جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی

جلد اول:

تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

(تجدید نظراول)

نشریه شماره ۱-۱۱۰

معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
http://tec.mporg.ir

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
تأسیسات برقی کارهای ساختمانی
جلد اول:
تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط
(تجدید نظر اول)

نشریه شماره ۱-۱۱۰

معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

چاپ سوم
۱۳۸۲

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۲/۰۰/۸۰

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی/ معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛ [تهیه و تدوین پرویز سید احمدی ... و دیگران] .- تجدیدنظر اول [ویرایش ۲].- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۲ -
ج. : مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی ؛ نشریه شماره ۱۱۰) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛ ۸۲/۰۰/۸۰
مربوط به دستورالعمل شماره ۵۴/۲۸-۱۰۵/۱۰۰ مورخ ۱۳۸۰/۱/۸
ISBN 964-425-458-9 (set)
ویرایش‌های قبلی توسط سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها منتشر شده است.
عنوان جلد اول ویرایش اول "تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار قوی"
مندرجات: ج.۱. تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

۱. برق – مهندسی – استانداردها. ۲. برق – سیمکشی – مشخصات. ۳. روشنایی برق – مشخصات. ۴.تأسیسات– استانداردها. ۵. ساختمان‌سازی – استانداردها. الف. سید احمدی، پرویز. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات.ج. عنوان. د. فروست.

الف ۱۳۸۲ ش. ۱۱۰ ۲س/۳۶۸ TA

شابک ۹-۴۵۸-۴۲۵-۹۶۴ (دوره) ISBN 964-425-458-9(set)

مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی

تهیه کننده: معاونت امور فنی. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات
چاپ سوم : ۳۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۲
قیمت: ۴۵۰۰۰ ریال
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
دفتر رئیس

بسمه تعالی

به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره :** ۱۰۵/۱۰۰-۵۴/۲۸
	تاریخ : ۱۳۸۰/۱/۸

موضوع : مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی

به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت۱۴۸۹۸ه، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیات وزیران) به پیوست، نشریه شماره ۱-۱۱۰ دفتر امور فنی وتدوین معیارهای این سازمان، با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی - جلد اول : تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط" از نوع گروه اول ابلاغ می شود تا از تاریخ ۸۰/۴/۱ به اجرا در آید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرحهای عمرانی الزامی است .

با انتشار این دستورالعمل، دستورالعمل شماره ۱۹۰۴-۱۹۹۲۵/۵۶-۱ مورخ ۷۰/۱۲/۲۵ لغو می گردد.

محمدرضا عارف

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱ لوله‌کشی برق	۱۳
۱ ـ ۱ کلیات	۱۳
۱ ـ ۲ طبقه‌بندی	۱۳
۱ ـ ۳ انواع لوله و موارد کاربرد	۱۶
۱ ـ ۴ ظرفیت لوله‌ها	۱۸
۱ ـ ۵ اصول و روشهای نصب لوله‌های برق	۲۱
۱ ـ ۶ علایم ترسیمی الکتریکی برای لوله‌کشی برق	۲۶
فصل ۲ سیمکشی برق	۲۹
۲ ـ ۱ تعاریف	۲۹
۲ ـ ۲ استاندارد ساخت	۲۹
۲ ـ ۳ مشخصات و موارد مصرف انواع سیمهای دارای عایق پی ـ وی ـ سی	۳۰
۲ ـ ۴ مشخصات و موارد کاربرد سیمهای عایقدار و کابلهای قابل انعطاف	۳۱
۲ ـ ۵ ضوابط طراحی سیستم سیمکشی	۳۷
۲ ـ ۶ اصول و روشهای نصب در سیمکشی	۴۲
۲ ـ ۷ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیمکشی برق	۴۴
فصل ۳ کلید و پریز	۴۷
۳ ـ ۱ تعاریف	۴۷
۳ ـ ۲ استاندارد ساخت	۴۷
۳ ـ ۳ کلیدهای برق	۴۸
۳ ـ ۳ـ۱ طبقه‌بندی	۴۸
۳ ـ ۳ـ۲ موارد کاربرد	۴۹
۳ ـ ۳ـ۳ انتخاب نوع، ظرفیت بار و روش سیمکشی کلیدها	۵۰
۳ ـ ۴ پریزهای برق	۵۳
۳ ـ ۴ـ۱ طبقه‌بندی و موارد کاربرد	۵۳
۳ ـ ۴ـ۲ سیستم سیمکشی مدار و تعداد پریزها	۵۴
۳ ـ ۵ اصول و روشهای نصب کلید و پریز	۵۶
۳ ـ ۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوازم برقی	۵۹
فصل ۴ چراغهای روشنایی	۶۳
۴ ـ ۱ تعاریف	۶۳

عنوان | صفحه

۴ ـ ۲ استاندارد ساخت چراغها، لامپها و تجهیزات جانبی ۶۴
۴ ـ ۳ طبقه‌بندی چراغها ۶۶
۴ ـ ۳ـ۱ طبقه‌بندی برحسب درجه حفاظت در برابر برقگرفتگی ۶۶
۴ ـ ۳ـ۲ طبقه‌بندی برحسب درجه حفاظت در برابر نفوذ رطوبت و غبار ۶۶
۴ ـ ۳ـ۳ طبقه‌بندی برحسب جنس سطوح نگهدارندهٔ چراغ ۶۹
۴ ـ ۴ طراحی و محاسبهٔ روشنایی ۷۱
۴ ـ ۴ـ۱ روشهای نورپردازی ۷۱
۴ ـ ۴ـ۲ روشهای محاسبه روشنایی ۷۱
۴ ـ ۴ـ۳ تعیین نوع و تعداد چراغها در یک طرح روشنایی ۷۲
۴ ـ ۵ مشخصات چراغهای روشنایی و موارد کاربرد آن ۸۲
۴ ـ ۶ اصول و روشهای نصب چراغهای روشنایی ۸۳
۴ ـ ۷ نشانه‌های ترسیمی تأسیسات روشنایی ۸۴

فصل ۵ تابلوهای فشار ضعیف ۸۹
۵ ـ ۱ کلیات ۸۹
۵ ـ ۱ـ۱ تعاریف ۸۹
۵ ـ ۱ـ۲ طبقه‌بندی ۹۰
۵ ـ ۲ انواع و موارد کاربرد ۹۱
۵ ـ ۲ـ۱ تابلو تمام بسته: (برای نصب در فضاهای سرپوشیده) ۹۱
۵ ـ ۲ـ۲ تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز ۹۱
۵ ـ ۳ استاندارد ساخت ۹۲
۵ ـ ۴ مشخصات فنی ساخت و روش نصب ۹۳
۵ ـ ۴ـ۱ تابلوهای اصلی توزیع فشار ضعیف ـ نوع ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل‌دسترسی از پشت ۹۳
۵ ـ ۴ـ۲ تابلوهای نیم‌اصلی توزیع فشار ضعیف ـ انواع ایستاده قابل دسترسی از جلو و پشت ۹۵
۵ ـ ۴ـ۳ تابلو اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف ـ نوع ایستاده چند خانه‌ای ۹۵
۵ ـ ۴ـ۴ روش نصب تابلوهای ایستاده قابل دسترسی از جلو، قابل دسترسی از پشت و چندخانه‌ای ۹۶
۵ ـ ۴ـ۵ تابلو نیم‌اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف ـ نوع ایستاده چندخانه‌ای ۹۷
۵ ـ ۴ـ۶ تابلو توزیع نیرو ـ نوع ایستاده چندجعبه‌ای ۹۷
۵ ـ ۴ـ۷ تابلو توزیع فرعی نیروی برق ـ نوع دیواری ۹۷
۵ ـ ۴ـ۸ تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز ۹۹
۵ ـ ۵ لوازم، وسایل، و تجهیزات داخل تابلو ۱۰۰
۵ ـ ۵ـ۱ اجزای داخلی تابلوهای اصلی ۱۰۰
۵ ـ ۵ـ۲ تابلوهای فرمان وسایل موتوری ۱۰۰
۵ ـ ۵ـ۳ تابلوهای فرعی روشنایی ۱۰۱
۵ ـ ۶ مشخصات فنی لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو ۱۰۲
۵ ـ ۶ـ۱ کلیدهای اتوماتیک با رله حرارتی و مغناطیسی ۱۰۲
۵ ـ ۶ـ۲ کنتاکتورهای فشار ضعیف ۱۰۳
۵ ـ ۶ـ۳ فیوزها ۱۰۳

عنوان | صفحه

۵ ـ ۶ ـ ۴ کلیدهای مینیاتوری ۱۰۴
۵ ـ ۶ ـ ۵ ترانسهای جریان ۱۰۵
۵ ـ ۶ ـ ۶ وسایل اندازه‌گیری و نمایشگر ۱۰۵
۵ ـ ۷ آزمایش تابلوهای فشار ضعیف ۱۰۶
۵ ـ ۸ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل تابلوهای فشار ضعیف ۱۰۶
ضمیمه ۱۳۹

فصل ٦ تابلوهای فشار متوسط ۱۵۵
۶ ـ ۱ تعاریف ۱۵۵
۶ ـ ۲ طبقه‌بندی ۱۵۸
۶ ـ ۳ انواع تابلوهای ایستادهٔ تمام بسته فشار متوسط ۱۵۸
۶ ـ ۳ ـ ۱ تابلو ایستاده، تمام بسته، قابل دسترسی و فرمان از جلو ۱۵۸
۶ ـ ۳ ـ ۲ تابلو ایستاده، تمام بسته، کشویی ۱۵۸
۶ ـ ۴ استاندارد ساخت ۱۵۹
۶ ـ ۴ ـ ۱ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی ۱۵۹
۶ ـ ۴ ـ ۲ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش عایق ۱۵۹
۶ ـ ۴ ـ ۳ سایر انواع تابلوهای فشار متوسط ۱۵۹
۶ ـ ۴ ـ ۴ لوازم و وسایل داخل تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط ۱۵۹
۶ ـ ۵ مشخصات فنی ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته
با پوشش فلزی ۱۶۰
۶ ـ ۵ ـ ۱ مشخصات عمومی ۱۶۰
۶ ـ ۵ ـ ۲ تابلو فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته و قابل دسترسی و فرمان از جلو ۱۶۵
۶ ـ ۵ ـ ۳ تابلو فشار متوسط، نوع ایستاده، تمام بسته، و کشویی ۱۶۶
۶ ـ ۶ مشخصات فنی لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو ۱۶۷
۶ ـ ۶ ـ ۱ کلیدهای قدرت ۱۶۷
۶ ـ ۶ ـ ۲ ترانسفورماتورهای جریان ۱۶۸
۶ ـ ۶ ـ ۳ ترانسفورماتورهای ولتاژ ۱۶۹
۶ ـ ۶ ـ ۴ کلیدهای جداکننده و کلیدهای زمین ۱۷۰
۶ ـ ۶ ـ ۵ وسایل اندازه‌گیری ۱۷۱
۶ ـ ۷ ترکیب کلی تابلو فشار متوسط ۱۷۲
۶ ـ ۷ ـ ۱ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سیستم حلقه‌ای (رینگ) ۱۷۲
۶ ـ ۷ ـ ۲ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سیستم شعاعی ۱۷۲
۶ ـ ۷ ـ ۳ شماتیک یک تابلو برق فشار متوسط نمونه
۶ ـ ۸ روش نصب ۱۷۳
۶ ـ ۸ ـ ۱ تابلوهای فشار متوسط ایستاده تمام‌بسته، انواع قابل دسترسی و فرمان از جلو، و کشویی ۱۷۳
۶ ـ ۸ ـ ۲ سیمکشیها و فرم‌بندی مدارهای ثانوی تابلو ۱۷۳
۶ ـ ۹ آزمایش تابلوهای فشار متوسط ۱۷۳
۶ ـ ۹ ـ ۱ تابلوهای فشار متوسط پوشش فلزی ۱۷۳

عنوان | صفحه

۶ ـ ۹ـ۲ تابلوهای فشار متوسط مجهز به‌پوشش عایق ۱۷۴
۶ ـ ۱۰نشانه‌های ترسیمی الکتریکی ۱۷۵

فصل ۷ کابلهای فشار ضعیف ۱۸۱
۷ ـ ۱ کلیات و تعاریف ۱۸۱
۷ ـ ۱ـ۱ تعاریف ۱۸۱
۷ ـ ۱ـ۲ نشانه‌های شناسایی کابلها در سیستم VDE ۱۸۱
۷ ـ ۱ـ۳ طبقه‌بندی ۱۸۳
۷ ـ ۱ـ۴ مشخصات اصلی کابلها و عوامل مؤثر در انتخاب نوع کابلها ۱۸۳
۷ ـ ۱ـ۵ تعیین جریان مجاز کابلها ۱۸۴
۷ ـ ۲ کابلهای هوایی ۱۸۶
۷ ـ ۲ـ۱ استاندارد و مشخصات کابلهای هوایی ۱۸۶
۷ ـ ۲ـ۲ اصول و روشهای نصب کابلهای هوایی ۱۸۷
۷ ـ ۳ کابلهای زمینی ۱۹۰
۷ ـ ۳ـ۱ استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی دارای عایقبندی پلاستیکی ۱۹۰
۷ ـ ۳ـ۲ استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی دارای عایقبندی پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) ۱۹۱
۷ ـ ۳ـ۳ استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی مجهز به‌عایقبندی کاغذی ۱۹۱
۷ ـ ۳ـ۴ میزان جریان مجاز کابلهای زمینی با توجه به‌شرایط نصب، درجه حرارت محیط و تعداد کابلها ۱۹۲
۷ ـ ۳ـ۵ اصول و روشهای نصب کابلهای زمینی ۱۹۲
۷ ـ ۴ کابلهای زیرآبی ۲۰۰
۷ ـ ۴ـ۱ استاندارد و مشخصات کابلهای زیرآبی ۲۰۰
۷ ـ ۴ـ۲ اصول و روشهای نصب کابلهای زیرآبی ۲۰۰
۷ ـ ۵ کابلهای مخصوص ۲۰۰
۷ ـ ۵ـ۱ استاندارد و مشخصات کابلهای مخصوص ۲۰۱
۷ ـ ۵ـ۲ اصول و روشهای نصب کابلهای مخصوص ۲۰۱
۷ ـ ۶ کابلشوها، سرکابلها و مفصلها ۲۰۱
۷ ـ ۶ـ۱ کابلشوها ۲۰۱
۷ ـ ۶ـ۲ سرکابلها ۲۰۲
۷ ـ ۶ـ۳ مفصلها ۲۰۲

فصل ۸ کابلهای فشار متوسط ۲۱۵
۸ ـ ۱ کلیات و تعاریف ۲۱۵
۸ ـ ۱ـ۱ کابل فشار متوسط ۲۱۵
۸ ـ ۱ـ۲ طبقه‌بندی ولتاژ نامی عایقبندی کابلهای فشار متوسط ۲۱۵
۸ ـ ۲ استاندارد و مشخصات کابلهای فشار متوسط ۲۱۶
۸ ـ ۲ـ۱ کابلهای فشار متوسط با عایقبندی کاغذی ۲۱۶
۸ ـ ۲ـ۲ کابلهای فشار متوسط با عایقبندی پلاستیکی ۲۱۷
۸ ـ ۲ـ۳ کابلهای فشار متوسط با عایقبندی پلی‌اتیلن (PE) و پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) ۲۱۸

۸ ـ ۳ اصول و روشهای نصب کابلهای فشار متوسط ۲۲۰
۸ ـ ۳ـ۱ اصول و روشهای نصب کلی کابلهای فشار متوسط ۲۲۰
۸ ـ ۳ـ۲ نصب کابل در داخل کانال خاکی ۲۲۲
۸ ـ ۳ـ۳ نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته ۲۲۵
۸ ـ ۴ کابلشوها، سرکابلها و مفصلها ۲۲۸
۸ ـ ۴ـ۱ کابلشوها ۲۲۸
۸ ـ ۴ـ۲ سرکابلها ۲۲۸
۸ ـ ۴ـ۳ مفصلها ۲۳۰
۸ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی ۲۳۲

فصل ۹ مولدهای برق ۲۳۵
۹ ـ ۱ کلیات و تعاریف ۲۳۵
۹ ـ ۲ موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم برق بدون وقفه ۲۳۶
۹ ـ ۳ استاندارد و مشخصات فنی مولدهای برق ۲۳۷
۹ ـ ۳ـ۱ موتور دیزل ۲۳۷
۹ ـ ۳ـ۲ تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور ۲۴۰
۹ ـ ۳ـ۳ سیستم اگزوست موتور و دودکش ۲۴۱
۹ ـ ۳ـ۴ سیستم سوخت ۲۴۱
۹ ـ ۳ـ۵ ژنراتور ۲۴۲
۹ ـ ۳ـ۶ تابلو کنترل الکتریکی ۲۴۳
۹ ـ ۳ـ۷ مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری ۲۴۳
۹ ـ ۳ـ۸ دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی) ۲۴۴
۹ ـ ۴ اصول و روشهای نصب ۲۴۴
۹ ـ ۵ آزمون دستگاهها ۲۴۵
۹ ـ ۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی ۲۴۵

فصل ۱۰ ترانسفورماتورهای قدرت فشار متوسط ۲۴۹
۱۰ ـ ۱ کلیات و تعاریف ۲۴۹
۱۰ ـ ۲ استاندارد و مشخصات فنی ترانسفورماتورها ۲۵۰
۱۰ ـ ۲ـ۱ استاندارد ساخت ۲۵۰
۱۰ ـ ۲ـ۲ شرایط محیط کار عادی ۲۵۰
۱۰ ـ ۲ـ۳ پیش‌بینیهای لازم برای شرایط محیط کار غیرعادی ۲۵۱
۱۰ ـ ۲ـ۴ نوع ترانسفورماتورها ۲۵۱
۱۰ ـ ۲ـ۵ مشخصات الکتریکی ۲۵۱
۱۰ ـ ۲ـ۶ مشخصات ساخت ۲۵۲
۱۰ ـ ۳ اصول و روشهای نصب ترانسفورماتور ۲۵۵
۱۰ ـ ۳ـ۱ نصب ترانسفورماتور در داخل ساختمان ۲۵۵
۱۰ ـ ۳ـ۲ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان (فضای آزاد) ۲۵۷

۱۰ ـ ۴ محافظت ترانسفورماتور در برابر ازدیاد جریان ۲۵۹

فصل ۱۱ خازنهای صنعتی ۲۶۱
۱۱ ـ ۱ کلیات ۲۶۱
۱۱ ـ ۲ تعاریف ۲۶۱
۱۱ ـ ۳ استاندارد و مشخصات فنی خازنهای صنعتی ۲۶۳
۱۱ ـ ۴ آزمونهای خازن ۲۶۶
۱۱ ـ ۵ توان واحدهای خازنی فشار ضعیف و روش محاسبه خازن موردنیاز ۲۶۷
۱۱ ـ ۶ وسایل قطع و وصل و حفاظت خازنهای فشار ضعیف ۲۶۹
۱۱ ـ ۷ روشهای کنترل خودکار توان راکتیو ۲۶۹
۱۱ ـ ۸ اصول و روشهای نصب ۲۷۰
۱۱ ـ ۸ـ۱ دمای کار ۲۷۰
۱۱ ـ ۸ـ۲ شرایط محل نصب ۲۷۰
۱۱ ـ ۸ـ۳ نصب مجموعه سیستم اصلاح ضریب قدرت ۲۷۱
۱۱ ـ ۹ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی ۲۷۱

فصل ۱۲ منابع تغذیه جریان مستقیم یا یکسوسازها ۲۷۳
۱۲ ـ ۱ کلیات ۲۷۳
۱۲ ـ ۲ تعاریف ۲۷۳
۱۲ ـ ۳ استانداردها و مشخصات فنی یکسوسازها ۲۷۴
۱۲ ـ ۴ آزمونهای دستگاههای یکسوساز ۲۷۷
۱۲ ـ ۵ اصول و روشهای نصب ۲۷۸
۱۲ ـ ۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی ۲۷۸

فصل ۱۳ وسایل شبکه ۲۸۱
۱۳ ـ ۱ کلیات ۲۸۱
۱۳ ـ ۲ تعاریف ۲۸۱
۱۳ ـ ۳ استانداردها و مشخصات فنی پایه‌های برق ۲۸۲
۱۳ ـ ۳ـ۱ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده ۲۸۲
۱۳ ـ ۳ـ۲ پایه‌های فلزی ۲۸۴
۱۳ ـ ۳ـ۳ پایه‌های چوبی ۲۸۶
۱۳ ـ ۴ اصول و روشهای نصب پایه‌های برق ۲۹۰
۱۳ ـ ۴ـ۱ ضوابط کلی ۲۹۰
۱۳ ـ ۴ـ۲ اصول و روشهای نصب پایه‌های بتنی ۲۹۱
۱۳ ـ ۴ـ۳ اصول و روشهای نصب پایه‌های فلزی ۲۹۱
۱۳ ـ ۴ـ۴ اصول و روشهای نصب پایه‌های چوبی ۲۹۳
۱۳ ـ ۴ـ۵ حریم مجاز نصب تیر یا سیم ۲۹۶
۱۳ ـ ۵ کنسول‌ها و براکت‌ها ۲۹۶

عنوان | صفحه

۱۳ ـ ۶ مقره‌ها ۲۹۷
۱۳ ـ ۷ بست‌ها ۲۹۸
۱۳ ـ ۸ هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع ۲۹۹
۱۳ ـ ۹ مهارها و حایلها ۳۰۰
۱۳ ـ ۹ـ۱ مهارها ۳۰۰
۱۳ ـ ۹ـ۲ حایلها ۳۰۱
۱۳ ـ ۹ـ۳ اصول و روشهای نصب مهارها و حایلها ۳۰۱
۱۳ ـ ۱۰ برقگیر حفاظتی ۳۰۲
۱۳ ـ ۱۱نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل شبکه ۳۰۲

فصل ۱۴ سیستم حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی) ۳۰۵
۱۴ ـ ۱ کلیات ۳۰۵
۱۴ ـ ۲ تعاریف ۳۰۶
۱۴ ـ ۳ استانداردها و مشخصات فنی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش ۳۰۷
۱۴ ـ ۳ـ۱ استاندارد سیستمها
۱۴ ـ ۳ـ۲ مشخصات سیستم برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن ۳۰۷
۱۴ ـ ۳ـ۳ مشخصات فنی برقگیر الکترونیک (ESE) براساس استاندارد NFC 17-102 ۳۰۸
۱۴ ـ ۴ موارد استفاده و ضوابط محاسباتی برقگیرها ۳۱۳
۱۴ ـ ۴ـ۱ برقگیرهای قفس فاراده یا شکلی از آن ۳۱۳
۱۴ ـ ۴ـ۲ سیستم برقگیر مولد برق اولیه (ESE) موسوم به‌الکترونیک ۳۱۸
۱۴ ـ ۵ اصول و روشهای نصب سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش ۳۲۳
۱۴ ـ ۵ـ۱ برقگیرهای قفس فاراده یا شکلی از آن ۳۲۳
۱۴ ـ ۵ـ۲ اصول و روشهای نصب سیستم برقگیر الکترونیک (ESE) ۳۲۴

فصل ۱۵ سیستم اتصال زمین ۳۳۹
۱۵ ـ ۱ کلیات و تعاریف ۳۳۹
۱۵ ـ ۱ـ۱ تعاریف ۳۳۹
۱۵ ـ ۱ـ۲ کلیات ۳۴۰
۱۵ ـ ۲ استانداردها و مشخصات فنی سیستم اتصال زمین ۳۴۲
۱۵ ـ ۳ محاسبهٔ تعداد چاه اتصال زمین لازم ۳۴۵
۱۵ ـ ۴ اصول و روشهای نصب سیستم اتصال زمین ۳۴۶
۱۵ ـ ۴ـ۱ نصب الکترودهای اتصال زمین ۳۴۶
۱۵ ـ ۴ـ۲ نصب جعبه اتصال آزمون ۳۴۷
۱۵ ـ ۴ـ۳ نصب هادیهای اتصال زمین ۳۴۷
۱۵ ـ ۴ـ۴ آزمون سیستم اتصال زمین ۳۴۸

فهرست منابع و استانداردها ۳۶۵

فصل ۱
لوله‌کشی برق

۱ـ۱ کلیات

۱ـ۱ـ۱ استاندارد ساخت

لوله‌های فلزی و لوازم مربوط به‌آن، که برای حفاظت هادیهای عایقدار در تأسیسات الکتریکی ساختمانها به‌کار می‌رود، باید برابر استانداردهای IEC 423 ، IEC 423A ، IEC 614-1 و IEC 614-2-1 و یا جدیدترین اصلاحیه استاندارد ملی شماره ۲۹۴ ساخته شده باشد. لوله‌های غیرفلزی و اتصالات مربوط به‌آن، که در تأسیسات مزبور مورد استفاده قرار می‌گیرد باید براساس استانداردهای IEC 423 ، IEC 423A ، IEC 614-1 و IEC 614-2-2 ، و لوله‌های خرطومی پلاستیکی مطابق جدیدترین اصلاحیه استاندارد ملی شماره ۲۸۳ تولید شده باشد.
سایر انواع لوله‌ها که مشمول استانداردهای فوق نمی‌شود یا برای مصارف خاص یا محیطهای ویژه مانند مناطق مخاطره‌آمیز[1] به‌کار می‌رود باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی همچون کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک ساخته شده باشد. لوله‌هایی که به‌وسیلهٔ یکی از استانداردهای نامبرده مورد تأیید قرار نگرفته باشد نباید مورد مصرف قرار داده شود.

۱ـ۲ طبقه‌بندی

لوله‌های برق با توجه به‌نوع جنس، روش اتصال، ویژگیهای الکتریکی و مکانیکی، قابلیت انعطاف، مقاومت در برابر حرارت و آتش، و حفاظت در برابر اثرات عوامل خارجی به‌شرح زیر طبقه‌بندی شده‌است (IEC 614-1) :

۱ـ۲ـ۱ طبقه‌بندی برحسب جنس لوله

- لوله‌های فلزی
- لوله‌های عایق
- لوله‌های مرکب

1- Hazardous locations

۱ـ۲ـ۲ طبقه‌بندی برحسب روش اتصال لوله

۱ـ۲ـ۲ـ۱ لوله‌های قابل دنده پیچ کردن

۱ـ۲ـ۲ـ۲ لوله‌های بدون دنده پیچ

ـ لوله‌های ساده

ـ لوله‌های خرطومی

۱ـ۲ـ۳ طبقه‌بندی براساس خواص مکانیکی

ـ لوله‌های مناسب برای تنشهای مکانیکی خیلی سبک

ـ لوله‌های مناسب برای تنشهای مکانیکی سبک

ـ لوله‌های مناسب برای تنشهای مکانیکی متوسط

ـ لوله‌های مناسب برای تنشهای مکانیکی سنگین

ـ لوله‌های مناسب برای تنشهای مکانیکی خیلی سنگین

۱ـ۲ـ۴ طبقه‌بندی برحسب قابلیت خمش

ـ لوله‌های سخت

ـ لوله‌های قابل خم نمودن

ـ لوله‌های خودبرگردان[1]

ـ لوله‌های قابل انعطاف

۱ـ۲ـ۵ طبقه‌بندی برحسب درجه حرارت طبق جدول زیر:

طبقه‌بندی دما (C°)	حداقل معمولی دما		حدود تغییرات دما در بهره‌برداری دائمی (C°)
	دمای حمل و انبار (C°)	دمای نصب‌واستفاده (C°)	
−۵	−۵	−۵	−۵ تا +۶۰
−۲۵	−۲۵	−۱۵	−۱۵ تا +۶۰
+۹۰	−۵	−۵	−۵ تا *+۶۰

* در مواردی که لوله نوع ۹۰+ در بتن پیش‌ساخته استفاده می‌شود موقتاً تا حرارت ۹۰+ درجه پایدار خواهد بود.

توجه: لوله‌های عایق تا حرارت ۲۰۰°C در دست بررسی است.

۱ـ۲ـ۶ طبقه‌بندی برحسب مقاومت در برابر شعله

ـ لوله‌های مقاوم در برابر شعله

ـ لوله‌های آتشگیر

1– Self recovering

۱ ـ ۲ـ۷ طبقه‌بندی برحسب ویژگیهای الکتریکی

ـ لوله‌های فاقد مداومت الکتریکی
ـ لوله‌های دارای مداومت الکتریکی
ـ لوله‌های فاقد خواص عایقبندی
ـ لوله‌های دارای خواص عایقبندی

۱ ـ ۲ـ۸ طبقه‌بندی برحسب مقاومت در برابر اثرات عوامل خارجی

۱ ـ ۲ـ۸ـ۱ حفاظت در برابر نفوذ آب

ـ لوله‌های بدون حفاظت	IPX0
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر ترشح[1] آب	IPX3
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر پاشیدن[2] آب	IPX4
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر فوران[3] آب	IPX5
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر امواج[4] دریا	IPX6
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر فرو رفتن[5] در آب	IPX7
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر فرو رفتن نامحدود[6] در آب	IPX8

۱ ـ ۲ـ۸ـ۲ حفاظت در برابر ورود اجسام صلب خارجی

ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر اجسام صلب بزرگتر از ۲/۵ میلیمتر	IP3X
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر اجسام صلب بزرگتر از یک میلیمتر	IP4X
ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر گرد و غبار	IP5X
ـ لوله‌های دارای حفاظت کامل در برابر گرد و غبار[7]	IP6X

۱ ـ ۲ـ۸ـ۳ مقاومت در برابر مواد خورنده یا آلاینده

الف ـ لوله‌های دارای حفاظت یکسان در سطوح داخلی و خارجی

ـ لوله‌های دارای حفاظت کم
ـ لوله‌های دارای حفاظت متوسط
ـ لوله‌های دارای حفاظت زیاد

ب ـ لوله‌هایی که حفاظت سطح خارجی آن بیش از سطح داخلی آن است

ـ لوله‌هایی که در سطح خارجی دارای حفاظت متوسط و در سطح داخلی دارای حفاظت کم است.
ـ لوله‌هایی که در سطح خارجی دارای حفاظت زیاد و در سطح داخلی دارای حفاظت کم است.
ـ لوله‌هایی که در سطح خارجی دارای حفاظت زیاد و در سطح داخلی دارای حفاظت متوسط است.

1– Spraying water 2– Splashing water 3– Water jets 4– Heavy seas 5– Immersion
6– Submersion 7– Dust-tight

۱ ـ ۲ـ۸ ـ۴ طبقه‌بندی برحسب میزان مقاومت در برابر نور خورشید

الف ـ لوله‌های فاقد حفاظت در برابر نور خورشید

ب ـ لوله‌های دارای حفاظت در برابر نور خورشید

ـ لوله‌های دارای حفاظت کم در برابر نور خورشید

ـ لوله‌های دارای حفاظت متوسط در برابر نور خورشید

ـ لوله‌های دارای حفاظت زیاد در برابر نور خورشید

۱ ـ ۳ انواع لوله و موارد کاربرد

۱ ـ ۳ـ۱ لوله‌های فولادی سیاه

این نوع لوله و لوازم مربوط به‌آن، که به‌وسیلهٔ رنگ یا وارنیش مقاوم می‌شود، را می‌توان صرفاً در داخل ساختمانها (فضاهای سرپوشیده) مورد استفاده قرار داد. مصرف این قبیل لوله‌ها در ارتباط مستقیم با زمین، و یا در محلهایی که در معرض نفوذ عوامل زنگ‌زدگی و خوردگی شدید است مجاز نخواهد بود.

۱ ـ ۳ـ۲ لوله‌های گالوانیزه

۱ ـ ۳ـ۲ـ۱ این نوع لوله و لوازم مربوط به‌آن راکه در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی با ماده مقاومی مانند روی یاکادمیم، از داخل و خارج پوشیده می‌شود، می‌توان زیراندود گچی مورد استفاده قرار داد.

۱ ـ ۳ـ۲ـ۲ لوله فولادی گالوانیزه عمقی داغ

این نوع لوله و لوازم مربوط به‌آن دربتن، در تماس مستقیم با زمین، در لوله‌کشیهای روکار که در فضای آزاد انجام می‌شود، یا در مواردی که لوله‌ها در معرض عوامل زنگ‌زدگی و خوردگی قرار می‌گیرد مانند محلهای تَر و مرطوب و همچنین در مواردی که استحکام مکانیکی زیاد مورد نیاز است، باید مورد استفاده قرار گیرد.

۱ ـ ۳ـ۲ـ۳ لوله‌های فولادی گالوانیزه بدون درز ضدانفجار

این‌گونه لوله‌ها و لوازم مربوط به‌آن، در لوله‌کشیهای مناطق مخاطره‌آمیز (طبقه‌بندی‌شده) باید به‌کار برده شود.

۱ ـ ۳ـ۳ لوله‌های فولادی قابل انعطاف

۱ ـ ۳ـ۳ـ۱ موارد مصرف

در مواردی که لوله‌های برق از درز انبساط ساختمان عبور می‌کند و همچنین برای اتصال برق به‌موتورها یا ماشین‌آلاتی که ایجاد لرزش می‌کند باید از لوله‌های فولادی قابل انعطاف متناسب با نوع لوله‌کشی استفاده شود. داخل این نوع لوله‌ها باید دارای پوششی از لاستیک، یا مواد مشابه باشد.

۱ـ۳ـ۳ـ۲ موارد عدم مصرف

لوله‌های فولادی قابل انعطاف در موارد زیر نباید مورد استفاده قرار گیرد:

الف ـ نصب در مکانهای تَر[1] به‌استثنای مواردی که هادیها دارای پوشش سربی، یا از انواع مصوب برای شرایط موردنظر باشد و مجاری سیمکشی به‌گونه‌ای باشد که ورود آب به‌داخل آن نامحتمل باشد.

ب ـ استفاده در چاه آسانسور به‌استثنای مواردی که در آیین‌نامه مربوط مشخص شده است.

پ ـ نصب در اتاق باتریهای ذخیره‌ای[2]

ت ـ کاربرد در محیطهای مخاطره‌آمیز به‌استثنای مواردی که در آیین‌نامه مربوط تعیین شده است.

ث ـ استفاده در مواردی که هادیهای عایق لاستیکی در معرض بنزین، روغن و مانند آن قرار دارد.

ج ـ استفاده در زیرزمین یا در بتن‌ریزیها.

۱ـ۳ـ۴ لوله‌های غیرفلزی

این‌گونه لوله‌ها و لوازم مربوط به‌آن در مواردی که در بالای سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در برابر رطوبت، فضاهای شیمیایی، ضربه، فشار، شعله، تغییرشکل ناشی از حرارت در شرایط بهره‌برداری، برودت، و اثرات نور خورشید مقاومت کافی داشته باشد. لوله‌های غیرفلزی مورد استفاده در زیر سطح زمین باید از موادی ساخته شود که در برابر رطوبت و عوامل خورنده مقاوم بوده و در برابر ضربه و فشارهایی که ممکن است در حمل و نقل و هنگام نصب به‌آن وارد شود نیز مقاومت نماید. در مواردی که این نوع لوله‌ها بدون غلاف بتنی مستقیماً در زمین نصب می‌شود باید از موادی ساخته شده باشد که بارهای مداوم محتمل پس از نصب را تحمل کند. برخی از موادی که دارای خواص فیزیکی نامبرده می‌باشد، برای مصارف زیرزمینی عبارت است از فیبر، سیمان ازبست، سنگ صابون[3]، پلی‌واینال کلراید سخت (PVC)، فایبرگلاس اپوکسی[4]، و پلی‌اتیلن با غلظت زیاد، و برای مصارف بالای سطح زمین پلی‌واینال کلراید سخت ممکن است به‌کار برده شود.

۱ـ۳ـ۴ـ۱ موارد مصرف

استفاده از لوله‌های غیرفلزی سخت و لوازم مربوط به‌آن در موارد زیر مجاز است:

الف ـ نصب توکار در دیوار، کف و سقف

ب ـ در محلهایی که لوله‌ها در معرض عوامل ایجاد خوردگی شدید قرار می‌گیرد و یا در مکانهایی که در معرض مواد شیمیایی باشد. در این‌گونه موارد بنابر نوع عامل خورنده جنس لوله خاص مربوط باید به‌کار رود.

پ ـ در مکانهای تر از قبیل محلهایی که دیوارها غالباً شسته می‌شود و یا قسمتهایی از برخی کارخانه‌ها و کارگاهها مانند لبنیات‌سازی، لباسشویی، کنسروسازی، و امثال آن، کلیهٔ سیستم لوله‌کشی شامل جعبه‌ها و لوازم مربوط به‌لوله‌کشی، باید به‌گونه‌ای مجهز و نصب‌شود که از ورود آب به‌داخل آن جلوگیری شود. همچنین کلیهٔ پایه‌ها، پیچها، بستها، مهره‌ها، و مانندآن باید از نوع مقاوم در برابر

---

۱ ـ مکانهای تر در تأسیسات برقی شامل محلهایی است که تأسیسات در زیرزمین، یا در دال بتنی یا آجری در ارتباط مستقیم با زمین باشد، و یا در معرض اشباع آب یا سایر مایعات قرار گرفته باشد و یا این‌که در فضای آزاد استقرار داشته باشد.

2– Storage batteries 3– Soapstone 4– Fiberglass epoxy

زنگ‌زدگی و خوردگی بوده و یا با پوششی از مواد مقاوم مورد تأیید ساخته شده باشد.

ت - در بخشهای عمل، زایمان، و مراقبتهای ویژه (CCU و ICU) که از سیستم برق ایزوله استفاده می‌شود، سیستم لوله‌کشی باید کلاً با لوله‌های پی - وی - سی سخت (PVC) انجام شود.

ث - کاربرد در مکانهای خشک یا مرطوب منوط به این‌که در بند ۱-۳-۴-۲ مصرف آن منع نشده باشد.

ج - نصب روکار در موارد مجاز مشروط بر این‌که در معرض صدمه و آسیب فیزیکی یا تابش مستقیم خورشید نباشد.

چ - نصب مستقیم در زیر سطح زمین منوط به‌این‌که لوله‌ها برای این منظور ساخته شده باشد و ضوابط مربوط به‌حداقل عمق نصب رعایت شود.

۱ - ۳-۴-۲ موارد عدم مصرف

کاربرد لوله‌های غیرفلزی سخت در موارد زیر مجاز نخواهد بود:

الف - استفاده در محیطهای مخاطره‌آمیز (طبقه‌بندی شده) بجز نصب در عمق حداقل ۶۰ سانتیمتر از سطح زمین که در این صورت باید سیستم اتصال زمین اضافی برای حفظ مداومت الکتریکی مجاری فلزی و قسمتهای فلزی ماشین‌آلات کشیده شود و لوله قبل از خروج از زمین به‌طول ۶۰ سانتیمتر از نوع فلزی باشد.

ب - کاربرد به‌عنوان پایه نگهدارنده چراغها و سایر وسایل برقی

پ - استفاده در مواردی که در معرض صدمات فیزیکی قرار گیرد.

ت - نصب در محلی که لوله‌ها در معرض حرارتی بیش از دمای مجاز آن قرار گیرد.

ث - کاربرد در مواردی که محدودیت حرارتی عایقبندی هادیها بیش از حرارت مجاز لوله‌ها باشد.

۱ - ۴ ظرفیت لوله‌ها

۱ - ۴-۱ تعداد مجاز هادیها در هر لوله بستگی به‌درصد سطح مقطعی از لوله که به‌وسیلهٔ هادیها اشغال می‌شود دارد و نباید از مقادیر تعیین شده در جدول ۱ - ۱ تجاوز نماید.

جدول ۱ - ۱ درصد سطح مقطع مجاز اشغال شده در هر لوله برحسب تعداد و نوع هادی

تعداد هادیها / نوع هادیها	۱	۲	۳	۴	بیش از ۴ رشته
هادیهای غلاف سربی	٪۵۵	٪۳۰	٪۴۰	٪۳۸	٪۳۵
انواع دیگر هادیها	٪۵۳	٪۳۱	٪۴۰	٪۴۰	٪۴۰

۱ - ۴-۲ حداکثر تعداد مجاز هادیهای روشنایی و نیرو در داخل لوله‌های فولادی‌عایقدار، بدون‌عایق، و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع هادیها و قطر داخلی لوله‌ها به‌شرح مندرج در جدول‌شماره ۱-۲ خواهد بود.

۱ - ۴-۳ حداکثر تعداد مجاز هادیهای جریان ضعیف (تلفن، زنگ و مانند آن) در لوله‌های فولادی عایقدار، بدون عایق، و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع و یا قطر هادیها، و قطر داخلی لوله‌ها به‌شرح مندرج در جدول ۱ - ۳ خواهد بود.

جدول ۱ ـ ۲ حداکثر تعداد مجاز هادیهای روشنایی و نیرو در داخل لوله‌های فولادی عایقدار، بدون‌عایق، و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع هادیها و قطر داخلی لوله‌ها

تعداد هادی	۲			۳			۴			۵			۶		
سطح مقطع هادی (میلیمترمربع)	فولادی عایقدار	فولادی بدون عایق و یا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایقدار	فولادی بدون عایق و یا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایقدار	فولادی بدون عایق و یا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایقدار	فولادی بدون عایق و یا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایقدار	فولادی بدون عایق و یا پلاستیکی سخت	شماره لوله
	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG
۱ (ت) و (چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)
۱/۵ (ت) و (چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)
۲/۵ (ت) و (چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)
۴ (ت) و (چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)	۲۱	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)
۶ (ت) و (چ)	۱۶	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)	۲۱	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)
۱۰ (ت) و (چ)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)
۱۶ (ت)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۴۴	(۳۶)	۴۲	۴۴	(۳۶)
۱۶ (چ)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۴۴	(۳۶)	۴۲	۴۴	(۳۶)
۲۵ (ت)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	۴۸	۵۱	(۴۲)
۲۵ (چ)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	۴۸	۵۱	(۴۲)
۳۵ (چ)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	۴۸	۵۵/۸	(۴۸)
۵۰ (چ)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	ـ	۵۵/۸	(۴۸)	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ
۷۰ (چ)	۴۸	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	ـ	۵۵/۸	(۴۸)	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ
۹۵ (چ)	ـ	۵۱	(۴۲)	ـ	۵۵/۸	(۴۸)	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ
۱۲۰ (چ)	ـ	۵۵/۸	(۴۸)	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ
۱۵۰ (چ)	ـ	۵۵/۸	۴۸)	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ	ـ

توضیحات ضروری:

۱ ـ ارقام مندرج در جدول زیر عنوان قطر نمایانگر قطر داخلی لوله‌ها برحسب میلیمتر است.

۲ ـ جدول فوق شامل سیمهای NGA و NYA می‌شود که ممکن است در لوله زیرکار و یا روی کار نصب شود.

۳ ـ حرف «ت» نشان‌دهندهٔ هادیهای تک‌رشته‌ای و حرف «چ» معرف هادیهای چندرشته‌ای می‌باشد.

۴ ـ در ستونهایی که لغت «فولادی» به‌کار رفته است منظور لوله‌های فولادی سیاه و یا گالوانیزه است.

جدول ۱ ـ ۳ حداکثر تعداد مجاز هادیهای جریان‌ضعیف (تلفن، زنگ و مانند آن) در لوله‌های‌فولادی عایقدار، بدون‌عایق و پلاستیکی سخت

فولادی بدون عایق (۱۱) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایقدار ۱۶ میلیمتر	فولادی بدون عایق (۱۳/۵) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایقدار ۲۱ میلیمتر	فولادی بدون عایق (۱۶) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایقدار ۲۱ میلیمتر	فولادی بدون عایق (۲۱) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایقدار ۲۹ میلیمتر	فولادی بدون عایق (۲۹) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایقدار ۳۶ میلیمتر	فولادی بدون عایق (۳۶) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایقدار ۴۲ میلیمتر
۸ تا ۱۰ (۰/۸ تا ۰/۶) mm	۱۲ تا ۱۴ (۰/۸ تا ۰/۶) mm	۲۰×۰/۸ mm	۲۶×۰/۸ mm	۳۴×۰/۸ mm	۴۸×۰/۸ mm
–	۲×۱/۵ mm^2 ۳×۰/۶ mm	۲×۱/۵ mm^2 ۶×۰/۶ mm	۲×۱/۵ mm^2 ۱۴×۰/۸ mm	۲×۱/۵ mm^2 ۳۰×۰/۶ mm	۲×۱/۵ mm^2 ۴۲×۰/۶ mm
–	۲×۲/۵ mm^2 ۲×۰/۶ mm	۲×۲/۵ mm^2 ۳×۰/۶ mm	۲×۲/۵ mm^2 ۹×۰/۶ mm	۲×۲/۵ mm^2 ۲۶×۰/۶ mm	۲×۲/۵ mm^2 ۳۶×۰/۶ mm

توضیح: در هریک از موارد مندرج در جدول فوق یک سیم زمین نیز مجاز است.

۱ـ۴ـ۴ حداقل قطر داخلی لوله‌های فولادی عایقدار برق ۱۶/۴ میلیمتر (pg 11) و حداقل قطر داخلی لوله‌های فولادی بدون عایق و پلاستیکی سخت ۱۶ میلیمتر خواهد بود.

۱ـ۵ اصول و روشهای نصب لوله‌های برق

۱ـ۵ـ۱ کلیات

۱ـ۵ـ۱ـ۱ پیمانکار یا مجری تأسیسات برق به‌منظور ایجاد هماهنگی و احتراز از دوباره‌کاری باید قبلاً نقشه‌های ساختمانی و مکانیکی را مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار داده و ترتیب انجام عملیات مربوط به‌لوله‌کشی و نصب تأسیسات برقی را به‌نحوی فراهم نماید که با سایر فعالیتهای ساختمانی هم‌آهنگ بوده و موجبات تداخل و تأخیر آن نشود. بدیهی است در صورتی که عملیات مذکور تغییراتی در نقشه‌ها ایجاد کند، مراتب باید به‌واحد نظارت گزارش و پس از تأیید اجرا شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۲ تمامی سیمکشیهای داخلی ساختمانها، اعم از روکار یا توکار، باید در داخل لوله‌های مخصوص برق یا مجاری ویژه این کار (ترانکینگها) انجام شود و برای اجرای انشعابها، خمها، زانوها، سه یا چهارراهه‌ها و غیره باید از وسایل و متعلقات استاندارد و مخصوص هر نوع لوله یا مجرا استفاده شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۳ **سیستمهای لوله‌کشی**

سیستمهای زیر باید توسط لوله‌های جداگانه و یا تقسیم‌بندیهای متفاوت در کانال[1] انجام پذیرد:

الف ـ سیستم برق‌رسانی به‌پریزهای عمومی

ب ـ سیستم برق‌رسانی به‌پریزهای اضطراری

پ ـ سیستم برق‌رسانی به‌فن‌کویل‌ها

ت ـ سیستم روشنایی برق متناوب

ث ـ سیستم برق اضطراری ـ برق متناوب

ج ـ سیستم برق اضطراری ـ برق مستقیم

چ ـ سیستم تلفن و فکس

ح ـ سیستم احضار

خ ـ سیستم دربازکن

د ـ سیستم تصویری

ذ ـ سیستم مادر ساعت

ر ـ سیستم اعلام حریق

ز ـ سیستم صوتی

ژ ـ سیستم تلکس

س ـ سیستم کنترل تأسیسات مکانیکی از قبیل تهویه مطبوع، آسانسور و غیره

1– Duct

ش - دستگاههای یک‌فاز

ص - سیستم شبکه رایانه

یادآوری

مدارهای سیستمهای جریان ضعیف در موارد زیر ممکن است به‌صورت یکجا کشیده شود مشروط بر این‌که ولتاژ هیچ‌یک از هادیها از ولتاژ اسمی عایقبندی هادیهای فشار ضعیف مورد استفاده تجاوز نکند:

- تلفن، تلکس، فکس، و نظایر آن؛
- زنگ اخبار، احضار، دربازکن؛
- خطوط ارتباطی سیستم اعلام حریق با مرکز آتش‌نشانی یا مرکز اصلی.

۱-۵-۱-۴ لوله‌های حاوی هادیهای الکتریکی، جعبه‌ها، کابلهای زره‌دار، تابلوها، زانوها و سایر لوازم مربوط به‌لوله‌کشی برق باید براساس ضوابط مشروحه در بند ۱-۳ انتخاب شود به‌نحوی که برای محیط مورد مصرف مناسب باشد.

۱-۵-۱-۵ مجاری سیمکشی (ترانکینگها) اعم از فلزی یا پلاستیکی، توکار و یا روکار، باید مجهز به‌جعبه‌تقسیمها، جعبه‌انشعابها، قطعات اتصالی و انتهایی و انواع زانوها، (داخلی و خارجی) و سه‌راهها و چهارراهه‌های مناسب و مخصوص به‌خود باشد. مجاری سیمکشی‌که از داخل آن علاوه‌بر سیمکشیهای مربوط به‌قدرت، سیمکشیهای تأسیسات فشار ضعیف نیز عبور می‌کند، باید حداقل به‌یک دیوارهٔ جداکنندهٔ دو نوع سیمکشی مجهز باشد و این جدایی باید در سراسر مجرا و جعبه‌تقسیمها و جعبه‌انشعابها و غیره برقرار باقی بماند. مجاری فلزی باید به‌پیچهای مخصوص مداومت الکتریکی بدنه مجهز باشد و در سراسر سیستم مجرا، بدنه‌ها به‌طور کامل به‌یکدیگر متصل و همگی به‌هادی حفاظتی تابلوی مربوط وصل شود.

۱-۵-۱-۶ تمامی لوله‌کشیهای برق باید از تابلوی برق مربوط شروع و به‌جعبه‌تقسیم یا جعبه‌کلید و پریز ختم شود، بدین‌معنی که باقی گذاردن سر لوله به‌طور آزاد و یا استفاده از سر چپقی برای ختم لوله مجاز نیست.

۱-۵-۱-۷ در مکانهای تَر و مرطوب کلیهٔ اتصالیهای مجراها و لوله‌ها باید در برابر رطوبت عایق، و کلیهٔ درپوشهای جعبه‌تقسیمها دارای واشر بوده و با پیچ به‌جعبه‌ها متصل شود.

۱-۵-۱-۸ در سیستم لوله‌کشی فلزی به‌منظور اجتناب از فعل و انفعالات گالوانیک باید حتی‌الامکان لوله‌های فلزی ناهمجنس مورد استفاده قرار نگیرد.

۱-۵-۱-۹ در مواردی‌که از لوله‌های غیرفلزی استفاده‌می‌شود باید کلیهٔ لوازم اتصال آن نیز از همان‌نوع انتخاب شود.

۱-۵-۱-۱۰ کلیهٔ لوله‌های روکار و یا توکار باید با خط‌الرأس دیوارها و سقف، موازی و یا عمود بر آن، به‌طرز منظمی نصب شود. همچنین فواصل لوله‌ها از یکدیگر باید مساوی بوده و شعاع خمش لوله‌ها یکسان باشد. اتصال لوله‌های روکار به‌دیوار باید به‌وسیلهٔ پیچ و مهره فلزی مناسب انجام شود به‌گونه‌ای که ظاهر کار کاملاً تمیز و مرتب باشد.

۱-۵-۱-۱۱ در مواردی که لوله‌های برق از درز انبساط ساختمان عبور می‌کند باید از بوش منبسط شونده استفاده شود و یا ممکن است لولهٔ اصلی را در داخل لولهٔ بزرگتری قرار داد به‌نحوی که بتواند آزادانه منقبض و

منبسط شود و انتهای دیگر لولهٔ بزرگتر نیز به‌وسیلهٔ یک تبدیل به‌دنبالهٔ لوله‌کشی وصل گردد و یک سیم رابط نیز به‌منظور حفظ مداومت اتصال زمین بین دو لوله کشیده شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۲ خم کردن لوله‌ها ـ خم کردن لوله‌ها، در صورت لزوم، باید به‌گونه‌ای انجام شود که لوله‌ها زخمی نشده و قطر داخلی آن به‌طور مؤثر نقصان نیابد. برای لوله‌های با قطر ۲۵ میلیمتر می‌توان از لوله خم‌کن دستی استفاده کرد لیکن برای لوله‌های بیش از ۲۵ میلیمتر قطر باید از ماشین خم‌کن استفاده شود. شعاع داخلی انحنای لوله‌هایی که در کارگاه خم می‌شود، در صورتی که لوله حاوی هادیهای بدون روکش سربی باشد نباید از ۸ برابر قطر لوله کمتر باشد و در صورتی‌که لوله حاوی هادیهای دارای روکش سربی باشد ۱۲ برابر قطر لوله باید در نظر گرفته شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۳ تعداد خمها ـ در مسیر لوله‌کشی بین دو نقطهٔ اتصال مکانیکی مانند دو جعبه (اعم از جعبه تقسیم و یا جعبه‌کلید و پریز) و یا یک جعبه و یک بوشن و یا دو بوشن در صورتی که تعداد خمها از چهار خم ۹۰ درجه (مجموعاً ۳۶۰ درجه) بیشتر گردد باید از جعبه کشش[1] استفاده شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۴ در مواردی که لوله‌ها در کارگاه بریده می‌شود باید لبه‌های تیز و برندهٔ آن از داخل و خارج لوله صاف، و به‌کلی برطرف شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۵ لوله‌های له شده و زده‌دار نباید در لوله‌کشی مصرف شود، و در هنگام نصب نیز باید دقت و مواظبت به‌عمل آید که لوله‌ها زخمی و معیوب نشود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۶ تمامی مجاری و لوله‌ها باید از یک نقطه اتصال تا نقطهٔ اتصال دیگر (جعبه‌تقسیم به‌جعبه‌تقسیم یا پریز به‌پریز و مانند آن) به‌صورت پیوسته امتداد یابد.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۷ دهانهٔ ورودی لوله‌هایی که از ساختمان خارج و یا به‌ساختمان وارد می‌شود باید به‌طریق مصوب در برابر آب و گاز مسدود شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۸ کلیهٔ لوله‌ها و مجاری و جعبه‌ها و مانند آن باید در جریان نصب به‌طریق مناسب و به‌طور موقت مسدود شود تا از ورود گچ و شن و مواد خارجی مشابه به‌داخل آن جلوگیری شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۱۹ لوله‌ها باید در هنگام نصب خالی باشد و سیمها یا کابلها پس از پایان لوله‌کشی به‌داخل آن هدایت شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۰ حداقل فاصلهٔ بین لوله‌های برق و سایر لوله‌های تأسیساتی از قبیل آب، بخار، گاز، و امثال آن باید ۱۵ سانتیمتر باشد.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۱ در مسیر لوله‌کشی روکار و یا توکار در هر نقطه اتصال چراغ، کلید، پریز و مانند آن باید یک جعبه متناسب با مورد کاربرد نصب شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۲ کلیهٔ هادیهایی‌که به‌جعبه‌تقسیم یا جعبه‌کشش وارد می‌شود باید در برابر ساییدگی حفاظت شود، به‌این ترتیب که برای حراست پوشش عایق سیمها، در محل ورود هادی، یا اتصال لوله به‌جعبه‌تقسیم، و مانند آن، باید یک بوشن فیبری و یا برنجی نصب شود مگر این‌که معادل آن در ساخت جعبه در نظر گرفته شده باشد.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۳ اندازهٔ جعبه‌های تقسیم یا کشش باید طوری انتخاب شود که فضای کافی برای سیمها و کابلهای داخل آن وجود داشته باشد.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۴ در موارد اتصال لوله به‌جعبه در صورتی که از بوشن یا مهرهٔ قفلی[2] استفاده شود جعبه‌های مدور نباید به‌کار برده شود.

