پایه‌های ابتدا و انتهایی خطوط انتقال، توزیع و در پایه‌هایی که در مسیر خط از حالت مستقیم خارج شده و یا نسبت به افق، زاویه پیدا می‌کنند، استفاده می‌شوند. مقره‌های مذکور همان مقره‌های بشقابی هستند که به صورت افقی نسب می‌شوند و باید بیوری کششی خط را در پایه‌ها تحمل نمایند و چون نیروی زیادتری را باید تحمل کنند فقط استقامت مکانیکی آنها نسبت به مقره‌های آویزان بیشتر است.

د) مقره‌های مهار: در خطوط توزیع برای پایه‌هایی که در ابتدا و انتهای خط قرار می‌گیرند و یا برای پایه‌هایی قرار گرفته در زاویه برای خنثی کردن نیروی کششی که از یک طرف به پایه وارد می‌شود از سیم مهار استفاده می‌شود. این سیم مهار از یک طرف به رأس تیر محکم می‌شود و از طرف دیگر به وسیله مهار و صفحه مهار در داخل زمین محکم می‌شود. برای ایمنی و حفاظت بیشتر که احتمالاً سیم مهار در بالا از طریق میلگرد تیر برق‌دار گردید، سیم مهار در نزدیکی زمین برقدار نشود، در وسط سیم مهار از مقره مهار استفاده می‌شود و سیم های مهار از دو طرف به مقره مهار متصل می‌شود. این مقره به گونه‌ای است که اگر شکسته شود، سیم مهار رها نمی‌شود و البته بایستی تحمل نیروی کششی سیم مهار را داشته باشند.

ه) مقره‌های استوانه‌ای: این مقره‌ها به صورت یک زنجیره استوانه‌ای و به صورت یکپارچه از جنس چینی یا اخیراً از مواد ترکیبی که استقامت مکانیکی بسیار بالایی داشته و آب بر روی سطح آنها پخش نمی‌شود و برای مناطق صحرایی مناسب هستند، ساخته می‌شوند و به دو طرف انتهایی آنها دو کلاهک فلزی با سیمان مخصوص اتصال داده شده است. قطر استوانه عایق متناسب با قطر مکانیکی نیاز انتخاب می‌شود. از این مقره بعضاً در خطوط انتقال استفاده می‌شود. این مقره‌ها در مقایسه مقره‌های آویزان بشقابی از وزن بسیار کمتری برخوردارند (وزن مقره‌های آویزان دریک زنجیره بیشتر به خاطر وزن کلاهک‌های فلزی آن است) و لذا از نظر اقتصادی ارزان‌تر هستند. ولی نقطه ضعف اصلی آنها امکان خراب شدن کامل مقره در اثر یک قوس الکتریکی یا ضربه مکانیکی بیرونی بر آن است. در صورتی که در مقره‌های بشقابی تمام زنجیره از بین نمی‌رود. در زنجیره‌های بشقابی اگر یک مقره دچار ترک شود تا مدت زیادی بقیه آنها می‌توانند ولتاژ خط را تحمل کنند و همچنین بار مکانیکی خط را تحمل نمایند. در ولتاژهای بالا می‌توان دو یا سه مقره استوانه‌ای را به هم متصل نمود. نوع ساخته شده از مواد ترکیبی (Composite Material) این نوع مقره‌ها دارای خاصیت آب گریزی بوده و آب و آلودگی بر روی سطح مقره پخش نمی‌شود، بلکه این آلودگی و رطوبت در یک نقطه روی سطح باقی می‌ماند و چون تمام سطح مرطوب نمی‌شود، می‌توان مسیر خزشی آن را کوتاه نمود. جریان نشتی این نوع مقره‌ها خیلی کم است و در مناطق با آلودگی زیاد روی سطح آنها جرقه زده نمی‌شود و نیازی به تمیز کردن هم ندارند. این مقره‌ها ضمن داشتن استقامت مکانیکی بالا از وزن بسیار