1– Pull box 2– Lock nut

۱ـ۵ـ۱ـ۲۵ جعبه‌های اتصال و جعبه‌تقسیمهای فلزی مخصوص کشش باید با مهرهٔ قفلی یا بوشن متناسب با نوع لوله‌کشی به‌لوله متصل شود و دقت کافی به‌عمل آید که رزوه‌های سر لوله به‌قدر کافی به‌داخل جعبه وارد شود و در نتیجه محل لازم برای نصب بوشن یا مهرهٔ قفلی و تأمین اتصال الکتریکی محکم با جعبه مربوط به‌وجود آید.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۶ در لوله‌کشی فلزی کلیهٔ اتصالات اعم از لوله و جعبه‌ها و سایر لوازم مربوط باید به‌نحوی انجام شود که اتصال مؤثر الکتریکی تحقق پذیرد.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۷ مجاری فلزی، جعبه‌های تقسیم و کشش، تابلوها، کابلهای زره‌دار، و لوازم لوله‌کشی مربوط، باید به‌سیستم زمین اتصال داده شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۸ در مواردی که لوله‌ها به‌کانال فلزی، یا تابلو، و یا هر نوع صفحهٔ فلزی، ختم می‌شود، اتصال باید به‌وسیلهٔ بوشن برنجی و واشر سربی انجام شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۲۹ کلیهٔ مجاری و لوله‌هایی که به‌جعبه‌های تقسیم و یا کشش، تابلوها، کابینت‌ها، و مانند آن ختم می‌شود، باید به‌طریق مقتضی، علامتگذاری و مشخص شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۳۰ در مواردی که لوله‌های برق از زیر دیوار یا کف بتنی و یا از زیر پارتیشن عبور می‌کند، باید قبل از دیوارکشی یا بتن‌ریزی برحسب محل عبور لولهٔ اصلی، لوله‌های محافظ از نوع چدنی، فولادی، یا سیمانی پیش‌بینی و نصب شود.

ورودی لوله‌هایی که از زیر دیوار خارجی عبور می‌کند باید به‌نحو مقتضی، در برابر نفوذ آب و گاز و مانند آن مسدود شود. در صورتی که لولهٔ برق با جاده یا لوله‌های آب و گاز و امثال آن تقاطع داشته باشد باید از غلاف محافظ فلزی مناسب استفاده شود.

۱ـ۵ـ۱ـ۳۱ کلیهٔ لوازم الکتریکی، باید به‌طور کاملاً مستقل روی دیوارها نصب شود و اتکایی به‌لوله‌های برق مجاور خود نداشته باشد.

۱ـ۵ـ۲ لوله‌کشی توکار

۱ـ۵ـ۲ـ۱ در دیوارهای بتنی برای نصب و عبور لوله‌های برق باید هنگام قالب‌بندی محل لازم در نظر گرفته شود. کندن شیار روی این‌گونه دیوارها، یا سقف و کف بتنی، پس از اتمام بتن‌ریزی، مجاز نخواهد بود.

۱ـ۵ـ۲ـ۲ در دیوارهای آجری، شیارکنی و یا جاسازی و ایجاد سوراخ برای نصب لوله‌های برق، باید پس از کاهگل‌کاری و یا گچ و خاک دیوارها و یا سقف انجام شود. عمق این‌گونه شیارها باید به‌نحوی باشد که اولاً، بیش از نصف ضخامت دیوار برداشته نشود و ثانیاً، سطح خارجی لوله نصب شده، حداقل ۱/۵ سانتیمتر زیرسطح تمام‌شده دیوار قرار گیرد. شیارهای فوق‌الذکر باید حتی‌المقدور با وسایل مکانیکی و در صورت عدم امکان دسترسی به‌وسایل مذکور با تیشه مخصوص انجام شود. عرض شیار باید حتی‌الامکان متناسب با مجموع پهنای لوله‌های مورد نظر باشد و درآوردن شیار بیش از حد لزوم مجاز نمی‌باشد.

۱ـ۵ـ۲ـ۳ تمامی جعبه‌های تقسیم، کشش و کلید و پریز باید به‌گونه‌ای نصب شود که لبهٔ خارجی آن با سطح تمام شده دیوار کاملاً هم‌سطح و تراز باشد. در مواردی که این‌گونه جعبه‌ها پایین‌تر از سطح دیوار قرار گیرد، باید به‌وسیلهٔ حلقه‌های قابل تنظیم[1] لبه‌های خارجی جعبه با سطح دیوار یکسان شود.

1– Extension rings

۱ـ۵ـ۲ـ۴ کاربرد لوله‌های برکمان و خرطومی پی ـ وی ـ سی در سیستم توکار به‌هیچ وجه مجاز نمی‌باشد.

۱ـ۵ـ۲ـ۵ لوله‌های توکار باید به‌طریقی نصب شود که از پیچ و خمهای اضافی امتناع شود و حتی‌المقدور از کوتاهترین فاصله استفاده شود.

۱ـ۵ـ۲ـ۶ لوله‌های توکار باید حداقل ۱۵ میلیمتر زیر سطح تمام شده دیوار یا سقف نصب شود.

۱ـ۵ـ۲ـ۷ در مواردی که لوله‌ها در کف نصب می‌شود حداقل فاصله از روی لوله تا سطح تمام‌شده، باید سه سانتیمتر باشد.

۱ـ۵ـ۲ـ۸ جعبه‌های تقسیم و کشش و امثال آن، باید به‌گونه‌ای نصب شود که سیمها و کابلهای محتوی آن بدون تخریب ساختمان و یا خاکبرداری قابل دسترسی باشد ضمن این‌که حتی‌المقدور دور از انظار قرار گیرد.

۱ـ۵ـ۲ـ۹ اتصالات بدون رزوه باید به‌طور محکم انجام شود. در مکانهای مرطوب یا در جایی که لوله در بتن یا زیر خاک و امثال آن دفن می‌شود، اتصال باید از نوعی باشد که از ورود آب به‌داخل لوله‌ها جلوگیری کند.

۱ـ۵ـ۲ـ۱۰ کلیهٔ لوله‌ها و لوازم مربوط به‌آن و سایر تأسیسات برقی که در زیر کار نصب می‌شود باید پس از بازرسی، آزمایش و تصویب مهندس ناظر پوشیده شود. بدیهی است این امر باید به‌نحوی برنامه‌ریزی و اجرا شود که موجبات تأخیر و یا اختلال در انجام سایر فعالیتهای ساختمانی را فراهم نکند.

۱ـ۵ـ۳ لوله‌کشی روکار

۱ـ۵ـ۳ـ۱ در سیستم لوله‌کشی روکار تمامی اتصالات باید از نوع پیچی باشد و به‌وسیلهٔ پیچ و مهره و بوشن و زانو و سه‌راه به‌یکدیگر متصل شود. محکم کردن لوله‌ها باید به‌وسیلهٔ لوازمی انجام گیرد که سبب زدگی و یا فرورفتگی آن نشود.

۱ـ۵ـ۳ـ۲ محل و فاصلهٔ بستهای لوله‌های روکار به‌وسیلهٔ مهندس ناظر تأسیسات برق دقیقاً در کارگاه تعیین می‌شود لیکن در هر حال فاصلهٔ بستها نباید از ۴۰ سانتیمتر کمتر و از ۱۰۰ سانتیمتر بیشتر باشد. بستها باید به‌وسیلهٔ رول‌پلاگ و پیچ به‌دیوار یا سقف محکم شود. در مواردی که لوله بر روی سطح فلزی نصب می‌شود باید از پیچهای فولادی مخصوص فلز استفاده شود و در صورتی که لوله در روی سطح چوب نصب شود پیچهای مخصوص چوب باید به‌کار رود. استفاده از میخ به‌منظور محکم کردن لوله‌ها، جعبه‌های تقسیم، چراغها، و غیره مجاز نمی‌باشد.

۱ـ۵ـ۳ـ۳ لوله‌های برق، در سقف کاذب نباید روی رابیتس نصب شود بلکه این‌گونه لوله‌ها را باید از سقف اصلی عبور داد. در صورتی که کلیهٔ لوله‌های برق حتی‌المقدور از کف اطاقها عبور داده شود از نظر آسیب‌دیدگی بیشتر مصون خواهد بود.

۱ـ۵ـ۳ـ۴ اتصال لوله‌کشی به‌دستگاههای دارای لرزش (مانند موتور) باید به‌کمک لوله‌های فولادی قابل انعطاف با بوشهای مناسب، که حداقل طول آن ۲۰ سانتیمتر باشد، انجام شود.

۱ـ۵ـ۳ـ۵ در لوله‌کشی روکار در صورتی که از لوله‌های فولادی سیاه استفاده شود، کلیهٔ لوله‌ها، جعبه‌ها، و سایر وسایل مربوط، باید با یکدست رنگ ضدزنگ و یا رنگ ثانویه پوشانده شود. نصب لوله‌های فولادی سیاه در مکانهای تَر، یا در خارج ساختمانها (فضای آزاد) مجاز نخواهد بود.

۱ـ۵ـ۳ـ۶ در سیستم لوله‌کشی روکار در مکانهای تَر داخل ساختمانها، لوله‌کشی روکار باید به‌نحوی انجام شود که بین تمامی لوله‌ها، جعبه‌ها و سایر لوازم مربوط به‌آن، و دیوار یا سطح اتکایی حداقل شش میلیمتر فاصله وجود داشته باشد.

۱ـ۵ـ۴ لوله کشی روکار ضدانفجار

۱ـ۵ـ۴ـ۱ در محیطهای مخاطره‌آمیز که ایجاد جرقه، قوس الکتریکی، و دمای بالا خطرساز است مانند محلهایی که گازهای محترق و قابل‌انفجار، بخارهای هادی جریان برق، مواد نفتی، رشته‌های قابل اشتعال معلق در فضا و مانند آن وجود دارد، باید کلیهٔ لوله‌کشیهای برق براساس طبقه‌بندیها و استانداردهای وزارت نفت، یا یکی از استانداردهای شناخته‌شده بین‌المللی مانند کمیتهٔ بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) و NFPA انجام شود.

۱ـ۶ علایم ترسیمی الکتریکی برای لوله‌کشی برق در جدول ۱ـ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱ ـ ۴ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوله‌کشی برق

شـــرح	نشانه
مسیر لوله‌کشی توکار، در سقف، یا کف، و یا دیوار	———
مسیر لوله‌کشی روکار، روی سقف، یا کف، و یا دیوار	- - - - - - - - - - - -
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم برق اضطراری	——— E ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم تلفن	——— T ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم اینترفون	——— IF ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم احضار پرستار	——— N ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم آنتن	——— A ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم ما در ساعت	——— C ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم اعلام و اطفای حریق	——— F ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم صوتی	——— S ———
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم موسیقی	——— M ———
جعبه انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک‌راه، نوع روکار	■— ●—
جعبه‌تقسیم یا جعبه کشش، دوراه، نوع روکار	■ ●
جعبه‌تقسیم یا جعبه کشش، سه‌راه، نوع روکار	■ ●
جعبه‌تقسیم یا جعبه کشش، چهارراه، نوع روکار	■ ●
جعبه انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک‌راه، نوع توکار	□— ○—
جعبه‌تقسیم یا جعبه‌کشش، دوراه، نوع توکار	□ ○
جعبه‌تقسیم یا جعبه‌کشش، سه‌راه، نوع توکار	□ ○
جعبه‌تقسیم یا جعبه‌کشش، چهارراه، نوع توکار	□ ○

فصل ۲
سیمکشی برق

۲ـ۱ تعاریف

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

هادی: هادی شامل مفتولهای نازک مسی (افشان) در سیم قابل انعطاف و شامل تک‌مفتول 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 براساس آن انجام می‌شود. ولتاژ اسمی به‌صورت U_o/U برحسب ولت بیان می‌شود.

U_o- مقدار مؤثر ولتاژ بین هر رشته و زمین می‌باشد.

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

جریان مجاز حرارتی یک هادی یا جریان اسمی: مقدار ثابتی از جریان، که تحت شرایط تعیین شده‌ای بدون این که درجه حرارت حالت تعادل هادی از میزان معینی تجاوز نماید، می‌تواند از آن عبور کند. برای هادیها جریان مجاز، جریان اسمی آن در نظر گرفته می‌شود.

اضافه جریان: هر جریانی است که بیش از جریان اسمی باشد.

جریان اضافه‌بار: اضافه جریان به‌وجود آمده در مداری که از نظر الکتریکی آسیب ندیده باشد.

جریان اتصال کوتاه: اضافه جریانی است که در اثر متصل شدن دو نقطه با ولتاژهای مختلف، در هنگام کار عادی از طریق مقاومت ظاهری (امپدانس) بسیار کم، به‌وجود آمده باشد.

۲ـ۲ استاندارد ساخت

سیمهای دارای عایق پلی‌وینیل کلراید (PVC) با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت که برای نصب ثابت در تأسیسات برقی کارهای ساختمانی به‌کار می‌رود، باید برابر استانداردهای ملی ایران با شماره‌های ۱ ـ ۶۰۷ و ۳ ـ 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 اسمی حداکثر ۷۵۰ ولت، مورد مصرف در تأسیسات یادشده، باید بر طبق استاندارد ملی ایران با شماره ۱۹۲۶ و یا استانداردهای آی ـ ای ـ سی با شماره‌های IEC 245-1، IEC 245-3، IEC 245-4 تولید شده باشد. در مواردی که برای سیم مورد نیاز استاندارد ایرانی موجود

نباشد باید از استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک و یا سایر استانداردهای معتبر جهانی مانند CENELEC ، VDE ، BS و مشابه آن استفاده شود.

۲ـ۳ مشخصات و موارد مصرف انواع سیمهای دارای عایق پی ـ وی ـ سی براساس استانداردهای ملی شماره‌های ۱ـ۶۰۷ و ۳ـ۶۰۷ و IEC 227-1 و IEC 227-3.

۲ـ۳ـ۱ سیم با هادی تک‌مفتولی و چندمفتولی برای مصارف عمومی:

این نوع سیم که باکد مشخصه ۰۱ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت بوده و هادیهای آن به‌صورت تک‌مفتولی (گروه ۱) و یا چندمفتولی تابیده شده منظم (گروه ۲) مطابق مقررات استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول (۱) از استاندارد ملی شماره ۳ـ۶۰۷ باشد. سیمهای نوع ۰۱ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع ۱/۵ تا ۴۰۰ میلیمتر مربع ساخته شود. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی برای این گونه سیمها ۷۰ درجه سلسیوس است.

۲ـ۳ـ۲ سیم با هادی قابل انعطاف برای مصارف عمومی

این نوع سیم که باکد مشخصه ۰۲ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت بوده و هادیهای قابل انعطاف آن (گروه ۵) از جنس مس و مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول (۳) از استاندارد ملی شماره ۳ ـ ۶۰۷ باشد. سیمهای نوع ۰۲ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع ۱/۵ تا ۲۴۰ میلیمتر مربع ساخته شود. حداکثر دمای هادی در بهره‌برداری عادی برای این‌گونه سیمها ۷۰ درجه سلسیوس است.

۲ـ۳ـ۳ سیم با هادی تک‌مفتولی برای سیمکشی داخلی

این نوع سیم که باکد مشخصه ۰۵ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادیهای آن به‌صورت تک‌مفتولی (گروه ۱) مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده و هادی را دربرگرفته باشد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۵) از استاندارد ملی شماره ۳ ـ ۶۰۷ باشد. سیمهای نوع ۰۵ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلیمتر مربع ساخته شود. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

۲ـ۳ـ۴ سیم با هادی قابل انعطاف برای سیمکشی داخلی

این نوع سیم که باکد 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 پلی‌وینیل کلراید از نوع C بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۷) از استاندارد ملی شماره ۳ ـ ۶۰۷ باشد. سیمهای نوع ۰۶ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلیمتر مربع تولید شود. حداکثر دمای هادی در بهره‌برداری عادی ۷۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

۲ ـ ۳ ـ ۵ سیم با هادی تک‌مفتولی برای سیمکشی داخلی

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۷ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی آن به‌صورت تک‌مفتولی (گروه ۱) مطابق استاندارد ملی ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع E بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۹) از استاندارد ملی شماره ۳ ـ ۶۰۷ باشد. سیمهای نوع ۰۷ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ تا ۶ میلیمتر مربع تولید شود. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی ۱۰۵ درجه سلسیوس می‌باشد.

۲ ـ ۳ ـ ۶ سیم با هادی قابل انعطاف برای سیمکشی داخلی برای دمای هادی ۱۰۵ درجه سلسیوس

این نوع سیم که با کد مشخصه ۰۸ (۶۰۷) شناخته می‌شود باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادیهای آن از نوع مسی قابل انعطاف (گروه ۵) مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید از نوع E بوده و هادیها را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و همچنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۱۱) از استاندارد ملی شماره ۳ ـ ۶۰۷ باشد. سیمهای نوع ۰۸ (۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ تا ۶ میلیمتر مربع تولید شود. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی برای این نوع سیمها ۱۰۵ درجه سلسیوس می‌باشد.

۲ ـ ۴ مشخصات و موارد کاربرد سیمهای عایقدار و کابلهای قابل انعطاف براساس استانداردهای CENELEC و VDE

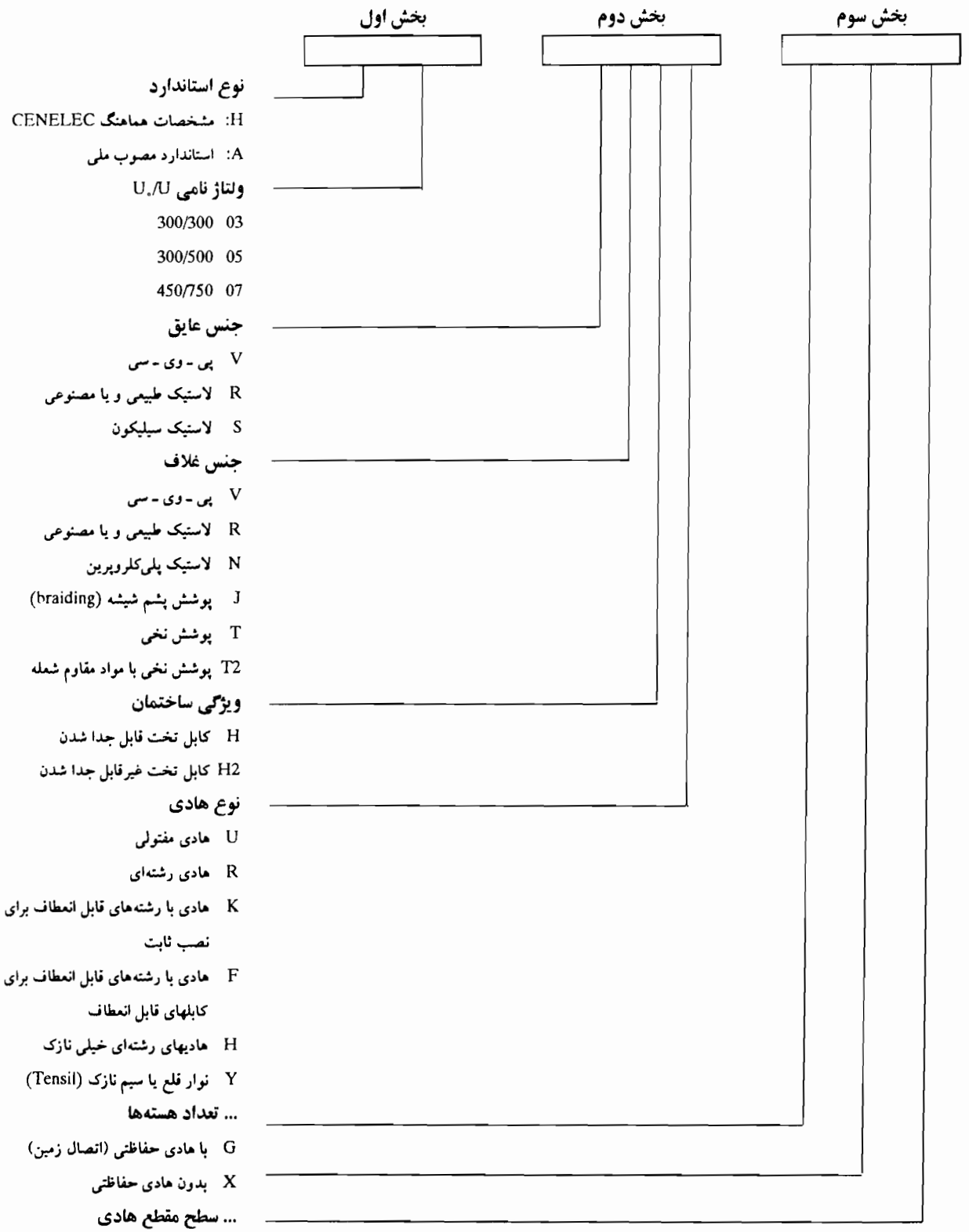
۲ ـ ۴ ـ ۱ کد بین‌المللی هماهنگ[1]

نشانهٔ شناسایی سیمها و کابلها در این سیستم عبارت است از حروف HAR یا نخی با رنگهای متوالی مشکی ـ قرمز ـ زرد، که همراه با نشانه‌های استاندارد کشور سازنده باید حداقل بر روی یک هسته علامتگذاری شود، به‌طوری که مثلاً 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.

کد شناسایی مشخصات سیمها و کابلها در سیستم هماهنگ (CENELEC) در جدول ۲ـ۱ ارائه شده است.

1– CENELEC Harmonized Code

جدول ۲ ـ ۱ کد شناسایی مشخصات سیمها و کابلها در سیستم هماهنگ (CENELEC)



۲ـ۴ـ۲ انواع سیمها و کابلهای قابل انعطاف

عمده‌ترین انواع سیمهای عایقدار و کابلهای قابل انعطاف مورد استفاده در تأسیسات برقی کارهای ساختمانی برابر استانداردهای سیستم هماهنگ CENELEC و VDE به‌قرار زیر است:

۲ـ۴ـ۲ـ۱ سیم از نوع H07V-U (NYA)

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی مفتولی از جنس مس نرم شده می‌باشد که با ماده پی ـ وی ـ سی به‌رنگهای مختلف پوشیده شده است. این‌گونه سیمها در تابلوهای برق و تأسیسات نصب ثابت در محیطهای خشک در داخل لوله، روی دیوار یا داخل آن به‌کار می‌رود. استفاده از این نوع سیم به‌طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نخواهد بود.

۲ـ۴ـ۲ـ۲ سیم از نوع H07V-R (NYAB)

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی رشته‌ای (نیمه‌افشان) از مس نرم شده با پوششی از ماده پی ـ وی ـ سی به‌رنگهای مختلف می‌باشد و در تأسیسات نصب ثابت در محیطهای خشک درون لوله به‌صورت روکار یا توکار به‌کار می‌رود. استفاده ازا ین نوع سیم به‌طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نخواهد بود. سیم نوع NYAB نسبت به‌نوع NYA دارای نرمش بیشتری است.

۲ـ۴ـ۲ـ۳ سیم از نوع H07V-K (NYAF)

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی افشان (قابل انعطاف) از مس نرم شده با پوششی از ماده پی ـ وی ـ سی به‌رنگهای مختلف می‌باشد و در تأسیسات نصب ثابت در محیطهای خشک در داخل لوله به‌صورت روکار یا توکار به‌کار می‌رود. استفاده ازا ین نوع سیم به‌طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نیست.

۲ـ۴ـ۲ـ۴ سیمهای نوع H05V-U (NYFA) و H05V-K (NYFAF)

این نوع سیمها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای پوشش عایق از جنس پی ـ وی ـ سی می‌باشد. سیم H05V-U دارای هادی مسی تک‌مفتولی و سیم H05V-K دارای هادیهای مسی افشان (قابل انعطاف) است. این‌گونه سیمها در محیطهای خشک برای سیمکشی داخلی یا اتصالات لوازم و دستگاههای اندازه‌گیری و کنترل تأسیسات نیرو، لوازم برقی و چراغها، و در تأسیسات حفاظت شده نصب ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۵ کابل پلاستیکی سبک NYM

این نوع کابل با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادیهای مسی مفتولی یا افشان، عایق ترموپلاستیک (پی ـ وی ـ سی)، پوشش مشترک بر روی هسته، و غلاف ترموپلاستیک می‌باشد و در محیطهای خشک، تَر و مرطوب، در زیر یا روی کار به‌صورت نصب ثابت به‌کار 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.

۲ـ۴ـ۲ـ۶ سیم از نوع NYIF

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۲۲۰/۳۸۰ ولت، دارای هادی مسی مفتولی و عایق پلاستیکی است که چندرشته از آن با فاصله به‌موازات 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 زیر آن به‌کار می‌رود. استفاده از این نوع سیمها در حمام آپارتمانها و هتلها نیز مجاز است.

۲ـ۴ـ۲ـ۷ سیمهای نوع N4GA و N4GAF

سیمهای نوع N4GA با هادی مسی قلع‌اندود مفتولی و نوع N4GAF با هادیهای مسی قلع‌اندود افشان، با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت و عایق مقاوم حرارت از جنس لاستیک مصنوعی در تأسیسات حفاظت شده نصب ثابت به‌کار می‌رود. این‌گونه سیمها در مواردی که حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتیگراد باشد در محیطهای خشک برای سیمکشی داخلی وسایل حرارتی، ماشینهای برقی، تابلوهای توزیع و به‌ویژه برای عبور سیم از داخل چراغها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۸ سیم از نوع H05SJ-K

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی مسی افشان، عایق از لاستیک سلیکون و روکش پشم شیشه با اندود وارنیش می‌باشد. سیم مزبور در مواردی 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، موتورهای برقی، و تمامی انواع وسایل حرارتی به‌کار می‌رود. همچنین این نوع سیم ممکن است در شرایطی که نصب وسایل برقی مشکل یا با تنشهای مکانیکی زیاد همراه باشد مورد استفاده قرار گیرد و در مقاطع ۱/۵ میلیمتر مربع به‌بالا نیز ممکن است از آن در تأسیسات حفاظت شده نصب ثابت در لوله به‌صورت روکار یا توکار استفاده شود.

۲ـ۴ـ۲ـ۹ کابلهای N2GMH2G و 4GMH4G

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت برای حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتیگراد، در محیطهای خشک، مرطوب، تَر، و هوای آزاد به‌عنوان کابل اتصال قابل انعطاف برای لوازم حرارتی و وسایل برقی پخت و پز مورد استفاده قرار می‌گیرد. کابل N2GMH2G دارای هادی مسی افشان، و عایق و غلاف از لاستیک سیلیکون می‌باشد و در مواردی که تنشهای مکانیکی کم مطرح است باید از آن استفاده شود.

کابل 4GMH4G دارای هادی مسی قلع‌اندود افشان، و عایق و غلاف از لاستیک مصنوعی می‌باشد و در مواردی که تنشهای مکانیکی متوسط موجود باشد باید به‌کار رود.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۰ سیمها و کابلهای NHXMH و 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 درون گچ و زیر یا روی آن به‌صورت نصب ثابت مورد استفاده قرار گیرد لیکن دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود. کابل

NHXMH دارای هادیهای 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.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۱ 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 به‌صورت حفاظت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این نوع سیمها در لوله به‌صورت روکار یا توکار و در کانالهای بسته نیز مجاز است.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۲ سیم H03VH-H(NYZ)

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

۲ـ۴ـ۲ـ۱۳ بندهای قابل انعطاف H03VV-F(NYLHY) و H05VV-F(NYMHY)

این نوع بندها با ولتاژ ۳۰۰/۵۰۰ ولت، دارای‌هادی‌از رشته‌های‌مسی‌نازک، عایق و غلاف پی ـ وی ـ سی می‌باشد. بند اتصال H03VV-F در محیطهای خشک با تنشهای مکانیکی کم برای تغذیه وسایل الکتریکی کوچک که گرمازا نمی‌باشد مانند چراغهای روشنایی معمولی، لوازم برقی آشپزخانه، و لوازم برقی دفتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. بند اتصال H05VV-F در محیطهای خشک، مرطوب، و تَر، جز در هوای آزاد، برای تغذیه لوازم برقی، در مواردی که تنشهای مکانیکی متوسط وجود دارد مانند ماشین لباسشویی و یخچال به‌کار می‌رود.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۴ کابلهای H05RR-F(NLH/NMH) و H05RN-F

این‌گونه کابلها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی از رشته‌های نازک مسی قلع‌اندود و عایق لاستیکی می‌باشد. کابل H05RR-F دارای غلاف از لاستیک سخت سبک است و در محیطهای خشک در مواردی که تنشهای مکانیکی کم وجود دارد برای اتصال الکتریکی لوازم برقی همچون جارو برقی، اجاق برقی، هاویه و مانند آن به‌کار می‌رود. کابل H05RN-F دارای غلاف از لاستیک مصنوعی سخت است و در محیطهای خشک، تَر و در هوای آزاد؛ در مواردی که تنشهای مکانیکی کم مطرح است، برای اتصال الکتریکی لوازم برقی باغبانی همچون چمن‌زن برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۵ بند از نوع H05RN-F و کابل از نوع H07RN-F(NMHou/NSHou)

بند H05RN-F با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی از رشته‌های مسی نازک، عایق از لاستیک

مصنوعی (EPR) و غلاف از الاستومر کلردار[1] مانند پلی‌کلروپرین می‌باشد که در برابر روغن مقاوم و در مقابل شعله کندسوز است. این‌گونه بندها در اطاقهای خشک و مرطوب، در مواردی که تنشهای مکانیکی کم وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کابل H07RN-F با ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت، دارای هادی از رشته‌های نازک مسی، عایق سیم از لاستیک، عایق هسته از لاستیک (برای مقاطع ۱۶ میلیمتر مربع به‌بالا) و غلاف خارجی از لاستیک مصنوعی می‌باشد. این‌گونه کابلها در محیطهای خشک، مرطوب، تَر، و در هوای آزاد؛ در مواردی که تنشهای مکانیکی متوسط وجود دارد، برای اتصال الکتریکی لوازم و وسایل برقی سیار، دیگهای بخار بزرگ و مانند آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۶ کابل از نوع (N)HXSHXO

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۰/۶ تا یک کیلوولت دارای هادی از رشته‌های نازک مسی، عایق از لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR)، غلاف داخلی و خارجی از ماده ای ـ وی ـ اِی مستحکم[2] می‌باشد. این‌گونه کابلها، که فاقد ترکیبات هالوژن بوده و در برابر آتش مقاوم است، در محیطهای خشک، مرطوب، تَر و در هوای آزاد برای اتصال لوازم الکتریکی همچون موتورهای سیار، دیگهای بخار بزرگ و مانند آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۷ کابل از نوع NSSHOU

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۰/۶ تا یک کیلو ولت دارای هادی از رشته‌های نازک مسی قلع‌اندود، عایق از لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR)، غلاف داخلی از لاستیک و غلاف خارجی از الاستومر کلردار یا پروتوفرم[3] می‌باشد. این‌گونه کابلها در محیطهای خشک، مرطوب، تر، و در هوای آزاد؛ در مواردی که تنشهای مکانیکی زیاد وجود دارد، برای اتصال الکتریکی وسایل برقی سنگین در صنایع، کارگاههای ساختمانی و معادن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۸ سیم از نوع NFYW

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۰/۶ تا یک کیلو ولت، دارای هادیهای مسی رشته‌ای، و عایق و غلاف ترموپلاستیک (پی ـ وی ـ سی) می‌باشد. این‌گونه سیمها که به‌صورت تک‌رشته‌ای ساخته می‌شود در برابر عوامل جوی مقاوم است و برای انشعاب مشترکین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ۲ـ۱۹ سیم از نوع NYL

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴ تا ۷ کیلوولت و ۸ تا ۱۴ کیلوولت، دارای هادی از رشته‌های مسی نازک و عایق از ترموپلاستیک (پی ـ وی ـ سی) می‌باشد، که برای نصب در چراغهای فلورسنت برابر استاندارد شماره VDE0128 آلمان، و در لوله‌های فولادی سخت یا قابل انعطاف در رو یا زیر کار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1– Chloronated Elastomer

2– Cross-Linked EVA (Ethylene Vinyl Acetate copolymer)

3– Protofirm

۲-۵ ضوابط طراحی سیستم سیمکشی

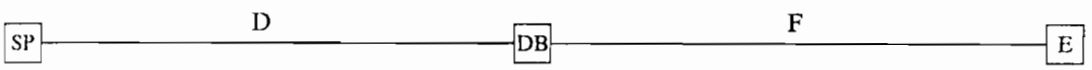
طراحی سیستم سیمکشی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی باید مطابق ضوابط مندرج در آیین‌نامه تأسیسات الکتریکی ساختمانها (استاندارد ملی شماره ۱۹۳۷)، یا استاندارد IEC 364 ، و یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه انجام شود. در طراحی سیمکشیها موارد زیر باید مورد توجه قرار گرفته و رعایت شود:

۲-۵-۱ سیستم توزیع نیرو و اتصال زمین مورد استفاده در تأسیسات برقی کارهای ساختمانی عموماً سیستم TN از نوع TN-C-S و یا در صورت انتخاب، سیستم TN-S خواهد بود[1]. در مواردی که به‌علت 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 این‌گونه موارد باید مجوز لازم قبلاً از مقام مجری این ضوابط یا نمایندهٔ مجاز وی کسب شود.

۲-۵-۲ انتخاب نوع سیمکشی و طرز نصب آن باید با توجه به‌ماهیت محل، نوع و ماهیت دیوارها و سایر قسمتهای حاوی سیمکشیها، امکان دسترسی انسان یا حیوانات اهلی، میزان ولتاژ، و تنشهای مکانیکی که ممکن است در جریان نصب یا بهره‌برداری به‌وجود آید، انجام شود.

۲-۵-۳ سطح مقطع هادیها باید با توجه به‌حداکثر دمای مجاز، افت ولتاژ مجاز، تنشهای الکترومکانیکی ناشی از اتصال کوتاه و دیگر تنشهای مکانیکی، حداکثر مقاومت ظاهری (امپدانس) با توجه به‌عمل وسیلهٔ حفاظتی در برابر اتصال کوتاه، و صرفه اقتصادی تعیین شود.

۲-۵-۴ در طراحی مدارهای توزیع (D) و مدارهای نهایی (F) ، حداکثر افت ولتاژ مجاز باید مطابق مقادیر ارائه شده در جدول ۲ - ۲ باشد.



SP= نقطهٔ 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 به‌تابلو نهایی یا جعبهٔ توزیع می‌رسد).

DB= جعبهٔ توزیع

F= مدار نهایی (فقط در مورد تأسیسات نصب ثابت)

E= تجهیزات مصرف نصب ثابت یا پریز

۱ - برای تعاریف و شرح انواع سیستمهای توزیع نیرو و اتصال زمین به‌استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۳۷ یا IEC 364-3 رجوع شود.

جدول ۲ ـ ۲ حداکثر افت ولتاژ مجاز در مدارهای توزیع و مدارهای نهایی

نوع مدار	نوع مصرف یا لوازم وصل شده	افت ولتاژ مجاز (درصد)
توزیع (D)	تابلوی توزیع	۲
نهایی (F)	روشنایی	۳
	تجهیزات دیگر	۵

۲ـ۵ـ۵ برگ نمونه محاسبه اندازهٔ سیمها و کابلها شامل روش محاسبه افت ولتاژ و تعیین سطح مقطع هادیها برای برق مستقیم و متناوب یک فاز غیرالقایی و سه‌فاز در جدول ۲ ـ ۶ ارائه شده است. برای محاسبهٔ اندازهٔ کابلها و افت ولتاژ با در نظرگرفتن مقاومت القایی به‌فصل هفتم مراجعه شود.

۲ـ۵ـ۶ استفاده از ضرایب همزمانی فقط در مواردی مجاز است که مصرف‌کننده‌های غیرهمزمان در مدار یا مدارهای تابلو وجود داشته باشد. در مورد مدارهای انفرادی نهایی مانند روشنایی، پریز، موتور و غیره، نباید ضریب همزمانی اعمال شود؛ این‌گونه مدارها با بار کامل باید در نظرگرفته شود.

۲ـ۵ـ۷ هادیهای برقدار باید در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه، جز در مواردی که منبع تغذیه قادر به‌تأمین جریان به‌مقداری که بیش از جریان مجاز هادیها نباشد (مانند ترانسفورماتورهای زنگ، جوشکاری و یا ژنراتورهای ترموالکتریک) به‌کمک یک یا چند وسیله که به‌طور خودکار مدار تغذیه را قطع کند حفاظت شود. علاوه بر این، حفاظتهای اضافه‌بار و اتصال کوتاه باید با یکدیگر هماهنگ شود. وسایلی که حفاظت در برابر اضافه‌بار و اتصال کوتاه را با هم تضمین می‌نماید عبارتند از کلیدهای خودکار، انواع مخصوص فیوزها و کلیدهای خودکار توأم با فیوز.

۲ـ۵ـ۸ در مواردی که در طول مدار جریان مجاز حرارتی هادیها در نتیجه تغییر در سطح مقطع یا نوع هادیها یا طرز ساختمان یا نحوهٔ نصب آن تقلیل یابد یا از آن انشعاب گرفته شود باید یک وسیلهٔ حفاظت در برابر اضافه جریان متناسب با جریان مجاز مقطع کوچکتر پیش‌بینی و نصب شود، مگر آن‌که:

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

ب ـ وسیلهٔ حفاظتی در شروع مدار اصلی مناسب برای مدار یا انشعاب مقطع کوچکتر باشد.

۲ـ۵ـ۹ در انتخاب جریان مجاز هادیهای برقدار باید به‌تأثیر مدارهای همجوار و شرایط نصب توجه و در صورت لزوم از ضریب تعدیل مناسبی استفاده شود. وسایل حفاظتی مدار باید با توجه به‌جریان مجاز تعدیل شده انتخاب شود.

۲ـ۵ـ۱۰ برای تعیین قابلیت بار مجاز و سطح مقطع سیمها و کابلها باید از جداول نشریه استاندارد ایران شماره ۱۹۳۶ و یا استاندارد IEC 364-5-523 استفاده شود. (برای تعیین میزان جریان مجاز انواع کابلها با توجه به‌شرایط نصب، درجه حرارت محیط و تعداد کابلها به‌فصل هفتم رجوع شود). در صورتی که با توجه به‌شرایط مندرج در نشریات یادشده نتوان جداول مورد نظر را ملاک عمل قرار داد ممکن است مقادیر ارائه شده در جدول ۲ ـ ۳ به‌کار برده شود. در این جدول جریان مجاز و جریان فیوز کلیهٔ سیمها و کابلهای ساخته شده برابر استاندارد ISIRI 607 ایران و VDE 0100/12-69 برای حرارت محیط ۲۵ درجه سانتیگراد، در سه گروه ارائه شده است. گروه اول هادیهای مسی یک یا چندرشته‌ای مانند سیم NYA در داخل لوله را شامل می‌شود؛ گروه دوم کابلهای چندرشته‌ای مانند سیمها و کابلهای غلاف‌دار، کابلهای

اتصال وسایل متحرک و کابلهای مسلح را دربر می‌گیرد؛ و گروه سوم کابلهای تک‌رشته مورد استفاده در فضای آزاد که با فواصلی برابر با قطر آن قابل نصب است و نیز هادیهای تک‌رشته که در تابلوهای توزیع و کنترل به‌کار می‌رود را شامل می‌شود.

اطلاعات ارائه شده در جدول ۲ ـ ۳ برای حرارت محیطی حداکثر ۲۵ درجه سانتیگراد معتبر است، در مواردی که حرارت محیط از ۲۵ درجه سانتیگراد متجاوز باشد جریان مجاز سیمها و کابلها باید براساس ضرایب تقلیل مندرج در جدول ۲ ـ ۴ اصلاح شود.

۲ـ۵ـ۱۱ در انتخاب سطح مقطع هادی خنثی در مدارهای سه‌فاز، باید دقت کافی به‌عمل آید و در صورت لزوم سطح مقطع این هادی برابر هادیهای فاز انتخاب شود.

۲ـ۵ـ۱۲ سطح مقطع یا قطر هادیهای مسی برای مدارهای مختلف الکتریکی باید براساس محاسبه تعیین شود لیکن در هیچ موردی از مقادیر ارائه شده در جدول ۲ ـ ۵ نباید کمتر باشد.

جدول ۲ ـ ۳ قابلیت بار مجاز سیمهای مسی عایقدار و سطح مقطع‌های مربوط[1]

سطح مقطع	گروه اول: یک یا چند سیم عایقدار نوع NYA یا استاندارد ایران ۱۰(۶۰۷)		گروه دوم: کابلهای رشته‌ای مانند NYM یا استاندارد ایران ۱۰(۶۰۷)		گروه سوم: سیمهای مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع	
	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰
۲۵	۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵
۳۵	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۰	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰
۷۰	۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۴	۲۶۰	۲۵۰
۹۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۵
۱۵۰	-	-	۳۵۵	۳۵۵	۴۱۵	۴۲۵
۱۸۵	-	-	۴۰۵	۳۵۵	۴۷۵	۴۲۵
۲۴۰	-	-	۴۸۰	۴۲۵	۵۶۰	۵۰۰
۳۰۰	-	-	۵۵۵	۵۰۰	۶۴۵	۶۰۰
۴۰۰	-	-	-	-	۷۷۰	۷۱۰
۵۰۰	-	-	-	-	۸۸۰	۸۵۰

۱ ـ مقادیر جدول ۲ ـ ۳ باید با در نظر گرفتن مفاد بند ۲ ـ ۵ ـ ۱۱ و سایر اصول مندرج در این فصل مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲ ـ ۴ ضرایب تصحیح جریان مجاز سیم و کابل برحسب تغییرات درجه حرارت محیط از ۲۵ درجه سانتیگراد[1]

درجه حرارت محیط (درجه سانتیگراد)	حداکثر بار مداوم مجاز به‌صورت درصد مقادیر مندرج در جدول ۲ ـ ۲	
	عایق لاستیکی	عایق پی ـ وی ـ سی
بیش از ۲۵ و حداکثر تا ۳۰	۹۲	۹۴
بیش از ۳۰ و حداکثر تا ۳۵	۸۵	۸۸
بیش از ۳۵ و حداکثر تا ۴۰	۷۵	۸۲
بیش از ۴۰ و حداکثر تا ۴۵	۶۵	۷۵
بیش از ۴۵ و حداکثر تا ۵۰	۵۳	۶۷
بیش از ۵۰ و حداکثر تا ۵۵	۳۸	۵۸

۱ ـ مقادیر جدول فوق باید با در نظر گرفتن مفاد بند ۲ ـ ۵ ـ ۱۱ و سایر اصول مندرج در این فصل مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲ ـ ۵ حداقل سطح مقطع یا قطر هادیهای مسی برای مدارهای مختلف الکتریکی

نوع مدار	حداقل سطح مقطع یا قطر هادی
سیستم روشنایی	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم پریزها	۲/۵ میلیمتر مربع
سیستم تلفن یا فکس	۰/۶ میلیمتر
سیستم فراخوان و دربازکن:	
انشعاب اصلی	۱ میلیمتر مربع
انشعاب فرعی	۰/۵ میلیمتر مربع
سیستم ساعت مرکزی	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم اعلام و اطفای حریق	۱/۵ میلیمتر مربع
سیستم صوتی	۱ میلیمتر مربع

جدول ۲ ـ ٦ برگ محاسبه اندازه سیم یا کابل

نام پروژه: **شماره پروژه:**
محل پروژه:
بخش: **طبقه:** **شماره نقشه:**
نام اطاق: **شماره اطاق:**

مجموع بار متصل شده: **کیلووات** **آمپر**
مجموع بار مصرفی (دیماند): **کیلووات** **آمپر**
فاصله: **متر**

محاسبات

در مواردی که توان مشخص باشد

برای برق مستقیم و متناوب یک فاز غیرالقایی

$$\Delta V = \frac{۲ \times L \times P}{x \times A \times V} \qquad A = \frac{۲ \times L \times P}{x \times \Delta V \times V}$$

برای برق متناوب سه‌فاز

$$\Delta V = \frac{L \times P}{x \times A \times V} \qquad A = \frac{L \times P}{x \times \Delta V \times V}$$

در مواردی که جریان معلوم باشد

برای برق مستقیم و متناوب یک فاز غیرالقایی

$$\Delta V = \frac{۲ \times L \times I}{x \times A} \qquad A = \frac{۲ \times L \times I}{x \times \Delta V}$$

برای برق متناوب سه‌فاز

$$\Delta V = \frac{۱/۷۳ \times L \times I \times \cos\phi}{x \times A} \qquad A = \frac{۱/۷۳ \times L \times I \times \cos\phi}{x \times \Delta V}$$

V= ولتاژ خط برحسب ولت؛
I= جریان برحسب آمپر؛
x= ضریب هدایت: Cu=۵۶ ، Al=۳۴ ، Zn=۱۶ ، Ir=۱۰ ؛
$\cos\phi$= ضریب توان؛
اندازهٔ سیم یا کابل مورد نیاز:
جریان نامی استاندارد سیم یا کابل:

ΔV= افت ولتاژ برحسب ولت؛
P= توان برحسب وات؛
A= سطح مقطع برحسب میلیمتر مربع،
L= طول خط (یک سیم) برحسب متر

۲-۶ اصول و روشهای نصب در سیمکشی

۲-۶-۱ سیمهای مدارهای مختلف الکتریکی حامل ولتاژهای متفاوت باید از لوله‌های جداگانه عبور کند.

۲-۶-۲ سیمها باید در برابر گرم شدن زیاد با وسایل خودکاری که بستگی به‌مقدار جریان و درجه حرارت دارد محافظت گردد. (به‌بند ۲-۵-۷ رجوع شود).

۲-۶-۳ هادیهای مربوط به‌یک مدار (فاز یا فازها، هادی خنثی و هادی حفاظتی) باید کلاً در داخل یک لوله یا مجرا یا کانال سیمکشی (ترانکینگ) کشیده شود.

۲-۶-۴ سیم نول هر مدار فیوز باید به‌طور مجزا تعبیه شود و استفاده از یک نول مشترک برای مدارهای مختلف مجاز نخواهد بود.

۲-۶-۵ به‌کار بردن سیم اتصال زمین (هادی حفاظتی) به‌جای سیم نول مجاز نمی‌باشد، سیم نول (خنثی) باید به‌طور جداگانه کشیده شود.

۲-۶-۶ تمامی سیمهای درون لوله‌ها اعم از سیم خنثی (سیم صفر) و یا سیم محافظ (مخصوص اتصال بدنه به‌زمین) باید دارای پوشش باشد.

۲-۶-۷ لوله‌های فلزی و پوششهای فلزی سیمهای عایقدار نباید به‌عنوان سیم نول یا سیم حفاظت مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۶-۸ تمامی مدارها باید در داخل مجاری ساختمانی (کانالها، رایزرها و غیره)، کانالهای ویژه سیمکشی (مانند ترانکینگ و نظایر آن) یا لوله‌ها یا نگهدارهای مخصوص مانند سینی کابل یا نردبان کابل و غیره به‌گونه‌ای نصب یا هدایت شود که بازدید، خارج کردن و نصب مجدد آن در داخل مجاری، لوله‌ها و دیگر محلهای ذکر شده بدون ایجاد خرابی و کندوکاو، امکان‌پذیر باشد.

۲-۶-۹ استفاده از مسیر (شافت) آسانسور به‌عنوان کانال بالارو برای هر نوع مداری جز مدارهای مجاز مربوط به‌خود آسانسور ممنوع است، مگر این‌که کانال عبور این‌گونه 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 به‌عنوان دیوار حامل کابلها ممنوع است.

۲-۶-۱۰ سیستم سیمکشی باید به‌گونه‌ای علامتگذاری شود که شناسایی هادیها برای بازرسی، آزمایش و تعمیرات بعدی به‌سهولت امکان‌پذیر باشد.

۲-۶-۱۱ پوشش سیمها برای مصارف مختلف باید به‌رنگهای متفاوت باشد، لیکن برای یک نوع مصرف همچون سیمکشی سیستم تلفن و مانند آن، رنگ پوشش سیم در تمام ساختمان باید یکسان انتخاب شود به‌گونه‌ای که تغییرات و تعمیرات بعدی به‌سهولت انجام پذیرد.

۲-۶-۱۲ رنگ سیمها باید برحسب فاز تغذیه‌کننده تغییر کرده و بر طبق فهرست زیر باشد:

فاز اول = قرمز　　نول = آبی کمرنگ

فاز دوم = زرد　　برگشت = ترجیحاً رنگ‌فاز مربوطه با خط سفید و درصورت عدم امکان خاکستری

فاز سوم = سیاه　　زمین = رنگ دوگانه سبز/زرد

۲-۶-۱۳ در اطراف هود آشپزخانه و محیطهایی 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.

۲ـ۶ـ۱۴ سیمها نباید به‌داخل چراغها، لوازم، یا دستگاههایی وارد شود که به‌علت انتقال حرارت در شرایط عادی کار ممکن است سبب تجاوز دمای هادیها از مقادیر منظور شده در محاسبه جریان و سطح مقطع گردد.

۲ـ۶ـ۱۵ سیمها و کابلها نباید از ابتدا در داخل لوله‌های برق قرار داده شود بلکه باید پس از نصب لوله‌ها و اتمام نازک‌کاری، در موقع مناسب نسبت به‌قرار دادن آن در داخل لوله‌ها اقدام شود.

۲ـ۶ـ۱۶ هنگام نصب یا کشیدن سیمها به‌داخل لوله‌ها، بهتر است تنش و کشش بر هادیها وارد شود و نه بر پوشش آن.

۲ـ۶ـ۱۷ تمامی سیمهایی که در داخل لوله‌های برق قرار می‌گیرد باید یک تکه و بدون زدگی باشد.

۲ـ۶ـ۱۸ اتصال سیمها به‌یکدیگر باید در داخل جعبه‌های تقسیم انجام شود و موکداً به‌وسیلهٔ ترمینال یا اتصالی نوع شانه‌ای پیچی صورت پذیرد.

۲ـ۶ـ۱۹ سرسیمهای افشان باید قبل از قرار گرفتن در ترمینال با لحیمکاری یکپارچه شود. درصورتی که عمل لحیمکاری مشکل باشد باید از کابلشوهای لوله‌ای پرسی مخصوص زیر ترمینال استفاده شود.

۲ـ۶ـ۲۰ پوشش سر سیمها (به‌ویژه سیمهای افشان) باید با استفاده از ابزار مخصوص (سیم لخت‌کن) برداشته شود و توجه گردد که به‌رشته‌ها یا هادیها آسیبی وارد نشود.

۲ـ۶ـ۲۱ در هر نقطهٔ 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.

۲ـ۶ـ۲۲ اتصال سیمها به‌شینه‌های تابلو، ماشینها و مصرف‌کننده‌های دیگر فقط با پیچ و مهره مجاز است.

۲ـ۶ـ۲۳ هر رشته سیم نول باید مستقلاً به‌شینه نول تابلو متصل شود و اتصال دو یا چند سیم نول به‌هم بسته به‌تابلو مجاز نخواهد بود.

۲ـ۶ـ۲۴ تمامی مدارهای نهایی روشنایی و پریزها، برای اتصال به‌بدنه‌های هادی چراغها یا کُنتاکت حفاظتی پریزها (برحسب مورد) باید شامل هادی حفاظتی باشد.

۲ـ۶ـ۲۵ سیمهای مورد استفاده در سیستم سیمکشی باید برای‌مقاطع پایین تا ۱۰ میلیمترمربع از نوع تک‌مفتولی و برای مقاطع بالاتر از نوع چندمفتولی، با عایقبندی پی ـ وی ـ سی انتخاب شود. کاربرد سیمهای افشان فقط در مواردی که انجام برخی قسمتهای سیمکشی به‌طور استثنایی مشکل باشد مجاز است.

۲ـ۶ـ۲۶ سیمهای لخت که به‌سیستم زمین متصل نیست باید فقط روی مقره کشیده شود و از دیوارها و قسمتهای فلزی و ساختمانها فاصلهٔ کافی داشته باشد.

۲ـ۶ـ۲۷ سیستمهای سیمکشی روکار یا توکار که در محیطهای تَر 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 پلاستیکی یا غلاف سربی، و یا عایق معدنی انجام شود.

۲ـ۶ـ۲۸ لوازم سیمکشی که در محیطهای تَر[1] و مرطوب[2] به‌کار می‌رود باید مجهز به‌اتصالات متناسب با نوع

---

۱ ـ برای تعریف محیط تر به‌فصل اول رجوع شود.

۲ ـ محیطهای مرطوب یا نمناک شامل مکانهایی است که وجود رطوبت، ژاله‌زایی یا آثار مواد شیمیایی و مانند آن ممکن است مانع از کار صحیح لوازم و وسایل الکتریکی شود. این‌گونه محیطها شامل مکانهای نیمه‌حفاظت‌شده مانند فضاهای باز مسقف، ایوانها و بالکن‌ها، و محلهای درونی ساختمان که در معرض درجات متوسطی از رطوبت قرار دارد مانند زیرزمین، سردخانه، آشپزخانه تجاری، گلخانه و غیره می‌شود.

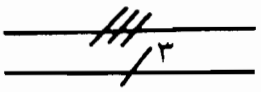
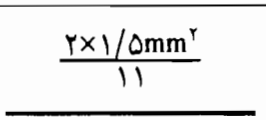
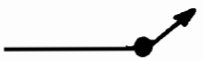
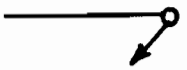
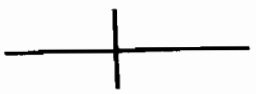
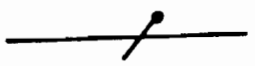
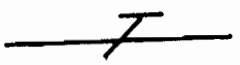
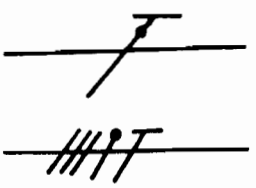
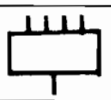
سیمکشی باشد تا از نفوذ آب و رطوبت به‌درون لوله‌ها و سایر تجهیزات مانند جعبه‌ها، کلیدها، پریزها، چراغها و سایر مصرف‌کننده‌ها جلوگیری شود. تمامی لوازم مورد استفاده در این‌گونه محیطها باید حداقل دارای درجات حفاظت زیر باشد:

الف ـ لوازم و تجهیزات مورد مصرف در محیطهای مرطوب باید حداقل دارای درجه حفاظت IP44 باشد (مقاوم در برابر ترشح آب)

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

۲ ـ ۷ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیمکشی برق در جدول ۲ ـ ۷ نشان داده شده است.

جدول ۲ ـ ۷ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیمکشی برق

شـــرح	نشانه
مسیر لوله و سیم (دو سیم)	
مسیر لوله و سیم، تعداد خطوط مورب نشانهٔ شمار سیمها (بیش از دو سیم) می‌باشد که ممکن است با عدد نیز نشان داده شود	
دو رشته سیم با سطح مقطع ۱/۵ میلیمتر مربع در لوله شماره ۱۱	
مسیر لوله و سیم به‌طرف تابلو محلی، مدار شماه ۸	
مسیر لوله و سیم به‌طرف بالا	
مسیر لوله و سیم به‌طرف پایین	
مسیر لوله و سیم از پایین به‌بالا، یا از بالا به‌پایین	
نقطهٔ انشعاب	
تقاطع، بدون اتصال الکتریکی	
هادی خنثی	
هادی حفاظتی	
هادی مشترک حفاظتی و خنثی مثال: سیمکشی سه‌فاز با هادیهای خنثی و حفاظتی	
مرکز توزیع با ۵ لولهٔ خروجی	

فصل ۳
کلید و پریز

۳-۱ تعاریف

کلید: وسیله‌ای است که برای قطع و وصل جریان برق در یک یا چند مدار الکتریکی به‌کار می‌رود.

پریز و دوشاخه: وسیله‌ای است که برای اتصال هادیها و بندهای قابل انعطاف در سیمکشی ثابت به‌کار می‌رود و شامل دو قسمت است:

پریز ثابت: قسمتی است که با سیمکشی ثابت نصب می‌گردد.

دوشاخه: قسمتی است که به‌هادی، یا بند قابل انعطاف لوازم برقی یا بند قابل انعطاف پریز دستی متصل می‌شود.

پریز چندراهه: یک دستگاه پریز است که بیش از یک محل برای اتصال دوشاخه داشته باشد.

ولتاژ نامی: ولتاژی است که دستگاه برای آن ساخته شده و توسط سازنده روی آن نشانه‌گذاری شده است (در مورد سیستم سه‌فاز ولتاژ بین دو فاز می‌باشد).

جریان نامی: شدت جریانی که روی پریز یا دوشاخه به‌وسیلهٔ سازنده نشانه‌گذاری شده است. منظور از ولتاژ و شدت جریان مقدار مؤثر آن است مگر در مواردی که جز آن ذکر شده باشد.

۳-۲ استاندارد ساخت

۳-۲-۱ کلیدهای فرمان روشنایی مورد مصرف در تأسیسات برقی ساختمانها (مسکونی، اداری، آموزشی، بهداشتی، صنعتی و غیره)، که ولتاژ نامی آن از ۲۵۰ ولت برای یک فاز و ۵۰۰ ولت برای دوفاز و سه‌فاز، و جریان اسمی آن از ۲۵ آمپر تجاوز نمی‌کند، باید منطبق با مشخصات مندرج در آخرین اصلاحیه استاندارد ملی شماره ۴۶۲ ساخته شده باشد.

۳-۲-۲ کلیدهای دستی مصارف عمومی نصب ثابت، برای استفاده در داخل یا خارج ساختمان، که ولتاژ نامی آن از ۴۴۰ ولت و جریان نامی آن از ۶۳ آمپر تجاوز نمی‌کند باید برابر استاندارد IEC 669-1 یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه ساخته شده باشد. (استاندارد مزبور همچنین کلیدهای دارای چراغ پیلوت، کلیدهای کنترل از دور الکترومغناطیسی، کلیدهای مجهز به‌وسایل تأخیر زمانی،

کلیدهای چندمنظوره[1]، و کلیدهای الکترونیکی را نیز شامل می‌شود.)

۳-۲-۳ جعبه‌های زیر کلید به‌استثنای جعبه‌های توکار معمولی (بدون حفاظت) باید مطابق استاندارد IEC 669-1 یا مشابه آن تولید شده باشد. جعبه‌های زیرکلید توکار معمولی باید برابر استاندارد IEC 670 یا مشابه آن تولید شده باشد.

۳-۲-۴ پریزها و دوشاخه‌های برق یک‌فاز، دوفاز، و سه‌فاز که ولتاژ اسمی آن از ۳۸۰ ولت و جریان نامی آن از ۲۵ آمپر تجاوز نمی‌کند و جعبه‌های مربوط، باید براساس انطباق با جدیدترین اصلاحیه استاندارد ملی شماره ۶۳۵ تولید شده باشد.

۳-۲-۵ پریزهای صنعتی و پلاگ مربوط به‌آن، که ولتاژ اسمی آن از ۵۰۰ ولت و جریان نامی آن از ۱۰۰ آمپر تجاوز نمی‌کند، باید منطبق با نشریه استاندارد شماره ۳۰۹ کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) یا مشابه آن ساخته شده باشد.

۳-۲-۶ در سایر مواردی که استاندارد ایرانی موجود نباشد مانند دیگر انواع کلید و پریز و پلاگ، و همچنین دکمه فشاری، انواع دیمر، روزت تلفن، بیزر و غیره، باید از استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک و مشابه آن استفاده شود.

۳-۳ کلیدهای برق

۳-۳-۱ طبقه‌بندی

به‌طور کلی کلیدهای برق به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۳-۳-۱-۱ برحسب نوع منبع نیرو که شامل کلیدهای مورد مصرف در برق متناوب (AC)، برق مستقیم (DC) و هر دو نوع متناوب و مستقیم (AC و DC) می‌شود.

۳-۳-۱-۲ برحسب نوع اتصال که شامل کلیدهای یک جهته (یک پل، دوپل، سه‌پل، و سه‌پل و نول)، و کلیدهای چندجهته (دوجهته با حالت خاموش، دو مداره، تبدیل، تبدیل دوپل، و صلیبی) می‌باشد.

۳-۳-۱-۳ برحسب روش به‌کار انداختن کلید که شامل کلیدهای گردان، شستی، تکمه فشاری و کششی می‌شود.

۳-۳-۱-۴ برحسب‌درجه حفاظت‌در برابر اثر زیان‌آور آب به‌داخل کلید که شامل کلیدهای بدون‌حفاظت معمولی، حفاظت شده در برابر ترشح آب (IPX4)، و حفاظت شده در برابر فوّران آب (IPX5) خواهد بود.

۳-۳-۱-۵ برحسب روش نصب که شامل نصب روکار، توکار، نیمه‌توکار، و تابلویی می‌باشد.

۳-۳-۱-۶ برحسب فواصل بین کنتاکتها که شامل فاصلهٔ معمولی و فاصلهٔ جزیی یا مینی[2] (فقط برای برق متناوب) خواهد بود.

۳-۳-۱-۷ برحسب درجه حفاظت در برابر شوک الکتریکی که شامل کلیدهای بدون پوشش و کلیدهای دارای پوشش (IP2X) می‌باشد. (در کلیدهای بدون پوشش حفاظت در برابر شوک الکتریکی به‌وسیلهٔ محفظه‌ای که در آن نصب می‌شود تأمین می‌گردد).

۳-۳-۱-۸ برحسب روش نصب کلید از نظر طرح ساخت آن که شامل کلیدهایی می‌شود که پوشش یا صفحهٔ

1- Combinations of switches and other functions

2- Mini gap

درپوش آن بدون جابجایی هادیها قابل برداشت باشد (طرح A)، و کلیدهایی که پوشش یا صفحه درپوش آن بدون جابجایی هادیها قابل برداشت نباشد (طرح B).

۳-۳-۲ موارد کاربرد

موارد کاربرد عمده‌ترین انواع کلیدهای برق به‌قرار زیر است:

۳-۳-۲-۱ کلید یک‌پل، یک‌راه، و یک خانه:
این نوع کلید برای قطع و وصل سیم فاز در چراغهای روشنایی و مصارف مشابه به‌کار می‌رود.

۳-۳-۲-۲ کلید یک‌پل، یک‌راه، و دوخانه:
این نوع کلید برای قطع و وصل دو مدار به‌کار می‌رود.

۳-۳-۲-۳ کلید دوپل:
این نوع کلید را که در حقیقت دو کلید در یک جعبه است می‌توان برای قطع و وصل همزمان دو فاز و یا یک فاز و یک نول مورد استفاده قرار داد.

۳-۳-۲-۴ کلید سه‌پل:
این نوع کلید برای قطع و وصل سه انشعاب از یک نقطه به‌کار می‌رود. این‌گونه کلیدها برای قطع و وصل موتورهای سه‌فاز نیز کاربرد دارد.

۳-۳-۲-۵ کلید دوراه یا تبدیل:
این نوع کلید که در واقع مدار را تبدیل یا عوض می‌کند برای قطع و وصل چراغ از دو نقطهٔ مختلف به‌کار می‌رود.

۳-۳-۲-۶ کلید دوراه یا تبدیل دوپل:
این نوع کلید دو مدار را تبدیل یا عوض می‌کند و برای قطع و وصل دوفاز یا فاز و نول و یا برق ایزوله از دو نقطهٔ مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳-۲-۷ کلید صلیبی:
کلید صلیبی به‌همراه دو کلید تبدیل برای کنترل مدار چراغها از سه نقطه و یا بیشتر به‌کار برده می‌شود و نحوهٔ قطع و وصل به‌صورت تغییر مدار (ضربدر یا موازی) است.

۳-۳-۲-۸ کلید جیوه‌ای:
این نوع کلید در مدارهای فرعی با بار کم مانند ترموستاتها، روی دیگهای بخار و چیلرها، اطاقهای عمل، و غیره به‌کار می‌رود.

۳ـ۳ـ۲ـ۹ سایر انواع کلیدها مانند کلید دوجهته با حالت خاموش و کلید سه‌فاز و نول نیز برحسب نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ـ۳ـ۲ـ۱۰ کلیدهای فوق‌الذکر به‌صورت حفاظت شده در برابر ترشح آب با درجه حفاظت IPX4 و حفاظت شده در برابر فوران آب با درجه حفاظت IPX5 نیز ساخته می‌شود که برای مکانهای تَر و مرطوب و همچنین در فضای آزاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ـ۳ـ۲ـ۱۱ **کلیدهای «ضدانفجار[1]» و «ضد اشتعال غبار[2]»:**

این نوع کلیدها در مکانهای مخاطره‌آمیز (طبقه‌بندی شده) مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلید «ضدانفجار» مجهز به‌محفظه‌ای است که در برابر انفجار گاز یا بخار مشخص در درون آن مقاوم بوده و از سرایت جرقه، برق یا انفجار گازهای درون محفظه به‌محیط خارج جلوگیری می‌کند. میزان دمای خارجی محفظه نیز به‌گونه‌ای است که موجب اشتعال و انفجار گازهای موجود در اطراف آن نمی‌شود. کلید «ضد اشتعال غبار» مجهز به‌پوششی است که مانع از ورود گرد و غبار قابل اشتعال به‌درون محفظه می‌شود و در صورتی که مطابق مقررات مربوط مورد استفاده قرار گیرد قوس الکتریکی، جرقه یا حرارت تولید یا آزاد شده در داخل پوشش موجب اشتعال رسوبات خارجی روی محفظه یا غبارهای معلق در هوای اطراف آن نمی‌گردد (به‌بند ۳ـ۵ـ۲۰ نیز مراجعه شود).

۳ـ۳ـ۳ انتخاب نوع، ظرفیت بار و روش سیمکشی کلیدها

۳ـ۳ـ۳ـ۱ کلیدهای روشنایی باید براساس موارد استفاده، نوع منبع نیرو، شرایط محل نصب، ولتاژ مورد لزوم و محاسبه مقدار جریانی که از آن عبور می‌کند از انواع توکار یا روکار، یک پل (یک‌خانه یا دوخانه)، دوپل، سه‌پل، تبدیل، صلیبی، و در صورت لزوم از انواع حفاظت شده در برابر اثر زیان‌آور رطوبت و ورود آب به‌داخل آن، یا حفاظت شده در برابر جرقه و انفجار انتخاب شود. این نوع کلیدها در سیستم برق یک‌فاز، ۲۲۰ ولت باید حداقل ۲۵۰ ولت و ۱۰ آمپر باشد.

۳ـ۳ـ۳ـ۲ جریان اسمی کلیدها باید با توجه به‌نوع باری که قطع و وصل می‌شود، برابر یا بزرگتر از مقادیر زیر باشد مگر در مواردی که در استاندارد ساخت کلید به‌گونهٔ دیگری مشخص شده باشد:

الف ـ برای بارهای دارای ضریب قدرت واحد (لامپهای رشته‌ای و مانند آن):

جریان مصرف؛

ب ـ برای بارهای دارای ضریب قدرت راکتیو (موتورها و مانند آن):

۱/۲۵ برابر جریان مصرف؛

پ ـ برای بارهای دارای ضریب قدرت خازنی و مواردی مانند لامپهای گازی با خازن تصحیح ضریب قدرت و موتورهای دارای راه‌انداز خازنی و غیره:

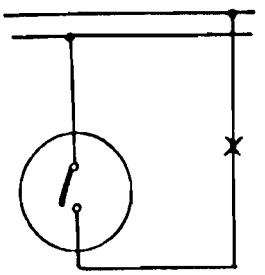
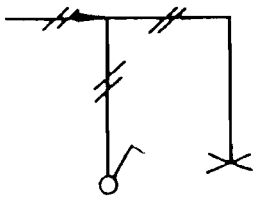
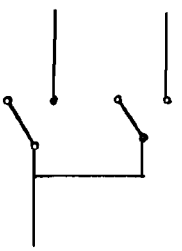
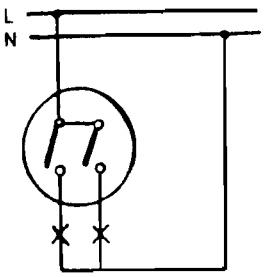
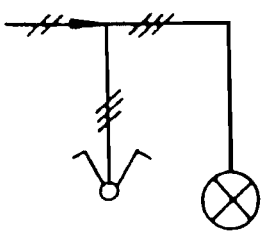
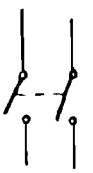
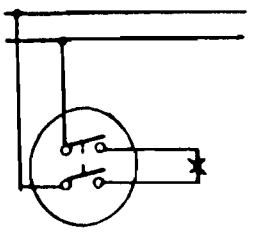
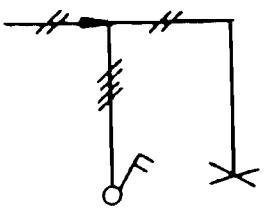
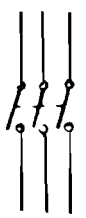
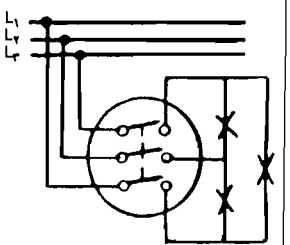
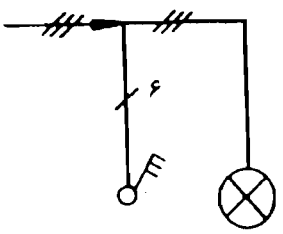
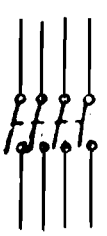
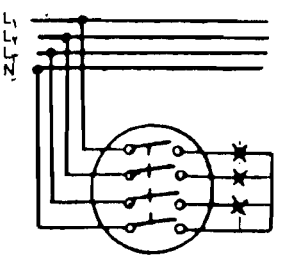
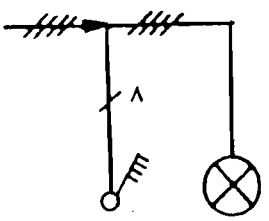
دو برابر جریان مصرف

۳ـ۳ـ۳ـ۳ کلیدهایی‌که برای قطع‌بار کامل الکتریکی القایی طراحی نشده باشد باید دارای آمپراژ دو برابر بار ثابت مورد نظر باشد.

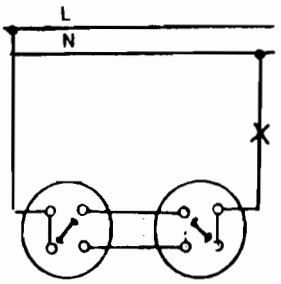
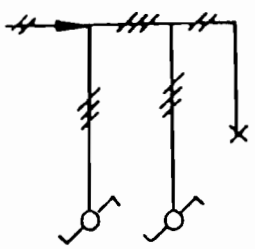
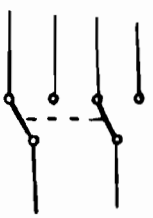
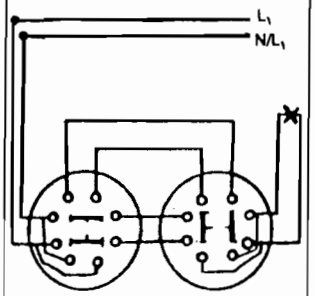
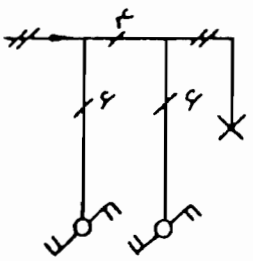
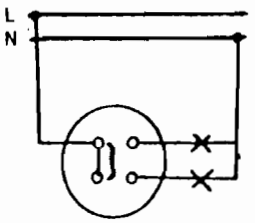
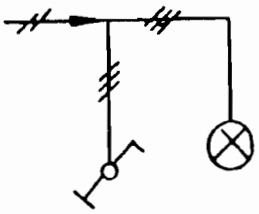
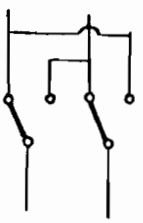
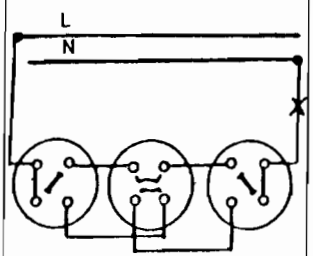
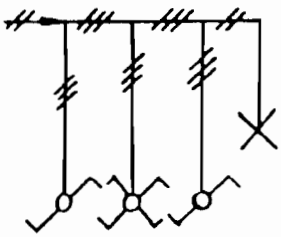
1– Explosionproof 2– Dust-ignition-proof

۳ـ۳ـ۳ـ۴ عمده‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تأسیسات الکتریکی ساختمانها شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی، و نقشه یک خطی در جدول ۳ ـ ۱ آمده است.

جدول ۳ ـ ۱ عمده‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تأسیسات الکتریکی ساختمانها، شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و نقشه یک خطی

نوع کلید	اتصالات ممکن	روش اتصال الکتریکی	نقشه یک‌خطی
یک پل، یک‌راه، یک‌خانه			
یک پل دومداره			
دوپل قطع فاز و نول			
سه پل			
سه‌پل سه‌فاز و نول			

جدول ۳ ـ ۱ عمده‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تأسیسات الکتریکی ساختمانها، شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و نقشه یک خطی

نوع کلید	اتصالات ممکن	روش اتصال الکتریکی	نقشه یک‌خطی
دوراه یا تبدیل			
تبدیل دوپل			
تبدیل با حالت خاموش			
صلیبی			

۳-۴ پریزهای برق

۳-۴-۱ طبقه‌بندی و موارد کاربرد

۳-۴-۱-۱ طبقه‌بندی برحسب روش نصب که شامل نصب روکار و نصب توکار می‌شود.

۳-۴-۱-۲ طبقه‌بندی برحسب اتصال زمین که شامل پریزهای بدون اتصال زمین و پریزهای مجهز به‌اتصال زمین می‌باشد. پریزهای اتصال زمین‌دار باید به‌نحوی ساخته شود که در هنگام قرار دادن دوشاخه در پریز کنتاکتهای اتصال زمین قبل از شاخکهای اتصال حامل جریان وصل شود، و زمان کشیدن دو شاخه از پریز، شاخکهای اتصال حامل جریان قبل از کنتاکتهای اتصال زمین از پریز قطع شود. ساختمان پریزهای یک فاز اتصال زمین‌دار باید به‌گونه‌ای باشد که وصل دوشاخه‌های معمولی (بدون اتصال زمین) به‌آن امکانپذیر نباشد، لیکن اتصال دوشاخه‌های لوازم برقی مجهز به‌عایقبندی مضاعف به‌این‌گونه پریزها میسر باشد.
پریزهای مجهز به‌اتصال زمین به‌منظور اتصال وسایل الکتریکی خانگی و اداری از قبیل یخچال، فریزر، کولر، لباسشویی، خشک‌کن، ظرفشویی، و مانند آن در ساختمانها به‌کار می‌رود. این‌گونه وسایل به‌لحاظ امکان اتفاقی جریان برق بر روی بدنه و قسمتهای خارجی آن، باید از طریق کنتاکتهای اتصال زمین به‌سیستم زمین متصل شود. ابزارهای دستی موتوری مانند دریل برقی، چمن‌زن برقی، و اره‌برقی نیز، به‌ویژه در مناطق مخاطره‌آمیز، یا در مناطق تَر و مرطوب، و یا در مواردی که افراد در ارتباط مستقیم با زمین، کف فلزی، داخل مخازن فلزی و دیگهای بخار، و غیره از آن استفاده می‌کنند، باید به‌سیستم زمین اتصال یابد.

۳-۴-۱-۳ طبقه‌بندی برحسب درجه حفاظت در برابر رطوبت و نفوذ آب که شامل پریزهای معمولی، حفاظت شده در برابر ترشح آب و حفاظت شده در برابر پاشیده شدن آب با فشار می‌شود. پریزهای معمولی در محلهای خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد و پریزهای حفاظت شده در برابر رطوبت و نفوذ آب در محلهای تَر و مرطوب و خارج ساختمانها برحسب نیاز مربوط به‌کار می‌رود.

۳-۴-۱-۴ طبقه‌بندی برحسب تعداد فازها که پریزهای یک فاز و سه‌فاز را دربر می‌گیرد.

۳-۴-۱-۵ **سایر انواع پریزها:**

الف - پریزهای قفل‌شو:

این نوع پریزها به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شده است که هنگام برقدار بودن کنتاکتهای اتصال، دوشاخه را نمی‌توان در پریز قرار داد، یا از آن خارج ساخت، و نیز بدون قرار دادن دوشاخه در پریز کنتاکتهای اتصال برقدار نمی‌شود.

ب - پریزهای ریش‌تراش:

این‌گونه پریزها، که برای اتصال ماشینهای ریش‌تراش برقی در دستشویی، حمام، بیمارستان، هتل و مانند آن به‌کار می‌رود، دارای ترانسفورماتور جداکننده و کلیدی است که در صورت عدم اتصال ریش‌تراش، ترانسفورماتور را از منبع برق جدا می‌کند.

پ - پریزهای بی‌خطر:

این نوع پریزها، که به‌عنوان پریزهای ایمنی نیز خوانده می‌شود، به‌گونه‌ای ساخته شده است که اتصالهای آن پس از کشیدن دوشاخه از برق بی‌برق شده یا کاملاً پوشانیده می‌شود.

۳ـ۴ـ۱ـ۶ پریزهای صنعتی

پریزها و پلاگ‌های صنعتی، که معمولاً به‌اشکال سه‌قطبی (فاز، خنثی، و زمین)، چهارقطبی (سه‌فاز و زمین)، و پنج‌قطبی (سه‌فاز، خنثی، و زمین)؛ در ولتاژهای مختلف (۵۰ تا ۷۵۰ ولت) و آمپراژهای گوناگون (۱۶ تا ۴۰۰ آمپر) ساخته می‌شود، برای مصارف صنعتی به‌کار می‌رود. این‌گونه پریزها و پلاگ‌های مربوط به‌آن طوری طراحی شده است که پلاگ‌های هر ولتاژ و فرکانس معین مخصوص همان سیستم ولتاژ و فرکانس است و در پریز ویژه خود امکان اتصال دارد.

۳ـ۴ـ۱ـ۷ پریزهای‌برق باید براساس مواردکاربرد، شرایط محل‌نصب، میزان ولتاژ و تعداد فاز، ایمنی مورد لزوم، و محاسبه مقدار جریانی که تغذیه می‌کند از انواع توکار یا روکار، با اتصال زمین یا بدون اتصال زمین، معمولی یا حفاظت شده در برابر رطوبت و نفوذ آب، یک‌فاز یا سه‌فاز، قفل‌شو یا بی‌خطر انتخاب شود.

۳ـ۴ـ۱ـ۸ در تأسیسات برق ساختمانها پریزهای برق باید از نظر حداقل ظرفیت اسمی بار و دارا بودن اتصال زمین در سیستمهای مختلف برقی تابع شرایط زیر باشد:

الف ـ در مواردی که از سیستم برق یک فاز و ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود، پریز باید حداقل ۲۵۰ ولت، ۱۶ آمپر و اتصال زمین‌دار باشد.

ب ـ در مواردی که از سیستم برق سه‌فاز و ۳۸۰ ولت استفاده می‌شود، پریز باید حداقل ۵۰۰ ولت، ۱۶ آمپر و اتصال زمین‌دار باشد.

پ ـ در مواردی که از سیستم برق یک‌فاز و ۱۱۰ ولت یا سه‌فاز و ۲۰۸ ولت استفاده می‌شود، پریزهای مورد مصرف ممکن است برحسب مورد از نوع اتصال زمین‌دار یا بدون اتصال زمین باشد.

ت ـ در مواردی که از سیستم برق ۶۰ ولت و ولتاژهای پایین‌تر استفاده می‌شود باید از پریزهای مخصوص بدون اتصال زمین استفاده شود.

در هریک از سیستمهای ولتاژ فوق‌الذکر پریزها و پلاگ‌های مربوط به‌آن، باید مخصوص همان ولتاژ باشد و پلاگ یک سیستم قابل جایگزینی در سیستمهای دیگر نباشد.

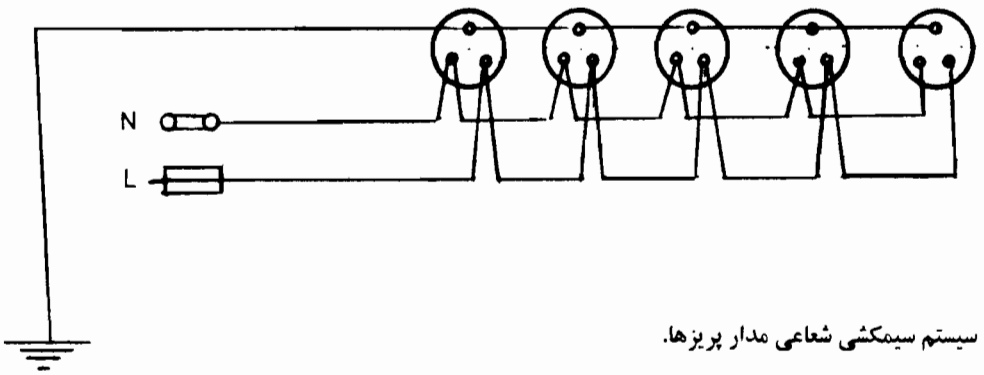
۳ـ۴ـ۱ـ۹ کلیهٔ پریزهایی که در کف نصب می‌شود باید مجهز به‌درپوش مخصوص بوده و شکننده نباشد. این‌گونه پریزها باید برای مکانهای خشک از نوع معمولی، برای مناطق تَر و مرطوب یا خارج ساختمانها از نوع حفاظت شده در برابر رطوبت و نفوذ آب، و برای مکانهای مخاطره‌آمیز برحسب مورد از انواع «ضدانفجار» یا ضد «اشتعال غبار» انتخاب شود.

۳ـ۴ـ۲ سیستم سیمکشی مدار و تعداد پریزها

۳ـ۴ـ۲ـ۱ در مواردی که برای سیمکشی مدار پریزها از سیستم شعاعی[1] استفاده می‌شود، باید هادی برقدار از فیوز حفاظتی مدار به‌کنتاکت فاز و هادی نول به‌کنتاکت نول، و سیم زمین به‌کنتاکت اتصال زمین هریک از پریزها به‌ترتیبی که در شکل ۳ـ۱ نشان داده شده است متصل شود.

حفاظت مدارهای این‌گونه پریزها در برابر اضافه بار به‌وسیلهٔ کلیدهای مینیاتوری یا فیوزهای مدار فرعی با ظرفیت مناسب، و با توجه به‌این نکته که ظرفیت بارکلید یا فیوز نباید از ظرفیت بار سیم یاکابل مربوط تجاوزکند، تأمین می‌شود.

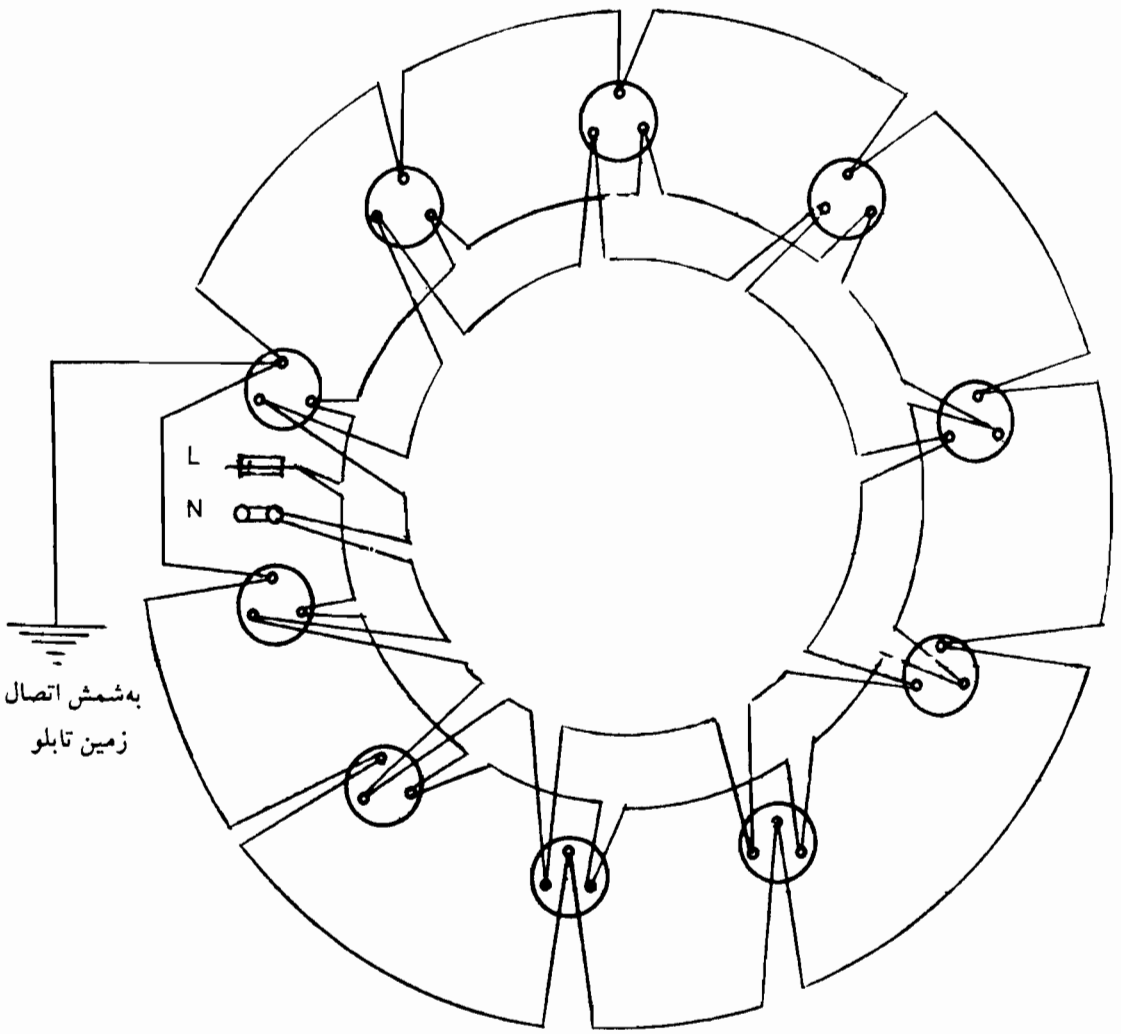
1– Radial circuits



شکل ۳ ـ ۱ سیستم سیمکشی شعاعی مدار پریزها.

به‌شمش اتصال زمین تابلو

۳ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۲ در مواردی که برای سیمکشی مدار پریزها از سیستم حلقوی یا رینگ[1] استفاده می‌شود، باید هر دو سر هادی برقدار به‌ترمینال فیوز حفاظتی ۳۰ آمپر، هر دو سر هادی خنثی به‌ترمینال نول، و هر دو سر اتصال زمین به‌ترمینال سیستم زمین به‌ترتیبی که در شکل ۳ ـ ۲ نشان داده شده است، متصل شود. در این سیستم سطح مقطع سیمهای مورد مصرف حداقل ۲/۵ میلیمتر مربع خواهد بود. و هریک از مدارهای فرعی رینگ، که در محلهای مسکونی و مشابه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، نباید سطحی بیش از ۱۰۰ متر مربع را پوشش دهد.



شکل ۳ ـ ۲ سیستم سیمکشی حلقوی مدار پریزها.

1– Ring circuits

۳ـ۴ـ۲ـ۳ تعداد مدارهای نهایی لازم برای پریزها و بار هریک باید طبق یکی از روشهای زیر تعیین شود:

الف ـ تعداد لوازم ثابت و یا پریزهایی که به‌وسیلهٔ یک مدار نهایی تغذیه می‌شود باید طوری انتخاب گردد که جمع تقاضای مدار، با توجه به‌نحوهٔ استفاده از لوازم در محل، از جریان مجاز حرارتی هادیهای مدار تجاوز ننماید. در مواردی که غیرهمزمانی زیادی بین مصرف لوازم و پریزها وجود داشته باشد احتیاجی به‌محدودکردن تعداد نقاط تغذیه مدار نهایی نخواهد بود، مانند مواردی که در آن سطح محدودی از زیربنا به‌وسیلهٔ مدار تغذیه می‌شود.

جریان مجاز حرارتی‌یک مدار نهایی حلقوی ۱/۵ برابر جریان مجاز هادیهای مدار خواهد بود.

یادآوری

مقررات ذکر شده در بند الف، در درجه اول ـ برای آپارتمانها یا منازل مسکونی در نظرگرفته شده است ولی در موارد دیگری هم که غیرهمزمانی زیادی در مصارف وجود داشته باشد نیز از این مقررات می‌توان استفاده نمود به‌شرط آنکه تغییراتی که ممکن است در آینده در نحوهٔ استفاده از محل به‌وجود آید مدنظر قرار گیرد.

ب ـ در مواردی که استفاده از ضریب هماهنگی امکان‌پذیر نباشد بار هر مصرف‌کننده ثابت، مقدار اسمی ورودی آن بوده و هر پریز مانند یک مصرف‌کننده ثابت فرض شده و بار آن برابر جریان اسمی پریز یا وسیلهٔ حفاظتی انفرادی آن پریز خواهد بود.

۳ـ۴ـ۲ـ۴ برای وسایل برقی از قبیل یخچال، فریزر، ماشین لباسشویی، خشک‌کن، ظرفشویی، و مانند آن باید یک پریز با مدار جداگانه در نظرگرفته شود و حداکثر فاصلهٔ آن از یک متر تجاوز نکند.

۳ـ۴ـ۲ـ۵ پریزهای مخصوص کارهای صنعتی مانند دریل رومیزی، سنگ سنباده، دستگاه جوش، و مانند آن، باید دارای‌مدار جداگانه بوده و برای‌تحمل بار مشخص‌شده به‌طور مداوم ظرفیت کافی داشته باشد. این‌گونه پریزها باید به‌درپوش مخصوص و مناسب مجهز بوده و در صورت امکان از نوع چدنی قفل‌شو باشد.

۳ـ۵ اصول و روشهای نصب کلید و پریز

۳ـ۵ـ۱ کلیدها اصولاً باید سیم فاز مدار را قطع و وصل کند مگر در مواردی که از کلید دوپل برای قطع و وصل فاز و نول مدار استفاده شود و همچنین کلیدهای سه‌فاز و خنثی که سیم نول نیز به‌کلید آورده می‌شود. در این‌گونه موارد ساختمان کلید باید به‌گونه‌ای باشد که هادی خنثی (نول) قبل از هادیهای فاز قطع نشود و در هنگام وصل نیز هادی خنثی باید قبل از وصل شدن هادیهای فاز یا همزمان با آن وصل شود. در مواردی که از هادی خنثی در سیستمهای TN به‌عنوان هادی حفاظتی نیز استفاده می‌شود، هادی خنثی باید پیوسته بوده و هیچگاه قطع نشود.

۳ـ۵ـ۲ محل دقیق نصب کلیدها باید براساس نقشه‌های معماری و با توجه به‌استقرار تجهیزات و مبلمان، بر روی نقشه‌های اجرایی تفضیلی کارگاهی مشخص شود و پس از تصویب به‌مرحله اجرا درآید.

۳ـ۵ـ۳ کلیدهایی که محل نصب آن جنب در ورودی واقع می‌شود باید در طرف قفل در قرار گیرد. فاصلهٔ

نزدیکترین لبه درپوش این‌گونه کلیدها از چارچوب باید از ۱۰ سانتیمتر کمتر و از ۳۰ سانتیمتر بیشتر نباشد و ضمناً فاصلهٔ مذکور باید به‌صورت یکسان در تمامی پروژه رعایت شود.

۳-۵-۴ کلیدها باید طوری تعبیه شود که رو به‌پایین روشن و رو به‌بالا خاموش باشد.

۳-۵-۵ ارتفاع نصب کلیدها به‌شرح زیر خواهد بود:

- کلید روشنایی:
- برای اطاقهای مسکونی، اداری یا کار، آشپزخانه، اماکن صنعتی، و مانند آن ۱۱۰ سانتیمتر از کف تمام شده.
- برای اطاقهای بخشهای عمل، زایمان، شکسته‌بندی و فضاهای مشابه، در صورتی که از نوع «ضد انفجار» نباشد ۱۵۵ سانتیمتر از کف تمام شده (به‌نشریه شماره ۸۹ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی نیز مراجعه شود).
- کلید راه‌انداز موتور ۱۲۰ سانتیمتر از کف تمام شده.
- کلید کنترل هواکش ۱۲۰ سانتیمتر از کف تمام شده.

۳-۵-۶ در مواردی که از کلیدهای چندفاز متناسب با مورد کاربرد استفاده می‌شود باید نوع هریک از فازها با نصب علامت ویژه در زیر آن مشخص شود و عبارت «خطر ۳۸۰ ولت» نیز در زیر روکش کلید قید گردد.

۳-۵-۷ در پریز یک فاز و نول اتصال سیمها به‌کنتاکتهای پریز باید به‌ترتیبی انجام شود که سیم فاز سمت راست و سیم نول سمت چپ فردی که روبروی پریز قرار می‌گیرد نصب شود.

۳-۵-۸ در ساختمانهای مسکونی در اطاقهای نشیمن، خواب، مطالعه، هال، سالنهای ناهارخوری و پذیرایی، و آشپزخانه پریزهای برق باید به‌گونه‌ای نصب شود که در هر دیوار فاصلهٔ بین محل نصب پریزها و هر نقطه‌ای به‌موازات فصل مشترک دیوار و کف (خط کف) از دو متر تجاوز نکند. پریزهای واقع در کف در صورتی مورد احتساب قرار می‌گیرد که نزدیک دیوار واقع شده باشد.

دیوار مورد اشاره در این بند باید حداقل دارای یک متر یا بیشتر طول باشد، و در طول خط کف به‌وسیلهٔ راهرو، بخاری، و مانند آن بریده نشده باشد، لیکن در گوشه‌ها ممکن است بیش از یک دیوار را شامل شود.

منظور از شرایط مندرج در این بند آن است که کاربرد بندهای رابط قابل انعطاف در برابر محل عبور مانند راهرو، بخاری، و دهانه‌های مشابه به‌حداقل ممکن برسد.

۳-۵-۹ ارتفاع نصب پریزها و فشاری زنگ به‌شرح زیر خواهد بود:

- پریزهای برق ۳۰ سانتیمتر از کف تمام شده.
- پریزهای برق که در آشپزخانه، موتورخانه، تعمیرگاه، و گاراژ نصب می‌شود، ۱۱۰ سانتیمتر از کف تمام شده.
- پریزهای برق در پاراوان‌ها در کف نصب می‌شود.
- پریزهای تلفن ۳۰ سانتیمتر از کف تمام شده.
- پریزهای آنتن تلویزیون ۳۰ سانتیمتر از کف تمام شده.
- فشاری زنگ در صورتی که در کنار پریز قرار گیرد ۳۰ سانتیمتر از کف تمام شده و چنانچه در جنب کلید قرار گیرد ۱۱۰ سانتیمتر از کف تمام شده.

۳-۵-۱۰ لوازم برقی از قبیل کلید و پریز و امثال آن در اطاقهای عمل، زایمان، شکسته‌بندی، بیهوشی یا در

مکانهایی که احتمال مصرف گاز بیهوشی وجود دارد در صورتی که از نوع «ضد انفجار» نباشد باید حداقل در ارتفاع ۱۵۵ سانتیمتر از کف تمام شده نصب شود.

۳-۵-۱۱ در مکانهایی که از میز کار مخصوص و یا پیشخوان استفاده می‌شود مانند آزمایشگاهها، کارگاهها، آشپزخانه‌ها و غیره، پریزهای برق در صورتی که روی دیواره وسط میز آزمایشگاه یا روی قرنیز میز کار نصب نشده باشد، باید حداقل ۱۰ سانتیمتر بالای قرنیز میز روی دیوار نصب شود.

۳-۵-۱۲ محل نصب کلید و پریز و مانند آن، در محلهایی که کاشیکاری می‌شود، باید به‌گونه‌ای تعیین شود که هرکدام از لوازم مزبور در مرکز یک کاشی قرار گیرد.

۳-۵-۱۳ پریزهای سه‌فاز باید برحسب مورد با چهار شاخه یا پنج شاخه مربوط همراه باشد.

۳-۵-۱۴ لوازم برقی از قبیل کلید، پریز، دیمر، فشاری زنگ، و روزت تلفن باید در سیستم لوله‌کشی توکار از نوع توکار و در سیستم لوله‌کشی روکار از نوع روکار انتخاب و نصب شود. این‌گونه لوازم باید به‌طور کاملاً مستقل روی دیوار استقرار یابد و به‌لوله‌های برق مجاور آن اتکا داده نشود.

۳-۵-۱۵ لوازم برقی همچون کلید، پریز و مانند آن، که در محیطهای تَر و مرطوب و خارج ساختمانها مورد استفاده قرار می‌گیرد باید حداقل دارای درجات حفاظت زیر باشد:

الف - برای محیطهای مرطوب IP44

ب - برای محیطهای تَر و خارج ساختمانها IP45

در هریک از موارد فوق‌الذکر محل ورود کابل به‌داخل کلید و پریز باید رو به‌پایین قرار گرفته و با گلند کاملاً آب‌بندی شود.

۳-۵-۱۶ اتصالات سیستم لوله‌کشی شامل جعبه‌های زیر کلید و پریز و تقسیم، لوله‌ها، تابلوهای برق، پایه‌های کلید و پریز و امثال آن باید کاملاً پیچ شده باشد تا اتصال زمین را به‌نحو مطلوب تأمین کند.

۳-۵-۱۷ روش بستن کلید و پریز و مانند آن به‌جعبه زیر آن باید به‌وسیلهٔ پیچ بوده و محل ورود آن رزوه شده باشد و نحوهٔ اتصال لوله به‌جعبه باید به‌وسیلهٔ بوش برنجی انجام شود.

۳-۵-۱۸ جعبه زیر کلید و پریز و لوازم مشابه، باید از نظر جنس برای کاربرد مورد نظر مناسب باشد. این‌گونه جعبه‌ها باید به‌گونه‌ای نصب شود که بدون در نظر گرفتن اتصال آن به‌لوله مستقلاً محکم شود و سطوح درپوش کلید و پریز توکار باید همسطح اندود آجری دیوار باشد.

۳-۵-۱۹ در مکانهای مسکونی و مانند آن، در حمام، نصب هرگونه کلید، پریز یا وسیلهٔ برقی دیگر در محدودهٔ قابل دسترسی توسط استفاده‌کننده از دوش ممنوع است. محوطهٔ قابل دسترسی، در امتداد عمودی از کف حمام تا ارتفاع ۲۲۵ سانتیمتر و در جهت افقی از لبه‌وان یا زیردوشی تا فاصلهٔ ۶۰ سانتیمتر را شامل می‌شود.

یادآوری

برای مقررات مربوط به‌سایر وسایل نصب ثابت مورد استفاده در حمام به‌مقررات ملی ساختمانی با استاندارد IEC 364-7-701 رجوع شود.

۳-۵-۲۰ در مکانهای (طبقه‌بندی شده) مخاطره‌آمیز[1] برای انتخاب نوع کلید و پریز و سایر لوازم برقی مشابه و

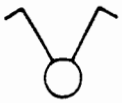
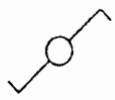
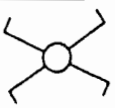
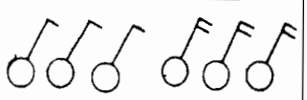
1- Hazardous (Classified) locations

روش نصب آن باید براساس طبقه‌بندیها و دستورالعملها، و استانداردهای خاص مکانهای مخاطره‌آمیز که به‌وسیلهٔ وزارت نفت یا یکی‌از مؤسسات شناخته‌شده بین‌المللی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) و NFPA تدوین شده‌است عمل‌شود.

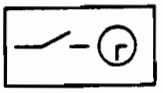
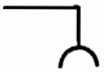
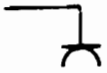
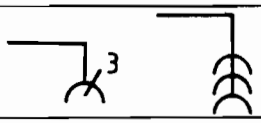
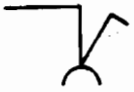
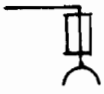
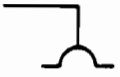
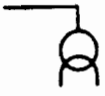
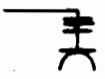
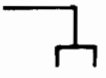
۳-۵-۲۱ لوازم الکتریکی از قبیل کلید، پریز، دیمر، فشاری زنگ و مانند آن، که در یک پروژه واحد مورد مصرف قرار می‌گیرد باید با رعایت بند ۳-۲ متحدالشکل بوده و از کارخانه سازنده واحدی تهیه شود.

۳-۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوازم برقی در جدول ۳-۲ نشان داده شده است.

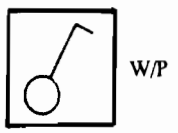
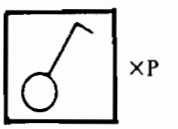
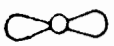
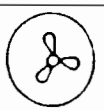
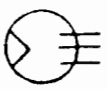
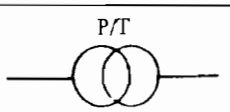
جدول ۳ ـ ۲ نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شـــرح	علامت
کلید، نشانهٔ کلی	
کلید با چراغ پیلوت	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه از نوع زمانی	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه از نوع کششی	
کلید دوپل، یک‌راه، یک‌خانه (فاز و نول)	
کلید یک‌پل، یک‌راه، دوخانه (دومداره)	
کلید سه‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید تبدیل (یک‌پل، دوراه، یک‌خانه)	
کلید صلیبی، یک‌پل، یک‌خانه	
کلیدهای چندخانه	
دیمر با کلید	
دکمه فشاری	
دکمه فشاری با لامپ	
دکمه فشاری با دسترسی محدود (پوشش شیشه‌ای)	
تجهیزات محدودکننده زمان یا دوره	

جدول ۳ ـ ۲ نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شـــرح	علامت
کلید زمانی	
وسیلهٔ قطع و وصل کلیددار (کنترل شبگرد)	
بیزر	
پریز یک‌فاز و نول	
پریز یک‌فاز و نول با اتصال زمین	
مجموعهٔ چند پریز (در شکل سه‌تایی)	
پریز یک‌فاز و نول باکلید و اتصال زمین	
پریز یک‌فاز و نول باکلید (قفل‌شونده) و اتصال زمین	
پریز یک‌فاز با فیوز	
پریز برق با صفحه حفاظتی	
مجموعه پریز برق و ترانسفورماتور مجزاکننده (مانند پریز ریش‌تراش)	
پریز سه‌فاز و نول با اتصال زمین	
پریز مخصوص مخابرات، نشانهٔ کلی یادآوری: انواع مختلف با استفاده از نشانه‌های زیر مشخص می‌شود: TP = تلفن　　FM = اف ام M = میکروفون　　TV = تلویزیون بلندگو =　　TX = تلکس	

جدول ۳ ـ ۲ نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شـــرح	علامت
لوازم برقی از نوع صنعتی معمولی، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک خانه، از نوع صنعتی	
لوازم برقی از نوع صنعتی بارانی، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک خانه، از نوع صنعتی بارانی.	
لوازم برقی از نوع صنعتی ضدانفجار، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک خانه، از نوع صنعتی ضدانفجار.	
پنکه سقفی	
هواکش دیواری	
هواکش سقفی	
کلید کنترل پنکه	
ترانسفورماتور اتوماتیک	
ترانسفورماتور ولتاژ	
دست خشک‌کن برقی	

فصل ۴
چراغهای روشنایی

۴-۱ تعاریف

چراغ: وسیله‌ای که نور ساطع از یک یا چند لامپ روشنایی را توزیع، تبدیل یا فیلتر می‌کند و دارای تمامی قطعات لازم برای نصب، نگهداری و حفاظت لامپها بوده و در موارد لازم مجهز به‌اجزای کمکی مدار همراه با وسایل اتصال به‌منبع نیرو می‌باشد.

چراغ معمولی: چراغ بدون حفاظت در برابر رطوبت و غبار

چراغ عمومی یا هرکاره[1]: چراغی که برای منظور خاصی طراحی نشده باشد مانند چراغهای آویز، چراغهای نصب ثابت روکار و نورافکن‌های همگرا (اسپات[2]). نمونه چراغهای مخصوص که برای کاربردهای ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارت است از چراغهای مخصوص استخر، عکسبرداری و مانند آن.

چراغ ثابت: چراغی که به‌سهولت قابل جابجایی نباشد، یا نحوهٔ نصب به‌گونه‌ای باشد که چراغ به‌کمک یک ابزار برداشته شود و یا محل نصب آن خارج از دسترس باشد.

چراغ قابل حمل: چراغی که در شرایط عادی بهره‌برداری هنگام اتصال به‌برق به‌آسانی قابل جابجایی باشد.

چراغ توکار: چراغی که بخشی یا تمامی آن برای نصب توکار ساخته شده باشد.

عایقبندی اساسی: عایقبندی که به‌منظور حفاظت در برابر خطر برقگرفتگی به‌قسمتهای برقدار اعمال می‌شود.

عایقبندی تکمیلی: عایقبندی مستقلی است که علاوه بر عایقبندی اساسی به‌منظور تأمین حفاظت در برابر خطر برقگرفتگی در صورت بروز نقص در عایقبندی اساسی پیش‌بینی شده باشد.

عایقبندی دوگانه (مضاعف): عایقبندی است که متشکل از عایقبندی اساسی و تکمیلی باشد.

عایقبندی تقویت‌شده: یک سیستم عایقبندی واحد که به‌قسمتهای برقدار اعمال می‌شود و همان درجه حفاظت عایقبندی مضاعف را در برابر خطر برقگرفتگی ایجاد می‌کند.

ولتاژ خیلی ضعیف ایمنی[3]: ولتاژ مؤثری است که از ۵۰ ولت متناوب بین هادیها یا بین هر هادی و زمین در مداری که از شبکه اصلی برق با وسیله‌ای مانند ترانسفورماتور جداکننده ایمنی یا یک کنورتور با سیم‌پیچ مجزا، جدا شده باشد، تجاوز نکند.

1- General purpose 2- Spot lights 3- Safety Extra Low Voltage (SELV)

بالاست[1]: وسیله‌ای است که بین منبع تغذیه و لامپهای تخلیه قرار داده می‌شود و به‌منظور محدود کردن جریان لامپ و تنظیم آن در حد مورد نظر در تمام اوقات کار لامپ اعم از راه‌اندازی و کار دائم آن به‌کار می‌رود.

راه‌انداز[2]: وسیله‌ای است که مدار پیش‌گرم‌کننده لامپ فلورسنت را به‌منظور راه انداختن لامپ بسته یا باز می‌کند.

ایگنیتور[3]: وسیله‌ای است که به‌تنهایی و یا همراه با تجهیزات دیگر، به‌منظور ایجاد پالس ولتاژ برای راه‌اندازی لامپهای تخلیه‌ای که فاقد گرمکن برای الکترودها می‌باشد، استفاده می‌گردد.

۴ـ۲ استاندارد ساخت چراغها، لامپها و تجهیزات جانبی[4]

الف ــ استاندارد چراغها

۴ـ۲ـ۱ چراغهای عمومی (هرکاره) نصب ثابت با لامپهای روشنایی رشته‌ای تنگستن، فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای تخلیه و با حداکثر ولتاژ تغذیه ۱۰۰۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-1 و بخشهای ذیربط از استاندارد IEC 598-1 یا BS 4533 ساخته شده باشد.

۴ـ۲ـ۲ چراغهای توکار با لامپهای رشته‌ای تنگستن، فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای تخلیه و با حداکثر ولتاژ تغذیه ۱۰۰۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-2 و بخشهای ذیربط از استاندارد IEC 598-1 یا BS 4533 تولید شده باشد.

۴ـ۲ـ۳ چراغهای خیابانی با لامپهای روشنایی رشته‌ای تنگستن، فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای تخلیه و با حداکثر ولتاژ تغذیه ۱۰۰۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-3 و بخشهای ذیربط از استاندارد IEC 598-1 ساخته شده باشد (برای اطلاعات بیشتر به‌نشریهٔ شماره ۱۹۵ زیر عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری» رجوع شود.)

۴ـ۲ـ۴ چراغهای عمومی (هرکاره) قابل حمل با لامپهای روشنایی رشته‌ای تنگستن، فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای تخلیه و با حداکثر ولتاژ ۲۵۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-4 و بخشهای ذیربط از استاندارد IEC 598-1 ساخته شده باشد. (این استاندارد شامل چراغهای دستی نمی‌شود).

۴ـ۲ـ۵ چراغهای نورافکن واگرا (فلاد[5]) که با لامپهای رشته‌ای تنگستن، فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای تخلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد و ولتاژ تغذیه آن از ۱۰۰۰ ولت متجاوز نباشد باید برابر استاندارد IEC 598-2-5 و بخشهای ذیربط از استاندارد IEC 598-1 ساخته شده باشد.

۴ـ۲ـ۶ چراغهای‌ترانسفورمر سرخود طبقه I و II با لامپهای رشته‌ای‌و ولتاژ تغذیه و خروجی حداکثر ۱۰۰۰ ولت و چراغهای ترانسفورمر سرخود طبقه 0 (صفر) با لامپهای رشته‌ای و ولتاژ تغذیه و خروجی حداکثر ۲۵۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-6 و بخشهای ذیربط از استاندارد IEC 598-1 ساخته شده باشد.