کمی نیز برخوردارند. مقره‌های مخصوص برای مناطق با شرایط آب و هوایی بسیار بد مانند مناطقی که آلودگی صنعتی یا آلودگی آب و هوایی بیش از حد معمول وجود دارد یا مناطقی که مه زیاد وجود دارد یا مناطقی که صاعقه‌های خطرناک با شیب زیاد وجود دارد، از مقره‌های استاندارد معمولی نمی‌توان استفاده نمود و باید از مقره های با طراحی خاص برای آن مناطق استفاده نمود و باید از مقره‌های با طراحی خاص برای ان مناطق استفاده نمود. در این نوع مقره‌ها معمولاً از بشقاب‌های گودتر استفاده می‌کنند و داخل بشقاب گود، چترهای بلندتری به آن داده می‌شود. در نتیجه فاصله خزش مقره افزایش می‌یابد و جریان نشتی آن به دلیل طولانی‌تر شدن مسیر و بزرگ شدن مقاومت سطحی کاهش یافته و دیرتر جرقه سطحی زده می‌شود (به خاطر آلودگی و رطوبت). همچنین سطح مقره را پر شیب می‌سازند تا در اثر باران سطح آن به راحتی تمیزتر شود.

ز) مقره چرخی: از این مقره‌ها در خطوط فشار ضعیف ۴۰۰ ولت استفاده می‌شود. این مقره‌ها توسط تسمه فلزی U شکل به نام اتریه و پین و اشپیل به پایه‌های خطوط توزیع هوایی بسته می‌شوند و سیم هوایی شبکه بر روی شیار چرخی مانند مقره قرار می‌گیرد و از آن به عنوان مقره کششی نیز استفاده می‌شود و در دو نوع یک شیاری و دو شیاری استفاده می‌شود. مقره‌های اتکایی این مقره‌ها برای نگهداشتن شین‌های فشار قوی و دیگر تجهیزات به کار برده می‌شوند. این مقره‌ها به شکل استوانه‌ای چینی توپر یا توخالی ساخته می‌شوند که برای تأسیساتی که مقره باید نیروی مکانیکی بیشتری را تحمل کند از نوع توخالی آن استفاده می‌شود. زیرا نوع توپر آن فقط با یک قطر معین و محدودی قابل ساخت است ولی برای افزایش استقامت الکتریکی نوع توخالی آن سوراخ داخل مقره‌ها به صورت افقی یا عمودی نصب می‌شوند. مقره‌های عبوری (بوشینگ‌ها) برای سرهای خروجی و ورودی دستگاه‌های فشار قوی، جهت جلوگیری از ایجاد جرقه بین ولتاژ آن خط عبوری و بدنه دستگاه به کار می‌روند (مثل بوشینگ ترانس‌ها). این مقره‌ها به صورت لایه‌های استوانه‌ای به کار می‌روند و نسبت به محیط مورد استفاده، شکل مقره‌های عبوری متفاوت است. ساده‌ترین آنها استوانه‌های درهم است. فضای داخل این استوانه‌های مابقی، معمولاً توسط گازها یا مایع‌های عایق پر می‌شود. در ترانسفورماتورها، بوشینگ‌ها حاوی روغن هستند. ارتفاع آنها برحسب میزان ولتاژ و ارتفاع از زمین متفاوت است. به منظور جلوگیری از ازدیاد حرارت در بوشینگ‌ها از فیبرهای عایقی در سر بوشینگ‌ها استفاده می‌شود زیرا فیبر هدایت حرارتی بهتری نسبت به چنین دارد.

آزمایش مقره‌های خطوط هوایی به طور کلی سه دسته آزمایش بر روی مقره‌ها انجام می‌گیرد:

Type Test: که فقط روی سه عدد مقره انجام می‌گیرد و صرفاً به خاطر بررسی مشخصات الکتریکی یک مقره است که اساساً بستگی به شکل مقره و جنس و ابعاد آن به طور کلی به طراحی مقره بستگی دارد. این آزمایش‌ها را فقط یک بار برای تأیید صحت طراحی مقره‌ها و مقایسه نتایج حاصل با مقادیر تعیین شده توسط استانداردها انجام می‌دهند. به این آزمایش‌ها، آزمایش‌های تخلیه یا آزمایش‌های جرقه نیز می‌گویند.

Sample Test (آزمایش‌های نمونه): این آزمایش‌ها بر روی تعدادی از مقره‌ها که به صورت کاملاً اتفاقی انتخاب می‌شوند، انجام می‌گیرد و به منظور بررسی مشخصات مقره و کیفیت موارد مورد استفاده در آنها است و در حقیقت معیاری برای پذیرش کیفیت مقره‌های تولیدی یک تولید کننده است.

Routine Test (آزمایش‌های سری): این آزمایش‌ها بر روی تک تک تمام مقره‌های تولید شده در خط تولید شده در خط انجام می‌گیرد و به منظور خارج شدن مقره‌هایی که احتمالاً در جریان ساختن آن اشکالی به وجود آمده می‌باشد. بدین طریق مقره‌های کاملاً معیوب از خط تولید خارج می‌شوند.