۴ـ۲ـ۷ چراغهای پایه‌دار باغچه‌ای قابل حمل، با لامپهای رشته‌ای تنگستن و فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای

1– Ballast 2– Starter 3– Ignitor

۴ ـ در هریک از مواد بند ۴ ـ ۲ استفاده از سایر استانداردهای معتبر بین‌المللی معادل مانند VDE، BS، UL، CENELEC، UTE و ... نیز مجاز است.

5– Flood light

تخلیه و با ولتاژ تغذیه حداکثر ۲۵۰ ولت، قابل استفاده در فضای سبز، باغچه و مانند آن باید برابر استاندارد IEC 598-2-7 و بخشهای مربوط از استاندارد IEC 598-1 تولید شده باشد.

۴-۲-۸ چراغهای دستی و چراغهای قابل‌حمل مشابه که هنگام استفاده دردست قرار می‌گیرد با لامپهای رشته‌ای تنگستن و فلورسنت لوله‌ای و با ولتاژ تغذیه حداکثر ۲۵۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-8 و و بخشهای مربوط از استاندارد IEC 598-1 ساخته شده باشد.

۴-۲-۹ چراغهای مخصوص استفاده در کانالهای تهویه و فضاهای مشابه، با لامپهای فلورسنت لوله‌ای و با ولتاژ تغذیه حداکثر ۱۰۰۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-19 و بخشهای مربوط از استاندارد IEC 598-1 ساخته شده باشد.

۴-۲-۱۰ چراغهای روشنایی اضطراری با لامپهای رشته‌ای تنگستن، فلورسنت لوله‌ای و دیگر لامپهای تخلیه و با ولتاژ تغذیه برق اضطراری حداکثر ۱۰۰۰ ولت باید برابر استاندارد IEC 598-2-22 و بخشهای مربوط از استاندارد IEC 598-1 تولید شده باشد.

ب - استاندارد لامپها و تجهیزات جانبی چراغها

۴-۲-۱۱ لامپهای رشته‌ای تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی با ولتاژ اسمی ۲۲۰، ۲۲۵ یا ۲۳۰ ولت؛ توان اسمی ۱۵ تا ۱۵۰۰ وات؛ عمر اسمی ۱۰۰۰ یا ۲۵۰۰ ساعت؛ حباب‌شفاف، مات یا سفیدشیری‌در اشکال معمولی، قارچی‌یا شمعی؛ وکلاهک‌پیچی ادیسون باید برابر استاندارد شماره ۱۱۵ ایران ساخته شده‌باشد. سرپیچ لامپهای رشته‌ای باید برابر استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۸ تولید شده باشد. طبقه‌بندی حباب لامپهای روشنایی از نظر شکل و ارائه علایم مشخصه برای شناسایی باید برابر استاندارد شماره ۳۰۸۳ ایران انجام شود.

طراحی و ساخت لامپهای فوق‌الذکر از نظر مقررات ایمنی و تعویض‌پذیری باید با رعایت استاندارد شماره ۲۹۱۰ ایران صورت پذیرد.

۴-۲-۱۲ لامپهای فلورسنت لوله‌ای موردمصرف در روشنایی عمومی با کاتد پیش‌گرم‌شونده و با راه‌انداز، یا با کاتد سرد و بدون راه‌انداز و یا با کاتد پیش‌گرم‌شونده و بدون راه‌انداز که با جریان متناوب کار می‌کند باید برابر استاندارد شماره ۶۸۷ ایران و یا IEC 81 مطابقت نماید.

سرپیچ لامپهای فلورسنت لوله‌ای و نگهدارنده راه‌اندازها باید مطابق استاندارد شماره ۲۶۱۰ ایران ساخته شده باشد.

راه‌انداز لامپهای فلورسنت باید مطابق استاندارد ملی شماره ۱۵۶۰ ساخته شود.

بالاست لامپهای فلورسنت باید برابر استاندارد ملی شماره ۷۰۰ تولید شود.

۴-۲-۱۳ لامپهای بخار جیوه با فشار زیاد و با پوشش فلورسنت تصحیح‌کننده رنگ قرمز و یا بدون آن که با جریان متناوب و با بالاست لامپهای بخار جیوه با فشار زیاد (مطابق استاندارد IEC 262) کار می‌کند باید مطابق استاندارد ملی شماره ۲۷۰۲ ساخته شده باشد.

۴-۲-۱۴ لامپهای بخار سدیم کم‌فشار U شکل و خطی برق متناوب با ولتاژ ۲۳۰/۴۰۰ ولت، و فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز باید برابر استاندارد IEC 192 ساخته شده باشد.

۴-۲-۱۵ لامپهای بخار سدیم پرفشار، با بالاست و ایگنیتور مربوط به‌آن، که با برق متناوب ۲۳۰/۴۰۰ ولت و فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز کار می‌کند باید برابر استاندارد IEC 662 تولید شده باشد.

۴-۳ طبقه‌بندی چراغها

چراغها برحسب نوع حفاظت در برابر برقگرفتگی، درجه حفاظت در برابر نفوذ رطوبت و غبار، و جنس سطوح نگهدارنده چراغ طبقه‌بندی می‌شود:

۴-۳-۱ طبقه‌بندی برحسب درجه حفاظت در برابر برقگرفتگی

چراغها با توجه به‌نوع حفاظت در برابر برقگرفتگی به‌چهار گروه به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

گروه 0- چراغهایی را شامل می‌شود که در آن حفاظت در برابر خطر برقگرفتگی صرفاً به‌عایقبندی اساسی متکی باشد. این امر بدان معنی است که هیچ وسیله‌ای برای اتصال قسمتهای هادی دردسترس (در صورت وجود) به‌هادی حفاظتی سیمکشی تأسیسات وجود ندارد و در صورت بروز نقص در عایقبندی اساسی حفاظت در برابر برقگرفتگی متکی به‌شرایط محیط اطراف می‌شود.

گروه I- چراغهایی را شامل می‌شود که در آن حفاظت در برابر خطر برقگرفتگی صرفاً به‌عایقبندی اساسی متکی نباشد بلکه پیش‌بینی اضافی دیگری برای اتصال قسمتهای هادی دردسترس به‌هادی حفاظتی (سیستم زمین) سیمکشی ثابت نیز شده باشد تا در صورت بروز نقص در عایقبندی اساسی قسمتهای مزبور برقدار نشود.

گروه II- چراغهایی را شامل می‌شود که حفاظت در برابر خطر برقگرفتگی صرفاً به‌عایقبندی اساسی متکی نباشد بلکه پیش‌بینی اضافی دیگری نیز همچون عایقبندی مضاعف یا تقویت شده در آن در نظر گرفته شده باشد. در این نوع طبقه‌بندی پیش‌بینی اتصال زمین حفاظتی با شرایط محل نصب وجود ندارد.

گروه III- چراغهایی را شامل می‌شود که در آن حفاظت در برابر خطر برقگرفتگی متکی بر تغذیه با ولتاژ خیلی ضعیف ایمنی (SELV) می‌باشد و ولتاژهای بیش از آن در چراغ تولید نمی‌شود.

۴-۳-۲ طبقه‌بندی برحسب درجه حفاظت در برابر نفوذ رطوبت و غبار

درجه حفاظت چراغها از نظر نفوذ رطوبت و غبار براساس «شماره IP» مطابق استاندارد شماره ۲۸۶۸ ایران زیر عنوان «طبقه‌بندی درجات حفاظت پوششها در لوازم الکتریکی» یا IEC 529 طبقه‌بندی می‌شود. حروف I و P به‌معنای حفاظت بین‌المللی و مخفف کلمات (International Protection) می‌باشد که با یک عدد دورقمی همراه است. رقم مشخصه اول که درجه حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمتهای برقدار و نفوذ اشیاء خارجی را نشان می‌دهد در جدول ۴ - ۱ (الف) آمده است و رقم مشخصه دوم که درجه حفاظت در برابر آب را نشان می‌دهد در جدول ۴ - ۱ (ب) ذکر شده است.

جدول ۴ ـ ۱ (الف) میزان حفاظت تعیین شده به‌وسیلهٔ اولین رقم مشخصه برابر استاندارد ۲۸۶۸ ایران و IEC 529

رقم مشخصه	میزان حفاظت	
اول	شرح مختصر	جزئیات نوع حفاظت ایجادشده به‌وسیلهٔ پوشش دستگاه
0	حفاظت نشده	حفاظت ویژه‌ای ندارد
1	حفاظت در برابر اجسام سخت‌بزرگتر از ۵۰ میلیمتر	دارای‌حفاظت برای اعضای‌بزرگ بدن انسان مانند دست (ولی فاقد حفاظت در برابر دسترسی عمدی). دارای حفاظت برای اجسام بیش از ۵۰ میلیمتر قطر
2	حفاظت در برابر اجسام سخت‌بزرگتراز ۱۲ میلیمتر	دارای حفاظت برای انگشتان یا اجسامی که طول آن از ۸۰ میلیمتر متجاوز نباشد. دارای حفاظت برای اجسام سخت با قطر بیش از ۱۲ میلیمتر
3	حفاظت در برابر اجسام سخت‌بزرگتراز۲/۵ میلیمتر	دارای حفاظت برای ابزارها، سیمها و غیره با قطر یا با ضخامت بیش‌از ۲/۵ میلیمتر. دارای‌حفاظت برای‌اجسام سخت با قطر بیش از ۲/۵ میلیمتر
4	حفاظت در برابر اجسام سخت‌بزرگتراز ۱/۵میلیمتر	دارای حفاظت برای‌سیمها یا تسمه‌ها با ضخامت بیش‌از یک میلیمتر. دارای حفاظت برای اجسام سخت با قطر بیش از ۱/۵ میلیمتر
5	حفاظت در برابر گردوغبار	از نفوذ گرد و غبار به‌درون دستگاه کاملاً جلوگیری‌نشده است لیکن گرد و غبار به‌میزانی که در کار دستگاه ایجاد اختلال کند وارد نمی‌شود.
6	غیرقابل نفوذ در برابر گرد و غبار	هیچ‌گونه گرد و غباری نفوذ نمی‌کند

جدول ۴ ـ ۱ (ب) میزان حفاظت تعیین شده به‌وسیلهٔ دومین رقم مشخصه برابر استاندارد ۲۸۶۸ ایران و IEC 529

رقم مشخصه	میزان حفاظت	
دوم	شرح مختصر	جزئیات نوع حفاظت ایجادشده به‌وسیلهٔ پوشش دستگاه
0	حفاظت نشده	حفاظت ویژه‌ای ندارد
1	حفاظت شده در برابر چکیدن آب	چکیدن آب (ریزش عمودی قطرات) اثر زیان‌آوری ندارد
2	حفاظت‌شده در برابر چکیدن‌آب با زاویهٔ‌انحراف تا ۱۵ درجه	قطرات عمودی آب بر پوشش با زاویهٔ انحراف تا ۱۵ درجه اثر زیان‌آور نخواهد داشت
3	حفاظت شده در برابر پاشیدگی آب	بارش آب به‌صورت پاشیدگی تا زاویهٔ ۶۰ درجه از وضع قائم اثر زیان‌آور ندارد
4	حفاظت‌شده در برابر ترشح آب	آب ترشح شده از هر سو به‌پوشش دستگاه اثر زیان‌آور نخواهد داشت
5	حفاظت شده در برابر فوران آب	آب پرتاب شده توسط آب‌پخش‌کن از هر سو به‌پوشش دستگاه اثر زیان‌آور ندارد
6	حفاظت شده در برابر امواج دریا	آب حاصله از امواج دریای طوفانی یا فوران شدید آب نباید به‌مقدار زیان‌آور داخل پوشش شود
7	حفاظت شده در برابر اثرات‌غوطه‌ورشدن در آب	هنگامی که پوشش دستگاه در شرایط معینی از فشار و زمان در آب غوطه‌ور می‌شود نباید نفوذ آب به‌مقدار زیان‌آوری در آن امکانپذیر باشد.
8	حفاظت شده‌در برابر فرورفتگی در زیر آب	تجهیزات برای فرورفتگی مداوم در زیر آب در شرایطی که به‌وسیلهٔ سازنده مشخص می‌شود مناسب است. یادآوری: معمولاً این‌بدان‌معنی است که تجهیزات به‌طور غیرقابل نفوذی آب‌بندی شود. هرچند در انواع معینی از تجهیزات، این‌طور استنباط می‌شود که آب ممکن است داخل شود اما اثر زیان‌آور نخواهد داشت

۴ ـ ۳ـ۳ طبقه‌بندی برحسب جنس سطوح نگهدارندهٔ چراغ

چراغها براساس این‌که اصولاً به‌منظور نصب مستقیم بر روی سطوح قابل اشتعال معمولی ساخته شده باشد و یا این‌که برای نصب بر روی سطوح نسوز[1] مناسب باشد به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف ـ چراغهای مناسب برای نصب بر روی سطح نسوز.

ب ـ چراغهای بدون بالاست یا ترانسفورماتور سرخود، مناسب برای نصب مستقیم بر روی سطوح قابل اشتعال معمولی.

پ ـ چراغهای بالاست یا ترانسفورماتور سرخود، مناسب برای نصب مستقیم بر روی سطوح قابل اشتعال معمولی. (برای نشانهٔ مشخص‌کننده این نوع چراغها به‌جدول ۴ ـ ۲ رجوع شود).

۴ ـ ۳ـ۴ جدول ۴ ـ ۲ حاوی نشانه‌های مشخصات الکتریکی و طبقه‌بندی چراغهای روشنایی برابر استاندارد IEC 598-1 می‌باشد.

1– Non combustible

جدول ۴ ـ ۲ نشانه‌های مشخصات الکتریکی و طبقه‌بندی چراغهای روشنایی برابر IEC 598-1

شرح	کد حفاظت بین‌المللی	نشانه
ترمینال زمین	–	⏚
آمپر	–	A
فرکانس (هرتز)	–	Hz
ولت	–	V
توان (وات)	–	W
گروه II	–	⧈
گروه III	–	Ⅲ
حداکثر حرارت محیط نامی	–	t_a...°C
هشدار در مورد عدم استفاده از لامپهای نور سرد	–	COOL DO-NOT
حداقل فاصله از اشیا روشن برحسب متر	–	---m
چراغهای بالاست یا ترانسفورماتور سرخود برای نصب مستقیم بر روی سطوح قابل اشتعال	–	F
چراغهای معمولی (بدون حفاظت)	IP20	–
ضد قطره	IPX1	
ضد باران	IPX3	
ضد آب‌پاشیدگی	IPX4	
ضد فوران آب	IPX5	
ضدآب (غوطه‌وری در آب)	IPX7	
ضد آب با فشار (قابل استفاده در زیر آب با تعیین حداکثر عمق برحسب متر)	IPX8	--m
حفاظت در برابر اجسام با قطر یک میلیمتر	IP4X	
ضدگرد و غبار	IP5X	
غیرقابل نفوذ در برابر گرد و غبار	IP6X	

۴-۲ طراحی و محاسبهٔ روشنایی

۴-۲-۱ روشهای نورپردازی

روشهای نورپردازی از نظر ترتیب استقرار منابع نوری به‌چهار دسته به‌شرح زیر قابل طبقه‌بندی است:

الف - نورپردازی موضعی که شامل یک واحد روشنایی تکی با توان مصرفی کم است و برای هر کارگر، ماشین یا میز کار در سطحی نزدیک به‌محل کار نصب می‌شود و در آن یکنواختی روشنایی مطرح نمی‌باشد.

ب - روش نورپردازی عمومی که در آن واحدهای روشنایی در سطحی نسبتاً نزدیک به‌سقف و یا لااقل با فاصلهٔ کافی از سطح کار نصب می‌شود. در این روش نورپردازی فواصل چراغها از یکدیگر یکسان بوده و بدون توجه به‌محل استقرار ماشینها، مبلمان یا سایر وسایل به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که روشنایی به‌صورت یکنواخت توزیع گردد.

پ - نورپردازی گروهی روش میانه‌ای است بین نورپردازی موضعی و عمومی که در آن واحدهای روشنایی نزدیک به‌سقف و یا با فاصلهٔ قابل ملاحظه از سطح کار نصب می‌شود. در این روش فواصل نصب چراغها یکسان نمی‌باشد لیکن واحدهای مزبور در ارتباط با محل استقرار سطوح کار، ماشینها، موقعیت اپراتورها و مانند آن قرار می‌گیرد به‌گونه‌ای که روشنایی کافی برای هر ماشین، اپراتور یا سطوح کار دیگر تأمین شود. در این سیستم تأمین روشنایی یکنواخت مدنظر نمی‌باشد.

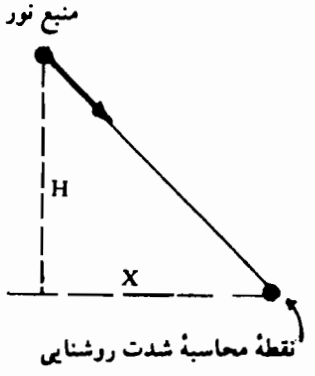
ت - در روش نورپردازی ترکیبی عمومی و موضعی روشنایی یکنواخت برای تمامی محیط به‌وسیلهٔ واحدهای روشنایی که طبق روش نورپردازی عمومی نصب می‌شود تأمین شده و در مواردی که شدت نور بیشتری مورد نیاز است از چراغهای موضعی استفاده می‌گردد.

۴-۲-۲ روشهای محاسبه روشنایی

عمده‌ترین روشهای محاسبهٔ روشنایی و موارد کاربرد آن به‌شرح زیر است:

الف - روش نقطه‌ای

در این روش که براساس قانون عکس مجذور فاصله استوار است، شدت شار نوری (I) برحسب عکس مجذور فاصله منبع نور از نقطهٔ اندازه‌گیری D تغییر می‌کند و شدت روشنایی (E) در هر سطح عمود بر پرتوهای نور با استفاده از فرمول $E=\frac{I}{D^2}$ قابل محاسبه است. بنابراین شدت روشنایی در سطوح افقی (E_h) و عمودی (E_v) به‌شرح زیر خواهد بود:



شکل ۴-۱

$$E_h=\frac{I\times H}{D^2} \quad \text{و} \quad E_v=\frac{I\times X}{D^2}$$

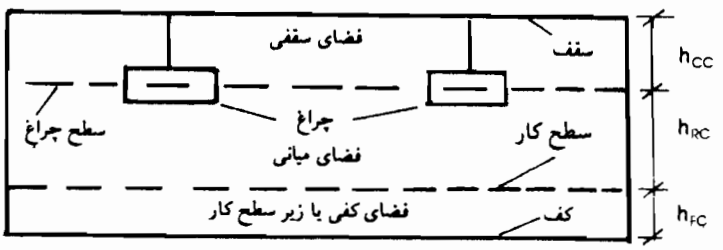
این روش که برای محاسبهٔ نور مستقیم قابل استفاده است در نورپردازی موضعی و در مواردی که یک منبع نور واحد مطرح است غالباً به‌کار می‌رود.

ب ـ روش استفاده از ضریب چراغ یا ضریب کاربردی[1]

در نورپردازی فضاهای داخلی نور غیرمستقیم سطوح انعکاسی مانند سقف، دیوار و سطوح کار نیز باید مورد محاسبه قرار گیرد. از جمله روشهای محاسباتی متداول در این زمینه روش استفاده از ضریب بهره چراغ یا ضریب کاربردی است که به‌ویژگیهای توزیع نور چراغها، ترتیب استقرار و خصوصاً ارتفاع نصب آن بستگی دارد. این ضریب مضافاً به‌شکل هندسی فضای محصور و خواص انعکاسی دیوارها، سقف، کف و مبلمان نیز مرتبط است. در این روش محاسبه شار نوری و در نتیجه تعیین تعداد چراغها با استفاده از جدول ۴ ـ ۵ به‌دو صورت زیر امکانپذیر است:

۱ ـ محاسبهٔ شاخص فضا، K از رابطهٔ (۱) جدول ۴ ـ ۵ و تعیین ضرایب نگهداری و بهره چراغ از جداول مشخصات چراغها و محاسبهٔ شار نوری چراغها برحسب لومن از فرمول (۲) جدول مزبور. در این روش ارتفاع سطح کار ۰/۸۵ متر در نظر گرفته می‌شود.

۲ ـ تقسیم‌بندی فضای مورد محاسبه[2] به‌سه بخش سقفی، میانی و کفی مطابق شکل ۴ ـ ۲ و محاسبهٔ ضرایب بخشها (ضرایب کاواک) از فرمول (۳)، تعیین انعکاس مؤثر سقف (ρ_{cc}) و کف (ρ_{pc}) با توجه به‌ضرایب انعکاس واقعی سقف و دیوارها و یا کف و دیوارها به‌کمک جداول مربوط[3] به‌صورت اعداد واحد و به‌دست آوردن ضرایب MF و CU از جداول مشخصات چراغها و محاسبهٔ شار نوری چراغها ϕ برحسب لومن از رابطهٔ (۲). در این روش تعیین ارتفاع سطح کار دراختیار طراح است.



شکل ۴ ـ ۲ ـ تقسیم‌بندی فضای اتاق.

۴ ـ ۴ ـ ۳ تعیین نوع و تعداد چراغها در یک طرح روشنایی

۴ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ در یک طرح روشنایی جنبه‌های اقتصادی، که شامل تعداد و هزینه چراغها و بخصوص لامپها و نیز هزینهٔ نگهداری و تعمیر آن می‌باشد، باید در نظر گرفته شود. علاوه بر این، یک طرح روشنایی هنگامی قابل قبول است که اصول بهداشتی در مورد آن رعایت گردیده باشد یعنی در مرحلهٔ اول بایستی نور تولید شده یکنواخت بوده و در قدم بعدی روشنایی کافی و تا حد امکان به‌نور روز نزدیک باشد. بنابراین در طراحی و محاسبه روشنایی باید دوعامل اقتصادی و بهداشتی توأماً در نظر گرفته شود.

۴ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۲ درهرطرح روشنایی، به‌موازات‌اعمال‌واجرای‌اهداف‌موردنظر کارفرما، بایستی‌نوع محل چراغها و چگونگی قرار دادن و فواصل آن از یکدیگر و نیز معماری محل از نظر رعایت اصول زیبایی در مدنظر قرار گیرد.

1– Utilization factor
2– Zonal-Cavity method
3– IES Lighting Handbook

۴ ـ ۴ـ۳ـ۳ در طراحی و اجرای پروژه روشنایی، علاوه بر تعیین نوع روشنایی یعنی روشنایی عمومی یا روشنایی موضعی باید نوع جریان، ولتاژ، فرکانس و مدت استفاده از روشنایی نیز توجه شود تا به‌وسیلهٔ این عوامل بتوان لامپ و چراغ و مقطع سیم مورد نظر را انتخاب نمود.

۴ ـ ۴ـ۳ـ۴ شدت روشنایی داخلی برحسب لوکس (لومن بر متر مربع) برای اماکن مسکونی، عمومی، کارخانجات و کارگاهها برابر استاندارد مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در جدول ۴ ـ ۳ درج شده است. در استاندارد مزبور میزان روشنایی برای هر محل به‌صورت دو مقدار کمینه و پیشنهادی در نظر گرفته شده است. شدت روشنایی مورد نظر باید حتی‌الامکان هم‌ارز مقادیر پیشنهادی انتخاب شود و در صورتی که شرایط فنی و اقتصادی ایجاب کند می‌توان میزان روشنایی را بیش از مقادیر پیشنهادی انتخاب نمود ولی هیچ‌گاه نباید کمتر از میزان کمینه باشد.

شدت نور لازم شامل نور عمومی و در صورت لزوم نور موضعی برای قسمتهای مختلف بیمارستان برابر استاندارد DIN 5035-1988 در جدول ۴ ـ ۴ ارائه شده است.

۴ ـ ۴ـ۳ـ۵ سیستم روشنایی مورد لزوم باید با توجه به‌نوع کار از نظر میزان دقت و احتیاج به‌روشنایی، سایه‌اندازی، ارتفاع نصب، ارتفاع محل کار، و در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و بهداشتی انتخاب شود.

۴ ـ ۴ـ۳ـ۶ پس از انتخاب نوع چراغ و تعیین شدت روشنایی مورد لزوم از جدول ۴ ـ ۳ یا ۴ ـ ۴، تعداد چراغهای لازم برای هر اتاق یا هر فضای مورد نظر دیگر با استفاده از یکی از روشهای مندرج در بند ۴ ـ ۴ ـ ۲ محاسبه و تعیین می‌شود.

جدول ۴ ـ ۳ شدت روشنایی برحسب لوکس

مکان	کمینه	پیشنهادی
۱ ـ محلهای مسکونی		
۱ـ۱ـ اتاق نشیمن و پذیرایی	۷۰	۲۰۰
۱ـ۲ـ اتاق مطالعه (نوشتن، خواندن کتاب، مجله و روزنامه)	۱۵۰	۵۰۰
۱ـ۳ـ آشپزخانه (ظرفشویی، اجاق‌گاز و میز کار)	۱۰۰	۲۰۰
۱ـ۴ـ اتاق خواب		
۱ـ۴ـ۱ـ روشنایی عمومی	۵۰	۱۰۰
۱ـ۴ـ۲ـ روشنایی تخت‌خواب و میز توالت	۲۰۰	۵۰۰
۱ـ۵ـ حمام		
۱ـ۵ـ۱ـ روشنایی عمومی	۵۰	۱۰۰
۱ـ۵ـ۲ـ آینه (برای اصلاح صورت)	۲۰۰	۵۰۰
۱ـ۶ـ پلکان	۱۰۰	۱۵۰
۱ـ۷ـ راهرو، سرسرا و آسانسور	۵۰	۱۵۰
۲ ـ دفاتر و اداره‌ها		
۲ـ۱ـ تمام کارهای عمومی	۲۰۰	۵۰۰
۲ـ۲ـ ماشین‌نویسی و محل دیکته کردن	۳۰۰	۶۰۰
۲ـ۳ـ حسابداری و ماشینهای حساب و اندیکاتورنویسی	۳۰۰	۶۰۰
۲ـ۴ـ بایگانی	۱۰۰	۳۰۰
۲ـ۵ـ اتاق نقشه‌کشی	۵۰۰	۱۰۰۰
۲ـ۶ـ اتاق کنفرانس	۲۰۰	۵۰۰
۲ـ۷ـ اتاق انتظار و اطلاعات	۱۵۰	۵۰۰
۲ـ۸ـ پلکان	۱۰۰	۱۵۰
۲ـ۹ـ راهرو، سرسرا و آسانسور	۵۰	۱۵۰
۳ ـ کتابخانه		
۳ـ۱ـ قفسه‌ها (در سطح عمودی)	۱۰۰	۲۰۰
۳ـ۲ـ سالن مطالعه	۱۰۰	۲۰۰
۳ـ۳ـ روی میز مطالعه	۳۰۰	۵۰۰
۴ ـ مدارس		
۴ـ۱ـ کلاس درس، آمفی‌تئاتر	۲۰۰	۵۰۰
۴ـ۲ـ تخته سیاه (در سطح عمودی)	۳۰۰	۵۰۰
۴ـ۳ـ آزمایشگاه	۲۰۰	۵۰۰
۴ـ۴ـ کلاس نقاشی و کارهای دستی	۵۰۰	۷۰۰
۴ـ۵ـ سالن ورزشی سرپوشیده	۱۵۰	۳۰۰
۴ـ۶ـ رختکن، توالت، دستشویی	۵۰	۱۰۰
۵ ـ بیمارستان		
(به‌جدول ۴ـ۴ رجوع شود)		
۶ ـ کارخانه کنسروسازی		
۶ـ۱ـ محل دسته‌بندی و تفکیک	۱۵۰	۵۰۰
۶ـ۲ـ محل پوست کندن	۱۰۰	۲۰۰
۶ـ۳ـ محل پختن	۱۵۰	۳۰۰
۶ـ۴ـ محل قوطی پرکنی	۳۰۰	۵۰۰
۷ ـ آسیاب غلات		
۷ـ۱ـ روشنایی عمومی	۷۰	۱۰۰
۷ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۵۰۰
۸ ـ نانوایی		
۸ـ۱ـ خمیرگیری	۲۰۰	۳۰۰
۸ـ۲ـ اتاق تنور:		
۸ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۸ـ۲ـ۲ـ تنور	۳۰۰	۵۰۰
۸ـ۳ـ بسته‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۹ ـ کارخانه شکلات و آبنبات‌سازی		
۹ـ۱ـ تهیه مواد اولیه		
۹ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰
۹ـ۱ـ۲ـ روشنایی روی نوار	۳۰۰	۵۰۰
۹ـ۲ـ تزیین و بسته‌بندی	۱۵۰	۲۰۰
۱۰ ـ کارخانه لبنیات		
۱۰ـ۱ـ سکوی تخلیه	۷۰	۱۰۰
۱۰ـ۲ـ ظرفشویی	۲۰۰	۳۰۰

جدول ۴ ـ ۳ شدت روشنایی برحسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۱۰ـ۳ـ ماشین‌آلات تهیه مواد	۲۰۰	۳۰۰	۱۳ـ۹ـ بازرسی:		
۱۰ـ۴ـ پُر کردن بطری	۲۰۰	۳۰۰	۱۳ـ۹ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۰ـ۵ـ آزمایشگاهها	۳۰۰	۵۰۰	۱۳ـ۹ـ۲ـ روشنایی محل کار	۷۰۰	۱۰۰۰
			۱۴ ـ کارخانه نساجی (پنبه)		
۱۱ ـ کارخانه نوشابه‌سازی			۱۴ـ۱ـ عدل‌شکن:		
۱۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۷۰	۱۰۰	۱۴ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۱ـ۲ـ محل تهیه و تخمیر	۲۰۰	۳۰۰	۱۴ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۱ـ۳ـ محل شست‌وشوی لوازم	۲۰۰	۳۰۰	۱۴ـ۲ـ حلاجی:		
۱۱ـ۴ـ محل پر کردن	۲۰۰	۳۰۰	۱۴ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
			۱۴ـ۲ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۲ ـ چاپخانه و گراورسازی			۱۴ـ۳ـ نخ‌ریسی و دولاتابی:		
۱۲ـ۱ـ ماشین حروف‌چینی:			۱۴ـ۳ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۲ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۴ـ۳ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۲ـ۱ـ۲ـ محل حروف‌چینی	۳۰۰	۵۰۰	۱۴ـ۴ـ دوک کردن:		
۱۲ـ۲ـ ماشینهای چاپ:			۱۴ـ۴ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۲ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۴ـ۴ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۲ـ۲ـ۲ـ روی ماشین	۳۰۰	۵۰۰	۱۴ـ۵ـ بافندگی:		
۱۲ـ۳ـ میز تصحیح	۵۰۰	۷۰۰	۱۴ـ۵ـ۱ـ روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰
۱۲ـ۴ـ گراورسازی	۵۰۰	۷۰۰	۱۴ـ۵ـ۲ـ روشنایی محل کار	۵۰۰	۱۰۰۰
۱۲ـ۵ـ حکاکی	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۱۴ـ۶ـ رنگرزی		
			۱۴ـ۶ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۳ ـ کارخانه شیشه‌سازی			۱۴ـ۶ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۳ـ۱ـ کوره			۱۴ـ۷ـ آزمایشگاه رنگ:		
۱۳ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۳۰۰	۱۴ـ۷ـ۱ـ روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰
۱۳ـ۲ـ مخلوط کردن مواد خام:			۱۴ـ۷ـ۲ـ روشنایی محل کار	۵۰۰	۱۰۰۰
۱۳ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰			
۱۳ـ۲ـ۲ـ روی دستگاههای توزین	۲۰۰	۳۰۰	**۱۵ ـ کارخانه نساجی (پشم)**		
۱۳ـ۳ـ دمیدن و پرس کردن:			۱۵ـ۱ـ عدل‌شکن:		
۱۳ـ۳ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰	۱۵ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۳ـ۳ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۱۵ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۳ـ۴ـ برش	۱۵۰	۲۰۰	۱۵ـ۲ـ حوضچه‌ها:	۵۰	۱۰۰
۱۳ـ۵ـ صیقل دادن	۱۵۰	۲۰۰	۱۵ـ۳ـ محل شست و شوی:		
۱۳ـ۶ـ نقره‌کاری (آینه‌کاری)	۲۰۰	۳۰۰	۱۵ـ۳ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۳ـ۷ـ تراش دقیق	۳۰۰	۵۰۰	۱۵ـ۳ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۳ـ۸ـ تزیین و جلا و حکاکی	۳۰۰	۵۰۰	۱۵ـ۴ـ حلاجی:		

جدول ۴ ـ ۳ شدت روشنایی برحسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۱۵-۴-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰	**۱۸ ـ کارخانه رنگسازی**		
۱۵-۴-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۱۸-۱- مخلوط، آسیاب و پودر کردن	۵۰	۱۰۰
۱۵-۵- پشم‌ریسی و دولاتابی:			۱۸-۲- پر کردن و توزین		
۱۵-۵-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۸-۲-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۵-۵-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۱۸-۲-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۵-۶- دوک کردن (ماسوره‌پیچی):			۱۸-۳- آزمایشگاه رنگ:		
۱۵-۶-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۸-۳-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۵۰۰
۱۵-۶-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۱۸-۳-۲- روشنایی محل کار	۵۰۰	۱۰۰۰
۱۵-۷- بافندگی:					
۱۵-۷-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	**۱۹ ـ کارخانه لاستیک‌سازی**		
۱۵-۷-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۱۹-۱- تهیه مواد اولیه:		
۱۵-۸- چله‌کشی و تارپیچی:			۱۹-۱-۱- ماشین مخلوط کردن و	۲۰۰	۳۰۰
۱۵-۸-۱- روشنایی عمومی	۷۰۰	۱۰۰۰	ورز دادن		
۱۵-۸-۲- روشنایی محل کار	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۱۹-۱-۲- نوار کردن	۳۰۰	۵۰۰
			۱۹-۲- تهیه الیاف		
۱۶ ـ کارخانه نساجی (ابریشم			۱۹-۲-۱- برش الیاف و تهیه لایه‌ها	۳۰۰	۵۰۰
طبیعی و الیاف مصنوعی)			۱۹-۲-۲- روی ماشینها	۲۰۰	۳۰۰
۱۶-۱- حوضچه	۵۰	۱۰۰	۱۹-۳- ساخت لاستیک وسایل‌نقلیه:		
۱۶-۲- ریسندگی و دولاتابی:			۱۹-۳-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۶-۲-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۹-۳-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۶-۲-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۱۹-۴- ولکانیزه کردن	۲۰۰	۳۰۰
۱۶-۳- بافندگی:			۱۹-۵- بازرسی:		
۱۶-۳-۱- روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۱۹-۵-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۶-۳-۲- روشنایی محل کار	۵۰۰	۷۰۰	۱۹-۵-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۶-۴- بازرسی منسوجات:			۱۹-۶- بسته‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۱۶-۴-۱- روشنایی محل کار	۱۰۰۰	۱۵۰۰			
			۲۰ ـ کارخانه دخانیات		
۱۷ ـ کارخانه صنایع شیمیایی			۲۰-۱- محل برش	۱۵۰	۲۰۰
۱۷-۱- جلو دستگاههای مخلوط کننده	۲۰۰	۳۰۰	۲۰-۲- خشک و تخمیر کردن	۱۵۰	۲۰۰
و خردکننده			۲۰-۳- درجه‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۱۷-۲- روی دستگاههای کنترل و	۱۵۰	۲۰۰			
سنجش (در سطح عمودی)			**۲۱ ـ کارخانه صابون‌سازی**		
۱۷-۳- روی میز کنترل	۲۰۰	۳۰۰	۲۱-۱- روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۱۷-۴- آزمایشگاهها:			۲۱-۲- تابلوهای کنترل	۲۰۰	۳۰۰
۱۷-۴-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۲۱-۳- ماشینهای بسته‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۱۷-۴-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰			

جدول ۴ ـ ۳ شدت روشنایی برحسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۲۲ ـ کارگاههای مکانیکی			۲۴ـ۲ـ۲ـ۳ـ باقطعات خیلی ظریف روی میز کار یا روی ماشین و ساختن ابزار و سنجش کالیبر و تراش قطعات دقیق	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۲۲ـ۱ـ کارهای خشن مانند شمارش و بازرسی سطحی اشیای موجود درمحل:					
۲۲ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰			
۲۲ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۱۵۰	۳۰۰	**۲۵ ـ جوشکاری و لحیم‌کاری**		
۲۲ـ۲ـ کارهای متوسط، مانند بازرسی اشیاء با شاخص:			۲۵ـ۱ـ جوشکاری:		
۲۲ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۲۵ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۲۲ـ۲ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۲۵ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۲۲ـ۳ـ کارهای دقیق، مانندکار باوسایل مخابراتی، دستگاههای سنجش و وسایل دقیق	۷۰۰	۱۰۰۰	۲۵ـ۲ـ لحیم‌کاری:		
			۲۵ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
			۲۵ـ۲ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۲ـ۴ـ کارهای خیلی دقیق مانندسنجش و بازرسی اجزا و وسایل ساخته‌شده	۱۵۰۰	۲۵۰۰	**۲۶ ـ ریخته گری**		
			۲۶ـ۱ـ ماهیچه‌سازی		
۲۲ـ۵ـ کارهای بسیار دقیق (کار با چشم مسلح)	۱۵۰۰	۳۰۰۰	۲۶ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
			۲۶ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
			۲۶ـ۲ـ قالب‌گیری:		
۲۳ ـ کارگاههای مونتاژ			۲۶ـ۲ـ۱ـ قالب‌گیری معمولی با		
۲۳ـ۱ـ محل قطعه‌های بزرگ	۱۵۰	۲۰۰	دست یا ماشین:		
۲۳ـ۲ـ محل قطعه‌های متوسط	۲۰۰	۳۰۰	۲۶ـ۲ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۲۳ـ۳ـ محل قطعه‌های کوچک	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۶ـ۲ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۲۳ـ۴ـ محل قطعه‌های خیلی کوچک	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۶ـ۲ـ۲ـ قالب‌گیری ظریف با دست:		
			۲۶ـ۲ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۴ ـ کارگاه ورقکاری			۲۶ـ۲ـ۲ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۴ـ۱ـ کار با ورقهای فلزی (روی میزکار)	۲۰۰	۳۰۰	۲۶ـ۳ـ ریختن مواد مذاب در قالبهای بزرگ	۵۰	۱۰۰
۲۴ـ۲ـ کار با ماشینهای افزار (صنایع فلزی)			۲۶ـ۴ـ ریختن مواد مذاب در قالب به‌وسیلهٔ تزریق:		
۲۴ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۲۶ـ۴ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۲۴ـ۲ـ۲ـ روشنایی محل کار:			۲۶ـ۴ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۲۴ـ۲ـ۲ـ۱ـ با قطعات متوسط روی میز کار یا روی ماشین و تراش قطعات بزرگ	۳۰۰	۵۰۰	۲۶ـ۵ـ تمیزکردن قطعات ریخته‌شده	۵۰	۱۰۰
			۲۶ـ۶ـ بازرسی قطعات ریخته‌شده:		
۲۴ـ۲ـ۲ـ۲ـ با قطعات کوچک روی میزکار یا روی ماشین و تراش قطعات متوسط و کوچک و تنظیم ماشینهای خودکار	۵۰۰	۷۰۰	۲۶ـ۶ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
			۲۶ـ۶ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰

جدول ۴ ـ ۳ شدت روشنایی برحسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی
۲۷ ـ کارخانه ذوب آهن		
۲۷ـ۱ـ محل تخلیه و انبار مواد اولیه	۵۰	۱۰۰
۲۷ـ۲ـ محل کوره‌های بلند	۱۰۰	۱۵۰
۲۷ـ۳ـ نورد قطعه‌های بزرگ	۵۰	۱۰۰
۲۷ـ۴ـ نورد و پروفیل‌سازی:		
۲۷ـ۴ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۳۰۰
۲۷ـ۴ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۲۷ـ۵ـ حدیده سیمهای کلفت	۵۰	۱۰۰
۲۷ـ۶ـ حدیده سیمهای نازک:		
۲۷ـ۶ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۷ـ۶ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۷ـ۷ـ نورد ورقهای نازک:		
۲۷ـ۷ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۷ـ۷ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۷ـ۸ـ بازرسی ورقهای فلزی:		
۲۷ـ۸ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۷ـ۸ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۸ ـ کارگاه آهنگری:		
۲۸ـ۱ـ کارگاه آهنگری	۱۰۰	۱۵۰
۲۹ ـ کارخانه اتومبیل‌سازی		
۲۹ـ۱ـ مونتاژ قطعات	۲۰۰	۳۰۰
۲۹ـ۲ـ کارگاه‌نقاشی(روی‌بدنه‌ماشین)	۵۰۰	۱۰۰۰
۲۹ـ۳ـ تودوزی	۲۰۰	۳۰۰
۲۹ـ۴ـ بازرسی نهایی	۳۰۰	۵۰۰
۳۰ ـ نیروگاهها		
۳۰ـ۱ـ موتورخانه:		
۳۰ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۳۰ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۳۰ـ۲ـ اتاق فرمان:		
۳۰ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۳۰ـ۲ـ۲ـ محل کار (روی تابلوها)	۳۰۰	۵۰۰

مکان	کمینه	پیشنهادی
۳۱ ـ کارگاه صحافی		
۳۱ـ۱ـ صحافی معمولی:		
۳۱ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۳۱ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۳۱ـ۲ـ برش:		
۳۱ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۳۱ـ۲ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۳۱ـ۳ـ چاپ با فشار روی جلد:		
۳۱ـ۳ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۳۱ـ۳ـ۲ـ روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۳۲ ـ صنایع سفالی (سرامیک)		
۳۲ـ۱ـ تهیه و عمل آوردن گِل	۱۰۰	۱۵۰
۳۲ـ۲ـ فرم دادن	۱۵۰	۲۰۰
۳۲ـ۳ـ کوره	۱۰۰	۱۵۰
۳۲ـ۴ـ تزیین و لعاب‌کاری	۵۰۰	۷۰۰
۳۳ ـ کارگاه دستکش‌سازی		
۳۳ـ۱ـ بافندگی	۳۰۰	۵۰۰
۳۳ـ۲ـ برش و پرس	۳۰۰	۵۰۰
۳۳ـ۳ـ دوزندگی (روشنایی محل‌کار)	۷۰۰	۱۰۰۰
۳۳ـ۴ـ بازرسی	۵۰۰	۷۰۰
۳۴ ـ کارگاه کلاهدوزی		
۳۴ـ۱ـ رنگرزی، تمیزکاری، نمدمالی، فرم دادن	۲۰۰	۳۰۰
۳۴ـ۲ـ دوزندگی	۵۰۰	۷۰۰
۳۵ ـ کارگاه قالی‌بافی		
۳۵ـ۱ـ محل انتخاب مواد اولیه		
رنگ شده:		
۳۵ـ۱ـ۱ـ روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۳۵ـ۱ـ۲ـ روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۳۵ـ۲ـ کارگاه بافت:		
۳۵ـ۲ـ۱ـ روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰

جدول ۴ ـ ۳ شدت روشنایی برحسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۳۵-۲-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰			
۳۵-۳- محل پرداخت	۲۰۰	۳۰۰			
۳۶ ـ کارگاه دباغی					
۳۶-۱- حوضچه‌ها	۱۰۰	۱۵۰			
۳۶-۲- تمیز کردن و رنگ کردن	۱۵۰	۲۰۰			
۳۶-۳- پرداخت و برش و غلطک‌زنی	۲۰۰	۳۰۰			
۳۷ ـ کارگاه سراجی					
۳۷-۱- برش، پرداخت و فرم دادن	۳۰۰	۵۰۰			
۳۷-۲- دوخت	۵۰۰	۱۰۰۰			
۳۸ ـ کارخانه کفاشی					
۳۸-۱- بازرسی و انتخاب مواد اولیه	۵۰۰	۷۰۰			
۳۸-۲- روی میز کار	۵۰۰	۷۰۰			
۳۸-۳- روی ماشینها	۳۰۰	۵۰۰			
۳۹ ـ کارخانه کاغذسازی					
۳۹-۱- مخلوط و خمیر کردن مواد	۲۰۰	۳۰۰			
۳۹-۲- برش و تکمیل	۱۵۰	۳۰۰			
۴۰ ـ کارگاه نجاری					
۴۰-۱- ماشینهای اره	۲۰۰	۳۰۰			
۴۰-۲- روی میز کار	۲۰۰	۳۰۰			
۴۰-۳- روی سایر ماشینها	۳۰۰	۵۰۰			

جدول ۴ ـ ۴ شدت روشنایی لازم برای قسمتهای مختلف بیمارستان برحسب لوکس برابر استاندارد DIN 5035-1988

شرح محل و نوع روشنایی	شدت نور لوکس	شرح محل و نوع روشنایی	شدت نور لوکس
۱ ـ اتاقهای خواب بیماران		۶ ـ اتاق عمل	
روشنایی عمومی	۱۰۰	روشنایی عمومی	۱۰۰۰
روشنایی مطالعه	۲۰۰	روشنایی موضعی	(۲۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰)
روشنایی معاینه	۳۰۰		
۲ ـ بخش نوزادان		۷ ـ اتاقهای فرعی بخش عمل	
روشنایی عمومی	۲۰۰	روشنایی عمومی‌رختکن	۵۰۰
روشنایی مراقبت شب	۲۰	اتاقهای شست‌وشوی	
۳ ـ اتاقهای معاینه و درمان عمومی		آماده‌سازی قبل از عمل	
روشنایی عمومی	۵۰۰	نگهداری بعد از عمل	
روشنایی موضعی معاینه	۱۰۰۰	نگهداری وسایل جراحی	
۴ ـ اطاقهای معاینه و درمان ویژه		نگهداری لوازم استریل	
۴-۱ ـ معاینات اندوسکپی		محل استریل کردن	
آماده‌سازی	۵۰۰	ریکاوری	۵۰۰
ارولوژی	۵۰		قابل تبدیل به ۱۰۰
رکتوسکپی			
گانیکالوژی		۸ ـ اتاقهای درمان، حمامهای طبی، فیزیوتراپی، ماساژ	
۴-۲ ـ معاینات چشم		روشنایی عمومی	۳۰۰
روشنایی عمومی	۵۰۰	۹ ـ اتاقهای دیالیز	
انکسارسنجی	۵۰	روشنایی عمومی اتاق	۱۰۰
عکسبرداری‌شبکیه		روشنایی عمومی محل	
معاینه درونی		مریض خوابها	۵۰۰
انحراف‌سنجی		۱۰ ـ آزمایشگاه و داروخانه	
دیدسنجی	۵	روشنایی عمومی	۵۰۰
انطباق‌سنجی		کنترل رنگ	۱۰۰۰
۴-۳ ـ معاینات رادیوگرافی		۱۱ ـ راهروها و راه‌پله‌ها	
روشنایی عمومی	۵۰۰	درمحل‌مریض‌خوابها-روز	۲۰۰
کاربا مانیتور	۲۰	شب	۵۰
۴-۴ ـ دندانپزشکی		دربخش عمل روز	۳۰۰
نور عمومی	۵۰۰	شب	۱۰۰
نور موضعی	۸۰۰۰	۱۲ ـ توالتها و قسمتهای کثیف	
۴-۵ ـ معاینات پوستی		توالتها	۲۰۰
نور عمومی	۵۰۰	قسمتهای کثیف	۳۰۰
۵ ـ مراقبتهای شدید		۱۳ ـ اتاق کار پزشکان و پرستاران	
نور عمومی	۱۰۰	روشنایی عمومی	۳۰۰
نور عمومی روی تختها	۳۰۰	روشنایی کارهای‌چشمی	
نور موضعی روی تختها	۱۰۰۰	سخت	۵۰۰
روشنایی مراقبت شب	۲۰		

جدول ۴ ـ ۵ برگ محاسبه روشنایی

۱ ـ مشخصات طرح							
نام طرح		شماره			محل پروژه		
بخش		طبقه			شماره نقشه		
۲ ـ مشخصات اتاق							
طول (L)	متر	عرض (W)	متر	ارتفاع (H)	متر	مساحت اتاق (A)	
انعکاس سقف (درصد)				انعکاس دیوارها (درصد)			
۳ ـ مشخصات چراغ							
ضریب بهره (CU)		ضریب نگهداری (MF)			شدت نور (E)		
۴ ـ فرمولهای محاسباتی							
شاخص فضا[1] (K)		$K=\frac{L\times W}{H(L+W)}$			(۱)		
میزان نور لازم (لومن)		$\phi=\frac{A\times E}{CU\times MF}$			(۲)		
(شکل ۴ ـ ۲)		$(X)CR=\frac{5h_{(XY)}(L+W)}{L\times W}$			(۳)		
ضریب کاواک[2] [(X)CR] و فواصل کاواک [$h_{(XY)}$]:							
ضریب سقفی (CCR)		ضریب میانی (RCR)			ضریب کفی (FCR)		
فاصلهٔ چراغ تا سقف: h_{CC}		فاصلهٔ چراغ تا سطح کار: h_{RC}			فاصلهٔ سطح کار از کف: h_{FC}		
تعداد لامپها و میزان مصرف (وات):							
تعداد و نوع چراغ:							

1– Room index 2– Cavity ratio

۴-۵ مشخصات چراغهای روشنایی و موارد کاربرد آن:

۴-۵-۱ تعداد انواع مختلف چراغها و لامپها باید در حداقل ممکن بوده و در انتخاب آن باید عوامل هزینهٔ اولیه، هزینهٔ تعمیر و نگهداری و تعویض، خیرگی لامپ، صدا، پارازیت رادیویی و بالاخره معماری محل در نظر گرفته شود. جدول ۴-۶ بهرهٔ نوری، رنگ، طول عمر، اثر تغییرات ولتاژ و تجهیزات لامپهای مختلف را با یکدیگر مقایسه می‌نماید.

۴-۵-۲ چراغهای حاوی لامپهای رشته‌ای باید دارای سرپیچ لامپ مارپیچی باشد. لامپهای فیلامان تنگستن باید از بهترین نوع بوده و برابر استاندارد بین‌المللی IEC ساخته شده باشد.

۴-۵-۳ چراغهای فلورسنت باید دارای سرپیچهای میخی (دوشاخه‌ای) بوده و شامل چوکهای رفع‌کنندهٔ تداخل رادیویی، خازنهای تصحیح ضریب قدرت، لامپ و در صورت لزوم کلیدهای راه‌انداز (استارتر) باشد. در هنگام انتخاب انواع لامپهای فلورسنت باید در مورد احتمال تولید اعوجاج رنگ نامطلوب توسط این لامپها دقت و توجه کافی به‌عمل آید. رفلکتورها و حبابها باید طوری طراحی و ساخته شده باشد که تعویض و تمیز کردن لامپها به‌سهولت انجام پذیرد.

۴-۵-۴ سرپیچها باید مناسب نوع لامپ مصرفی و از نوع چینی یا برنجی باشد. استفاده از سرپیچهای پلاستیکی در هیچ مورد مجاز نخواهد بود. سرپیچها باید طوری باشد که اتصال الکتریکی فقط موقعی که لامپ کاملاً بسته شده است انجام پذیرد.

۴-۵-۵ در مورد چراغهای رشته‌ای، بغیر از مواردی که لامپ دیده می‌شود لامپ با شیشهٔ بی‌رنگ باید در کلیهٔ چراغها مصرف شود.

۴-۵-۶ خازن تصحیح ضریب قدرت باید در کلیهٔ چراغها بجز چراغهای رشته‌ای پیش‌بینی و نصب شود.

۴-۵-۷ کلیهٔ چراغها بایستی به‌طور کامل با حباب، سرپیچ، لامپ و وسایل نصب از قبیل پیچ و مهره، رول پلاک، لوله‌آویز، روزت و سایر وسایل مربوطه تهیه و نصب شود.

۴-۵-۸ چراغها باید به‌نحوی طراحی و ساخته شده باشد که هنگام استفاده طبیعی از آن کیفیت کارشان قابل اطمینان بوده و هیچ‌گونه خطری برای مصرف‌کننده یا محیط اطراف ایجاد نکند.

۴-۵-۹ چراغها باید به‌نحوی طراحی و ساخته شده باشد که نگهداری عمومی آن از جمله تمیز کردن، تعویض نمودن لامپها و راه‌اندازها بدون ایجاد صدمه‌ای به‌چراغ یا خطری برای کنندهٔ کار امکانپذیر باشد.

۴-۵-۱۰ اتصالات پیچ شده و سایر اتصالات ثابت بین قسمتهای مختلف چراغ باید طوری باشد که در اثر نوسانات و یا سایر نیروهایی که در هنگام کار معمولی چراغ به‌آن ممکن است وارد آید تغییر نکند.

۴-۵-۱۱ ساختمان چراغ باید به‌نحوی باشد که از افتادن لامپها در اثر نوسانات و یا سایر شرایط کار مربوطه جلوگیری کند.

۴-۵-۱۲ سطوح کلیهٔ قسمتهای فلزی چراغ باید برحسب طبقه‌بندی آن و شرایط کار مربوطه در مقابل زنگ‌زدگی مقاوم باشد.

۴-۵-۱۳ لبه‌های صفحات فلزی و سایر مواد باید به‌نحوی هموار و صاف باشد که نتواند عایق هادیهای مربوطه را زخمی نماید.

۴-۵-۱۴ قسمتهای شیشه‌ای چراغها باید طوری طراحی و ساخته شده باشد که قادر به‌مقاومت در برابر شوک حرارتی حاصل از کاربرد مربوطه باشد.

۴-۵-۱۵ چراغها هنگام روشن بودن، نباید دارای صدای قابل شنیدن حاصل از انبساط حرارتی باشد و چوک آن نیز نباید باعث تشدید صدا شود.

۴-۵-۱۶ کلیهٔ چراغها بخصوص چراغهای رشته‌ای باید به‌نحوی طراحی و ساخته شده باشد که حرارت حاصل از لامپها را به‌سهولت دفع کرده و حرارت مذکور نباید سبب ایجاد هرگونه خطری برای کاربرد معمولی و حتی غیرعادی چراغها شود.

۴-۶ اصول و روشهای نصب چراغهای روشنایی

۴-۶-۱ جزییات ساختمانی نصب چراغها باید دقیقاً مطابق آنچه در نقشه‌ها نشان داده شده است باشد.

۴-۶-۲ محل دقیق نصب چراغها باید با توجه به‌محدودیتهایی که از نظر اسکلت‌بندی ساختمان و سایر موانع از قبیل شبکه‌های هوا، بلندگو و غیره وجود دارد تعیین شود.

۴-۶-۳ محل قرارگرفتن کلیهٔ چراغها باید دقیقاً در محل نصب تعیین شود به‌نحوی که امتداد چراغها مخصوصاً در راهروها کاملاً یکسان باشد.

۴-۶-۴ کلیهٔ چراغهای سقفی و آویز بایستی در مرکز سقفها به‌نسبتهای مساوی از دیوار نصب شده و حالت تقارن از یکدیگر را حفظ کند. کلیهٔ سیمها و حلقه‌ها باید کاملاً در داخل چراغ قرارگیرد.

۴-۶-۵ چراغها باید طوری نصب شود که بهترین بازده نوری را داشته باشد. در صورتی که با تغییراتی در نصب بتوان پخش نور را به‌نحو بهتر و یکسان انجام داد پیمانکار می‌تواند با موافقت مهندس مشاور اقدام به‌تغییر محل چراغها کند.

۴-۶-۶ کلیهٔ چراغها باید قبل از نصب به‌طور کامل سیمکشی شده باشد. سیم مصرفی باید از بهترین نوع بوده و در برابر حرارت حاصل از کاربرد چراغ مقاومت کافی را دارا باشد. ضمناً در محل ورود سیمهای اصلی به‌داخل چراغ لازم است سیمهای مزبور به‌وسیلهٔ غلاف نسوز محافظت شود.

۴-۶-۷ چراغهای سقفی باید به‌سقف اصلی ساختمان نصب شود و در صورت وجود سقف کاذب چراغها باید به‌سقف اصلی آویزان شود، قاب چراغ نیز نبایستی به‌سقف کاذب محکم شود. اتصال چراغها به‌سقف اصلی به‌وسیلهٔ رول‌پلاگ و پیچ خواهد بود.

۴-۶-۸ اتصال به‌چراغهای توکار، در بالای سقف کاذب توسط کابل نرم سه‌رشته‌ای که یک‌سر آن به‌روزت وصل شده باشد انجام می‌گیرد و در مورد چراغهای رشته‌ای کابل نرم باید از نوع ضد حرارت باشد.

۴-۶-۹ سیم چراغهای فلورسنت که مستقیماً روی جعبه نصب می‌شود باید مستقیماً به‌اتصالی داخل جعبه تقسیم برای اتصال برده شود.

۴-۶-۱۰ در هنگام استفاده از سرپیچهای نوع پیچی باید دقت کافی به‌عمل آید تا هادی فاز به‌قسمت پیچی سرپیچ اتصال نیابد.

۴-۶-۱۱ در صورت استفاده از خازنهای تصحیح ضریب قدرت در مدارهای لامپ تخلیه گازی، هر قسمت از مدار نهایی که به‌وسیلهٔ یک کلید جداگانه و مستقل کنترل می‌شود باید دارای خازن تصحیح ضریب قدرت جداگانه باشد. هر خازنی که در مدار لامپ تخلیه گازی به‌کار می‌رود (به‌استثنای خازنهای حذف تداخل رادیویی) باید به‌وسیله‌ای مانند مقاومت نشتی فوراً به‌محض قطع منبع جریان به‌صورت اتوماتیک دشارژ شود.

۴-۶-۱۲ چراغهای بشقابی لعابی با حباب مات استوانه‌ای که به‌عنوان چراغهای خیابانی بر روی تیرهای چوبی، پایه‌های بتونی و تیرهای فلزی نصب می‌شود باید به‌وسیلهٔ براکت فولادی، بست پیچی شکافدار، بست نگهدارنده سیم، و کلمپ اتصال به‌شبکه بر طبق مشخصات و استانداردهای وزارت نیرو ساخته شده و نصب شود.

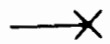
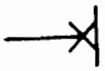
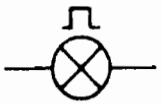
۴-۶-۱۳ چراغهای لاک‌پشتی با حباب و لامپ مربوطه که به‌عنوان چراغهای خیابانی بر روی پایه‌های بتونی یا دیوار ساختمانها نصب می‌شود باید وسیلهٔ براکت فولادی شلاقی، بست پیچی شکافدار، بست نگاهدار کابل، سیم مسی، کلید کنترل روشنایی، لولهٔ فولادی گالوانیزه، و تسمهٔ فولادی گالوانیزه بر طبق مشخصات و استانداردهای وزارت نیرو ساخته شده و نصب شود.

۴-۷ نشانه‌های ترسیمی تأسیسات روشنایی برابر استاندارد 11 و IEC617-8 در جدول ۴-۷ ارائه شده است.

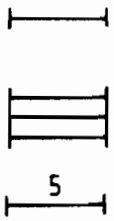
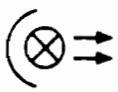
جدول ۴ ـ ٦ مقایسه انواع لامپهای روشنایی

ردیف	نوع لامپ	حداکثر بهره نوری lm/W	رنگ	طول عمر (ساعت)	اثر تغییرات ولتاژ لامپ	تجهیزات	خیرگی
۱	رشته‌ای	۲۰	مایل به‌قرمز	۱۰۰۰	زیاد	کم	زیاد
۲	فلورسنت	۷۰	انواع سفید و رنگهای دلخواه	۱۰۰۰۰	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد	زیاد
۳	جیوه‌ای با فشار زیاد	۶۰	سفید مایل به‌آبی	۵۰۰۰	کم	معمولی	بسیار زیاد
۴	جیوه‌ای با فشار کم	۴۵	سفید مایل به‌آبی	۵۰۰۰	کم	معمولی	بسیار زیاد
۵	جیوه‌ای دوبل	۳۰	سفید مایل به‌قرمز	۲۰۰۰	متوسط	معمولی	زیاد
۶	سدیم با فشار کم	۸۵	قرمز مایل به‌زرد	۴۰۰۰	کم	زیاد	بسیار زیاد
۷	سدیم با فشار زیاد	۱۰۰	قرمز مایل به‌زرد	۶۰۰۰	کم	زیاد	بسیار زیاد
۸	متال هلاید	۷۰	سفیدکمی‌مایل به‌قرمز	۴۰۰۰	کم	معمولی	زیاد
۹	نئون	۱۰	انواع رنگها	۱۰۰۰۰	نسبتاً کم	بسیار زیاد	کم
۱۰	هالوژن	۲۵	قرمز مایل به‌زرد	۱۰۰۰	زیاد	معمولی	زیاد

جدول ۴ ـ ۷ نشانه‌های ترسیمی برای تأسیسات روشنایی برابر استاندارد IEC 617-8,11

شـــرح	نشانه
محل اتصال لامپ یا چراغ با سیمکشی مربوط	
محل اتصال لامپ یا چراغ دیواری با امتداد سیمکشی به‌طرف چپ	
لامپ و چراغ، نشانهٔ عمومی لامپ و چراغ نشانگر، نشانهٔ عمومی یادآوری: ۱ ـ در صورتی که تعیین رنگ نور مورد نظر باشد، در کنار نشانه از حروف مشخص‌کنندهٔ زیر استفاده شود: قرمز =RD زرد =YE سبز =GN آبی =BU سفید =WH ۲ ـ در صورتی که تعیین نوع لامپ موردنظر باشد، در کنار نشانه از حروف مشخص‌کننده زیر استفاده شود: نئون =Ne زنون =Xe بخار سدیم =Na بخار جیوه =Hg ید =I رشته‌ای =IN الکترولومینسنت =EL قوس الکتریکی =ARC فلورسنت =FL مادون قرمز =IR ماورای بنفش =UV دیود نورافشان =LED	
چراغ نشانگر چشمک‌زن	

جدول ۴ ـ ۷ نشانه‌های ترسیمی برای تأسیسات روشنایی برابر استاندارد IEC 617-8,11 (ادامه).

شـــرح	نشانه
لامپ یا چراغ فلورسنت، نشانهٔ عمومی مثالها: چراغ، مجهز به‌سه لامپ فلورسنت چراغ، مجهز به‌پنج لامپ فلورسنت	
نورافکن، نشانهٔ عمومی	
نورافکن همگرا (اسپات)	
نورافکن واگرا (فلاد)	
تجهیزات کمکی برای لامپهای تخلیه‌ای یادآوری: این نشانه فقط در مواردی به‌کار رود که تجهیزات کمکی به‌صورت جداگانه نصب شود.	
چراغ اضطراری بر روی مدار ویژه	
چراغ اضطراری باتری سرخود	

فصل ۵
تابلوهای فشار ضعیف

۵ـ۱ کلیات

۵ـ۱ـ۱ تعاریف

۵ـ۱ـ۱ـ۱ تابلو فشار ضعیف: ترکیبی است از یک یا چند وسیلهٔ کلیدی (قطع و وصل) فشار ضعیف همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت، و تنظیم که کلیهٔ اتصالات برقی و مکانیکی داخلی و قسمتهای بدنه آن به‌طور کامل سوار شده باشد.

۵ـ۱ـ۱ـ۲ اسکلت نگهدار: آن قسمت از ساختمان تابلو که به‌منظور نگهداری قسمتهای مختلف دیگر و پوشش آن در صورتی که وجود داشته باشد طرح شود.

۵ـ۱ـ۱ـ۳ پوشش: جزیی از تابلو که به‌منظور جلوگیری از نزدیک شدن اتفاقی افراد به‌قسمتهای برقدار یا متحرک نصب شده و تجهیزات داخلی آن را در برابر عوامل خارجی محافظت نماید.

۵ـ۱ـ۱ـ۴ زیرسازی:

الف ـ چربی‌گیری: زدودن روغن، چربی، گریس و غبار موجود که باعث ممانعت نفوذ آب روی سطح قطعه می‌گردد به‌طریق مقتضی مانند شست‌وشوی به‌صورت گرم با محلولهای قلیایی نظیر هیدروکسید سدیم و کربنات سدیم و مانند آن.

ب ـ **زنگ‌زدایی:** زدودن زنگ از سطح فلز یا قطعه که ممکن است با روشهای مختلف مکانیکی، شن‌پاشی تحت فشار آب یا هوا و یا شیمیایی باشد.

پ ـ **فسفاته‌کاری:** سطح فلز چربی‌گیری و زنگ‌زدایی شده، با محلول نمکهای اسید فسفریک و اسید نیتریک تحت شرایط ویژه، شروع به‌ایجاد کریستال، در کلیهٔ سطوح فلز می‌کند که این کریستالهای ناهموار، زمینهٔ خوبی برای پذیرش رنگ به‌وجود آورده و چسبندگی رنگ را به‌حد مطلوب می‌رساند.

۵ـ۱ـ۱ـ۵ لوازم داخل تابلو:

الف ـ کلید خودکار (اتوماتیک): وسیله مکانیکی قطع و وصل خودکار جریان است که قادر است در شرایط عادی، جریانها را وصل یا قطع کند یا از خود عبور دهد. این نوع کلید مجهز به‌وسایلی

است که جریانهای غیرعادی (اضافه بار، اتصال کوتاه) را به‌طور خودکار قطع می‌کند.

ب ـ **کلید فیوز:** کلیدی است که در آن فشنگ فیوز عمل کنتاکتهای متحرک کلید رانیز انجام می‌دهد. کلید فیوز ممکن است از نوع مجزاکننده، قطع بار و یا از نوع مجزاکننده و قطع بار باشد.

پ ـ **فیوز:** به‌وسیله‌ای گفته می‌شود که در اثر ذوب یک یا چند عنصر تشکیل‌دهنده آن که به‌نحوی ویژه و متناسب طراحی می‌شود مداری راکه در آن قرار دارد با قطع جریان در صورتی که جریان از مقدار معینی به‌مدتی کافی تجاوز نمود، باز نماید. فیوز شامل کلیهٔ اجزایی است که یک وسیله کامل را تشکیل می‌دهد.

ت ـ **کنتاکتور مکانیکی:** وسیلهٔ قطع و وصل مکانیکی است که تنها یک وضع سکون دارد و به‌طریق غیردستی عمل می‌کند و قادر به‌وصل کردن، عبور دادن و قطع جریان در شرایط عادی مدار از جمله شرایط اضافه بار بهره‌برداری می‌باشد.

کنتاکتور ممکن است قادر به‌قطع و وصل جریان اتصال کوتاه هم باشد. کنتاکتورها برحسب روش فرمان (به‌الکترومغناطیسی، بادی، الکتریکی ـ بادی)، محیط قطع کنتاکتها (قطع در هوا، قطع در روغن)، و درجه حفاظت تأمین شده توسط محفظه طبقه‌بندی می‌شود.

۵ ـ ۱ـ۲ طبقه‌بندی

تابلوهای فشار ضعیف مورد استفاده در تأسیسات برق ساختمانها را می‌توان با توجه به‌محل و موقعیت استقرار نسبت به‌منبع تغذیه و نقشی که در سیستم کنترل و توزیع برق ایفا می‌کند به‌ترتیب زیر طبقه‌بندی کرد:

۵ ـ ۱ـ۲ـ۱ تابلو اصلی:

این عنوان به‌تابلویی اطلاق می‌شود که عموماً در پست برق نصب می‌شود و به‌طرف فشارضعیف ترانسفورماتور متصل است و برق مجموعه را توزیع و کنترل می‌کند.

۵ ـ ۱ـ۲ـ۲ تابلو نیم‌اصلی:

این‌گونه تابلوها برق بلوک ساختمانی یا قسمت مستقلی از مجموعه را توزیع و کنترل می‌کند. تابلوهای نامبرده از تابلوی اصلی تغذیه می‌شود.

۵ ـ ۱ـ۲ـ۳ تابلو فرعی تأسیسات و تجهیزات عبارت از تابلویی است که برای توزیع و کنترل سیستم برقی خاص مانند موتورخانه، آشپزخانه، رختشویخانه و غیره به‌کار می‌رود. این‌گونه تابلوها از تابلو نیم‌اصلی تغذیه می‌شود.

۵ ـ ۱ـ۲ـ۴ تابلو فرعی روشنایی عبارت از تابلویی است که برق روشنایی و پریزهای عمومی مربوط به‌هر قسمت را توزیع و کنترل می‌کند. این نوع تابلو نیز از تابلو نیم‌اصلی تغذیه می‌شود.

۵ ـ ۱ـ۲ـ۵ نقشه‌های شماتیک سیستم توزیع نیروی برق به‌وسیلهٔ تابلوهای اصلی، نیم‌اصلی، فرعی، و غیره برای توزیع در سطح در شکل ۵ ـ ۱، و برای توزیع در ارتفاع در شکلهای ۵ ـ ۲ (الف) و ۵ ـ ۲ (ب) نشان داده شده است.

۵ـ۲ انواع و موارد کاربرد

عمده‌ترین انواع تابلوهای موردمصرف در تأسیسات برق ساختمانها و موارد کاربرد آن به‌شرح زیر است:

۵ـ۲ـ۱ تابلو تمام بسته: (برای نصب در فضاهای سرپوشیده)

این نوع تابلو عبارت است از مجموعه سوار شده در کارخانه که تمام جوانب آن ـ جز سطح نصب که ممکن است باز باشد ـ به‌نحوی بسته باشد که حداقل، درجه حفاظت IP ۲۰ تأمین شود این‌گونه تابلو را تابلو تمام بسته ایمنی نیز می‌نامند. تابلوهای تمام بسته ایمنی به اشکال مختلف ساخته می‌شود که برحسب نوع کاربرد متفاوت و عمده‌ترین انواع آن به شرح زیر است:

۵ـ۲ـ۱ـ۱ تابلوهای تمام بسته ایستاده:

منظور تابلویی است که بتواند به‌طور مستقل و بدون اتکا به دیوار در روی کف ساختمان استقرار پیدا کند. این‌گونه تابلوها معمولاً برای تابلوهای اصلی و نیم‌اصلی و تأسیسات و تجهیزات به‌کار می‌رود. انواع تابلوهای ایستاده به اشکال زیر ساخته می‌شود:

الف ـ تابلو ایستاده قابل دسترسی از جلو عبارت است از تابلویی که دسترسی برای فرمان، تعویض فیوز و لوازم، اتصال سرکابل و سیم، و غیره کلاً از طرف جلو تابلو امکان‌پذیر باشد و شامل یک یا چند سلول می‌باشد (شکلهای ۵ـ۵ و ۵ـ۶).

ب ـ تابلو ایستاده قابل دسترسی از پشت عبارت است از تابلویی که وسایل اندازه‌گیری درجلو 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 است و شامل یک یا چند سلول می‌باشد (شکل ۵ـ۷).

پ ـ تابلو ایستاده چندخانه‌ای عبارت است از تابلویی که هر سلول آن دارای شینه‌کشی عمودی و قابل خانه‌بندی متغیر برای نصب کلیدهای مختلف، فیوزها و وسایل اندازه‌گیری برای فرمان ماشین‌آلات و غیره بوده و مجهز به شینه اصلی افقی برای توسعه به چند سلول نیز می‌باشد (شکل ۵ـ۸).

ت ـ تابلو ایستاده چند جعبه‌ای عبارت است از تابلویی که اجزای آن (شینه، فیوز، کلید، و غیره) در قطعات مساوی با جعبه‌های چدنی یا فولادی ساخته شده و با اتصال جعبه‌ها به یکدیگر تشکیل تابلو می‌دهد (شکل ۵ـ۹).

۵ـ۲ـ۱ـ۲ تابلو تمام بسته دیواری:

این نوع تابلو که به صورت یک جعبه قابل نصب در روی کار و یا در توی کار در ابعاد مختلف ساخته می‌شود و فقط از قسمت جلو آن قابل دسترسی است شامل شینه، کلید، و وسایل حفاظت در برابر اضافه‌بار می‌باشد و برای کنترل مدارهای فرعی روشنایی و نیرو به کار می‌رود. (شکل ۵ـ۱۱).

۵ـ۲ـ۲ تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز:

تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز عبارت است از تابلوی تمام بسته با سقف شیب‌دار

و مقاوم در برابر نفوذ رطوبت، آب و گردوغبار، که معمولاً بر روی پایه‌های بتونی نصب می‌شود و برای تغذیه منازل، فرمان و کنترل روشنایی محوطه، آب‌نماها و غیره به کار می‌رود. (شکل ۵-۱۸).

۵-۳ استاندارد ساخت:

تابلوهای فرمان و کنترل فشار ضعیف سوار شده در کارخانه که ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از ۱۰۰۰ ولت و فرکانس آن از ۱۰۰۰ هرتز، و در جریان مستقیم ولتاژ اسمی آن از ۱۲۰۰ ولت تجاوز نمی‌کند باید مطابق با مشخصات مندرج در جدیدترین اصلاحیه‌های استاندارد شماره ۱۹۲۸ و ۱۹۲۹ ایران یا نشریه شمارهٔ ۴۳۹ کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک ساخته شده باشد و از نظر درجه حفاظت در برابر تماس با قسمتهای برقدار، ورود اجسام صلب خارجی و مایعات طبق جدیدترین اصلاحیه استاندارد شمارهٔ ۲۹۶ ایران زیر عنوان «درجات حفاظت پوششهای تابلوهای فرمان و کنترل فشار ضعیف» با علامت... IP مشخص شود.

لوازم داخل تابلو باید برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای بین‌المللی معتبر مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد:

ـ شینه‌های مسی برابر استاندارد VDE 0201 و شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد VDE 0202.

ـ کلیدهای فشار ضعیف برابر استاندارد IEC 947

ـ کلیدهای خودکار فشار ضعیف برابر استاندارد 2 و IEC 157-1

ـ کنتاکتورهای فشار ضعیف که کنتاکتهای قدرت آن برای اتصال به مدارهایی در نظر گرفته شده است که ولتاژ اسمی آن از ۱۰۰۰ ولت متناوب و ۱۲۰۰ ولت مستقیم، تجاوز نمی‌کند باید برابر استانداردهای ۳۱۷۹ و ۳۱۸۰ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا IEC 158-1 و IEC 158-1c ساخته شده باشد. کنتاکتورهایی که برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه در نظر گرفته می‌شود باید علاوه بر مقررات استانداردهای مزبور با مقررات و شرایط تعیین شده برای کلیدهای خودکار[1] در استاندارد و IEC 157-1 نیز مطابقت داشته باشد.

ـ روشهای علامتگذاری و شناسایی ترمینالهای کنتاکتورهای فشار ضعیف و رله‌های اضافه‌بار همراه آن باید برابر استاندارد شماره ۳۱۸۱ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران انجام شود.

ـ فیوزهای ولتاژ ضعیف برابر استانداردهای ۳ و ۲ و ۱ ـ ۳۱۰۹ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا 3A، 3، 2A و IEC 269-2.

ـ ترانسفورماتورهای جریان برابر استاندارد IEC 185

سایر انواع تابلوها و وسایل داخل آن مانند وسایل اعلام خطر، ترمینالها و غیره باید در صورت فقدان استاندارد ایرانی برابر مشخصات فنی یکی از استانداردهای معتبر و شناخته شده بین‌المللی که مورد قبول دستگاه نظارت نیز باشد مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۵ـ۴ مشخصات فنی ساخت و روش نصب:

۵ـ۴ـ۱ تابلوهای اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف ـ نوع ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل دسترسی از پشت

۵ـ۴ـ۱ـ۱ این نوع تابلوها باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری ساخته شده و به‌وسیلهٔ پیچ و مهره به یکدیگر متصل شود به گونه‌ای که در برابر تنشهای مکانیکی وارده در شرایط عادی بهره‌برداری مقاوم باشد.
پوشش تابلو باید از ورقهای فلزی با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر بوده و به وسیله پیچ و مهره به اسکلت نگهدار محکم شود. ساختمان بدنه این نوع تابلوها باید به گونه‌ای باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت پوششهای جانبی تابلو باید به وسیله پیچ و مهره‌های کرومه به اسکلت اصلی متصل شود.

۵ـ۴ـ۱ـ۲ در تابلوهای قابل دسترسی از جلو باید با بازکردن درب محافظ جلو تابلو، یا برداشتن صفحه محافظ جلو آن، دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخلی تابلو، بدون تداخل با کار قسمتهای مختلف امکان‌پذیر باشد، ولی در تابلوهای قابل دسترسی از پشت این امکان باید با بازکردن درب پشت تابلو حاصل شود.

۵ـ۴ـ۱ـ۳ به منظور ایجاد حافظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی، تمامی سطوح تابلو باید مطابق روش زیرین زیرسازی و رنگ‌آمیزی شود:

الف ـ زیرسازی شامل چربی‌گیری، زنگ‌زدایی، فسفاته‌کاری و یک لایه رنگ آستری.

ب ـ رنگ‌آمیزی شامل حداقل دو لایه پوشش رنگ برای شرایط آب و هوایی خشک و سه لایه پوشش رنگ برای شرایط آب و هوایی مرطوب.

۵ـ۴ـ۱ـ۴ ظرفیت الکتریکی شینه فازها نباید از صدوپنجاه درصد شدت جریان اسمی کلید اصلی تغذیه‌کننده تابلو کمتر باشد. سطح مقطع شمشهای مسی تخت باید براساس جدول ۵ـ۳، و سطح مقطع شمشهای آلومینیومی تخت برابر با جدول ۵ ـ ۴ انتخاب شود. در مواردی که از شینه‌های مسی و یا آلومینیومی با مقاطع گرد (لوله‌ای) یا ناودانی استفاده می‌شود باید از جداول مندرج در نشریه وزارت نیرو ـ امور برق، استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکهٔ توزیع، جلد اول استفاده شود. سطح مقطع شینه‌های خنثی و اتصال زمین نباید از نصف سطح مقطع شینه فاز کمتر باشد. شینه‌های خنثی و اتصال زمین باید برای سرتاسر طول تابلو پیش‌بینی شود. شینه‌های فازها و خنثی باید روی مقره‌های اتکایی چینی یا صمغ مصنوعی نصب شود و شینه اتصال زمین باید روی مقره نصب شده و سپس به بدنه تابلو متصل گردد. نقطه اتصال شینه‌ها به یکدیگر و کلیدها به‌شینه‌ها باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره‌ای پوشیده و سپس به‌وسیلهٔ پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنز محکم شود تا حداکثر هدایت الکتریکی به‌وجود آمده و از گرم شدن جلوگیری شود. حداقل فاصله بین شینه‌ها باید از ۱۰ سانتیمتر کمتر نباشد. اتصال کابلها به شینه‌ها، کلیدها، فیوزها و غیره باید به‌وسیلهٔ کابلشو انجام گیرد.
شینه‌ها باید با رنگِ نسوز به‌ترتیب زیر رنگ‌آمیزی شود:

فاز اول، به‌رنگ قرمز

فاز دوم، به‌رنگ زرد

فاز سوم، به‌رنگ آبی

شینه‌های اتصال زمین و خنثی به رنگ سبز و زرد

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

الف - برای شینه کشیهای 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 شینه کشیهای افقی واقع در سطح عمودی تابلو:

شینه بالا به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه پایین به‌رنگ آبی خواهد بود.

پ - برای شینه کشیهای 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 شینه کشیهای عمودی واقع در سمت 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.

۵-۴-۱-۵ دربهای تابلو باید با لولای گالوانیزه یا استیل بوده و دارای قفل باشد و قفلها باید شبیه به هم انتخاب شده باشد و یک کلید برای هر قفل موجود باشد و هر درب علاوه بر قفل دارای چفت نیز باشد.

۵-۴-۱-۶ در مواردی که تابلو برای استفاده در محیطهایی با رطوبت و تغییر دمای زیاد در نظر گرفته شده باشد، باید اقدامات مناسبی با استفاده از تأمین عبور هوا از داخل تابلو یا گرمکن برای جلوگیری از تعرق زیان‌آور در داخل تابلو به‌عمل آید.

۵-۴-۱-۷ لوازم داخل تابلو از قبیل کلید، کنتاکتور، وسایل اندازه‌گیری، فیوز، رله، واحد اعلام خطر، و غیره باید به نحوی نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری و یا تعویض، هر یک از آن به سهولت در دسترس باشد.

۵-۴-۱-۸ وسایل اندازه‌گیری و چراغهای سیگنال و اعلام خطر، در صورتی که روی قسمت متحرک یا قابل برداشت تابلو نصب شده باشد کلیه سیمکشیهای مربوط باید با کابل یا سیم قابل انعطاف انجام شود.

۵-۴-۱-۹ فواصل دستگاههایی که قسمتی از تابلو را تشکیل می‌دهد باید با فواصل داده شده در مشخصات مربوط به آن مطابقت داشته باشد. برای هادیهای برقدار و ترمینالها (مانند: شینه‌ها، اتصالات بین دستگاهها و...) فواصل هوایی و فواصل خزشی با فواصل مربوط به دستگاهی که بلافاصله به آن وصل می‌باشد، باید مطابقت داشته باشد.

۵-۴-۱-۱۰ 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 علامت‌گذاری‌شده انجام گیرد.

۵-۴-۱-۱۱ کلیه سرسیمها در ابتدا و انتهای داخل تابلو و همچنین کابلها باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

۵-۴-۱-۱۲ ترمینالهایی که برای اتصال هادیهای مسی یا آلومینیومی در نظر گرفته می‌شود باید توسط سازنده مشخص شود. این‌گونه ترمینالها باید به گونه‌ای ساخته شده باشد که اتصال هادیها به آن با استفاده از پیچ یا بست و مانند آن امکان‌پذیر بوده و فشار تماسی لازم و متناسب با جریان نامی و استقامت اتصال کوتاه دستگاه و مدار را تأمین نماید.

۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱۳ شماتیک تقسیم‌بندی کلیدها در تابلو برحسب حداقل قدرت قطع کلید و جدول حداقل قدرت قطع مجاز کلیدهای فرعی نسبت به حداقل قدرت قطع کلید اصلی در شکل شماره ۵ ـ ۴ آمده است.

۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱۴ حداکثر ابعاد تابلو اصلی توزیع فشار ضعیف، نوع ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل دسترسی از پشت به قرار زیر است:

تابلو قابل دسترسی از جلو		تابلو قابل دسترسی از پشت	
ارتفاع	۲۲۰ سانتیمتر	ارتفاع	۲۲۰ سانتیمتر
عرض	۹۰ سانتیمتر	عرض	۹۰ سانتیمتر
عمق	۶۰ سانتیمتر	عمق	۸۰ سانتیمتر

۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱۵ نمای تابلوی تمام بستهٔ ایستاده، نوع قابل فرمان و دسترسی ازجلو در شکلهای ۵ ـ ۵ و ۵ ـ ۶، به عنوان نمونه، ارائه شده است.

۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱۶ نما و ابعاد تابلو ایستاده توزیع برق، نوع قابل فرمان از جلو و دسترسی از پشت، در شکل ۵ ـ ۷، به‌عنوان نمونه، نشان داده شده است.

۵ ـ ۴ ـ ۲ تابلوهای نیم‌اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف ـ انواع ایستاده قابل دسترسی از جلو و پشت:

مشخصات فنی ساخت و روش نصب تابلوهای نیم‌اصلی عیناً مانند تابلوهای اصلی است که در بندهای ۵ـ۴ـ۱ و ۵ـ۴ـ۴ آمده است.

۵ ـ ۴ ـ ۳ تابلو اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف ـ نوع ایستاده چند خانه‌ای:

۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ این‌گونه تابلو باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری ساخته شده و به‌وسیلهٔ پیچ و مهره به‌یکدیگر متصل شود. پوشش تابلو باید از ورقهای فلزی با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر یا بیشتر بوده و به‌وسیلهٔ پیچ و مهره به اسکلت نگهدار محکم شود. ساختمان تابلو باید طوری باشد که هر سلول قابل تفکیک به سه، چهار، یا شش خانه اصلی بوده و هر خانه اصلی نیز قابل تفکیک به‌اجزای کوچکتر دو، سه و یا چهارخانهٔ فرعی باشد. تقسیمات مزبور باید دارای ابعاد استاندارد و مساوی بوده و هر قسمت نیز باید مجهز به‌درب جداگانه، برای نصب یا تعویض وسایل داخلی آن باشد. پوششهای طرفین تابلو، برای سهولت در امر توسعه، باید با پیچ و مهره‌های کرومه به‌اسکلت نگهدارنده متصل شود به طوری که در صورت نیاز به توسعه تابلو، بدون دخالت در کار آن انجام‌پذیر باشد.

۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۲ تمامی خانه‌ها و سطوح تابلو باید در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی مطابق روش زیر رنگ‌آمیزی و حفاظت شود:

الف ـ **زیرسازی**: شامل زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و یک لایه رنگ آستری.

ب ـ **رنگ‌کاری**: در شرایط آب و هوایی خشک حداقل دو لایه پوشش و در شرایط مرطوب سه لایه پوشش رنگ مناسب زده شود.

۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۳ شینه‌کشی در این نوع تابلوها باید به نحوی انجام شود که، در صورت لزوم، اضافه کردن کلید در هر قسمت از تابلو، یا تعویض آن، و یا تبدیل یک قسمت به چند قسمت و برعکس، بدون تداخل در ادامه کار تابلو، امکان‌پذیر باشد. شینه‌ها بهتر است در صورت امکان دارای مقطع گرد، و با

ایزولاسیون باشد.

محل اتصال کلیه شینه‌ها به یکدیگر، و کلیدها به شینه‌ها، باید به طور کامل تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره‌ای پوشیده شود و سپس در شینه‌های تخت، به‌وسیلهٔ پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنزی محکم شود، و در شینه‌های گرد، با بستهای دو راهی، سه راهی و چهار راهی مخصوص شینه گرد به هم متصل شود تا حداکثر هدایت الکتریکی در محل اتصال به وجود آمده و از گرم شدن جلوگیری شود.

حداقل فاصله بین شینه‌ها باید از ۱۰ سانتیمتر کمتر نباشد.

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

۵ ـ ۴ـ۳ـ۴ لوازم داخل تابلو از قبیل کلیدها، کنتاکتورها، وسایل اندازه‌گیری، فیوزها، رله‌ها، واحدهای اعلام خطر، و غیره باید به نحوی انتخاب و نصب شود که با بازکردن درب هر قسمت، یا هر خانه به سهولت قابل دسترسی و تعویض، یا تبدیل باشد و در صورت امکان کلیه وسایل و لوازم داخل تابلو باید از نوع فشاری باشد.

۵ ـ ۴ـ۳ـ۵ کلیه سرسیمها و کابلها در ابتدا و انتهای مسیر در داخل تابلو، باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

۵ ـ ۴ـ۳ـ۶ کلیدها، وسایل اندازه‌گیری، و غیره که در تابلو نصب می‌شود باید دارای شماره راهنما بوده و شماره‌های خطوط محلهایی‌که برای اتصال تعیین می‌شود روی‌آن نوشته شود، به‌علاوه اتصالات وسایل اندازه‌گیری و سیستمهای کنترل و خطوط خارجی باید در روی صفحه ترمینال علامت‌گذاری شده انجام گیرد.

۵ ـ ۴ـ۳ـ۷ ابعاد تابلو اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف، نوع ایستاده چندخانه‌ای به‌قرار زیر است:

ارتفاع ۲۰۰ سانتیمتر

عرض ۵۰ سانتیمتر

عمق ۵۰ سانتیمتر

۵ ـ ۴ـ۳ـ۸ نما و ابعاد یک تابلوی توزیع نیروی برق ایستاده چند خانه، به‌عنوان نمونه، در شکل ۵ ـ ۸ نشان داده شده است.

۵ ـ ۴ـ۴ روش نصب تابلوهای ایستاده قابل دسترسی از جلو، قابل دسترسی از پشت و چندخانه‌ای:

۵ ـ ۴ـ۴ـ۱ این قبیل تابلوها ممکن است برحسب مورد به یکی از دو روش زیر نصب شود:

الف ـ نصب بر روی اطاقک کابل: برای نصب این قبیل تابلوها بر روی اطاقک کابل باید یک دهانه به‌شکل مستطیل با ابعاد کف تابلو در سقف اطاقک مزبور احداث و تابلو بر روی آن نصب شود. طول دهانه موردنظر باید ۲۰ سانتیمتر کمتر از عرض مجموعه تابلو باشد و عرض آن، برای تابلوهای قابل دسترسی از جلو و چند خانه، ۴۰ سانتیمتر و برای تابلوهای قابل دسترسی از پشت ۶۰ سانتیمتر خواهد بود. لبه دهانه باید با آهن نبشی چهار سانتیمتر در چهار سانتیمتر مهار شود.

ب ـ نصب بر روی کانال: طول کانال موردنظر که تابلو بر روی آن استقرار می‌یابد، باید ۲۰ سانتیمتر کمتر از عرض مجموعه تابلو باشد و عرض آن، برای تابلوهای قابل دسترسی از جلو و چند خانه ۴۰ سانتیمتر و برای تابلوهای قابل دسترسی از پشت ۶۰ سانتیمتر، و عمق آن ۸۰ سانتیمتر

خواهد بود. این کانال باید به کانالی که کابلهای ورودی و خروجی در آن ادامه می‌یابد مرتبط باشد. لبهٔ کانال باید با آهن نبشی چهار سانتیمتر در چهار سانتیمتر مهار شود.
برای جلوگیری از جمع شدن آب در داخل کانال، کف آن باید آبکش بوده و یا به‌یک سمت شیب داده شده و منتهی به‌کف‌شور و چاهک جذب آب شود.

۵ـ۴ـ۵ تابلو نیم‌اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف ـ نوع ایستاده چندخانه‌ای:

مشخصات فنی ساخت و روش نصب این‌گونه تابلوها عیناً مانند تابلو اصلی است که در بندهای ۵ـ۴ـ۳ و ۵ـ۴ـ۴ بیان شده است.

۵ـ۴ـ۶ تابلو توزیع نیرو ـ نوع ایستاده چندجعبه‌ای:

۵ـ۴ـ۶ـ۱ این نوع تابلو از جعبه‌های مشابه با ابعاد مساوی که به‌طور مکانیکی به‌هم متصل می‌شود و بر روی پایهٔ فلزی مشترک یا دیوار قابل نصب است تشکیل می‌شود. جعبه‌ها که حاوی شینه، کلیدگردان، فیوز، کلید خودکار و وسایل اندازه‌گیری و غیره می‌باشد، از چدن، یا فولاد، و یا کائوچوی سخت خواهد بود. هر جعبه مجموعاً دارای پنج درب قابل برداشت و نصب در پنج جهت می‌باشد به این ترتیب که درب جلو برای دسترسی به وسایل و دربهای جانبی برای اتصال جعبه‌ها به یکدیگر، عبور اتصالات برقی، و یا توسعه تابلو خواهد بود.

۵ـ۴ـ۶ـ۲ برای جلوگیری از نفوذ گردوغبار و آب به داخل جعبه‌ها، کلیه دربهای فوق‌الذکر باید دارای واشر مخصوص آب‌بندی باشد و هنگام برداشتن دربها و اتصال جعبه‌ها به یکدیگر باید توجه شود که واشرهای مزبور حتماً بین دو جعبه قرار داده شود.

۵ـ۴ـ۶ـ۳ شینه‌ها بایستی به وسیله بستهای عایق مخصوص به بدنه جعبه مهار شده و سرشینه‌ها جهت اتصال به یکدیگر آب‌نقره‌کاری و محل لازم برای عبور به جعبه مجاور در طرفین جعبه پیش‌بینی گردد. اتصال شینه‌ها به یکدیگر باید به وسیله پیچ و مهره مسی یا برنجی انجام شود.

۵ـ۴ـ۶ـ۴ وسایل و تجهیزاتی که در داخل هر جعبه نصب می‌شود باید متناسب با جعبه و از یک سازنده باشد.

۵ـ۴ـ۶ـ۵ تابلوهای چند جعبه‌ای برای توزیع نیروی اصلی برق در پست برق فضاهای باز مناطق صنعتی و کارخانجات بالاخص در مناطق غباری و مرطوب به‌کار برده می‌شود.

۵ـ۴ـ۶ـ۶ نما و شماتیک تابلوی توزیع نیروی برق، نوع چند جعبه‌ای، قابل نصب روی دیوار و یا پایه فلزی، در شکل ۵ـ۹ به‌عنوان نمونه نشان داده شده است.

۵ـ۴ـ۶ـ۷ نمونه پایه فلزی برای نصب تابلو چند جعبه‌ای در شکل ۵ـ۱۰ ارائه شده است.

۵ـ۴ـ۷ تابلو توزیع فرعی نیروی برق ـ نوع دیواری

۵ـ۴ـ۷ـ۱ این نوع تابلو، که ممکن است برحسب مورد در روی کار و یا توی کار نصب شود، شامل سه قسمت اصلی جداگانه به شرح زیر خواهد بود:

الف ـ جعبه تابلو (شکل ۵ـ۱۱ ـ الف): در صورتی که ارتفاع تابلو مورد نیاز تا یک متر باشد، جعبه تابلو باید از ورق آهن با ضخامت ۱/۲۵ میلیمتر ساخته شود، و چنانچه ارتفاع تابلو موردنظر از

یک متر متجاوز باشد، جعبه تابلو بایستی از ورق آهن با ضخامت ۱/۵ میلیمتر انتخاب گردد. برای ورود کابل و لوله به داخل تابلو باید در جداره‌های فوقانی و تحتانی جعبه تابلو سوراخهای نوع سنبه‌ای به قطرهای مختلف، یا شیار سراسری با درپوش تعبیه شود. (توضیح این‌که، کلیهٔ لوله‌های ورودی به تابلو باید به وسیلهٔ مهره و بوش برنجی به بدنه تابلو کاملاً متصل و محکم شود.)

ب ـ **اسکلت داخلی برای نصب لوازم (شکل ۵ ـ ۱۱ ـ الف)**: کلیهٔ وسایل و تجهیزات داخل تابلو، برای جلوگیری از آسیب و صدمه در زمان اجرای عملیات ساختمانی، باید بر روی یک اسکلت جداگانه نصب شود. اسکلت مزبور باید از ورق آهن به ضخامت ۱/۵ میلیمتر با خمکاریهای لازم ساخته شده و به‌وسیلهٔ چهار عدد پیچ به سهولت در داخل جعبه تابلو قابل نصب و یا برداشت باشد. (پیچ یا مهره‌ای که برای نصب اسکلت بر روی جعبه تابلو به کار می‌رود باید به‌بدنه جعبه جوش شود.)

پ ـ **چارچوب و درب تابلو (شکل ۵ ـ ۱۱ ـ ب و پ)**: ضخامت ورق‌آهن مورد لزوم برای چارچوب و درب‌تابلو باید برابر ضخامت تعیین‌شده برای جعبه‌تابلو باشد (به‌بند الف مراجعه شود). درب تابلو از نظر استقامت باید دارای پشت‌بند بوده و دورادور آن دارای خمهای به‌شکل یو (U) باشد. چارچوب درب تابلوهای روکار باید از هر چهار طرف حداقل دو سانتیمتر بیشتر از ابعاد جعبه تابلو ساخته شود.

۵ ـ ۴ ـ ۷ ـ ۲ کلیه اجزای تابلو فوق‌الذکر باید پس از زیرسازی شامل زنگ‌زدایی، چربی‌گیری و فسفاته‌کاری، با یکدست رنگ آستری و یکدست رنگ اصلی پوشیده شود.

۵ ـ ۴ ـ ۷ ـ ۳ **روش نصب**

تابلوهای روکار باید پس از تکمیل نقاشی ساختمان، به وسیلهٔ چهار عدد پیچ و رول پلاگ مناسب بر روی سطح دیوار نصب شود.

برای نصب تابلوهای توکار باید پس از اجرای گچ و خاک یا کاهگل دیوار محل نصب تابلو، ابتدا فقط جعبه تابلو همطراز با سطح تمام شده دیوار به‌وسیلهٔ حداقل چهار عدد پیچ و رول پلاگ مناسب نصب شود و سپس سایر اجزای تابلو از قبیل اسکلت، چارچوب و درب آن قبل از شروع نقاشی ساختمان نصب شود.

ارتفاع نصب برای کلیهٔ تابلوهای دیواری ۲۱۰ سانتیمتر از بالای تابلو تا کف تمام شده خواهد بود.

۵ ـ ۴ ـ ۷ ـ ۴ نما و اجزای یک تابلوی توزیع فرعی نیروی برق از نوع دیواری در شکل ۵ ـ ۱۱، به عنوان نمونه، ارائه شده است.

۵ ـ ۴ ـ ۷ ـ ۵ شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق، نوع یک فاز، ۱۲ مداره، در شکل ۵ ـ ۱۲، و دو فرم مختلف از سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی مزبور، در شکلهای ۵ ـ ۱۳ و ۵ ـ ۱۴، به‌عنوان نمونه نشان داده شده است.

۵ ـ ۴ ـ ۷ ـ ۶ شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق، نوع سه فاز، ۲۱ مداره، در شکل ۵ ـ ۱۵، و سیستمهای افقی و عمودی استقرار وسایل باحداقل فواصل در داخل تابلوی یاد شده، به ترتیب در شکلهای ۵ ـ ۱۶ و ۵ ـ ۱۷، به‌عنوان نمونه، ارائه شده است.

۵ـ۴ـ۸ تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز

۵ـ۴ـ۸ـ۱ این‌گونه تابلوها باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن گالوانیزه به فرم نبشی، ناودانی، و سپری، و پوشش آن از ورقهای آهن گالوانیزه با ضخامت حداقل دو میلیمتر یا بیشتر ساخته شود و پس از زیرسازی شامل زنگ‌زدایی، چربی‌گیری و فسفاته‌کاری، با یکدست رنگ ضدزنگ مخصوص، یکدست رنگ آستری، و یکدست رنگ اصلی پوشیده شود.
این نوع تابلو ممکن است از جنس آلومینیوم نیز ساخته شود که در این صورت اسکلت نگهدار و کلیه اجزای آن از جنس آلومینیوم خواهد بود و پوشش آن باید از ورقهای آلومینیوم با ضخامت حداقل سه میلیمتر یا بیشتر ساخته شود.

۵ـ۴ـ۸ـ۲ بدنه این نوع تابلو باید به نحوی ساخته شود که کلیه جوانب آن کاملاً مسدود بوده و فقط از طرف جلو قابل دسترسی باشد.

۵ـ۴ـ۸ـ۳ سقف بیرونی این نوع تابلو باید دارای شیب دوطرفه با لبه‌های برگردان به طرف داخل باشد و حداقل پنج سانتیمتر از هر چهار طرف بزرگتر از ابعاد سقف تابلو باشد.

۵ـ۴ـ۸ـ۴ ساختمان تابلو باید طوری باشد که دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخلی تابلو برای فرمان، تعمیر، و تعویض بدون تداخل با کار قسمتهای دیگر امکان‌پذیر باشد.

۵ـ۴ـ۸ـ۵ درب تابلو باید مجهز به لاستیک آب‌بندی بوده و مطابق شکل شماره ۵ـ۱۸ ساخته شود.

۵ـ۴ـ۸ـ۶ این‌گونه تابلوها باید از نظر ایمنی مجهز به قفل مخصوص باشد و درب آن به‌وسیلهٔ کلید یا آچار مخصوص باز و بسته شود.

۵ـ۴ـ۸ـ۷ برای مشخصات فنی و نحوهٔ شینه‌کشی به بند ۵ـ۴ـ۱ـ۴ مراجعه شود.

۵ـ۴ـ۸ـ۸ برای سیمکشی وسایل اندازه‌گیری و چراغهای سیگنال، فواصل دستگاههای داخل تابلو، شماره‌گذاری لوازم و تجهیزات داخل تابلو، شماره‌گذاری سرسیمها و کابلها، و همچنین شرایط ترمینالها به ترتیب به بندهای ۵ـ۴ـ۱ـ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ مراجعه شود.

۵ـ۴ـ۸ـ۹ ابعاد تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز به قرار زیر است:

ارتفاع (حداکثر)	۱۲۰ سانتیمتر
عرض	بر حسب نیاز
عمق	۴۰ سانتیمتر

۵ـ۴ـ۸ـ۱۰ نما و مقطع تابلوی توزیع برق قابل نصب در فضای باز در شکل ۵ـ۱۸، به‌عنوان نمونه، ارائه شده است.

۵ـ۴ـ۸ـ۱۱ شماتیک تابلوی فرمان روشنایی محوطه و آب‌نماها در شکل ۵ـ۱۹، به‌عنوان نمونه، نشان داده شده است.

۵ـ۴ـ۸ـ۱۲ روش نصب:

این نوع تابلو باید بر روی سکوی بتنی یا آجری، که ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر از کف تمام شده خیابان یا محوطه مربوط ارتفاع داشته باشد، نصب شود. سکوی یاد شده، که از نوع توخالی خواهد بود، باید دارای دیواره‌ای به قطر ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر باشد و نیم‌متر پایین‌تر از کف تمام شده محوطه شروع و تا ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر بالاتر از کف مزبور ادامه یابد.
لبهٔ خارجی سکو، که به صورت نیم‌گرد (پخ) ساخته خواهد شد، باید از هر چهار طرف حداقل ۱۰

سانتیمتر بزرگتر از بدنهٔ تابلو بوده و لبه داخلی آن حداقل ۵ سانتیمتر از بدنهٔ تابلو فاصله داشته باشد.
محل نصب تابلوهای قابل نصب در فضای باز باید طوری پیش‌بینی شود که در جلوی آن محل کافی برای دسترسی به تابلو وجود داشته باشد.

۵-۴-۸-۱۳ برای نصب تابلو روی سکوی بتنی در نواحی مرطوب، ابتدا باید کلافی از نبشی آهنی آماده شود و سپس تابلو به‌آن پیچ و مهره گردد، تا تابلو با کف بتنی تماس مستقیم نداشته باشد.

۵-۴-۸-۱۴ در شکل ۵-۲۰، نمونه سکوی مخصوص نصب تابلوهای توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز، نشان داده شده است.

۵-۵ لوازم، وسایل، و تجهیزات داخل تابلو:

لوازم، وسایل، و تجهیزاتی که در داخل تابلو نصب می‌شود و یک تابلو کامل را تشکیل می‌دهد شامل اقلام زیر است:

الف - وسایل اندازه‌گیری مانند ولت‌متر، آمپرمتر، فرکانس‌متر، کسینوس فی‌متر، وات‌متر، ولت - آمپرمتر، ترانسفورماتور جریان، دورشمار، ساعت شمار، فشارسنج و غیره.

ب - لوازم و وسایل حفاظت و فرمان مانند فیوزهای فشنگی و چاقویی، کلیدهای مینیاتوری، کلیدهای خودکار حفاظت خط یا موتوری، کنتاکتورهای مجهز به رله محافظ (بی - متال) یا بدون رلهٔ محافظ، کلید فیوز، کلید گردان، کلید چاقویی، رله‌ها و تایمرهای مختلف، کلید فرمان ولت‌متر و آمپرمتر و غیره.

پ - وسایل سمعی و بصری اعلام خطر، چراغ سیگنال و غیره.

ت - مقره‌ها و شینه‌ها

۵-۵-۱ اجزای داخلی تابلوهای اصلی:

در تابلوهایی که برای توزیع نیروی برق اصلی به‌کار برده می‌شود، کلید ورودی (اصلی) باید الزاماً از نوع خودکار بوده و کلیدهای توزیع فرعی، در صورتی که برای تغذیه تابلوهای نیم‌اصلی یا فرعی سیستمهای موتوری به‌کار رود، باید از نوع خودکار، و چنانچه برای تغذیه تابلوهای نیم‌اصلی یا فرعی سیستمهای روشنایی مورد استفاده قرار گیرد، باید از نوع کلید فیوز، و یا کلید گردان یا چاقویی با فیوز جداگانه، باشد. (توضیح این‌که، چنانچه بار متصله بیش از ۶۰ آمپر باشد، باید از ترانس جریان و آمپرمتر مخصوص با ضریب مناسب استفاده شود.)
در مواردی که از کلید و فیوز جداگانه استفاده می‌شود، کلید باید قبل از فیوز قرار گیرد به طوری که با خاموش کردن کلید، برق فیوز نیز قطع شود.

۵-۵-۲ تابلوهای فرمان وسایل موتوری:

در تابلوی فرمان وسایل موتوری کلید اصلی باید از نوع خودکار حفاظت موتوری بوده و مجهز به سه دستگاه آمپرمتر و یک دستگاه ولت‌متر و کلید تبدیل ولت‌متر از نوع هفت حالتی باشد. (شکل ۵-۳)

مدارهای فرعی فرمان وسایل موتوری باید الزاماً دارای کنتاکتور و رله محافظ باشد مگر در مورد دستگاههای مجهز به تابلوی فرمان و راه‌اندازی جداگانه، که در این صورت مدار مزبور باید به وسیله کلید فیوز، یا کلیدگردان و فیوز جداگانه، محافظت شود.

برای انتخاب کنتاکتور، بی‌متال، فیوز، کلید قطع و وصل، و کابل[1] به جداول انتخاب لوازم و وسایل مزبور مراجعه شود (جدول ۵ ـ ۱ برای موتورهای تک‌فاز و جدول ۵ ـ ۲ برای موتورهای سه فاز).

برای آگاهی از روشن یا خاموش بودن کلید اصلی یا هر یک از کنتاکتورها باید برای هر مدار دو عدد چراغ سیگنال به‌رنگهای قرمز و سبز (قرمز برای حالت روشن و سبز برای حالت خاموش) پیش‌بینی شود.

هر مدار، در صورت لزوم، باید مجهز به آمپرمتر متناسب با شدت جریان آن باشد و در مدارهایی که شدت جریان آن بیش از ۶۰ آمپر می‌باشد باید از ترانس جریان و آمپرمتر مخصوص با ضریب متناسب استفاده شود. ظرفیت آمپرمتر انتخابی نباید، از حدود ۲۵ درصد حداکثر بار بیشتر در نظرگرفته شود. به طور مثال، در صورتی که حداکثر بار ۴۰۰ آمپر باشد، آمپرمتر و ترانس جریان انتخابی باید با نسبت تبدیل ۵۰۰/۵ باشد.

۵ ـ ۵ ـ ۳ تابلوهای فرعی روشنایی:

در تابلوهای فرعی روشنایی تک‌فاز و سه‌فاز، کلید اصلی باید حتی‌الامکان از نوع گردان بوده، و برای محافظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه نیز از فیوز فشنگی متناسب با ظرفیت کلید اصلی استفاده شود.

کلیه مدارهای خروجی، که برای روشنایی، پریزها، و غیره به کار می‌رود، باید ترجیحاً به‌وسیلهٔ کلیدهای مینیاتوری، یا فیوز فشنگی با ظرفیت اسمی زیر محافظت گردد:

برای مدارهای زنگ اخبار و احضار — حداکثر ۴ آمپر

برای مدارهای روشنایی — حداقل ۱۰ آمپر

برای مدارهای پریزها — حداقل ۱۶ آمپر

کلیهٔ سیمکشیهای داخل تابلو ـ از کلید اصلی به فیوز اصلی، و از فیوز اصلی به شینه توزیع، و از شینه توزیع به‌کلیدهای مینیاتوری یا فیوزها، و از کلیدهای مینیاتوری یا فیوزها به ترمینال ـ باید با سیم مسی تک‌لا (مفتولی)، با عایق حداقل ۱۰۰۰ ولت و با سطح مقطع مناسب (حداکثر چهار آمپر برای هر میلیمتر مربع سطح مقطع سیم) انجام شود.

فرم‌بندی سیمکشیهای مزبور باید به نحوی انجام شود، که در صورت نیاز تعویض هر یک از سیمها، بدون تداخل با کار سایر مدارها امکان‌پذیر بوده و یا، کلیه سیمکشیهای داخلی در داخل کانال مخصوص، از نوع نسوز انجام شود.

سطح‌مقطع ترمینالهای موردکاربرد باید با سطح‌مقطع هادیهای داخلی تابلو یکسان باشد و به علاوه به هر ترمینال باید فقط یک هادی‌وصل شود و اتصال دو یا چندهادی به‌یک ترمینال تک‌سوراخ مجاز نمی‌باشد.

---

۱ ـ مقاطع توصیه شده برای کابل تغذیه موتورهای برقی در جداول ۵ ـ ۱ و ۵ ـ ۲ مربوط به‌فواصل کوتاه در داخل موتورخانه و مانند آن می‌باشد، در مواردی که فاصله بین محل نصب موتور و تابلو قابل ملاحظه باشد برای تعیین سطح مقطع کابل تغذیه باید افت ولتاژ مجاز نیز محاسبه و کنترل شود.

۵-۶ مشخصات فنی لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو:

۵-۶-۱ کلیدهای اتوماتیک با رله حرارتی و مغناطیسی

۵-۶-۱-۱ محفظهٔ کلید باید از فنل یا پلی‌استر با درجه خلوص زیاد یا مواد مشابه با پایداری حرارت زیاد، ساخته شده باشد.

۵-۶-۱-۲ مکانیزم عملکرد باید دارای سرعت قطع و وصل زیاد بوده و مستقل از عملکرد دستگیره کنتاکتها را به طور لحظه‌ای باز و بسته نماید. مکانیزم مزبور باید تمام قطبها را به طور همزمان قطع نماید.

۵-۶-۱-۳ ترمینالهای واقع در سمت خط تغذیه و همچنین ترمینالهای واقع در سمت بار، باید برای اتصال به کابلشوها یا اتصال به شینه‌ها، مناسب باشد.

۵-۶-۱-۴ در مواردی که دستگاه قطع‌کننده به منبع تغذیه نیاز دارد، منبع مذکور باید یک جزء مجتمع از کلید باشد.

۵-۶-۱-۵ کلید باید به گونه‌ای طراحی شود که نصب افقی یا عمودی هیچ‌گونه اثر مغایری با عملکرد الکتریکی آن نداشته باشد.

۵-۶-۱-۶ **مکانیزم عملکرد:**

الف - مکانیزم قطع‌کننده حرارتی برای کلیدهای دارای جریان اسمی بیش از ۱۰۰ آمپر باید توسط وسیلهٔ تنظیم بدون جابجایی هیچ قسمتی از کلید، قابل تنظیم و امکان‌پذیر باشد و مکانیزم قطع مغناطیسی برای کلیدهای دارای جریان اسمی بیش از ۲۰۰ آمپر، باید قابل تنظیم باشد.