پیوست ج- حفاظت تجهیزات پست

از وسایل حفاظتی محدودکننده ضربه، برای حفاظت تجهیزات سیستم‌های قدرت در برابر اضافه ولتاژها استفاده می‌شود یک وسیله حفاظتی محدودکننده ضربه باید اضافه ولتاژهای گذرا یا اضافه ولتاژهای که باعث تخریب تجهیزات شبکه می‌شوند را محدود و به زمین هدایت کند و بتواند این کار را بدون اینکه آسیبی ببیند به دفعات تکرار کند. برقگیرها نسبت به سایر وسایل حفاظتی بهترین حفاظت را انجام می‌دهند و بیشترین مقدار حذف امواج گذرا را فراهم می‌کند. برقگیرها به صورت موازی با وسیله تحت حفاظت یا بین فاز و زمین قرار می‌گیرند و انرژی موج اضافه ولتاژ به وسیله برقگیر به زمین منتقل می‌شوند.

- یک برقگیر خوب باید دارای مشخصات زیر باشد:

۱- در ولتاژ نامی شبکه، به منظور کاهش تلفات دارای امپدانس بینهایت باشد.

۲- در اضافه ولتاژ به منظور محدود سازی سطح ولتاژ دارای امپدانس کم باشد.

۳- توانایی دفع یا ذخیره انرژی موج اضافه ولتاژ را بدون اینکه خود صدمه ببیند داشته باشد.

۴- پس از حذف عبور اضافه ولتاژ بتواند به شرایط مدار (حالت کار عادی) برگردد.

- انواع برقگیرها:

۱- برقگیر میله‌ای

۲- برقگیر لوله‌ای

۳- برقگیر سیلیکون (SIC)

۴- برقگیر نوع اکسید فلزی (MOV)

- معایب برقگیر میله‌ای:

۱- تداوم عبور جریان به زمین حتی پس از حذف اضافه ولتاژ

۲- افت شدید ولتاژ فاز به خاطر اتصال کوتاه شدن فاز در لحظه عبور جریان از برقگیر

۳- دارای تاخیر زمانی متناسب با اضافه ولتاژ

۴- پراکندگی زیاد ولتاژ جرقه

- پارامترهای مهم برای انتخاب برقگیر مناسب جهت حفاظت عایقی:

۱- ماکزیمم ولتاژ کار دائم (MCOV)

۲- ولتاژ نامی (Ur)

۳- جریان تخلیه نامی

۴- ماکزیمم جریان ضربه قابل تحمل

۵- قابلیت تحمل جذب انرژی

- عوامل مهم در آسیب‌دیدگی برقگیرها:

۱- نفوذ رطوبت و آلودگی

۲- اضافه ولتاژهای گذرا و موقتی

۳- عدم انطباق شرایط بهره‌برداری با مشخصه برقگیر (طراحی اشتباه)

۴- عوامل ناشناخته

- مزایای برقگیر نوع اکسید فلزی (MOV)

۱- کارایی بهتر نسبت به سایر برقگیرها

۲- پراکندگی کم ولتاژ پسماند همچنین دارای ولتاژ پسماند خیلی کم

۳- دارای تاخیر زمانی خیلی کم

۴- برگشت طبیعی به وضعیت اولیه یا مدار باز

۵- دارای مشخصه ولت-جریان خطی تر نسبت به برقگیر SIC

۶- دارای سطح حفاظتی خوب

منابع

[۱] طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها " مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان"

[۲] تعاریف "مبحث اول مقررات ملی ساختمان "

[۳] نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد اول: تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط"

[۴] نشریه ۸۹ با عنوان " مشخصات فنی تاسیسات برق بیمارستان " معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

[۵] نشریه شماره ۳۹۳ با عنوان "نقشه های جزئیات اجرائی تیپ تاسیسات الکتریکی ساختمان" معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

[۶] استاندارد و آئین نامه سیم‌کشی ساختمانهای مسکونی، تجاری و صنعتی "شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)" دفتر استانداردها

[۷] شیوه‌نامه اجرایی نظارت بر طراحی و اجرای استاندارد تاسیسات برق کلیه اماکن بر اساس مباحث مقررات ملی ساختمان و مقررات اجرایی وزارت نیرو "شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)" تیر ۸۹

[۸] نشریه شماره ۳۷۵ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت" معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور و وزارت نیرو

[۹] استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع "شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)"