ب - دستگیره عمل‌کننده باید جهت آسانی عمل دارای طول کافی بوده و محل آن قابل دسترس و مقابل کلید باشد.

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

۵-۶-۱-۷ ویژگیهای زیر باید بر روی یک لوحه‌ای بادوام و با خطوط دایمی درج شود و در محل مناسب روی کلید قرارگیرد:

الف - استاندارد مورد استفاده

ب - ولتاژ اسمی و تعداد فازها

پ - جریان اسمی

ت - جریان(های) قطع مربوط به ولتاژ(های) اعمال‌شده

ث - نام سازنده یا علامت تجاری

ج - فرکانس

چ - نام کشور سازنده

ح - درجه حفاظت

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

۵-۶-۲ کنتاکتورهای فشار ضعیف

۵-۶-۲-۱ کنتاکتورها باید دارای مشخصات فنی ذکر شده در جدول زیر باشد:

ولتاژ اسمی (ولت)

فرکانس اسمی (هرتز)

تعداد قطبها

واسطه قطع (هوا/...)

وظیفه اسمی مشخص شده

ولتاژ آزمون عایقی (ولت)

ولتاژ آزمون اسمی ایستادگی فرکانس صنعتی یک دقیقه‌ای (ولت)

تعداد کنتاکتهای کمکی:

کنتاکتهای حالت عادی بسته (NC)

کنتاکتهای حالت عادی باز (NO)

۵-۶-۲-۲ کنتاکتورها و هادیها، باید طوری انتخاب شود که جریان بار نامی را به طور مداوم بتواند تحمل کند و در این حال هیچ‌گونه خسارت یا آسیبی به آن یا اجزای مجاور آن وارد نشود.

۵-۶-۲-۳ افزایش درجه حرارت قسمتهای مختلف در حال کار نباید از مقادیر مشخص شده در استاندارد کلیدها بیشتر شود (قسمت خواص دی‌الکتریک بند (۷-۴) از IEC 158-1 جدول VI)

۵-۶-۲-۴ کنتاکتور باید هنگام کار در محدوده ولتاژ نامی، فاقد هرگونه لرزش و یا پرشی در کنتاکتها باشد.

۵-۶-۲-۵ علاوه بر کنتاکتهای اصلی، کنتاکتهای فرعی نیز برای فرمان و کنترل وجود داشته باشد.

۵-۶-۲-۶ کنتاکتهای حامل بار باید قابل تعویض باشد و فاصلهٔ بین قطبهای گوناگون کنتاکتور باید هم اندازه باشد.

۵-۶-۲-۷ فنر عمل‌کننده باید از فلز زنگ‌نزن مناسب یا از فلزی با روکش مؤثر بادوام که در آن خوردگی ایجاد نمی‌شود، تهیه گردد. کنتاکتورها باید در محفظه‌ای که در برابر گرد و غبار محافظت شده باشد قرار گیرد و تمام پیچ و مهره‌های آن سفت و محکم باشد.

۵-۶-۲-۸ ویژگیهای زیر باید بر روی یک پلاک بادوام با خطوط دایمی درج شود. (برابر قسمت ۵ از نشریه IEC 158)

الف - ولتاژ اسمی

ب - جریان اسمی

ج - رده کاربرد

د - فرکانس اسمی

هـ - علامت تجاری یا نام سازنده

۵-۶-۲-۹ کنتاکتورهای انتخاب شده باید برای استفاده در شرایط جوی مشخص شده مناسب باشد.

۵-۶-۲-۱۰ کنتاکتورها باید دارای پایداری کافی در کار باشد.

۵-۶-۳ فیوزها

۵-۶-۳-۱ فیوزها باید به‌آسانی قابل نصب در داخل تابلو یا کلید فیوز باشد.

۵-۶-۳-۲ فیوزها باید دارای مشخصات فنی مندرج در جدول زیر باشد:

ولتاژ نامی (ولت)

جریان اسمی پایه فیوز (آمپر)

جریان اسمی فیوز (آمپر)

جریان اتصال کوتاه (کیلوآمپر)

فرکانس اسمی (هرتز)

سطح عایقی (ولت)

مشخصه‌های زمان جریان (تندکار /کندکار /...)

نوع فیوز (کاردی، فشنگی)

قابلیت محدودکنندگی جریان اتصال کوتاه (بلی /خیر)

۵-۶-۳-۳ ضرایب کاهش مقادیر اسمی جریانها در ارتفاعات و مکانهای گوناگون با توجه به درجه حرارت محیط در انتخاب فیوز ملحوظ شده باشد.

۵-۶-۳-۴ مشخصات زمان ـ جریان فیوزها ارائه شود.

۵-۶-۳-۵ **پایداری:**

فیوز باید به‌گونه‌ای طراحی شده باشد که در حالات گوناگون و شرایط کار طبیعی و غیرطبیعی، موارد ذکر شده زیر را برآورده نماید:

الف ـ در هر شرایط کار طبیعی و تحت وضعیت سرویس مشخص شده، دمای قسمتهای مختلف آن از مقادیر مشخص شده بیشتر نشود و در مشخصه زمان ـ جریان تعیین شده تغییر قابل توجهی ظاهر نشود.

ب ـ پایداری حرارتی در طول مدت اتصال کوتاه و همچنین در طول مدت برقراری جریان اسمی کوتاه‌مدت تعیین‌شده.

پ ـ پایداری دینامیکی در برابر قویترین نیروی تولید شده به‌وسیلهٔ حداکثر مقدار جریان اتصال کوتاه همانند فشار ضربه‌ای قوی که به‌وسیلهٔ قطع همان جریان تولید می‌گردد.

۵-۶-۴ کلیدهای مینیاتوری

۵-۶-۴-۱ کلیدهای مینیاتوری باید از نوع حرارتی ـ مغناطیسی باشد و بدنه آن استقامت حرارتی و مکانیکی کافی برای تحمل مداوم جریان نامی قید شده آن را داشته باشد.

۵-۶-۴-۲ بدنه کلیدهای مینیاتوری باید بتواند جریان اضافه‌بار و اتصال کوتاهی را که کلید عامل حفاظتی آن است در شرایط کاری قید شده تحمل نماید.

۵-۶-۴-۳ درجه حفاظت کلید باید با درجه حفاظت تابلو همخوانی داشته و از درجه حفاظت تابلو نکاهد.

۵-۶-۴-۴ محفظه دربرگیرنده جزء عمل‌کننده حفاظتی، باید به‌منظور جلوگیری از تماس شخص با مکانیزم مزبور کاملاً مهر و موم شده باشد.

۵-۶-۴-۵ اجزای فلزی مکانیزم عمل‌کننده کلید باید از جنس مقاوم باشد تا در شرایط آب و هوایی نامساعد فرسوده نشود. ترمینالهای کلید باید به‌گونه‌ای باشد که از پراکنده شدن سیم و کابل متصل به آن جلوگیری

شود. رزوه‌های پیچ ترمینالها باید در فلز محکم شود. انتهای آچارخور پیچها باید گرد باشد تا از صدمه رساندن به‌سیمها جلوگیری نماید.

۵-۶-۴-۶ اطلاعات زیر باید به‌طور خوانا و همیشگی بر روی بدنه کلید درج شده باشد:

الف - استاندارد ساخت

ب - جریان اسمی

پ - ولتاژ اسمی و تعداد فازها

ت - دمای مرجع برای تنظیم کردن

ث - نوع کلید برحسب جریان قطع حفاظتی آن

ج - نام سازنده یا علامت تجاری آن

چ - فرکانس نامی

ح - وظیفهٔ کلید

۵-۶-۵ ترانسهای جریان

۵-۶-۵-۱ ترانسفورماتورهای جریان باید مطابق مشخصات ذکر شده در آخرین نشریه استاندارد IEC 185 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۵-۶-۵-۲ ترانسفورماتورهای جریان باید برای کار عادی، تحت شرایط مشخص شده مناسب باشد. این نوع ترانسها باید به صورت یکپارچه ریخته شده و با ساخت مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی، مکانیکی زیاد بوده و در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت، مقاومت زیاد داشته باشد.

تمام اجزای واقع در معرض هوا، باید برای مقاومت در برابر خوردگی از مواد ضدخوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشد. همچنین این‌گونه ترانسها باید نیازی به نگهداری نداشته باشد.

۵-۶-۵-۳ ترمینال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و به پیچهای اتصال با اندازه مناسب برای اتصال به هادی مسی تا ۴ میلیمتر مربع مجهز باشد.

۵-۶-۵-۴ مجموعه ترانسفورماتورهای جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت مکانیکی کافی ثابت گردد. ترانسفورماتور جریان باید بتواند توسط چهار عدد پیچ در هر وضعیت مطلوبی نصب شود.

۵-۶-۵-۵ یک پلاک ضدزنگ، که شامل اطلاعات مندرج در استاندارد IEC 185 ، و نشانگر دیاگرام اتصالات به صورت پاک نشدنی، باشد باید در یک مکان قابل دید روی ترانسفورماتور جریان نصب گردد. روش علامت‌گذاری ترمینالها باید مطابق استاندارد IEC 185 باشد.

۵-۶-۶ وسایل اندازه گیری و نمایشگر

۵-۶-۶-۱ وسایل نمایشگر باید در برابر نفوذ رطوبت و خاک مقاوم باشد و تقریباً همسطح قسمت نگهدارنده که ضخامت آن دو میلیمتر است، نصب شود. این وسایل باید دارای زمینه سفیدرنگ بوده و علامت‌گذاریها و درجه‌بندی و نشانگر آن به رنگ سیاه باشد.

۵-۶-۶-۲ وسایل نمایشگر باید دارای پیچ تنظیم برای صفرکردن باشد و میزان دقت آن در مقادیر اسمی برابر با ۱ ±

درصد باشد.

۵-۶-۶-۳ آمپرمترها باید مطابق جریان اولیه ترانسفورماتور جریان مدرج شده باشد.

۵-۶-۶-۴ ولت‌مترها باید دارای دامنه ۱ تا ۵۰۰ ولت باشد.

۵-۶-۶-۵ کلید ولت‌متر باید از نوع گردان هفت حالته باکنتاکت نگهدارنده، و بدون فنر برگشت بوده و دارای صفحه علامت‌گذاری شده باشد و برای نصب روی ورقه دو میلیمتری مناسب باشد. علامتها باید شامل: R، S، T، R-S، R-T، T-S و O باشد.

۵-۶-۶-۶ لامپهای نمایشگر باید از نوع تابلویی، دارای مصرف کم و برای نصب بر روی تابلو موردنظر مناسب باشد. کلاهک رنگی روی لامپها نباید با گرمای لامپ تغییر شکل و رنگ دهد.

۵-۶-۷ حداقل سطح مقطع سیمهای فشار ضعیف و کنترل داخل تابلو نباید از ۲/۵ میلیمتر مربع کمتر باشد و پوشش عایق آن باید حداقل تحمل ولتاژ ۱۰۰۰ ولت را داشته باشد.

۵-۶-۸ تابلوها و تجهیزات داخل آن باید دارای پلاک یا لوحه ویژگیهای مربوط به آن باشد که به صورت ماندگار و خوانا در محل قابل رویت نصب شود.

لوحه ویژگیهای تابلو باید حداقل شامل نام یا علامت تجاری سازنده، علامت مشخص‌کننده نوع تابلو، نوع جریان، ولتاژ اسمی‌کار، ولتاژ اسمی عایقبندی، ولتاژ جریان اسمی مدارهای فرعی، محدودیت و شرایط کاربرد، ایستادگی در برابر اتصال کوتاه، درجه حفاظت تابلو و افراد، و ابعاد تابلو باشد.

۵-۷ آزمایش تابلوهای فشار ضعیف:

کلیهٔ تابلوهای فشار ضعیف باید پس از ساخت در کارخانه و همچنین پس از نصب در محل و قبل از راه‌اندازی، در زمینه‌های خواص دی‌الکتریک، افزایش دما، ایستادگی در برابر اتصال کوتاه، پیوستگی مدارهای حافظتی، فواصل هوایی و خزشی، نحوهٔ کار اجزای مکانیکی، و درجهٔ حفاظت مورد آزمایش قرار گیرد. این‌گونه آزمونها باید براساس مفاد بند ۸ نشریه شماره ۱۹۲۸ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران زیر عنوان «مشخصات آزمونها»، که برای سهولت مراجعه عیناً ضمیمه این فصل گردیده است، انجام شود.

۵-۸ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل تابلوهای فشار ضعیف در جدول ۵-۵ ارائه شده است.

جدول ۵ ـ ۱ جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای تک‌فاز برقی

قدرت اسمی موتورهای تک‌فاز		شدت‌جریان (آمپر) در ۲۲۰ ولت، ۵۰ سیکل		روش حفاظت موتورهای برقی								کابل یا سیم تغذیه
				راه‌انداز			رله محافظ حرارتی (بی ـ متال)		فیوز پشتیبان			اندازه
کیلووات	اسب بخار (متریک)	دور در دقیقه		نوع	اندازه	جریان اسمی	گستره (آمپر)	تنظیم (آمپر)	نوع	پایه (آمپر)	فشنگ (آمپر)	کلید قطع (آمپر)	سطح مقطع و و تعداد رشته
			۱۴۲۵									
۰/۰۴۷	$\frac{۱}{۱۶}$		۰/۷	اتصال مستقیم	۰	۹	۱ ـ ۰/۶	۰/۷۵	DIAZED تأخیر زمانی	۲۵	۴	۱۶	۲×۲/۵
۰/۰۶	$\frac{۱}{۱۲}$		۰/۹	۱ ـ م	۰	۹	۱/۲ ـ ۰/۸	۰/۹۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۴	۱۶	۲×۲/۵
۰/۰۹	$\frac{۱}{۸}$		۱/۲	۱ ـ م	۰	۹	۱/۶ ـ ۱/۱	۱/۲۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲/۵
۰/۱۲	$\frac{۱}{۶}$		۱/۷	۱ ـ م	۰	۹	۲ ـ ۱/۴	۱/۷۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲/۵
۰/۱۸	$\frac{۱}{۴}$		۲/۳	۱ ـ م	۰	۹	۲/۵ ـ ۱/۷	۲/۳۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲/۵
۰/۲۵	$\frac{۱}{۳}$		۳/۳	۱ ـ م	۰	۹	۴/۵ ـ ۳	۳/۳۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲/۵
۰/۳۷	$\frac{۱}{۲}$		۴/۱	۱ ـ م	۰	۹	۶ ـ ۴	۴/۱۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۰	۱۶	۲×۲/۵
۰/۵۵	$\frac{۳}{۴}$		۶/۱	۱ ـ م	۰	۹	۸ ـ ۵/۵	۶/۲۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۶	۱۶	۲×۲/۵
۰/۷۵	۱		۷/۵	۱ ـ م	۱	۱۶	۱۲ ـ ۸	۷/۶۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۶	۱۶	۲×۲/۵
۱/۱	۱/۵		۹/۵	۱ ـ م	۱	۱۶	۱۲ ـ ۸	۹/۶۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۲۵	۲۵	۲×۴
۱/۵	۲		۱۴	۱ ـ م	۲	۳۲	۱۶ ـ ۱۱	۱۴/۲۰	DIA ت ـ ز	۶۳	۳۵	۴۰	۲×۶
۲/۲	۳		۲۱	۱ ـ م	۲	۳۲	۲۵ ـ ۱۷	۲۱/۵۰	DIA ت ـ ز	۶۳	۵۰	۶۳	۲×۱۰
۳/۶	۵		۳۵	۱ ـ م	۳	۴۵	۴۵ ـ ۳۰	۳۵/۵۰	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۲×۱۶
۵/۵	۷/۵		۵۰	۱ ـ م	۴	۶۳	۶۳ ـ ۴۰	۵۱	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲×۲۵

جدول ۵ ـ ۲ جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای سه‌فاز برقی

قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز		شدت‌جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			روش حفاظت موتورهای برقی								کابل یا سیم تغذیه
		دور در دقیقه			راه‌انداز			رله محافظ حرارتی (بی ـ متال)	فیوز پشتیبان			اندازه	
کیلووات	اسب بخار (متریک)	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰	نوع	اندازه	جریان اسمی	گستره (آمپر)	تنظیم (آمپر)	نوع	پایه (آمپر)	فشنگ (آمپر)	کلید قطع (آمپر)	سطح مقطع و و تعداد رشته
۰/۰۶	$\frac{۱}{۱۲}$	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲	اتصال مستقیم	۰	۹	۰/۱۸ ـ ۰/۲۵	۰/۲۵	DIAZED تأخیر زمانی	۲۵	۲	۱۶	۳×۲/۵
۰/۰۹	$\frac{۱}{۸}$	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳	ا ـ م	۰	۹	۰/۲۵ ـ ۰/۴	۰/۳۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۲	۱۶	۳×۲/۵
۰/۱۲	$\frac{۱}{۶}$	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۳۷	ا ـ م	۰	۹	۰/۴ ـ ۰/۶	۰/۴۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۲	۱۶	۳×۲/۵
۰/۱۸	$\frac{۱}{۴}$	۰/۶۸	۰/۶۱	۰/۵۳	ا ـ م	۰	۹	۰/۶ ـ ۱	۰/۶۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۴	۱۶	۳×۲/۵
۰/۲۵	$\frac{۱}{۳}$	۰/۸۸	۰/۷۸	۰/۷۱	ا ـ م	۰	۹	۰/۶ ـ ۱	۰/۸۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۴	۱۶	۳×۲/۵
۰/۳۷	$\frac{۱}{۲}$	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۱۰	ا ـ م	۰	۹	۰/۸ ـ ۱/۲	۱/۱۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۴	۱۶	۳×۲/۵
۰/۵۵	$\frac{۳}{۴}$	۱/۶۳	۱/۴۷	۱/۴۵	ا ـ م	۰	۹	۱/۱ ـ ۱/۶	۱/۵۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲/۵
۰/۷۵	۱/۰	۲/۱۵	۱/۹۵	۱/۸۳	ا ـ م	۰	۹	۱/۷ ـ ۲/۵	۲/۰۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲/۵
۱/۱	۱/۵	۳/۰	۲/۸	۲/۵۵	ا ـ م	۰	۹	۲/۲ ـ ۳/۲	۲/۸۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲/۵
۱/۲	۱/۶	۳/۴	۳/۱۴	۲/۸۰	ا ـ م	۰	۹	۳ ـ ۴/۵	۳/۱۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲/۵
۱/۵	۲/۰	۴/۰	۳/۷	۳/۴	ا ـ م	۰	۹	۳ ـ ۴/۵	۳/۷۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۰	۱۶	۳×۲/۵
۲/۰	۲/۶۷	۵/۳	۴/۹۵	۴/۴	ا ـ م	۰	۹	۴ ـ ۶	۵/۰۰	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۶	۲۵	۳×۲/۵
۲/۲	۳/۰	۵/۸	۵/۲	۴/۸	ا ـ م	۰	۹	۴ ـ ۶	۵/۲۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۶	۲۵	۳×۲/۵
۳/۰	۴/۰	۷/۶	۷/۰	۶/۴	ا ـ م	۰	۹	۵/۵ ـ ۸	۷/۰۵	DIA ت ـ ز	۲۵	۱۶	۲۵	۳×۲/۵

جدول ۵ ـ ۲ (ادامه)

قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز		شدت‌جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			روش حفاظت موتورهای برقی								کابل یا سیم تغذیه
		دور در دقیقه			راه‌انداز			رله محافظ حرارتی (بی ـ متال)		فیوز پشتیبان			اندازه
کیلووات	اسب بخار (متریک)	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰	نوع	اندازه	جریان اسمی	گستره (آمپر)	تنظیم (آمپر)	نوع	پایه (آمپر)	فشنگ (آمپر)	کلید قطع (آمپر)	سطح مقطع و و تعداد رشته
۴	۵/۵	۹/۵	۸/۸	۸/۱	اتصال مستقیم	۱	۱۶	۹/۵ ـ ۶/۵	۸/۹	DIAZED تأخیر زمانی	۲۵	۲۵	۲۵	۳×۴
۵	۶/۶۷	۱۱/۹	۱۰/۸	۱۰/۱	ا ـ م	۱	۱۶	۱۲ ـ ۸	۱۰/۹	DIA ت ـ ز	۲۵	۲۵	۲۵	۳×۴
۵/۵	۷/۵	۱۳/۱	۱۱/۷	۱۱/۲	ا ـ م	۱	۱۶	۱۶ ـ ۱۱	۱۱/۸	DIA ت ـ ز	۶۳	۳۵	۴۰	۳×۶
۷/۵	۱۰	۱۸/۱	۱۵/۶	۱۴/۹	ا ـ م	۲	۳۲	۲۰ ـ ۱۴	۱۵/۷	DIA ت ـ ز	۶۳	۳۵	۴۰	۳×۶
۱۰	۱۳/۳۴	۲۲/۶	۲۰	۲۰/۴	ا ـ م	۲	۳۲	۲۵ ـ ۱۷	۲۰/۵	DIA ت ـ ز	۶۳	۵۰	۶۳	۳×۱۰
۱۱	۱۵	۲۴/۳	۲۲	۲۲/۵	ا ـ م	۲	۳۲	۲۵ ـ ۱۷	۲۲/۵	DIA ت ـ ز	۶۳	۵۰	۶۳	۳×۱۰
۱۵	۲۰	۳۱/۵	۲۹	۳۰	ا ـ م	۲	۳۲	۳۲ ـ ۲۲	۲۹/۵	DIA ت ـ ز	۶۳	۶۳	۶۳	۳×۱۰
۱۸/۵	۲۵	۳۷/۵	۳۸	۳۶	ا ـ م	۳	۴۵	۴۵ ـ ۳۰	۳۸/۵	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۳×۱۶
۲۰	۲۶/۶۶	۴۰/۱	۳۹/۸	۳۷/۹	ا ـ م	۳	۴۵	۴۵ ـ ۳۰	۴۰	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۳×۱۶
۲۲	۳۰	۴۴/۵	۴۳/۵	۴۲/۵	ا ـ م	۴	۶۳	۶۳ ـ ۴۰	۴۴	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۳×۲۵
۲۵	۳۳/۳۴	۵۰	۴۹	۴۸	ا ـ م	۴	۶۳	۶۳ ـ ۴۰	۵۰	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳×۲۵
۳۰	۴۰	۵۹	۵۸	۵۷	ا ـ م	۴	۶۳	۶۳ ـ ۴۰	۵۹	DIA ت ـ ز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳×۲۵
۳۵	۴۶/۶۶	۶۸	۶۷	۶۵/۵	ا ـ م	۶	۱۱۰	۸۰ ـ ۵۵	۶۸	DIA ت ـ ز	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	۳×۳۵
۳۷	۵۰	۷۲	۷۱	۶۹	ا ـ م	۶	۱۱۰	۸۰ ـ ۵۵	۷۲	DIA ت ـ ز	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	۳×۳۵

جدول ۵ ـ ۲ (ادامه)

قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز		شدت‌جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			روش حفاظت موتورهای برقی								کابل یا سیم تغذیه
		دور در دقیقه			راه‌انداز			رله محافظ حرارتی (بی ـ متال)		فیوز پشتیبان			اندازه
کیلووات	اسب بخار (متریک)	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰	نوع	اندازه	جریان اسمی	گستره (آمپر)	تنظیم (آمپر)	نوع	پایه (آمپر)	فشنگ (آمپر)	کلید قطع (آمپر)	سطح مقطع و و تعداد رشته
۴۰	۵۳/۳۳	۷۷/۲	۷۵/۶	۷۴/۲	اتصال مستقیم	۶	۱۱۰	۷۰ ـ ۱۰۰	۷۸	DIAZED تأخیر زمانی	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	۳×۳۵
۴۵	۶۰	۸۷	۸۷	۸۳	ا ـ م	۶	۱۱۰	۷۰ ـ ۱۰۰	۸۸	DIA ت ـ ز	۲۰۰	۱۶۰	۲۰۰	۳×۵۰
۵۰	۶۶/۶۶	۹۶	۹۴/۵	۹۳	ا ـ م	۶	۱۱۰	۹۰ ـ ۱۱۰	۹۶	DIA ت ـ ز	۲۰۰	۱۶۰	۲۰۰	۳×۵۰
۵۵	۷۵	۱۰۶	۱۰۴	۱۰۴	ا ـ م	۸	۱۷۰	۸۸ ـ ۱۲۵	۱۰۶	DIA ت ـ ز	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۳×۵۰
۷۵	۱۰۰	۱۴۴	۱۴۲	۱۴۰	ا ـ م	۸	۱۷۰	۱۲۰ ـ ۱۷۰	۱۴۴	HRC	۴۰۰	۲۲۴	۴۰۰	۳×۷۰
۹۰	۱۲۵	۱۷۲	۱۶۸	۱۶۶	ا ـ م	۱۰	۲۵۰	۱۴۰ ـ ۲۰۰	۱۷۲	HRC	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۳×۹۵
۱۱۰	۱۵۰	۲۱۰	۲۰۵	۲۰۰	ا ـ م	۱۰	۲۵۰	۱۷۵ ـ ۲۵۰	۲۱۰	HRC	۴۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۳×۱۲۰
۱۳۲	۱۸۰	۲۵۵	۲۴۵	۲۴۰	ا ـ م	۱۲	۴۰۰	۲۲۵ ـ ۳۲۰	۲۵۵	HRC	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	۳×۱۵۰
۱۶۰	۲۲۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۹۰	ا ـ م	۱۲	۴۰۰	۲۸۰ ـ ۴۰۰	۲۹۵	HRC	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	۳×۱۸۵
۲۰۰	۲۷۰	۳۷۰	۳۶۰	۳۶۰	ا ـ م	۱۲	۴۰۰	۳۵۰ ـ ۵۰۰	۳۷۰	HRC	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	۳×۳۰۰
۲۵۰	۳۴۰	۴۶۰	۴۵۰	۴۴۰	ا ـ م	۱۴	۶۳۰	۴۴۰ ـ ۶۳۰	۴۶۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۶۳۰	۳×۳۰۰
۳۱۵	۴۳۰	۵۸۰	۵۷۰	۵۶۰	ا ـ م	۱۴	۶۳۰	۴۴۰ ـ ۶۳۰	۵۸۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۶۳۰	۳×۴۰۰
۳۸۰	۵۱۵	۷۰۰	۶۸۰	۶۶۰	ا ـ م	ـ	۱۰۰۰	۲۵۰ ـ ۱۰۰۰	۷۰۰	HRC	۱۰۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۴۰)
۴۰۰	۵۴۵	۷۲۰	۷۱۵	۷۱۰	ا ـ م	ـ	۱۰۰۰	۲۵۰ ـ ۱۰۰۰	۷۲۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۴۰)
۵۰۰	۶۸۰	۹۱۰	۸۹۵	۸۷۵	ا ـ م	ـ	۱۰۰۰	۷۵۰ ـ ۱۲۰۰	۹۱۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۴۰)

جدول ۵ ـ ۲ (ادامه)

قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز		شدت‌جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			روش حفاظت موتورهای برقی								کابل یا سیم تغذیه
		دور در دقیقه			راه‌انداز			رله محافظ حرارتی (بی ـ متال)	فیوز پشتیبان			اندازه کلید قطع (آمپر)	
کیلووات	اسب بخار (متریک)	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰	نوع	اندازه	جریان اسمی	گستره (آمپر)	تنظیم (آمپر)	نوع	پایه (آمپر)	فشنگ (آمپر)		سطح مقطع و و تعداد رشته
۱۱	۱۵	۲۴/۳	۲۲	۲۲/۵	ستاره مثلث	۱	۲۵	۱۶ ـ ۱۱	۱۳	تأخیرزمانی یا HRC	NEOZ-25 یا HRC-125	۲۵	۴۰	۲(۳×۶)
۱۵	۲۰	۳۱/۵	۲۹	۳۰	س ـ م	۲	۵۰	۲۰ ـ ۱۴	۱۸	تأخیرزمانی یا HRC	NEOZ-63 یا HRC-125	۵۰	۶۳	۲(۳×۱۰)
۱۸/۵	۲۵	۳۷/۵	۳۸	۳۶	س ـ م	۲	۵۰	۲۵ ـ ۱۷	۲۲	تأخیرزمانی یا HRC	NEOZ-63 یا HRC-125	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۰)
۲۰	۲۶/۶۶	۴۰/۱	۳۹/۸	۳۷/۹	س ـ م	۳	۷۰	۳۲ ـ ۲۲	۲۴	تأخیرزمانی یا HRC	NEOZ-63 یا HRC-125	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۶)
۲۲	۳۰	۴۴/۵	۴۳/۵	۴۲/۵	س ـ م	۳	۷۰	۳۲ ـ ۲۲	۲۶	تأخیرزمانی یا HRC	NEOZ-63 یا HRC-125	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۶)
۲۵	۳۳/۳۴	۵۰	۴۹	۴۸	س ـ م	۳	۷۰	۳۲ ـ ۲۲	۲۹	تأخیرزمانی یا HRC	NEOZ-63 یا HRC-125	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۶)
۳۰	۴۰	۵۹	۵۸	۵۷	س ـ م	۳	۷۰	۴۵ ـ ۳۰	۳۵	HRC	۱۲۵	۸۰	۱۲۵	۲(۳×۱۶)
۳۵	۴۶/۶۶	۶۸	۶۷	۶۵/۵	س ـ م	۴	۱۰۰	۴۵ ـ ۳۰	۴۰	HRC	۱۲۵	۱۰۰	۱۲۵	۲(۳×۲۵)
۳۷	۵۰	۷۲	۷۱	۶۹	س ـ م	۴	۱۰۰	۶۳ ـ ۴۰	۴۲	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۲۵)
۴۰	۵۳/۳۳	۷۷/۲	۷۵/۶	۷۴/۲	س ـ م	۴	۱۰۰	۶۳ ـ ۴۰	۴۵	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۲۵)
۴۵	۶۰	۸۷	۸۷	۸۳	س ـ م	۶	۱۶۰	۶۳ ـ ۴۰	۵۱	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۳۵)
۵۰	۶۶/۶۶	۹۶	۹۴/۵	۹۳	س ـ م	۶	۱۶۰	۶۳ ـ ۴۰	۵۶	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۳۵)
۵۵	۷۵	۱۰۶	۱۰۴	۱۰۴	س ـ م	۶	۱۶۰	۸۰ ـ ۵۵	۶۲	HRC	۲۵۰	۱۶۰	۲۵۰	۲(۳×۵۰)
۷۵	۱۰۰	۱۴۴	۱۴۲	۱۴۰	س ـ م	۶	۱۶۰	۱۰۰ ـ ۷۰	۸۴	HRC	۲۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۲(۳×۷۰)

جدول ۵ ـ ۲ (ادامه)

قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز		شدت‌جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			روش حفاظت موتورهای برقی									کابل یا سیم تغذیه
		دور در دقیقه			راه‌انداز			رله محافظ حرارتی (بی ـ متال)		فیوز پشتیبان			اندازه	
کیلووات	اسب بخار (متریک)	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰	نوع	اندازه	جریان اسمی	گستره (آمپر)	تنظیم (آمپر)	نوع	پایه (آمپر)	فشنگ (آمپر)	کلید قطع (آمپر)	سطح مقطع و و تعداد رشته
۹۰	۱۲۵	۱۷۲	۱۶۸	۱۶۶	ستاره مثلث	$\frac{۸}{۶}$	۲۵۰	۸۸ ـ ۱۲۵	۹۸	HRC	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲(۳×۹۵)
۱۱۰	۱۵۰	۲۱۰	۲۰۵	۲۰۰	س ـ م	$\frac{۸}{۶}$	۲۵۰	۸۸ ـ ۱۲۵	۱۲۰	HRC	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲(۳×۹۵)
۱۳۲	۱۸۰	۲۵۵	۲۴۵	۲۴۰	س ـ م	$\frac{۸}{۶}$	۲۵۰	۱۲۰ ـ ۱۷۰	۱۴۵	HRC	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	۲(۳×۱۲۰)
۱۶۰	۲۲۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۹۰	س ـ م	$\frac{۱۲}{۸}$	۵۰۰	۱۷۵ ـ ۲۵۰	۱۷۵	HRC	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	۲(۳×۱۵۰)
۲۰۰	۲۷۰	۳۷۰	۳۶۰	۳۶۰	س ـ م	$\frac{۱۲}{۸}$	۵۰۰	۱۷۵ ـ ۲۵۰	۲۱۰	HRC	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	۲(۳×۲۴۰)
۲۵۰	۳۴۰	۴۶۰	۴۵۰	۴۴۰	س ـ م	$\frac{۱۲}{۸}$	۵۰۰	۲۲۵ ـ ۳۲۰	۲۶۱	HRC	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	۲(۳×۳۰۰)
۳۱۵	۴۳۰	۵۸۰	۵۷۰	۵۶۰	س ـ م	$\frac{۱۲}{۱۰}$	۷۰۰	۲۸۰ ـ ۴۰۰	۳۳۱	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۴۰۰)
۳۸۰	۵۱۵	۷۰۰	۶۸۰	۶۶۰	س ـ م	$\frac{۱۲}{۱۰}$	۷۰۰	۲۸۰ ـ ۴۰۰	۳۹۵	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۴(۳×۲۴۰)
۴۰۰	۵۴۵	۷۲۰	۷۱۵	۷۱۰	س ـ م	ـ	۱۰۰۰	۳۵۰ ـ ۶۳۰	۴۱۵	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۴(۳×۲۴۰)
۴۷۵	۶۴۵	۸۷۰	۸۵۰	۸۳۰	س ـ م	ـ	۱۰۰۰	۳۵۰ ـ ۶۳۰	۴۹۳	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۴(۳×۲۴۰)
۵۰۰	۶۸۰	۹۱۰	۸۹۵	۸۷۵	س ـ م	ـ	۱۰۰۰	۳۵۰ ـ ۶۳۰	۵۲۰	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۶(۳×۱۸۵)

جدول ۵ ـ ۳ جدول ظرفیت بار ثابت شمشهای مسی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد برحسب آمپر

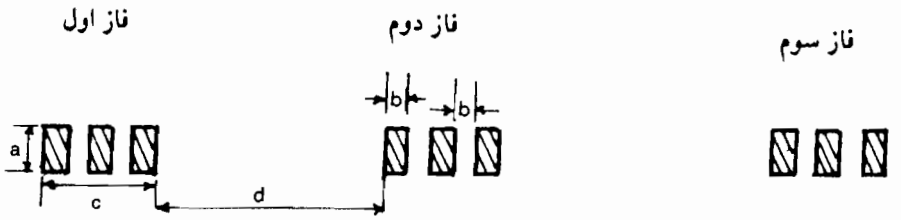
ابعاد میلیمتر	سطح مقطع میلیمتر مربع	وزن کیلوگرم بر متر	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش برحسب تعداد							
				رنگ شده				بدون رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۱۵×۳	۴۵	۰/۴	~	۱۸۵	۳۳۰			۱۷۰	۳۰۰		
			=	۱۹۵	۳۳۵			۱۷۵	۳۰۵		
۲۰×۳	۶۰	۰/۵۳	~	۲۴۵	۴۲۵			۲۲۰	۳۸۰		
			=	۲۵۰	۴۳۵			۲۲۵	۳۹۵		
۲۵×۳	۷۵	۰/۶۷	~	۳۰۰	۵۱۰			۲۷۰	۴۶۰		
			=	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

جدول ۵ ـ ۴ جدول ظرفیت بار ثابت شمشهای آلومینیومی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد برحسب آمپر

ابعاد میلیمتر	سطح مقطع میلیمتر مربع	وزن کیلوگرم بر متر	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش برحسب تعداد							
				رنگ شده				بدون رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱		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	۳۶۸۰	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 ۵ ـ ۳ و ۵ ـ ۴ باید مورد توجه قرار گیرد:

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



۲ ـ در هر یک از فازها، فاصلهٔ بین دو شینه مجاور (b)، برابر است با ضخامت شینه موردنظر.

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

$$I=I_{۳۰}\sqrt{\frac{\theta}{۳۰}}$$

$I_{۳۰}$= ظرفیت بار (آمپر) در حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد.

۴ ـ شدت جریان مجاز (I) برای فرکانس‌های دیگر (f)، با استفاده‌از فرمول $I=I_{۳۰}\sqrt{\frac{۵۰}{f}}$ محاسبه می‌شود.

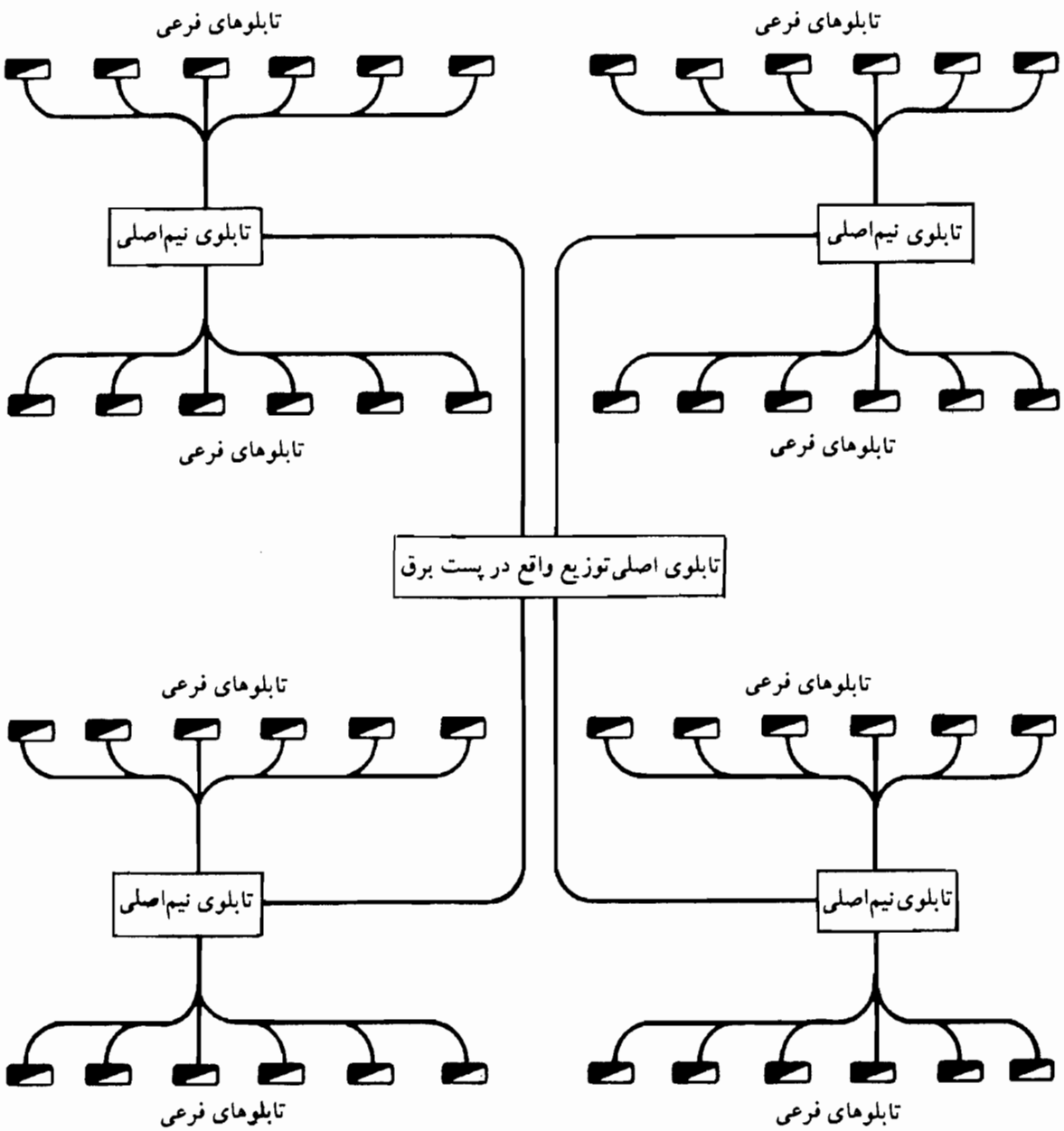
۵ ـ در هر یک از فازها فقط سطوح خارجی شینه‌ها باید رنگ‌آمیزی شود.

۶ ـ شرایط زیر برای برق متناوب (a.c.) معتبر است:

الف ـ معدل افزایش حرارت در جدول برابر ۳۰ درجه سانتیگراد خواهد بود مشروط بر آنکه فاصله بین مجموعه شینه‌های دوفاز (d) از ده برابر قطر مجموع شینه‌های یکی از فازها (c) کمتر نباشد. در صورتی که فاصلهٔ d کمتر از ده برابر فاصلهٔ c باشد، مقادیر ظرفیت بار مندرج در جداول ۵ ـ ۳ و ۵ ـ ۴ طبق ضرایب زیر کاهش می‌یابد:

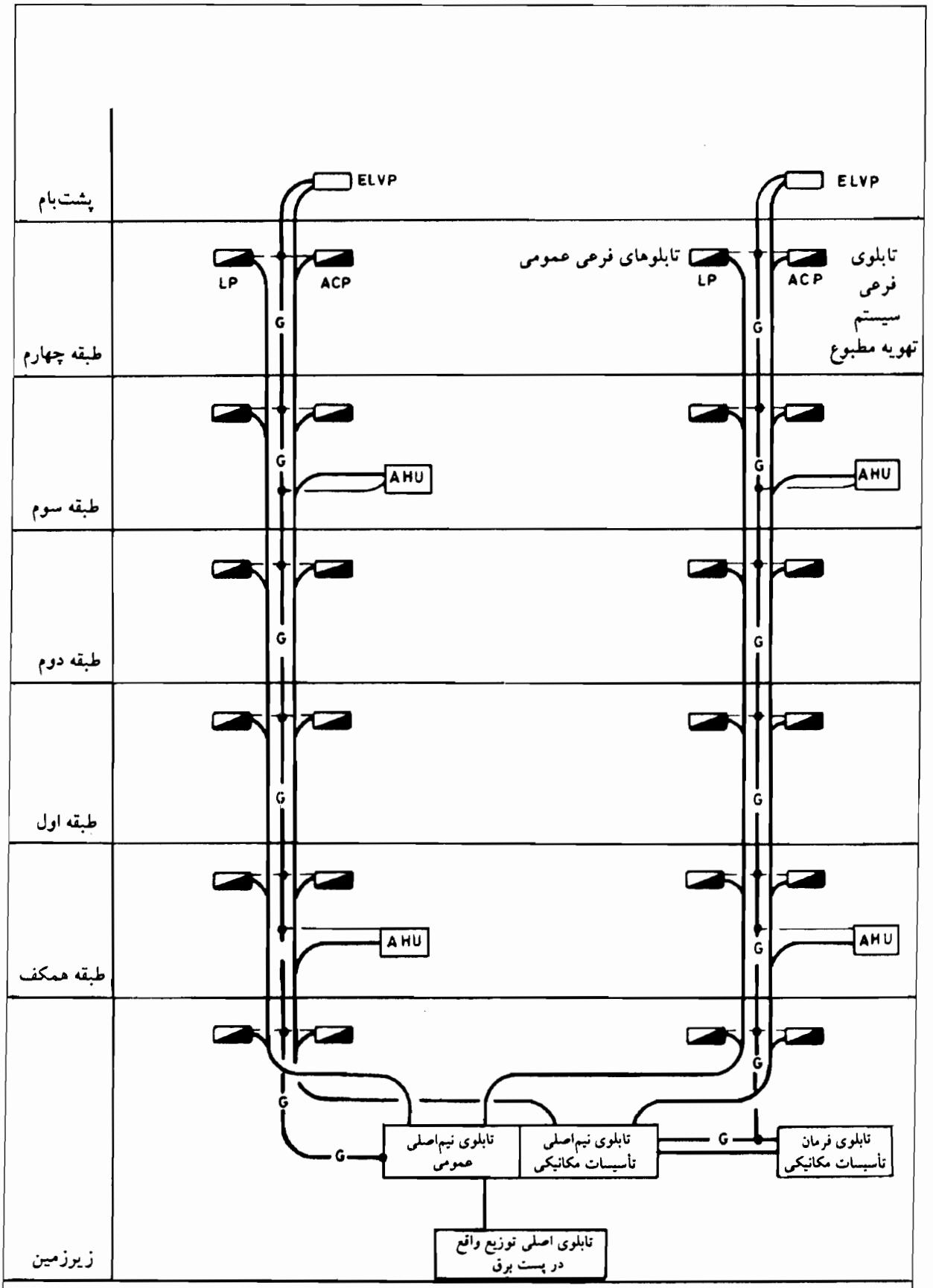
نسبت c : d	۸	۶	۴	۲
ضریب کاهش	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹	۰/۸

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



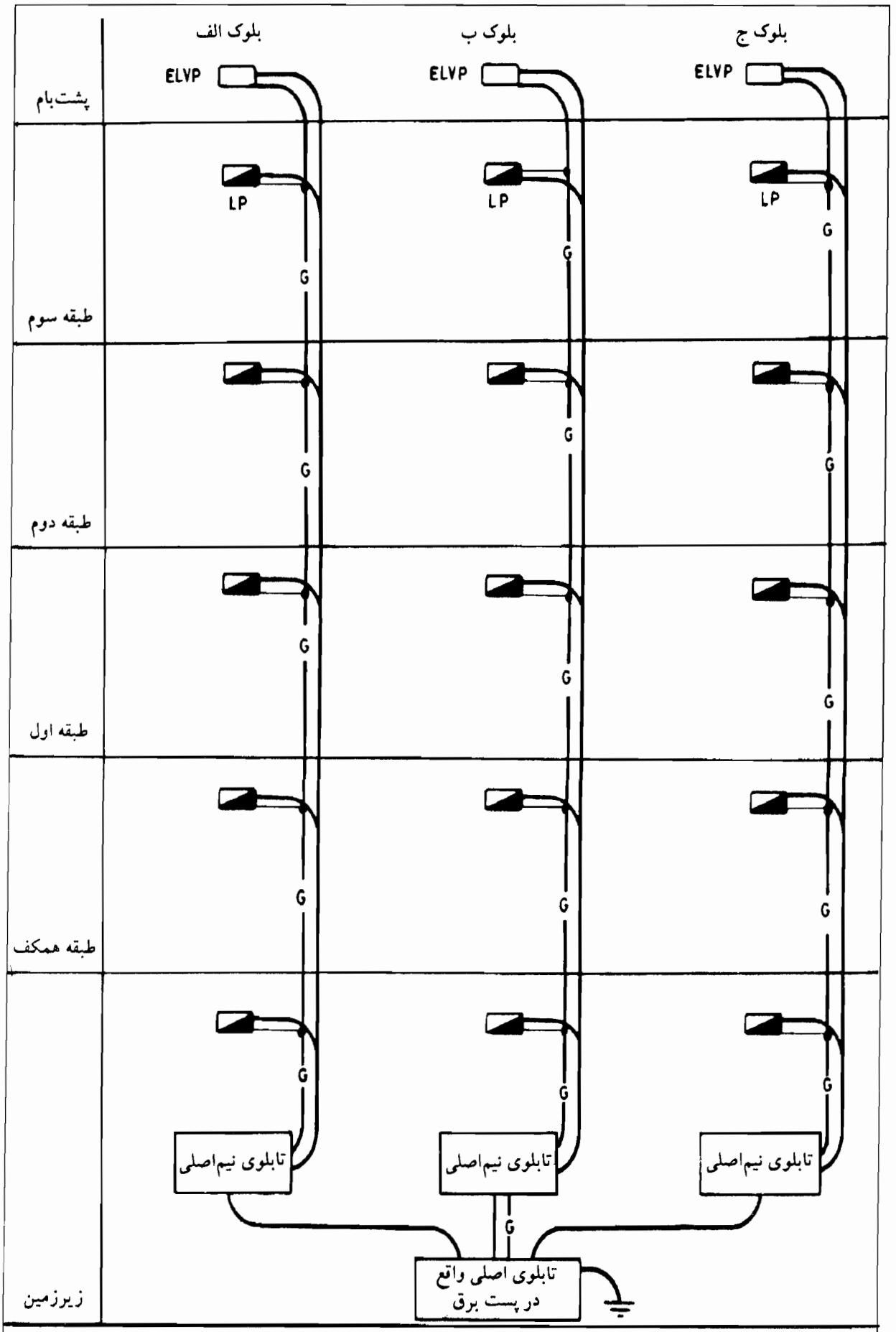
شماتیک سیستم توزیع نیروی برق در سطح.

شکل ۵ ـ ۱



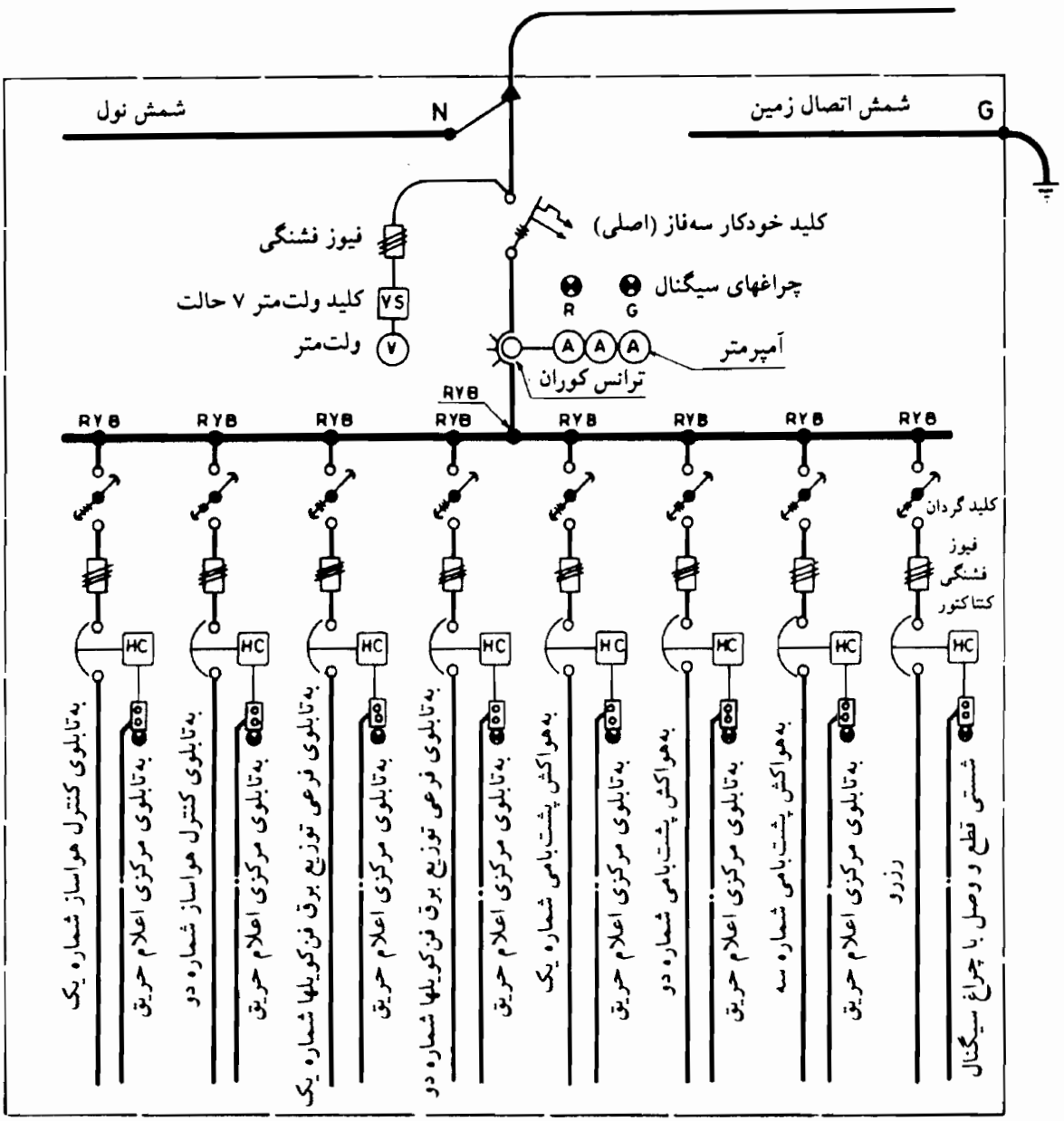
شماتیک سیستم توزیع نیروی برق در ارتفاع.

شکل ۵ ـ ۲ (الف)



شماتیک سیستم توزیع نیروی برق در ارتفاع.

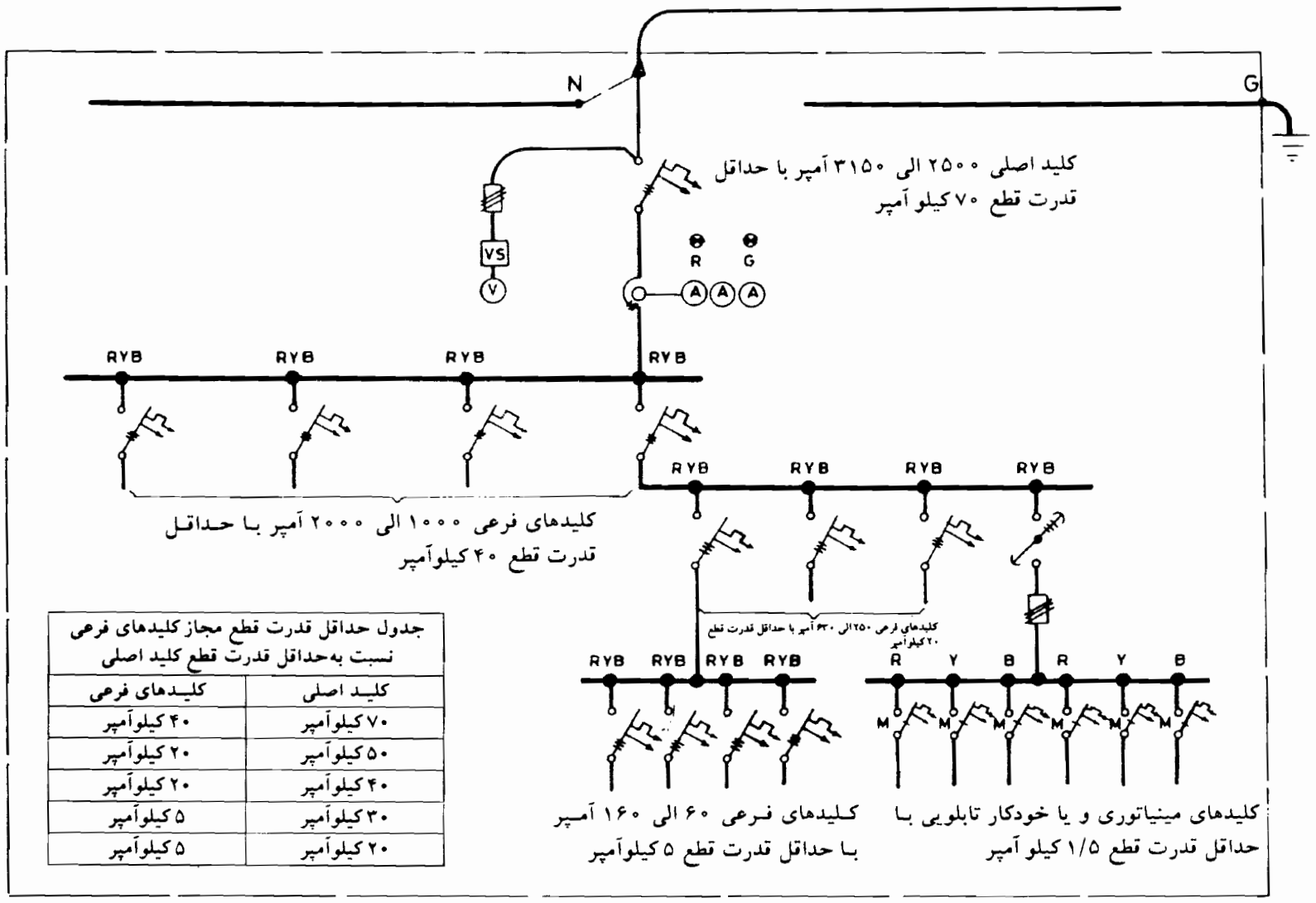
شکل ۵ ـ ۲ (ب)



شماتیک تابلوی اصلی توزیع نیروی برق سیستم تهویه مطبوع و هواکشها.

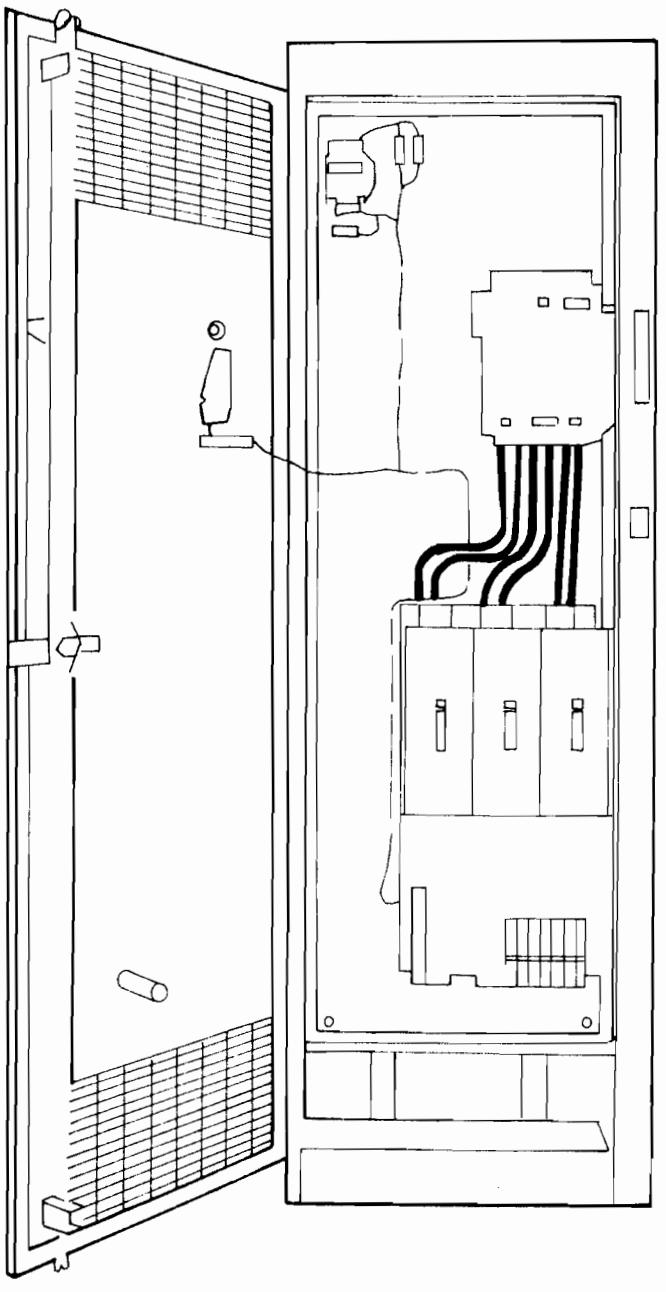
(برای سیستم قطع خودکار جریان هوای هر منطقه در صورت عملکرد اعلام حریق آن منطقه در مواقع آتش‌سوزی)

شکل ۵ ـ ۳



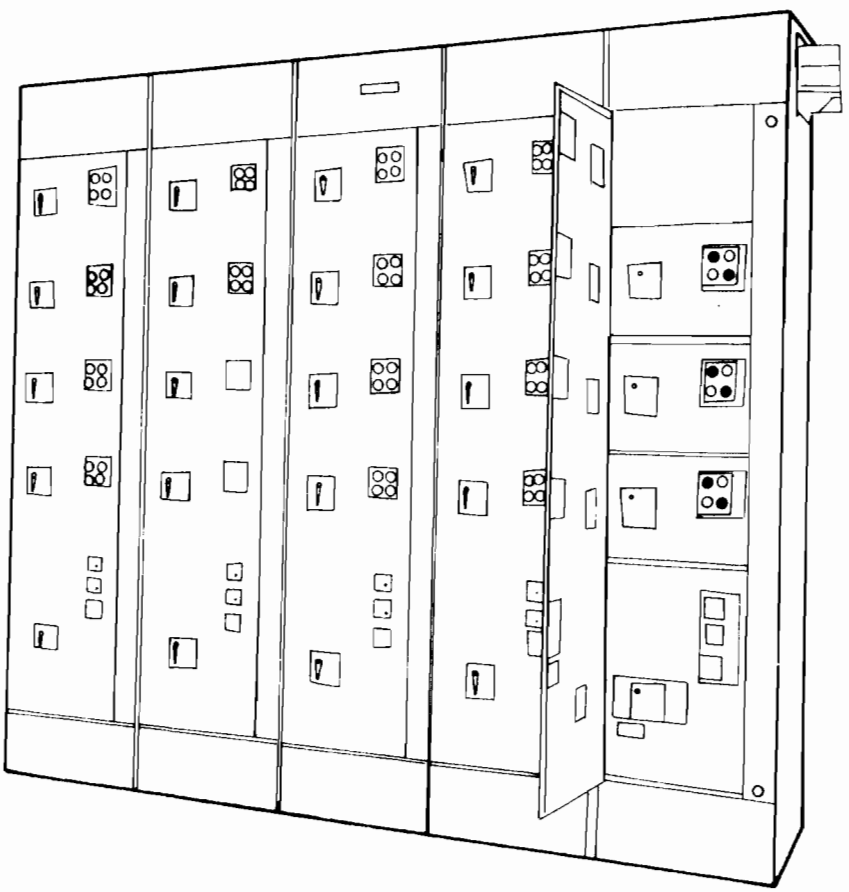
جدول حداقل قدرت قطع مجاز کلیدهای فرعی نسبت به‌حداقل قدرت قطع کلید اصلی	
کلید اصلی	کلیدهای فرعی
۷۰ کیلوآمپر	۴۰ کیلوآمپر
۵۰ کیلوآمپر	۲۰ کیلوآمپر
۴۰ کیلوآمپر	۲۰ کیلوآمپر
۳۰ کیلوآمپر	۵ کیلوآمپر
۲۰ کیلوآمپر	۵ کیلوآمپر

شکل ۵ ـ ۴ شماتیک تقسیم‌بندی کلیدها در تابلو برحسب حداقل قدرت مقطع.



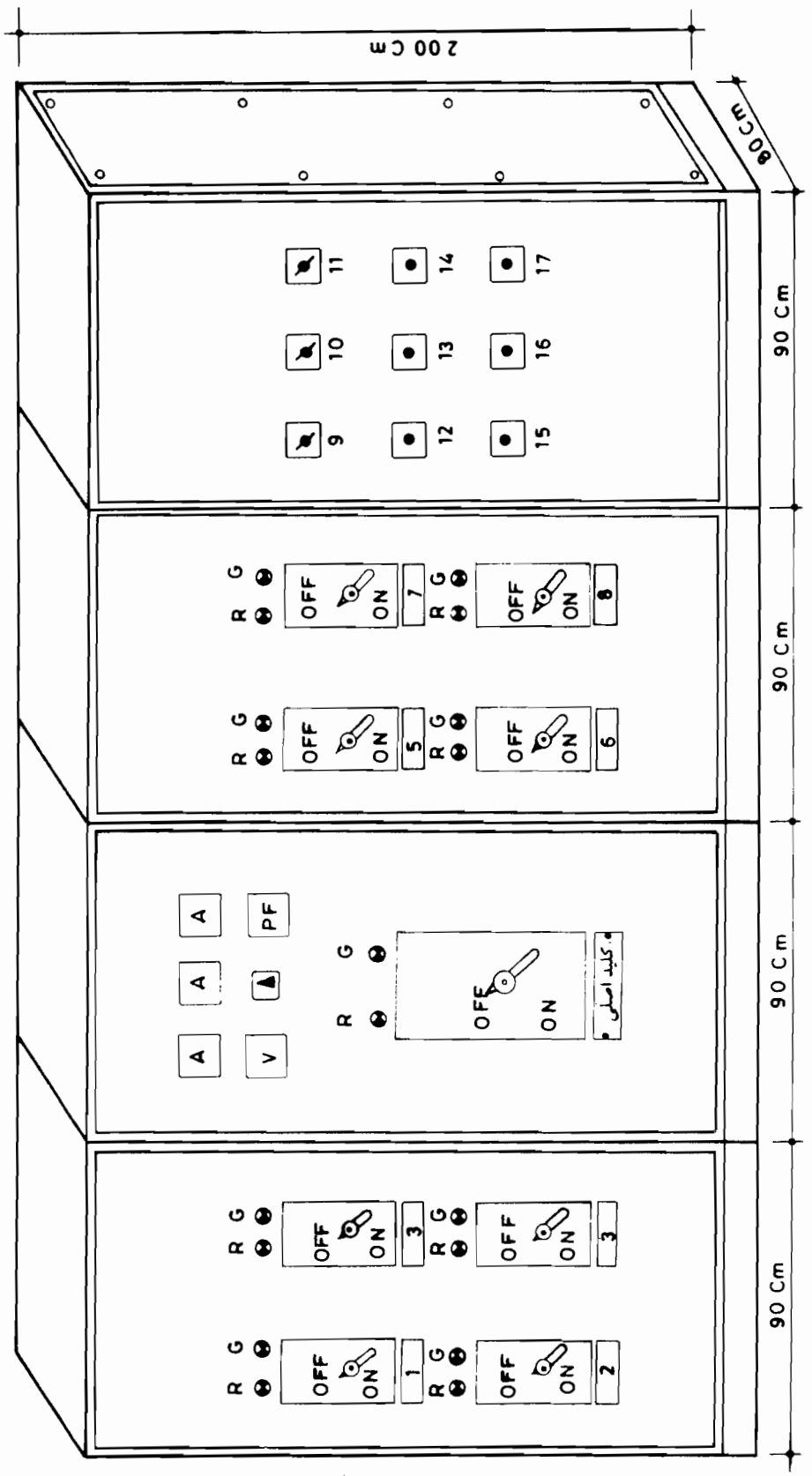
نمای تابلوی تمام‌بسته ایستاده قابل فرمان و دسترسی از جلو.

شکل ۵ ـ ۵

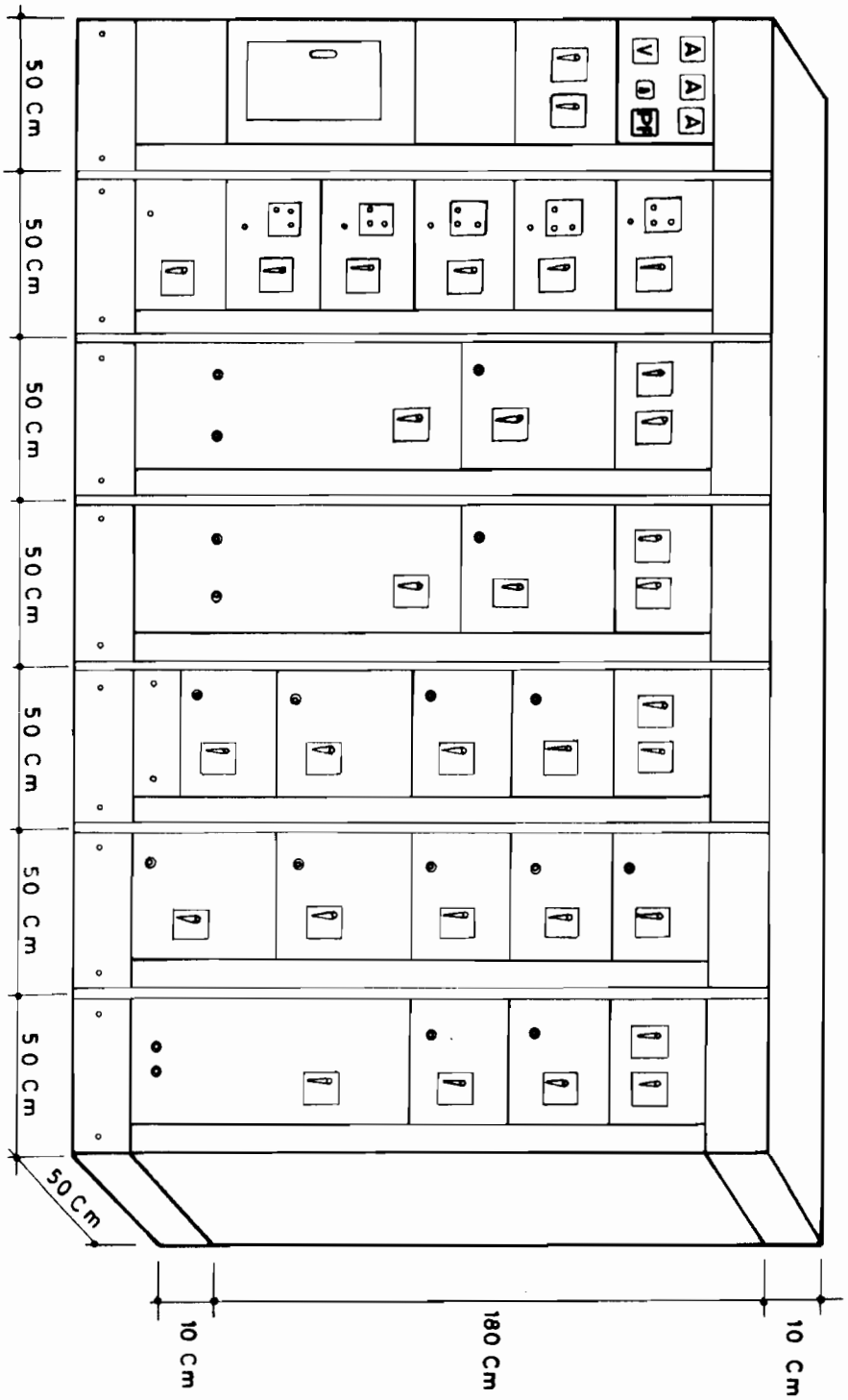


نمای تابلوی ایستاده تمام بسته قابل فرمان و دسترسی از جلو.

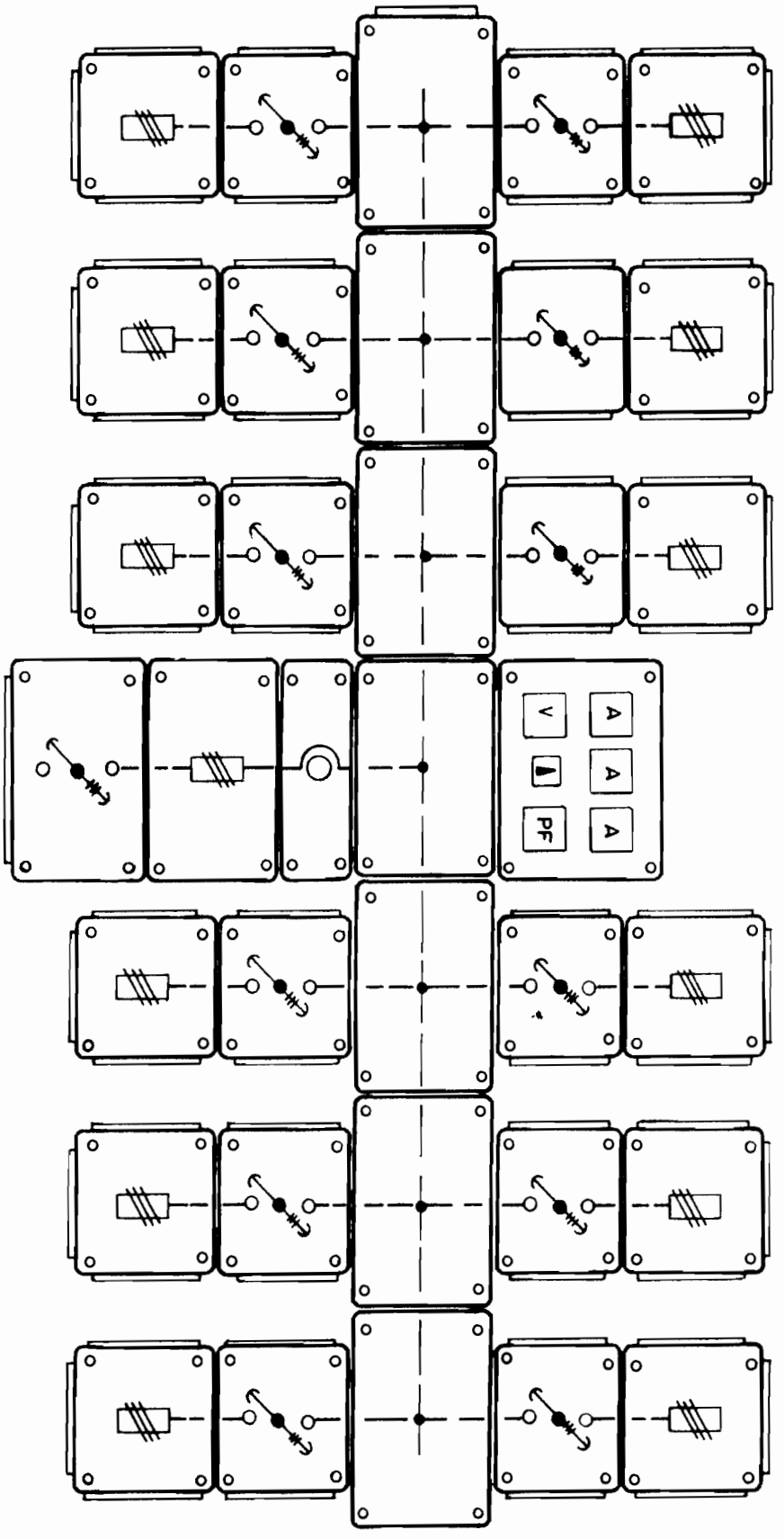
شکل ۵ ـ ٦



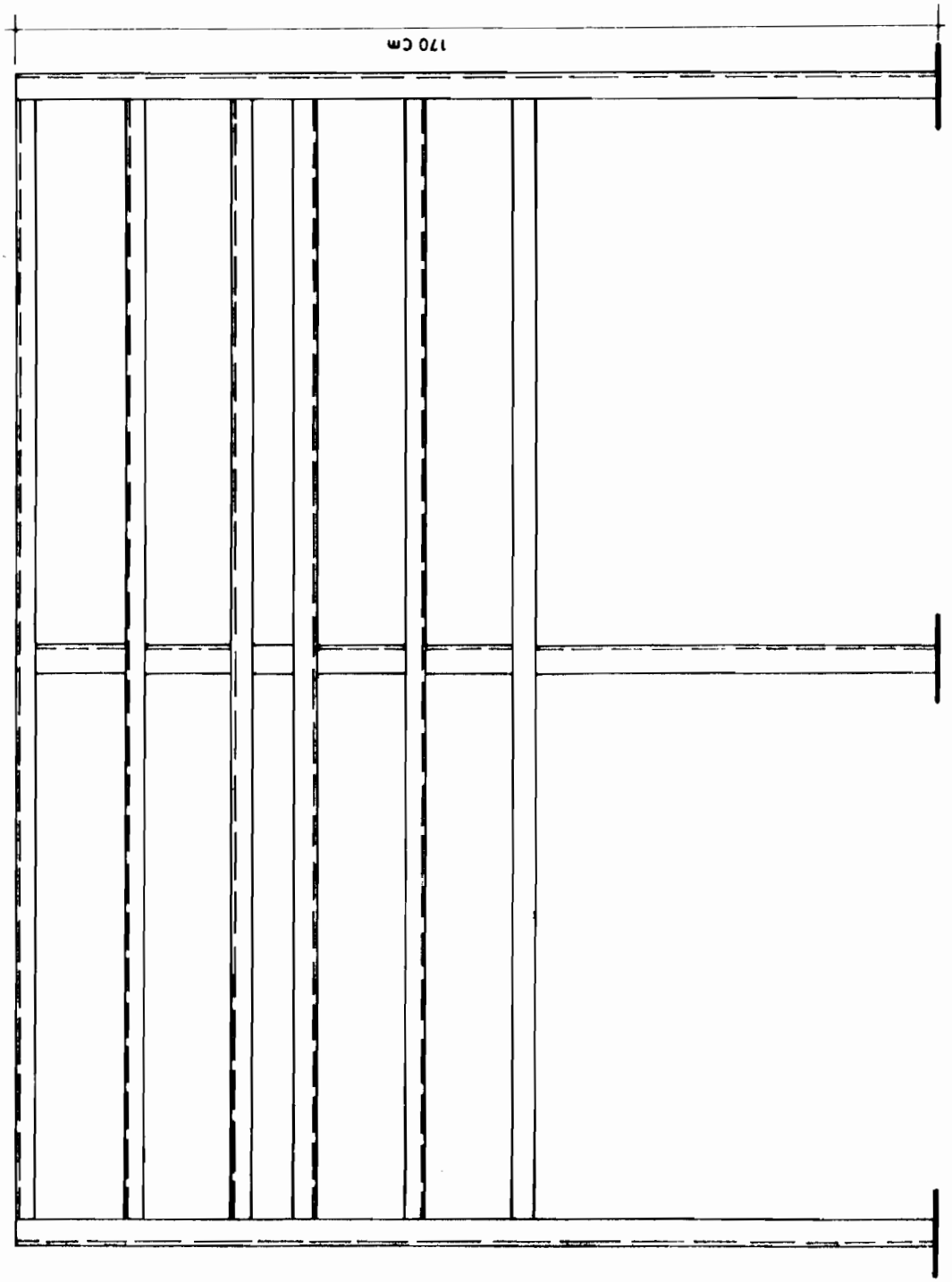
شکل ۵ - ۷ نمای تابلوی ایستاده توزیع برق نوع قابل فرمان از جلو و دسترسی از پشت.



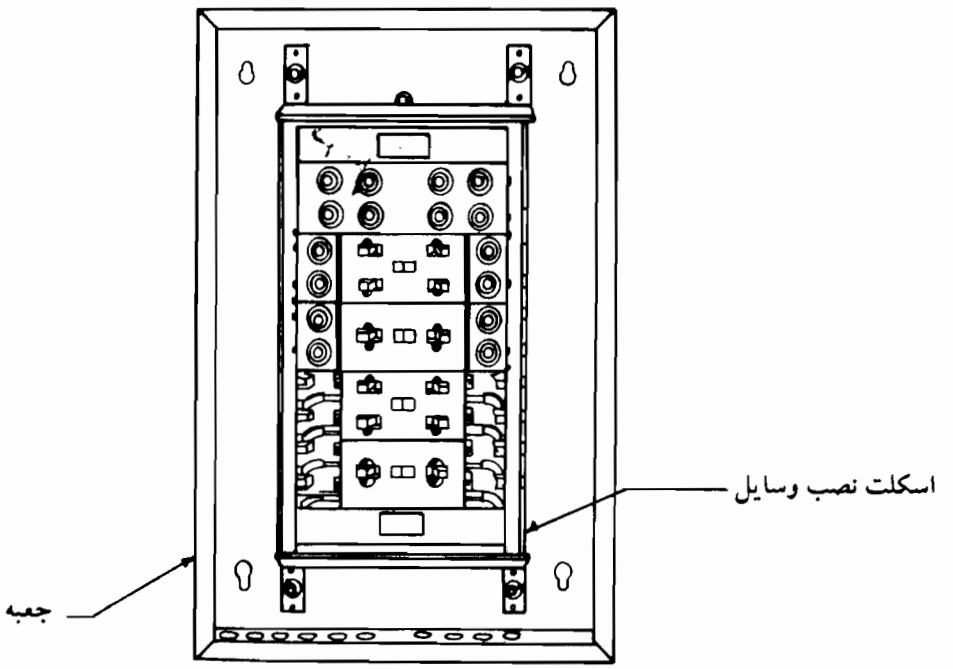
شکل ۵ - ۸ نمای تابلوی توزیع نیروی برق ایستاده چندخانه.



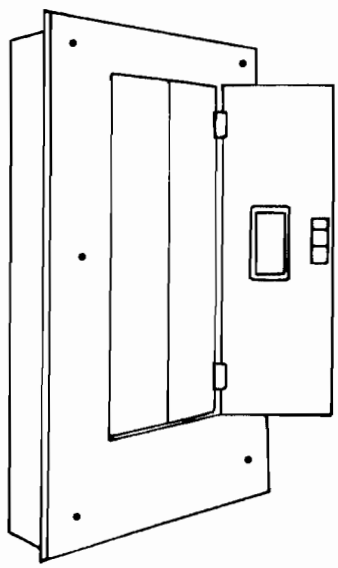
شکل ۵ ـ ۹ نما و شماتیک تابلوی توزیع نیروی برق نوع چندجعبه‌ای قابل نصب روی دیوار و پایه فلزی.



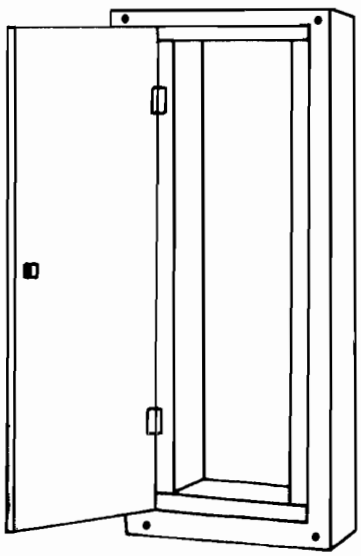
شکل ۵ - ۱۰ پایه فلزی جهت نصب تابلوی نیپ چندجبه‌ای.



جعبه و اسکلت تابلوی دیواری
(الف)

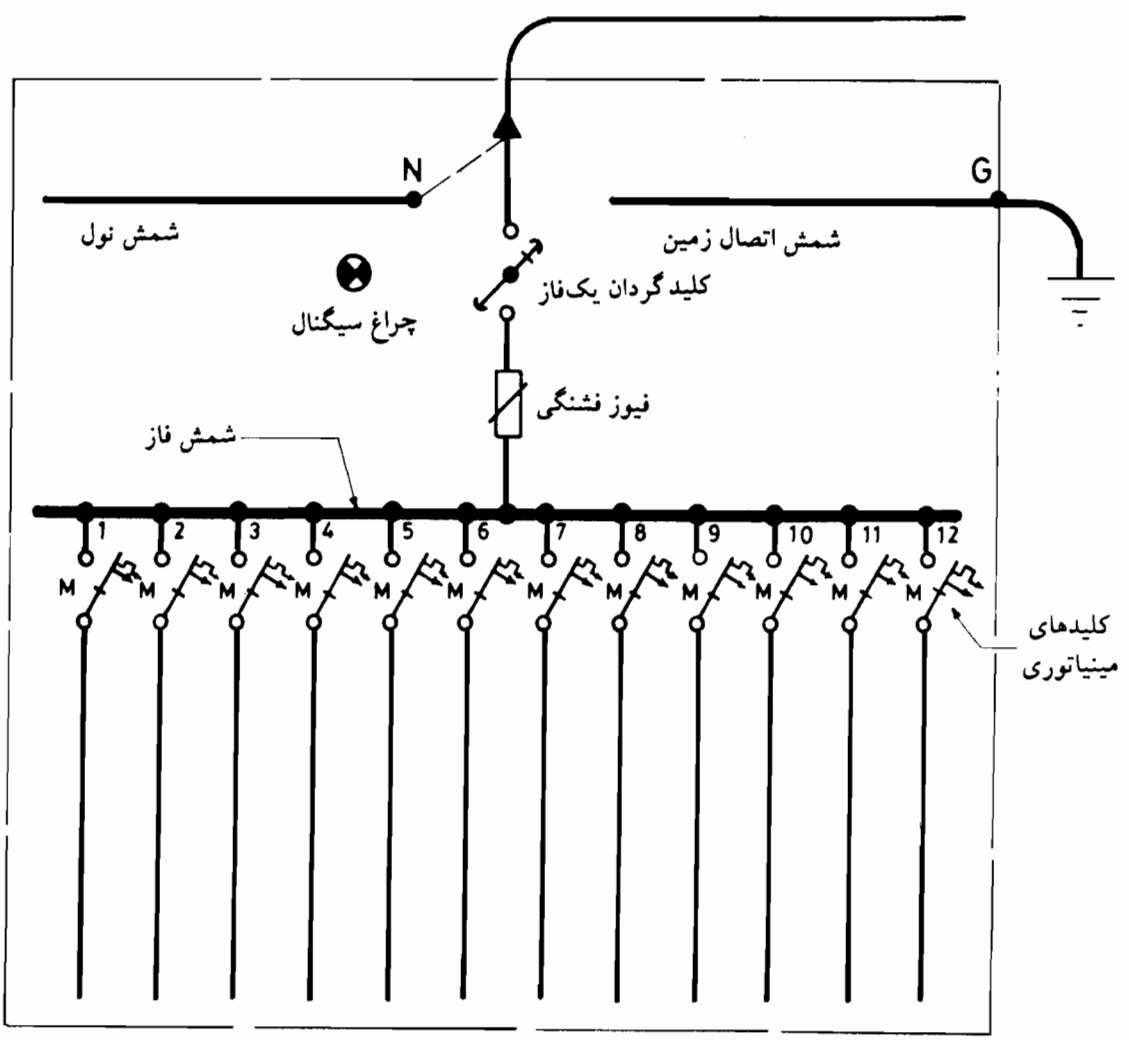


تابلوی دیواری توکار
(ب)



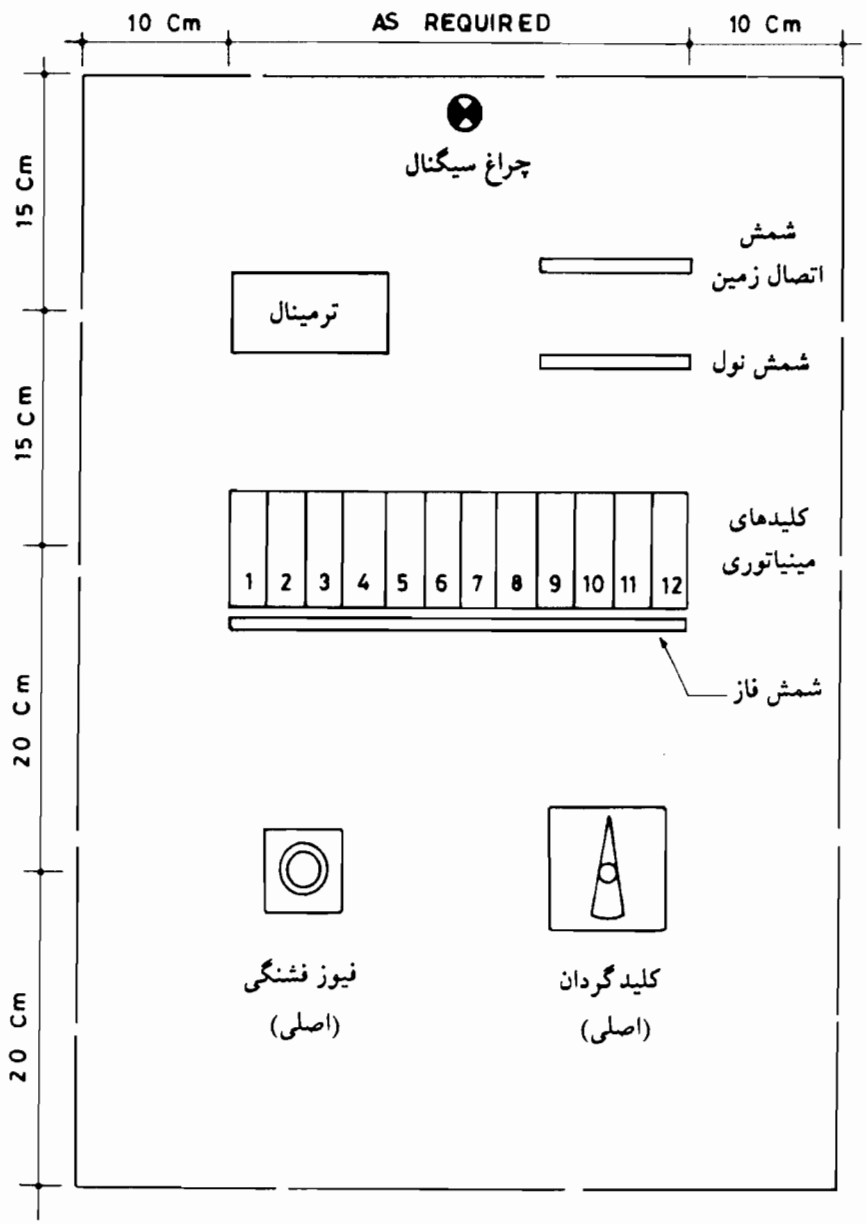
تابلوی دیواری روکار
(پ)

تابلوی توزیع برق
شکل ۵ ـ ۱۱



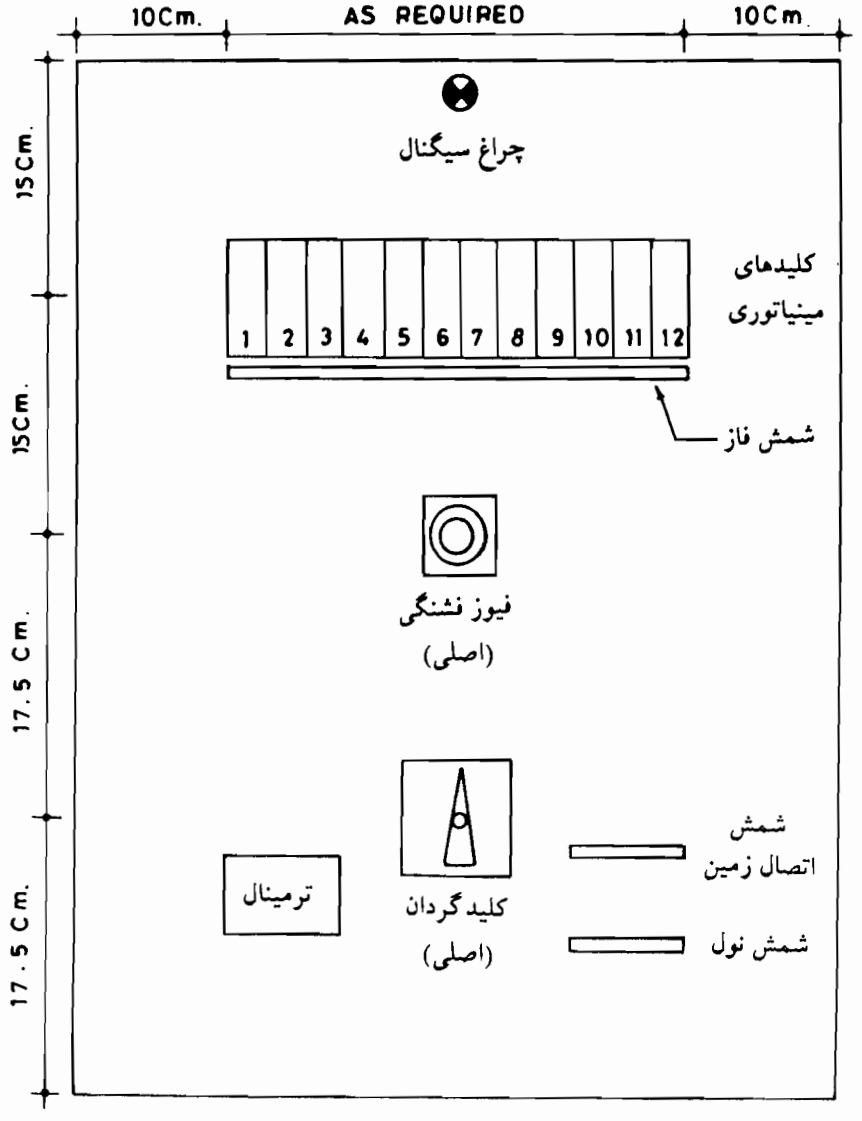
شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق ـ نوع یک فاز ۱۲ مداره.

شکل ۵ ـ ۱۲



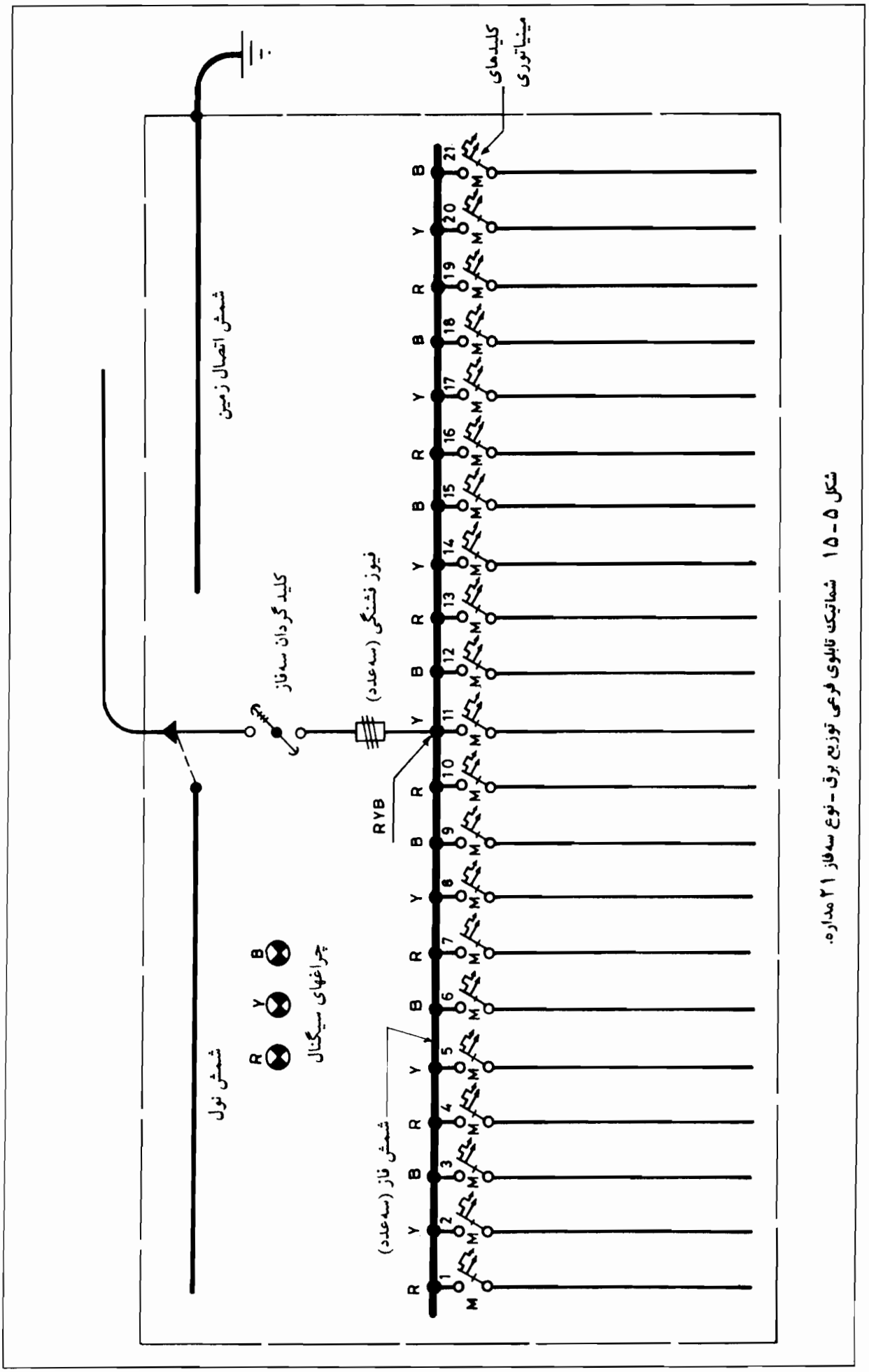
سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق ـ نوع یک‌فاز.

شکل ۵ ـ ۱۳

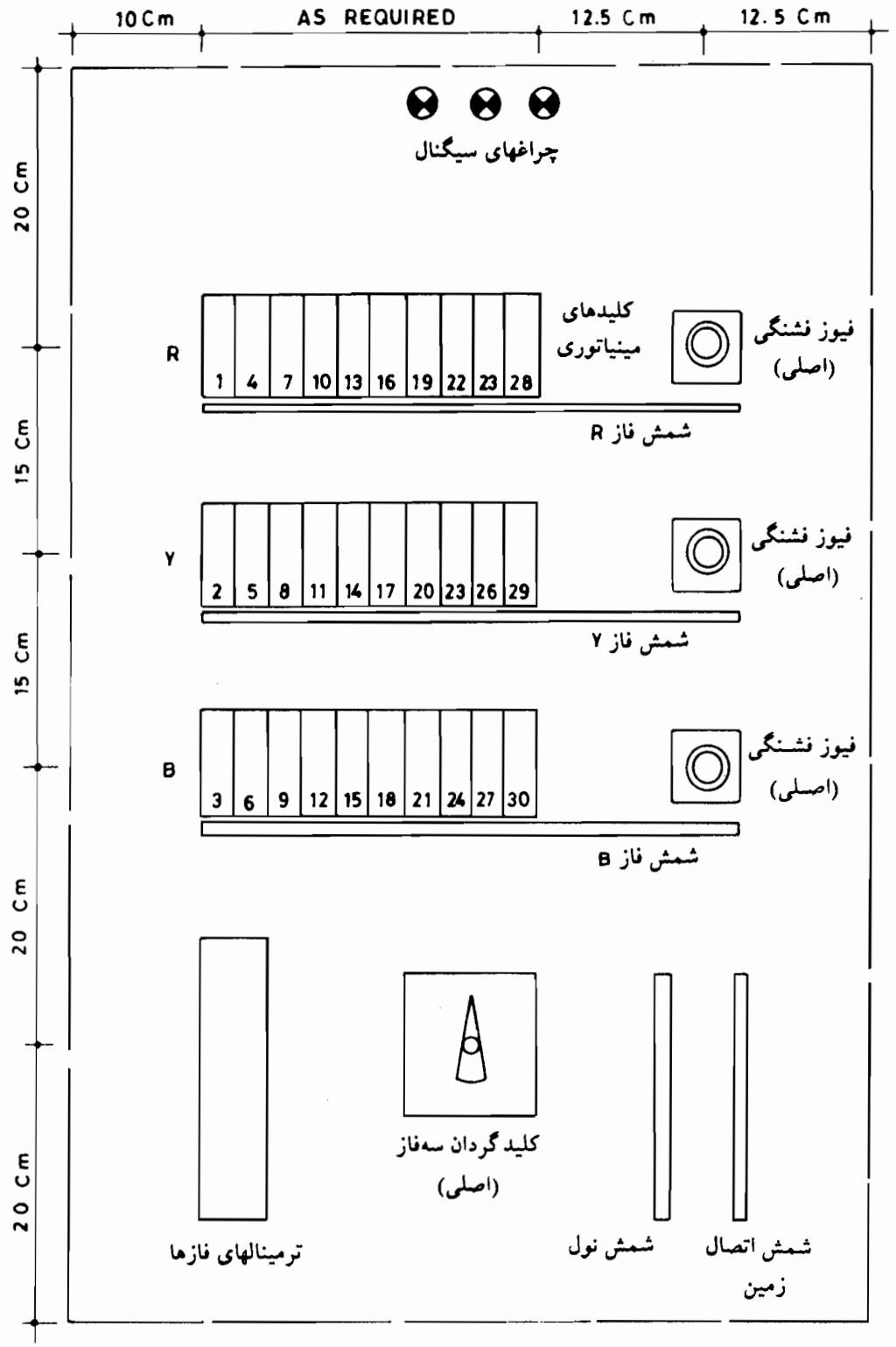


سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق ـ نوع یک‌فاز.

شکل ۵ ـ ۱۴

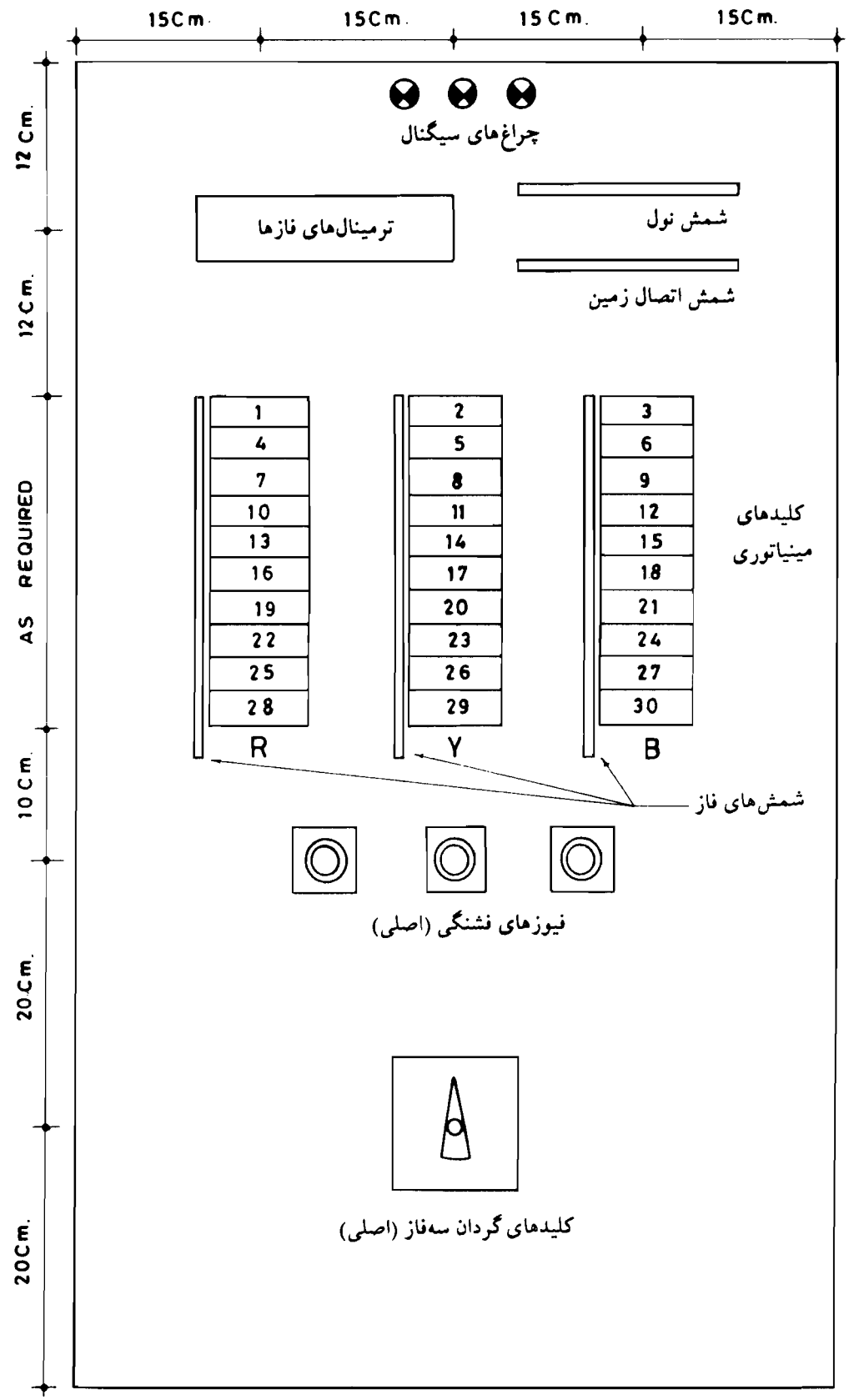


شکل ۵ ـ ۱۵ شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق ـ نوع سه‌فاز ۲۱ مداره.



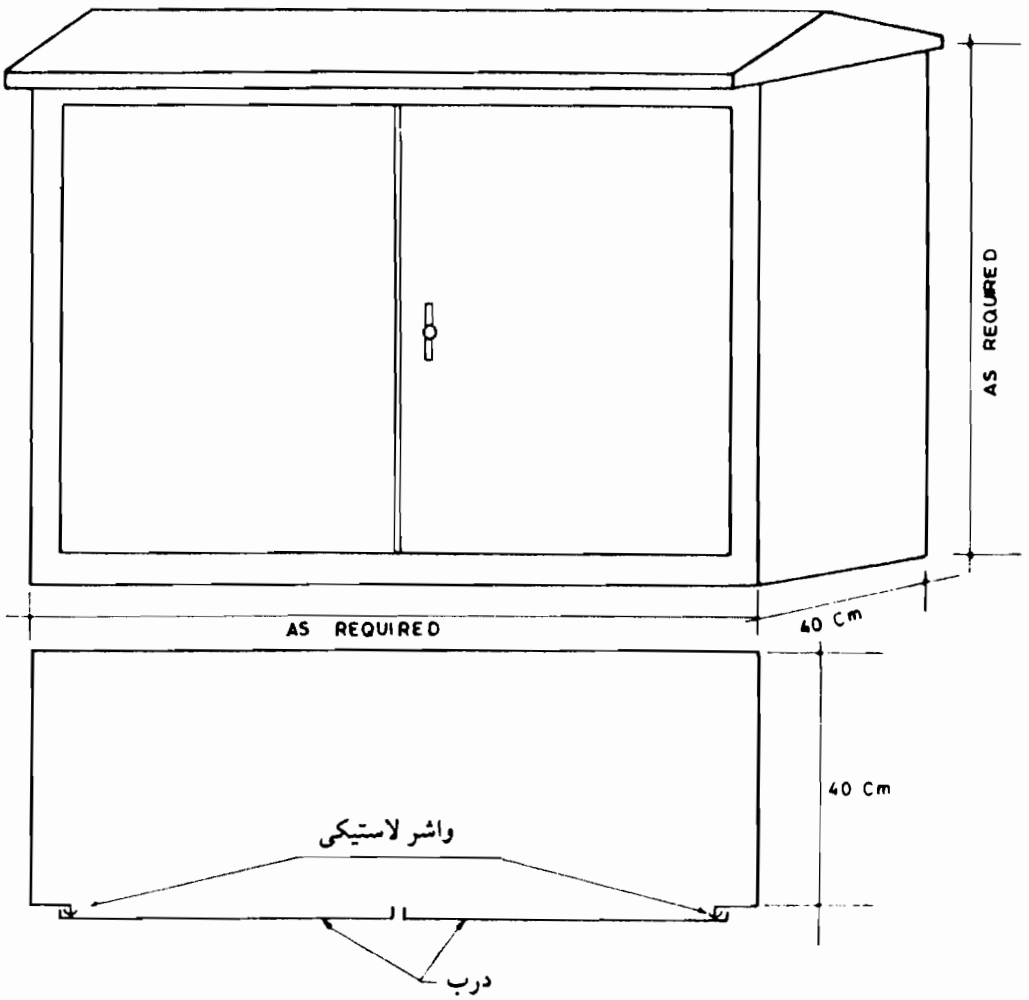
سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق ـ نوع سه‌فاز.

شکل ۵ـ۱۶



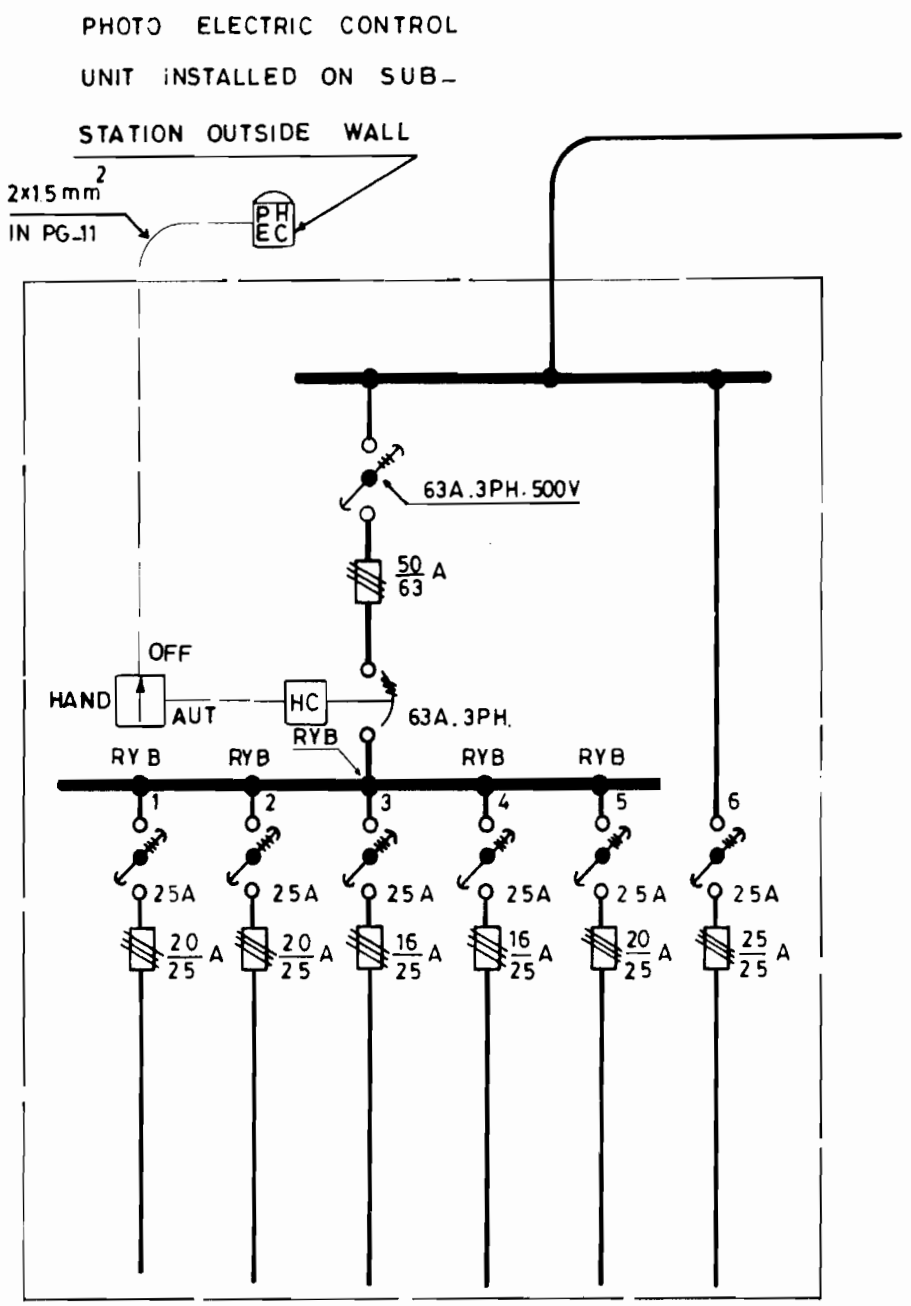
سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق ـ نوع سه‌فاز.

شکل ۵ ـ ۱۷



نما و مقطع تابلوی توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز.

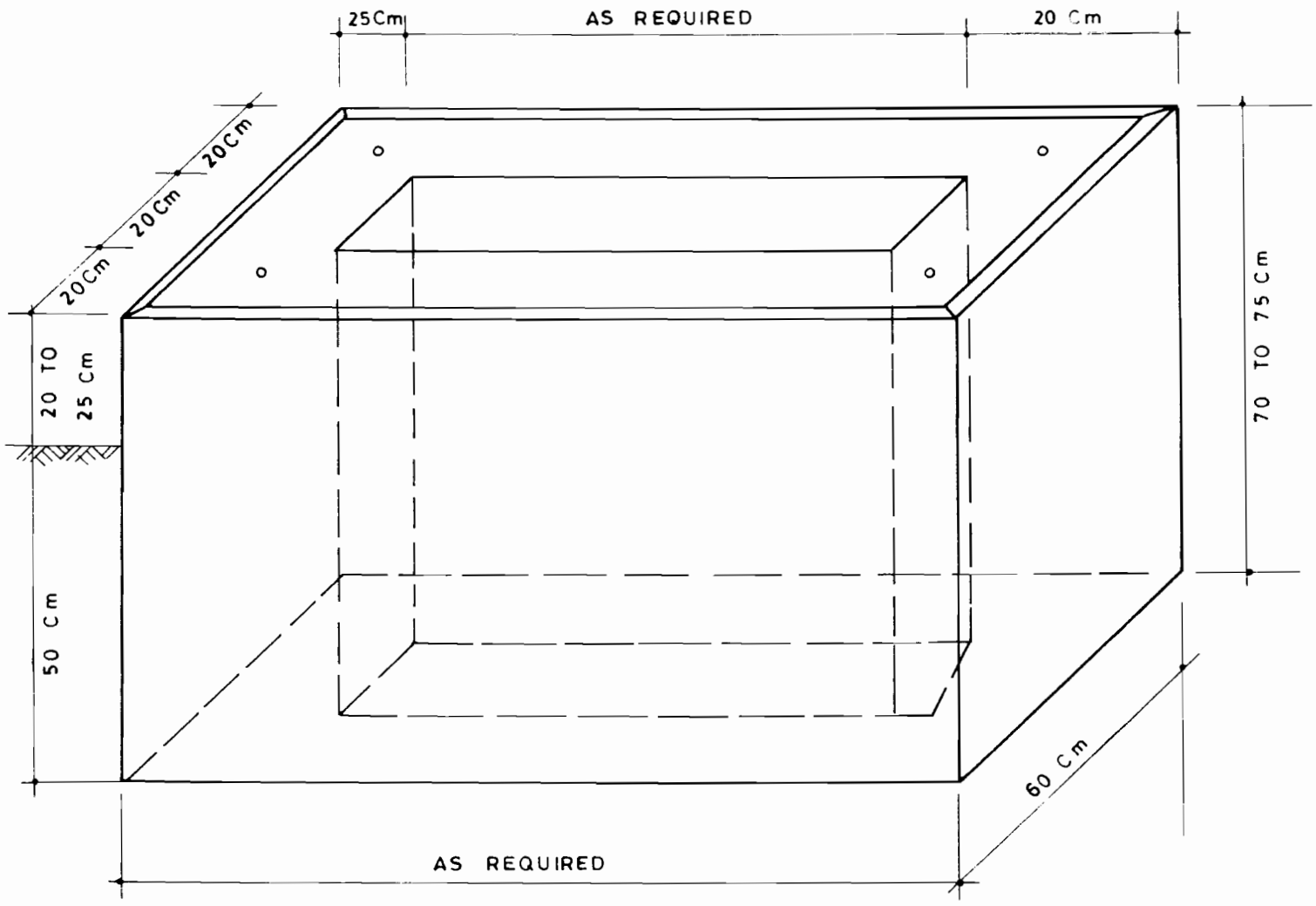
شکل ۵ ـ ۱۸



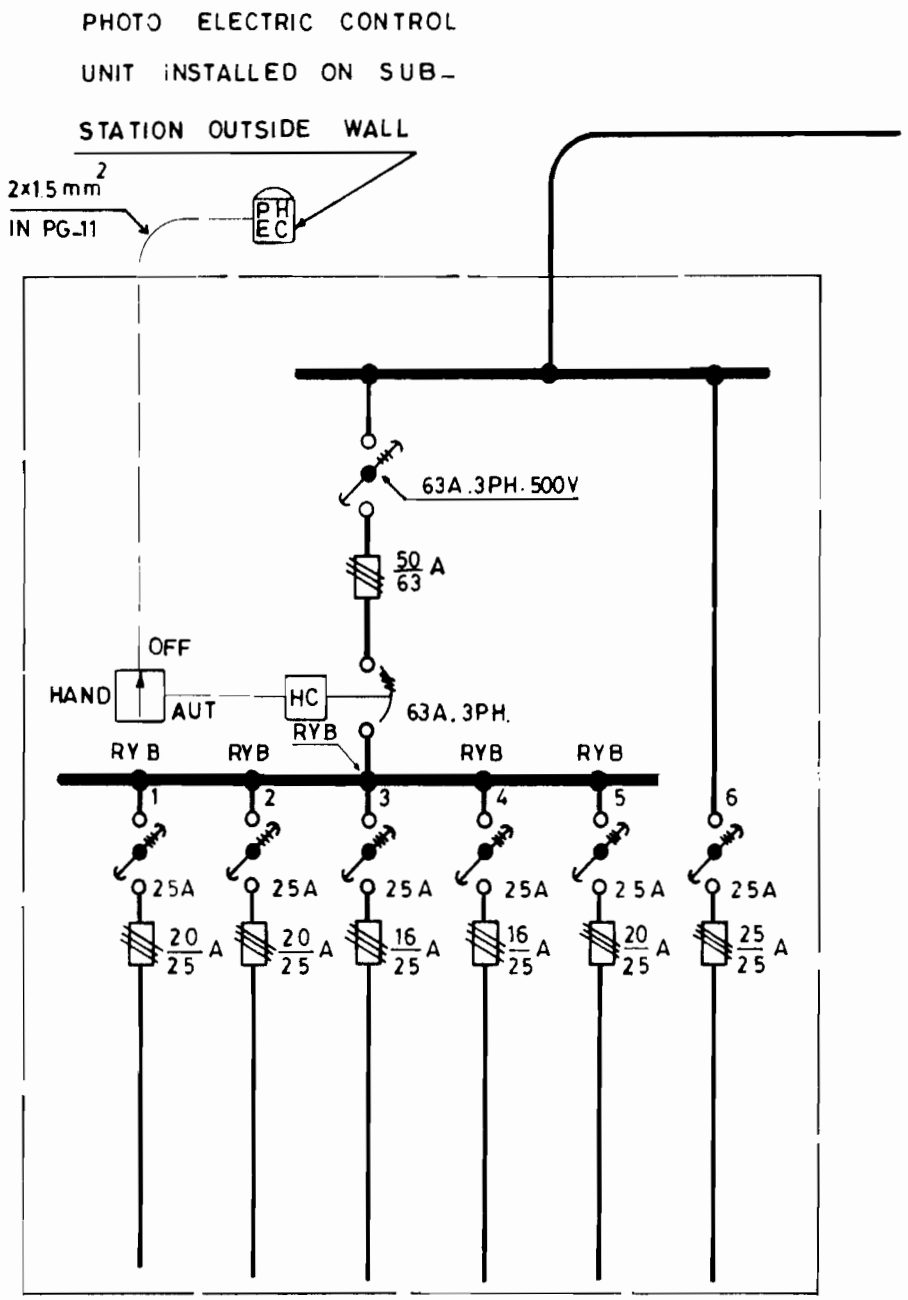
AREA LIGHTING CONTROL PANELBOARD "ALCP"

شماتیک تابلوی فرمان روشنایی محوطه و آب‌نماها.

شکل ۵ـ۱۹



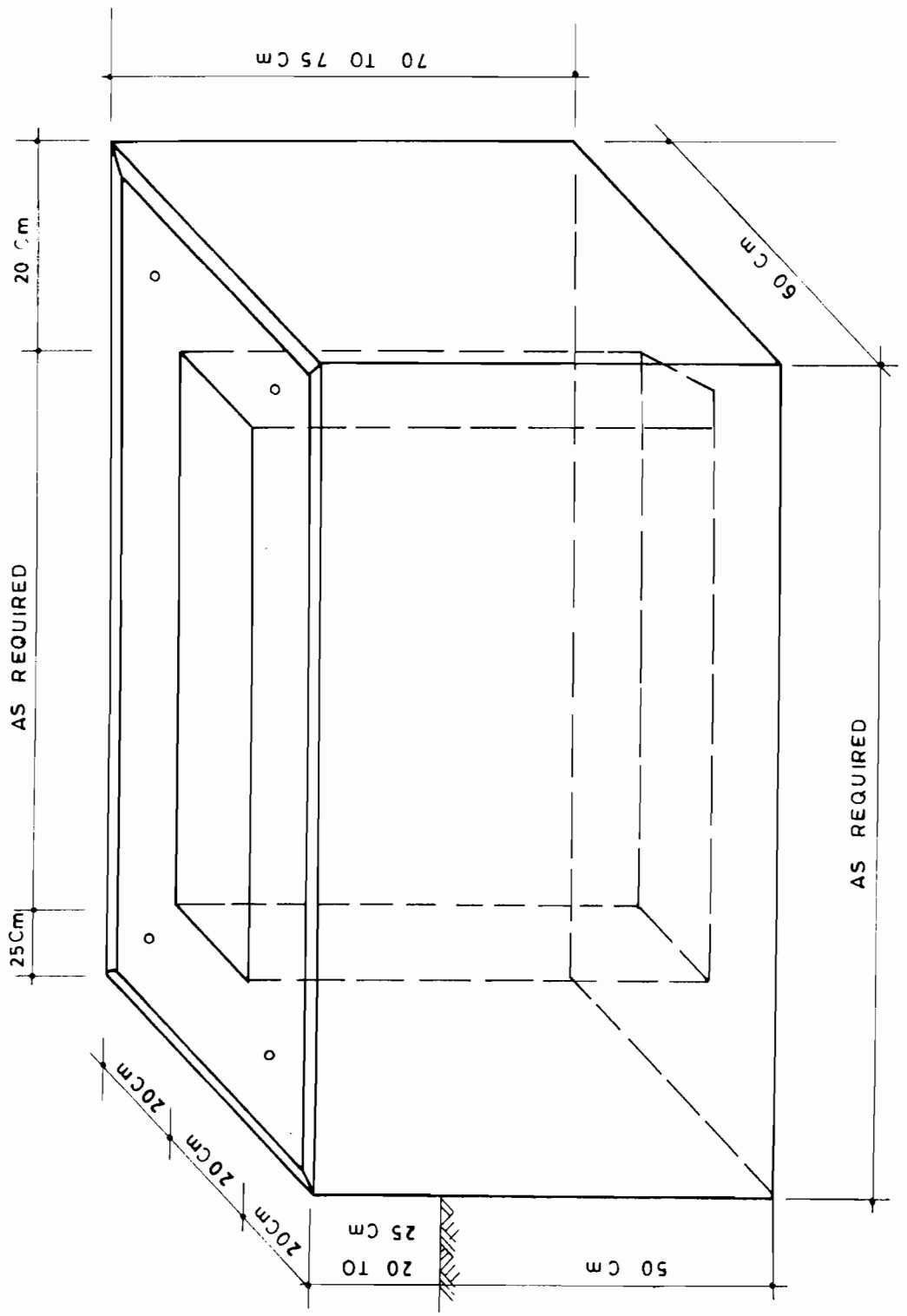
شکل ۵ ـ ۲۰ سکوی مخصوص نصب تابلوهای توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز.



AREA LIGHTING CONTROL PANELBOARD "ALCP"

شماتیک تابلوی فرمان روشنایی محوطه و آب‌نماها.

شکل ۵-۱۹



شکل ۵ - ۲۰ سکوی مخصوص نصب تابلوهای توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز.

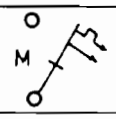
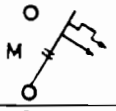
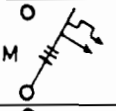
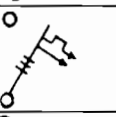
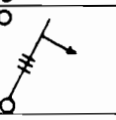
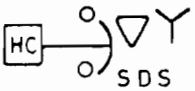
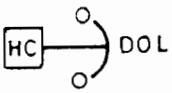
جدول ۵ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار ضعیف

شـــرح و مشخصات	نشانه
فیوز فشنگی (خطوط نشان‌دهندهٔ تعداد فاز می‌باشد)	
فیوز چاقویی (خطوط نشان‌دهنده تعداد فاز می‌باشد)	
کلید مینیاتوری تک‌پل	
کلید مینیاتوری دوپل	
کلید مینیاتوری سه‌پل	
کلیدگردان تابلویی تک‌پل	
کلیدگردان تابلویی سه‌پل	
کلید چاقویی یکطرفه تابلویی دسته رکابی سه‌پل	
کلید فیوز تابلویی سه‌پل	
کلیداتوماتیک تابلویی سه‌پل بامحافظ قطع‌کننده حرارتی و سریع فزونی جریان	
کلید اتوماتیک تابلویی سه‌پل با محافظ قطع‌کننده سریع فزونی جریان	
کلید اتوماتیک ستاره مثلث	
کنتاکتور خشک سه‌پل	
رله محافظ حرارتی سه‌پل (بی‌متال)	
چراغ سیگنال تابلویی قطر ۳۰/۵ و یا ۲۲/۵ میلیمتر	
دکمه فشاری دوپل جهت قطع و وصل نوع تابلویی و یا با جعبه پلاستیکی	
دکمه فشاری دوپل جهت قطع و وصل، نوع تابلویی با چراغ سیگنال	

جدول ۵ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار ضعیف

شـــرح و مشخصات	نشانه
کنتور آکتیو	KWHM
کنتور راکتیو	KVARM
ساعت فرمان	
آمپرمتر	A
ولت‌متر	V
کسینوس فی‌متر	COS Φ
فرکانس‌متر	
ترانس جریان نوع عبوری (خطوط نشان‌دهنده تعداد می‌باشد)	
کلید تبدیل ولت‌متر	VS
کلید تبدیل آمپرمتر	AS
کلیدگردان تابلویی تک‌پل سه حالته (خودکار ـ خاموش ـ دستی)	OFF HAND AUT
دستگاه فتوالکتریک سل جهت فرمان روشنایی محوطه	PH C
کلید مخصوص بین شمش‌های تابلوهای اصلی	
رله ثانوی فرمان	E
اتصال نول در تابلو	N
اتصال زمین در تابلو	G
مولد برق	G

جدول ۵ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار ضعیف

شـــرح و مشخصات	نشانه
فیوز فشنگی (خطوط نشان‌دهندهٔ تعداد فاز می‌باشد)	
فیوز چاقویی (خطوط نشان‌دهنده تعداد فاز می‌باشد)	
کلید مینیاتوری تک‌پل	
کلید مینیاتوری دوپل	
کلید مینیاتوری سه‌پل	
کلیدگردان تابلویی تک‌پل	
کلیدگردان تابلویی سه‌پل	
کلید چاقویی یکطرفه تابلویی دسته رکابی سه‌پل	
کلید فیوز تابلویی سه‌پل	
کلیداتوماتیک تابلویی سه‌پل بامحافظ قطع‌کننده حرارتی و سریع فزونی جریان	
کلید اتوماتیک تابلویی سه‌پل با محافظ قطع‌کننده سریع فزونی جریان	
کلید اتوماتیک ستاره مثلث	
کنتاکتور خشک سه‌پل	
رله محافظ حرارتی سه‌پل (بی‌متال)	
چراغ سیگنال تابلویی قطر ۳۰/۵ و یا ۲۲/۵ میلیمتر	
دکمه فشاری دوپل جهت قطع و وصل نوع تابلویی و یا با جعبه پلاستیکی	
دکمه فشاری دوپل جهت قطع و وصل، نوع تابلویی با چراغ سیگنال	

جدول ۵ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار ضعیف

شـــرح و مشخصات	نشانه
کنتور آکتیو	KWHM
کنتور راکتیو	KVARM
ساعت فرمان	
آمپرمتر	A
ولت‌متر	V
کسینوس فی‌متر	COS Φ
فرکانس‌متر	
ترانس جریان نوع عبوری (خطوط نشان‌دهنده تعداد می‌باشد)	
کلید تبدیل ولت‌متر	VS
کلید تبدیل آمپرمتر	AS
کلیدگردان تابلویی تک‌پل سه حالته (خودکار ـ خاموش ـ دستی)	HAND OFF AUT
دستگاه فتوالکتریک سل جهت فرمان روشنایی محوطه	PH C
کلید مخصوص بین شمش‌های تابلوهای اصلی	
رله ثانوی فرمان	E
اتصال نول در تابلو	N
اتصال زمین در تابلو	G
مولد برق	G

ضمیمه

۸ـ مشخصات آزمونها

۸-۱ طبقه‌بندی آزمونها

آزمونهای مربوط به‌تعیین مشخصه‌های یک تابلوی سوارشده در کارخانه شامل موارد زیر می‌باشد:
ـ آزمونهای نوعی[1] (به بندهای فرعی ۸ـ۱ـ۱ و ۸ـ۲ مراجعه شود).
ـ آزمونهای معمولی[2] (به‌بندهای ۸ـ۱ـ۲ و ۸ـ۳ مراجعه شود).

۸ـ۱ـ۱ آزمونهای نوعی (به‌بند فرعی ۸ـ۲ مراجعه شود).

هدف آزمونهای نوعی، تعیین مشخصات نوع معینی از تابلوها از نظر مطابقت با مقررات این استاندارد می‌باشد.
آزمونهای نوعی در مورد نمونه‌ای از تابلوهای معین یا قسمتهایی از تابلوها که با همان طرح یا طرح مشابه ساخته می‌شوند اجرا می‌گردد.
این آزمونها به‌ابتکار سازنده انجام می‌شوند.
آزمونهای نوعی شامل موارد زیر می‌باشد:

۸ـ۱ـ۱ـ۱ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به‌افزایش دما (بند فرعی ۸ـ۲ـ۱).
۸ـ۱ـ۱ـ۲ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به خواص دی‌الکتریک (بند فرعی ۸ـ۲ـ۲).
۸ـ۱ـ۱ـ۳ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به ایستادگی در برابر اتصال کوتاه (بند فرعی ۸ـ۲ـ۳).
۸ـ۱ـ۱ـ۴ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به پیوستگی مدارهای حفاظتی (بند فرعی ۸ـ۲ـ۴).
۸ـ۱ـ۱ـ۵ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به فواصل هوایی و فواصل خزشی (بند فرعی ۸ـ۲ـ۵).
۸ـ۱ـ۱ـ۶ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به‌کار مکانیکی (بند فرعی ۸ـ۲ـ۶).
۸ـ۱ـ۱ـ۷ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به درجه حفاظت (بند فرعی ۸ـ۲ـ۷).

آزمونها ممکن است به ترتیب دلخواه و بر روی نمونه‌های مختلفی از نوع معینی تابلو انجام شوند.
در صورتی‌که تغییراتی در ساختمان اجزای تابلو داده شده باشد آزمونهای نوعی جدید باید فقط در مواردی که ممکن است این تغییرات بر روی نتیجهٔ آزمونها مؤثر باشند، انجام شود.

۸ـ۱ـ۲ آزمونهای معمولی (به بند فرعی ۸ـ۳ مراجعه شود)

هدف آزمونهای معمولی کشف نامرغوبی در مواد به‌کار رفته یا نحوه کار انجام شده بوده و بر روی کلیه

1– Type tests 2– Routine tests

تابلوها یا واحدهای قابل حمل جدید، پس از پایان ساخت آنها انجام می‌شود. تکرار آزمون معمولی در محل نصب لازم نخواهد بود.

تابلوهایی که با استفاده از اجزای ساخته شده استاندارد، خارج از کارخانه سازنده سوار شده و برای این کار منحصراً از ملحقات و قسمتهای تعیین شده یا ساخته شده توسط سازنده استفاده شده باشد، باید توسط مؤسسه‌ای که تابلو را سوار کرده است تحت آزمون معمولی قرار گیرد.

آزمونهای معمولی شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) بازرسی تابلو شامل بازرسی سیم‌کشی‌ها و در صورت لزوم انجام آزمون مربوط به نحوه کار الکتریکی (به بند فرعی ۸-۳-۱ مراجعه شود).

ب) آزمون دی‌الکتریک (به بند فرعی ۸-۳-۲ مراجعه شود).

پ) امتحان اقدامات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی (به بند فرعی ۸-۳-۳ مراجعه شود).

این آزمونها را ممکن است به ترتیب دلخواه انجام داد.

یادآوری

نتیجه حاصل از آزمونهای معمولی در کارخانه سازنده تابلو، سبب سلب مسئولیت از مؤسسه نصب‌کننده از نظر انجام آزمونهای لازم پس از حمل ونصب آن، نخواهد بود.

۸-۱-۳- آزمون دستگاهها و اجزای مستقل به کار رفته در تابلو

در صورتی‌که دستگاهها و اجزای مستقل به‌کار رفته در تابلو طبق مقررات بند فرعی ۷-۶-۱ انتخاب و با رعایت دستورات سازنده نصب شده باشند لزومی به‌انجام آزمونهای نوعی و معمولی در مورد آنها نخواهد بود.

۸-۲ آزمونهای نوعی

۸-۲-۱ تعیین مطابقت با حدود افزایش دما

۸-۲-۱-۱ کلیات

هدف از انجام آزمون افزایش دما حصول اطمینان از این است که ازدیاد دمای قسمتهای مختلف تابلو از حدود مشخص شده در بند فرعی ۷-۳ تجاوز نمی‌نماید.

معمولاً آزمون باید با جریانهای اسمی طبق مقررات بند فرعی ۸-۲-۱-۳ در حالی‌که کلیهٔ دستگاهها در تابلو نصب می‌باشد، انجام شود.

در بعضی موارد، آزمون ممکن است به‌کمک مقاومتهایی که معادل تلفات توانی تولید حرارت می‌نمایند، طبق بند فرعی ۸-۲-۱-۴ انجام شود.

ضمیمه

۸ـ مشخصات آزمونها

۸ـ۱ طبقه‌بندی آزمونها

آزمونهای مربوط به‌تعیین مشخصه‌های یک تابلوی سوارشده درکارخانه شامل موارد زیر می‌باشد:
ـ آزمونهای نوعی[1] (به بندهای فرعی ۸ ـ ۱ ـ ۱ و ۸ ـ ۲ مراجعه شود).
ـ آزمونهای معمولی[2] (به‌بندهای ۸ ـ ۱ـ۲ و ۸ ـ ۳ مراجعه شود).

۸ ـ ۱ـ۱ آزمونهای نوعی (به‌بند فرعی ۸ـ۲ مراجعه شود).

هدف آزمونهای نوعی، تعیین مشخصات نوع معینی از تابلوها از نظر مطابقت با مقررات این استاندارد می‌باشد.
آزمونهای نوعی در مورد نمونه‌ای از تابلوهای معین یا قسمتهایی از تابلوهاکه با همان طرح یا طرح مشابه ساخته می‌شوند اجرا می‌گردد.
این آزمونها به‌ابتکار سازنده انجام می‌شوند.
آزمونهای نوعی شامل موارد زیر می‌باشد:

۸ ـ ۱ـ۱ـ۱ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به‌افزایش دما (بند فرعی ۸ـ۲ـ۱).
۸ ـ ۱ـ۱ـ۲ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به خواص دی‌الکتریک (بند فرعی ۸ـ۲ـ۲).
۸ ـ ۱ـ۱ـ۳ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به ایستادگی در برابر اتصال کوتاه (بند فرعی ۸ـ۲ـ۳).
۸ ـ ۱ـ۱ـ۴ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به پیوستگی مدارهای حفاظتی (بند فرعی ۸ـ۲ـ۴).
۸ ـ ۱ـ۱ـ۵ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به فواصل هوایی و فواصل خزشی (بند فرعی ۸ـ۲ـ۵).
۸ ـ ۱ـ۱ـ۶ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به‌کار مکانیکی (بند فرعی ۸ـ۲ـ۶).
۸ ـ ۱ـ۱ـ۷ تعیین مطابقت با مقررات مربوط به درجه حفاظت (بند فرعی ۸ـ۲ـ۷).

آزمونها ممکن است به ترتیب دلخواه و بر روی نمونه‌های مختلفی از نوع معینی تابلو انجام شوند.
در صورتی‌که تغییراتی در ساختمان اجزای تابلو داده شده باشد آزمونهای نوعی جدید باید فقط در مواردی که ممکن است این تغییرات بر روی نتیجهٔ آزمونها مؤثر باشند، انجام شود.

۸ ـ ۱ـ۲ آزمونهای معمولی (به بند فرعی ۸ـ۳ مراجعه شود)

هدف آزمونهای معمولی کشف نامرغوبی در مواد به‌کار رفته یا نحوه کار انجام شده بوده و بر روی کلیه

1– Type tests 2– Routine tests

تابلوها یا واحدهای قابل حمل جدید، پس از پایان ساخت آنها انجام می‌شود. تکرار آزمون معمولی در محل نصب لازم نخواهد بود.
تابلوهایی که با استفاده از اجزای ساخته شده استاندارد، خارج از کارخانه سازنده سوار شده و برای این کار منحصراً از ملحقات و قسمتهای تعیین شده یا ساخته شده توسط سازنده استفاده شده باشد، باید توسط مؤسسه‌ای که تابلو را سوار کرده است تحت آزمون معمولی قرار گیرد.

آزمونهای معمولی شامل موارد زیر می‌باشد:

الف) بازرسی تابلو شامل بازرسی سیم‌کشی‌ها و در صورت لزوم انجام آزمون مربوط به نحوه کار الکتریکی (به بند فرعی ۸ـ۳ـ۱ مراجعه شود).

ب) آزمون دی‌الکتریک (به بند فرعی ۸ـ۳ـ۲ مراجعه شود).

پ) امتحان اقدامات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی (به بند فرعی ۸ـ۳ـ۳ مراجعه شود).

این آزمونها را ممکن است به ترتیب دلخواه انجام داد.

یادآوری

نتیجه حاصل از آزمونهای معمولی در کارخانه سازنده تابلو، سبب سلب مسئولیت از مؤسسه نصب‌کننده از نظر انجام آزمونهای لازم پس از حمل ونصب آن، نخواهد بود.

۸ـ۱ـ۳ـ آزمون دستگاهها و اجزای مستقل به‌کار رفته در تابلو

در صورتی‌که دستگاهها و اجزای مستقل به‌کار رفته در تابلو طبق مقررات بند فرعی ۷ـ۶ـ۱ انتخاب و با رعایت دستورات سازنده نصب شده باشند لزومی به‌انجام آزمونهای نوعی و معمولی در مورد آنها نخواهد بود.

۸ـ۲ آزمونهای نوعی

۸ـ۲ـ۱ تعیین مطابقت با حدود افزایش دما

۸ـ۲ـ۱ـ۱ کلیات

هدف از انجام آزمون افزایش دما حصول اطمینان از این است که ازدیاد دمای قسمتهای مختلف تابلو از حدود مشخص شده در بند فرعی ۷ـ۳ تجاوز نمی‌نماید.
معمولاً آزمون باید با جریانهای اسمی طبق مقررات بند فرعی ۸ـ۲ـ۱ـ۳ در حالی‌که کلیهٔ دستگاهها در تابلو نصب می‌باشد، انجام شود.
در بعضی موارد، آزمون ممکن است به‌کمک مقاومتهایی که معادل تلفات توانی تولید حرارت می‌نمایند، طبق بند فرعی ۸ـ۲ـ۱ـ۴ انجام شود.

آزمونها باید بر طبق نوع کاری[1] که نمونه برای آن طرح شده است انجام گیرد. انجام آزمونهای مربوط به اجزای جداگانه (صفحات ـ جعبه‌ها ـ محفظه‌ها و غیره) تابلو (به‌بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۲ مراجعه شود) به‌شرطی‌که احتیاطهای لازم از نظر تطبیق با شرایط کار حقیقی به‌عمل آمده باشد، مجاز خواهد بود.

آزمون افزایش دمای مدارهای جداگانه باید با نوع جریانی که برای آن پیش‌بینی شده است و با فرکانس طرح شده انجام شود. ولتاژهایی که در آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند باید طوری باشند که جریان برقرار شده در مدار برابر جریان تعیین شده در بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ باشد. سیم پیچهای رله‌ها، کنتاکتورها، ضامنهای آزادکننده[2] و غیره باید با ولتاژ اسمی تغذیه شوند.

تابلوهای نوع باز، به‌شرطی‌که از آزمونهای نوعی انجام شده بر روی اجزای مستقل آن و یا از اندازه هادیهای به‌کار رفته و نحوه قرار گرفتن دستگاهها، به‌وضوح معلوم شود که افزایش دما از مقدار مجاز بالاتر نرفته و هیچ نوع آسیبی به تجهیزات وصل شده به تابلو و مواد عایقی مجاور آن وارد نخواهد شد، احتیاجی به گذراندن آزمون افزایش دما نخواهد داشت.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۲ نحوهٔ استقرار تابلو

تابلو باید مشابه حالت عادی بهره‌برداری در حالی‌که کلیه درپوشها و غیره درجای خود نصب می‌باشند مستقر شود.

در موقع آزمایش قسمتهای مستقل یا واحدهای ساختمانی مجزا، قسمتها یا واحدهای مجاور آن باید شرایط حرارتی مشابه زمان بهره‌برداری عادی آن را به‌وجود آورند و برای این منظور می‌توان از مقاومتهای مولد حرارت استفاده نمود.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ انجام آزمون افزایش دما با روش برقراری جریان در کلیه دستگاهها

آزمون باید در بدترین شرایطی که تابلو برای آن طرح شده است انجام شود. این شرایط از طریق انتخاب ترکیب یا ترکیبهایی از مدارها (که تاحد ممکن باید نماینده بدترین شرایط کار باشد) ایجاد می‌شوند.

در این آزمون هر مدار با توجه به ضرایب همزمانی ذکر شده در بند فرعی ۴ـ۶ با جریان اسمی خود (به بند فرعی ۴ـ۲ مراجعه شود) تغذیه می‌گردد. در صورتی‌که تابلو شامل فیوز نیز باشد، در این آزمون رابط فیوزهایی که توسط سازنده تعیین شده‌اند نیز باید نصب شده باشند. تلفات توانی رابط فیوزهای به‌کار رفته در آزمون باید در گزارش آزمون ذکر گردد.

اندازه و نحوه استقرار هادیهای خارجی مورد استفاده برای آزمون باید در گزارش آزمون ذکر گردد.

مدت زمان آزمون باید به‌اندازه‌ای باشد که دما به مقادیر ثابت خود برسد (مدت زمان نباید از ۸ ساعت بیشتر باشد) در عمل این حالت موقعی حاصل می‌شود که تغییرات دما از یک زینه سلسیوس بر ساعت بیشتر نباشد.

یادآوری (۱)

به‌منظور صرفه‌جویی در زمان و در صورتی‌که لوازم به‌کاررفته قادر به‌تحمل باشند، می‌توان شدت جریان را درخلال قسمت‌اول آزمون بالا برده و بعداً آن را تا میزان جریان آزمون پایین آورد.

1– Type of duty 2– Releases

یادآوری (۲)

در مواردی‌که یک آهنربای الکتریکی کنترل درخلال آزمون برقدار می‌شود، دما باید در موقعی‌که تعادل حرارتی، هم در مدار اصلی و هم در آهنربای کنترل به‌وجود می‌آید اندازه‌گیری شود.

در مواردی که اطلاعات دقیقی درباره شرایط بهره‌برداری وجود نداشته باشد، سطح مقطع هادیهای خارجی باید به‌ترتیب زیر انتخاب شود:

۸ ـ ۲ـ۱ـ۳ـ۱ برای جریانهای آزمون تا ۴۰۰ آمپر (و ۴۰۰ آمپر)

الف ـ اتصالات باید از نوع کابل یا سیم تک رشته‌ای با عایق پلی‌وینیل کلراید با سطح مقطعی طبق جدول ۵ ـ ۵ باشد.

ب ـ تا جایی‌که ممکن است اتصالات باید در هوای آزاد قرار داشته باشند.

پ ـ حداقل طول هر یک از اتصالات موقتی از ترمینالی به ترمینال دیگر باید به‌قرار زیر باشد:

ـ یک متر برای مقاطعی تا ۱۰ میلیمتر مربع

ـ دو متر برای مقاطعی بیش از ۱۰ میلیمتر مربع

جدول ۵ ـ ۵ مقاطع استاندارد هادیهای مسی مربوط به‌جریان آزمون

حدود جریان اسمی	۰	۷/۹	۱۵/۹	۲۲	۳۰	۳۹	۵۴	۷۲	۹۳	۱۱۷	۱۴۷	۱۸۰	۲۱۶	۲۵۰	۲۸۷	۳۳۴
واقعی[۱] (A)	۷/۹	۱۵/۹	۲۲	۳۰	۳۹	۵۴	۷۲	۹۳	۱۱۷	۱۴۷	۱۸۰	۲۱۶	۲۵۰	۲۸۷	۳۳۴	۴۰۰
سطح مقطع (mm^2)	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۶	۲۵	۳۵	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۵	۲۴۰
مقدار جریان اسمی حرارتی[۲] (A)	۶	۸ ۱۰ ۱۲	۱۶ ۲۰	۲۵	۳۲	۴۰ ۵۰	۶۳	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	–	۳۱۵	۴۰۰

(۱) مقدار شدت جریان باید از مقدار ذکرشده در سطر اول بیشتر و کمتر یا مساوی مقدار ذکرشده در سطح دوم باشد.

(۲) این مقادیر عبارتند از جریانهای استاندارد توصیه شده که فقط از نظر اطلاع ذکر شده‌اند.

۸ ـ ۲ـ۱ـ۳ـ۲ برای مقادیر جریان آزمون بیش از ۴۰۰ آمپر تا ۱۶۰۰ آمپر:

الف) اتصالات باید از نوع شمش مسی به‌رنگ سیاه مات بوده و اندازه‌های آن با مقادیر جدول ۵ ـ ۶ مطابقت نماید.

ب) اتصالات باید در هوای آزاد قرار داشته و فواصل بین آنها از فواصل موجود بین ترمینالها کمتر نباشد.

پ) حداقل طول هر یک از اتصالات موقتی از ترمینالی به ترمینال دیگر باید ۲ متر باشد.

۸ ـ ۲ـ۱ـ۳ـ۳ برای جریانهای آزمون بیش از ۱۶۰۰ آمپر:

سطح مقطع مربوط به اتصالات آزمون باید بین سازنده و مصرف‌کننده توافق گردد.

یادآوری

مقادیر مربوط تحت بررسی می‌باشند.

آزمونها باید بر طبق نوع کاری[1] که نمونه برای آن طرح شده است انجام گیرد. انجام آزمونهای مربوط به اجزای جداگانه (صفحات ـ جعبه‌ها ـ محفظه‌ها و غیره) تابلو (به‌بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۲ مراجعه شود) به‌شرطی‌که احتیاطهای لازم از نظر تطبیق با شرایط کار حقیقی به‌عمل آمده باشد، مجاز خواهد بود.
آزمون افزایش دمای مدارهای جداگانه باید با نوع جریانی که برای آن پیش‌بینی شده است و با فرکانس طرح شده انجام شود. ولتاژهایی که در آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند باید طوری باشند که جریان برقرار شده در مدار برابر جریان تعیین شده در بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ باشد. سیم پیچهای رله‌ها، کنتاکتورها، ضامنهای آزادکننده[2] و غیره باید با ولتاژ اسمی تغذیه شوند.
تابلوهای نوع باز، به‌شرطی‌که از آزمونهای نوعی انجام شده بر روی اجزای مستقل آن و یا از اندازه هادیهای به‌کار رفته و نحوه قرار گرفتن دستگاهها، به‌وضوح معلوم شود که افزایش دما از مقدار مجاز بالاتر نرفته و هیچ نوع آسیبی به تجهیزات وصل شده به تابلو و مواد عایقی مجاور آن وارد نخواهد شد، احتیاجی به گذراندن آزمون افزایش دما نخواهد داشت.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۲ نحوهٔ استقرار تابلو

تابلو باید مشابه حالت عادی بهره‌برداری در حالی‌که کلیه درپوشها و غیره درجای خود نصب می‌باشند مستقر شود.
در موقع آزمایش قسمتهای مستقل یا واحدهای ساختمانی مجزا، قسمتها یا واحدهای مجاور آن باید شرایط حرارتی مشابه زمان بهره‌برداری عادی آن را به‌وجود آورند و برای این منظور می‌توان از مقاومتهای مولد حرارت استفاده نمود.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ انجام آزمون افزایش دما با روش برقراری جریان در کلیه دستگاهها

آزمون باید در بدترین شرایطی که تابلو برای آن طرح شده است انجام شود. این شرایط از طریق انتخاب ترکیب یا ترکیبهایی از مدارها (که تاحد ممکن باید نماینده بدترین شرایط کار باشد) ایجاد می‌شوند.
در این آزمون هر مدار با توجه به ضرایب همزمانی ذکر شده در بند فرعی ۴ـ۶ با جریان اسمی خود (به بند فرعی ۴ـ۲ مراجعه شود) تغذیه می‌گردد. در صورتی‌که تابلو شامل فیوز نیز باشد، در این آزمون رابط فیوزهایی که توسط سازنده تعیین شده‌اند نیز باید نصب شده باشند. تلفات توانی رابط فیوزهای به‌کار رفته در آزمون باید درگزارش آزمون ذکر گردد.
اندازه و نحوه استقرار هادیهای خارجی مورد استفاده برای آزمون باید درگزارش آزمون ذکر گردد.
مدت زمان آزمون باید به‌اندازه‌ای باشد که دما به مقادیر ثابت خود برسد (مدت زمان نباید از ۸ ساعت بیشتر باشد) در عمل این حالت موقعی حاصل می‌شود که تغییرات دما از یک زینه سلسیوس بر ساعت بیشتر نباشد.

یادآوری (۱)

به‌منظور صرفه‌جویی در زمان و در صورتی‌که لوازم به‌کاررفته قادر به‌تحمل باشند، می‌توان شدت جریان را درخلال قسمت‌اول آزمون بالا برده و بعداً آن را تا میزان جریان آزمون پایین آورد.

1– Type of duty 2– Releases

یادآوری (۲)

در مواردی‌که یک آهنربای الکتریکی کنترل درخلال آزمون برقدار می‌شود، دما باید در موقعی‌که تعادل حرارتی، هم در مدار اصلی و هم در آهنربای کنترل به‌وجود می‌آید اندازه‌گیری شود.

در مواردی که اطلاعات دقیقی درباره شرایط بهره‌برداری وجود نداشته باشد، سطح مقطع هادیهای خارجی باید به‌ترتیب زیر انتخاب شود:

۸ ـ ۲ـ۱ـ۳ـ۱ برای جریانهای آزمون تا ۴۰۰ آمپر (و ۴۰۰ آمپر)

الف ـ اتصالات باید از نوع کابل یا سیم تک رشته‌ای با عایق پلی‌وینیل کلراید با سطح مقطعی طبق جدول ۵ ـ ۵ باشد.

ب ـ تا جایی‌که ممکن است اتصالات باید در هوای آزاد قرار داشته باشند.

پ ـ حداقل طول هر یک از اتصالات موقتی از ترمینالی به ترمینال دیگر باید به‌قرار زیر باشد:

ـ یک متر برای مقاطعی تا ۱۰ میلیمتر مربع

ـ دو متر برای مقاطعی بیش از ۱۰ میلیمتر مربع

جدول ۵ ـ ۵ مقاطع استاندارد هادیهای مسی مربوط به‌جریان آزمون

حدود جریان اسمی	۰	۷/۹	۱۵/۹	۲۲	۳۰	۳۹	۵۴	۷۲	۹۳	۱۱۷	۱۴۷	۱۸۰	۲۱۶	۲۵۰	۲۸۷	۳۳۴
واقعی[۱] (A)	۷/۹	۱۵/۹	۲۲	۳۰	۳۹	۵۴	۷۲	۹۳	۱۱۷	۱۴۷	۱۸۰	۲۱۶	۲۵۰	۲۸۷	۳۳۴	۴۰۰
سطح مقطع (mm^2)	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۶	۲۵	۳۵	۵۰	۷۰	۹۵	۱۲۰	۱۵۰	۱۸۵	۲۴۰
مقدار جریان اسمی حرارتی[۲] (A)	۶	۸ ۱۰ ۱۲	۱۶ ۲۰	۲۵	۳۲	۴۰ ۵۰	۶۳	۸۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰	—	۳۱۵	۴۰۰

(۱) مقدار شدت جریان باید از مقدار ذکرشده در سطر اول بیشتر و کمتر یا مساوی مقدار ذکرشده در سطح دوم باشد.

(۲) این مقادیر عبارتند از جریانهای استاندارد توصیه شده که فقط از نظر اطلاع ذکر شده‌اند.

۸ ـ ۲ـ۱ـ۳ـ۲ برای مقادیر جریان آزمون بیش از ۴۰۰ آمپر تا ۱۶۰۰ آمپر:

الف) اتصالات باید از نوع شمش مسی به‌رنگ سیاه مات بوده و اندازه‌های آن با مقادیر جدول ۵ ـ ۶ مطابقت نماید.

ب) اتصالات باید در هوای آزاد قرار داشته و فواصل بین آنها از فواصل موجود بین ترمینالها کمتر نباشد.

پ) حداقل طول هر یک از اتصالات موقتی از ترمینالی به ترمینال دیگر باید ۲ متر باشد.

۸ ـ ۲ـ۱ـ۳ـ۳ برای جریانهای آزمون بیش از ۱۶۰۰ آمپر:

سطح مقطع مربوط به اتصالات آزمون باید بین سازنده و مصرف‌کننده توافق گردد.

یادآوری

مقادیر مربوط تحت بررسی می‌باشند.

جدول ۵ ـ ٦ اتصالات استاندارد برای مقادیر جریان آزمون بیش از ۴۰۰ آمپر تا ۱٦۰۰ آمپر[۱]

جریان آزمون (A)	اتصالات برای آزمون[۲]	
	تعداد	ابعاد[۳] (mm)
۴۰۰ < I ≤ ۵۰۰	۲	۵×۳۰
۵۰۰ < I ≤ ۶۵۰	۲	۵×۴۰
۶۵۰ < I ≤ ۸۰۰	۲	۵×۵۰
۸۰۰ < I ≤ ۱۰۰۰	۲	۵×۶۰
۱۰۰۰ < I ≤ ۱۲۵۰	۲	۵×۸۰
۱۲۵۰ < I ≤ ۱۶۰۰	۴	۵×۵۰

(۱) فاصله بین دو شمش موازی مربوط به‌یک ترمینال باید تقریباً برابر ۵ میلیمتر باشد.

(۲) در صورتی‌که اتصال شمشهای ذکر شده به دستگاه مورد آزمون امکان نداشته باشد استفاده از شمشی که دارای همان سطح مقطع بوده و عرض آن مساوی عرض ترمینال باشد مجاز خواهد بود.

(۳) استفاده از کابل به‌جای شمش مجاز خواهد بود. مقاطع مجاز مربوط به کابل تحت بررسی است.

۸ ـ ۲ـ۱ـ۴ آزمون افزایش دما با استفاده از مقاومتهای گرم‌کننده باتوان تلف شده معادل

برای بعضی از انواع تابلوهای تمام بسته که مدارهای اصلی و کمکی آنها دارای جریانهای اسمی نسبتاً کمی هستند، تلفات توان را می‌توان با استفاده از مقاومتهای گرم‌کننده‌ای که همان مقدار حرارت تولید نموده و در محلهای مناسبی در داخل محفظه نصب می‌شوند ایجاد نمود.

سطح مقطع هادیهای تغذیه‌کننده مقاومتها باید به‌قدری باشد که حرارت قابل ملاحظه‌ای از طریق آنها ازداخل محفظه به بیرون هدایت نشود.

آزمون مربوط به مقاومتهای گرم‌کننده را می‌توان به‌عنوان معرف تابلوهایی‌که دارای محفظه‌های مشابه بوده ولی مجهز به‌دستگاههای دیگری باشند نیز به‌حساب آورد به‌شرطی که جمع تلفات توان دستگاههای نصب شده در آن با در نظر گرفتن ضریب همزمانی، از مقداری که در هنگام آزمون به‌کار رفته است تجاوز ننماید.

افزایش دمای دستگاههای نصب شده نباید از مقادیر داده شده در جدول شماره ۲ (به بند فرعی ۷ ـ ۳ مراجعه شود) تجاوز نماید. این افزایش دما را می‌توان به‌طور تقریب با اضافه کردن تفاوت دماهای داخل و خارج محفظه تابلو به دمای دستگاه که در هوای آزاد اندازه‌گیری شده است به‌دست آورد.

۸ ـ ۲ـ۱ـ۵ اندازه‌گیری دماها

برای انجام اندازه‌گیریهای دما باید از ترموکوپل یا دماسنج استفاده شود. در مورد سیم‌پیچها، به‌طور کلی باید از روش اندازه‌گیری دما از طریق تغییرات مقاومت استفاده شود. جهت اندازه‌گیری دمای هوای داخل تابلو چند وسیله اندازه‌گیری باید در نقاط مختلف داخل تابلو نصب شوند.

دماسنجها یا ترموکوپلها باید در برابر جریان هوا و تابش حرارتی محافظت شوند.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۶ دماهای محیط

اندازه‌گیری دمای هوای محیط باید در خلال ربع آخر زمان آزمون با استفاده از حداقل دو عدد دماسنج یا ترموکوپل که به‌طور یکنواخت در اطراف تابلو پخش شده و در فاصله یک‌متری از تابلو در حوالی نصف ارتفاع آن نصب می‌شوند، انجام شود.

دماسنجها یا ترموکوپلها باید در برابر جریان هوا و تابش حرارتی محافظت شوند.

چنانچه دمای هوای محیط در حین آزمون بین ۱۰ و ۴۰+ زینه سلسیوس باشد مقادیر داده شده در جدول شماره ۲ بند فرعی ۷ ـ ۳ حدهای نهایی افزایش دما می‌باشد.

چنانچه دمای هوای محیط در حین آزمون از ۴۰+ زینه سلسیوس بیشتر یا از ۱۰+ زینه سلسیوس کمتر باشد این مقررات ملاک عمل نبوده و لازم خواهد بود توافق مخصوصی بین سازنده و مصرف‌کننده به‌عمل آید.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۷ افزایش دمای یک جزء یا قطعه

در مورد آزمون افزایش دما، در حالی که کلیه وسایل و دستگاهها در محل خود در تابلو نصب بوده و شدت جریانهای مشخص شده از مدارها عبور می‌نماید، (ب بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ مراجعه شود) افزایش دمای یک جزء یا قطعه، تفاوت بین دمای آن جزء یا قطعه (که طبق بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۵ اندازه‌گیری می‌شود) و دمای هوای محیط خارج تابلو خواهد بود.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۸ نتایج به‌دست آمده

در پایان آزمون، افزایش دما نباید از مقادیر داده شده در جدول شماره ۲ بند فرعی ۷ـ۳ تجاوز نماید. لوازم و دستگاهها باید به‌صورتی رضایت بخش در حدود ولتاژ تعیین شده برای آنها و در دمای داخل تابلو کار کند.

۸ـ۲ـ۲ تعیین مطابقت با خواص دی‌الکتریک

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۱ کلیات

انجام این آزمون در مورد اجزایی از تابلو که قبلاً طبق مقررات مخصوص به‌خود آزمون نوعی را گذرانده باشند به‌شرطی که در حین نصب، خللی به‌خواص عایقی آنها وارد نشده باشد لازم نخواهد بود.

ولتاژ آزمون باید به‌نحو زیر اعمال شود:

الف ـ بین کلیهٔ قسمتهای برقدار و بدنه تابلو،

ب ـ بین هر قطب و سایر قطبها که به یکدیگر و بدنه تابلو وصل می‌باشند.

در مواردی که تابلو شامل یک هادی حفاظتی که طبق بند فرعی ۷ـ۴ـ۲ـ۳ـ۲ نسبت به‌بدنه‌های هادی عایق شده است باشد، این هادی باید یک مدار جداگانه به‌حساب آید. به‌عبارت دیگر باید آن‌را با همان ولتاژی که در آزمون مدار اصلی مربوطه مورد استفاده قرار می‌گیرد تحت آزمون قرار داد.

در لحظه اتصال، ولتاژ آزمون نباید از ۵۰٪ مقادیر داده شده در بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ بیشتر باشد. سپس باید ولتاژ را به‌طور یکنواخت ظرف چند ثانیه به مقدار کامل آن طبق بند فرعی ۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ بالا برده و به‌مدت یک‌دقیقه برقرار نگه داشت. منبع تغذیه جریان متناوب باید دارای توان کافی برای حفظ ولتاژ آزمون صرفنظر از جریانهای نشت باشد.

موج ولتاژ آزمون باید عملاً سینوسی بوده و فرکانس آن بین ۴۵ لغایت ۶۵ هرتز باشد.

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۲ آزمون پوششهای عایق‌بندی شده

در مورد پوششهایی که از مواد عایق ساخته شده باشند باید یک آزمون دی‌الکتریک اضافی به‌صورت اعمال ولتاژ آزمون بین یک ورقه فلزی که روی سطح خارجی پوششهای دهانه‌ها و اتصالات قرار داده می‌شود از یک‌طرف، و هادیهای برقدار و بدنه‌های هادی که در داخل پوشش قرارگرفته و در مجاورت دهانه و یا محل اتصالات قرار داشته و از نظر الکتریکی به‌یکدیگر وصل شده‌اند از طرف دیگر انجام گیرد. برای‌این آزمون اضافی، مقدار ولتاژ آزمون باید ۱/۵ برابر ارقام ذکرشده در جدول شماره ۵ـ۷ باشد.

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ دسته‌های فرمان خارج از تابلو از جنس عایق

در مورد دسته‌های ساخته شده از مواد عایق، باید یک آزمون دی‌الکتریک به‌صورت اعمال ولتاژی که مقدار آن ۱/۵ برابر ولتاژ آزمون ذکر شده در جدول شماره ۵ ـ ۶ بوده و بین قسمتهای برقدار و ورقه‌های فلزی که دور دسته پیچیده شده است وصل می‌شود، انجام گیرد. در حین این آزمون قاب تابلو نباید زمین شده یا به‌هر مدار دیگری وصل شده باشد.

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ مقدار ولتاژ آزمون

مقدار ولتاژ آزمون باید به‌ترتیب زیر باشد:

۸ـ۲ـ۲ـ۴ـ۱ برای مدار اصلی و مدارهای فرعی و کنترل (که با بند فرعی ۸ـ۲ـ۲ـ۴ـ۲ مطابقت نداشته باشد) ولتاژ موردنظر باید طبق جدول شماره ۵ ـ ۶ انتخاب شود:

جدول ۵ ـ ۷

ولتاژ اسمی عایق‌بندی (U_i) (V)	ولتاژ آزمون دی‌الکتریک (مقدار مؤثر ولتاژ متناوب) (V)
$U_i \leq$ ۶۰	۱۰۰۰
۶۰ < $U_i \leq$ ۳۰۰	۲۰۰۰
۳۰۰ < $U_i \leq$ ۶۶۰	۲۵۰۰
۶۶۰ < $U_i \leq$ ۸۰۰	۳۰۰۰
۸۰۰ < $U_i \leq$ ۱۰۰۰	۳۵۰۰
۱۰۰۰ < $U_i \leq$ ۱۲۰۰*	۳۵۰۰

* این ولتاژ فقط برای جریان مستقیم می‌باشد.

۸ـ۲ـ۲ـ۴ـ۲ ولتاژ آزمون در مورد مدارهای فرعی و کنترلی که سازنده نامناسب بودن آنها را برای وصل به مدار اصلی مشخص کرده باشد، به‌ترتیب زیر خواهد بود:

– در مواردی که ولتاژ اسمی عایق‌بندی U_i از ۶۰ ولت تجاوز ننماید ۱۰۰۰ ولت.

– در مواردی که ولتاژ اسمی عایق‌بندی U_i بیش از ۶۰ ولت باشد، ولتاژ آزمون باید ۱۰۰۰ + $2U_i$ ولت بوده و حداقل آن از ۱۵۰۰ ولت کمتر نباشد.

یادآوری

به‌هرحال بعضی از اجزایی که برای ولتاژ آزمون پایینتری طرح شده‌اند، از مدار قطع می‌شوند. (به بند فرعی ۸ـ۳ـ۲ـ۱ مراجعه شود).

۸ـ۲ـ۲ـ۵ نتایج به‌دست آمده

نتیجهٔ آزمون در مواردی رضایت‌بخش می‌باشد که در عایق‌بندی خرابی[1] ایجاد نشده یا جرقه‌ای[2] پدید نیامده باشد.

۸ـ۲ـ۳ تعیین ایستادگی در برابر اتصال کوتاه

۸ـ۲ـ۳ـ۱ مدارهایی از تابلوها که تعیین ایستادگی در برابر اتصال کوتاه در مورد آنها لازم نمی‌باشد:

۸ـ۲ـ۳ـ۱ـ۱ تابلوهای ساده‌ای که جریان اسمی مشروط اتصال کوتاه آنها از ۵ کیلوآمپر تجاوز ننماید.

۸ـ۲ـ۳ـ۱ـ۲ تابلوهایی که به‌کمک فیوزهای محدودکننده جریان حفاظت می‌شوند مشروط بر اینکه جریان اسمی فیوزها از ۶۳ آمپر تجاوز ننموده یا اینکه جریان محدود شده اتصال کوتاه به‌وسیلهٔ فیوز از ۱۵ کیلوآمپر در قدرت قطع اسمی آن تجاوز ننماید.

۸ـ۲ـ۳ـ۱ـ۳ مدارهای کمکی تابلوهایی‌که برای اتصال به ترانسفورماتورهای با قدرت اسمی ۱۰ کیلوولت آمپر یا کمتر با ولتاژ ثانویه ۱۱۰ ولت یا بیشتر و یا با قدرت اسمی ۱/۶ کیلوولت آمپر با ولتاژ ثانویه کمتر از ۱۱۰ ولت درنظر گرفته شده و ولتاژ نسبی اتصال کوتاه آنها از ۴٪ کمتر نباشد.

۸ـ۲ـ۳ـ۱ـ۴ کلیهٔ اجزای تابلوها (شینه‌های اصلی، مقره‌ها یا تکیه‌گاههای آنها، اتصالات به شینه‌ها مجموعه‌های ورودی و خروجی و غیره) که قبلاً آزمونهای نوعیِ مربوطه را با توجه به‌شرایط تابلو گذرانده باشند.

یادآوری

برای مثال وسایل قطع و وصلی که جریان اتصال کوتاه مشروط اسمی آنها با نشریه شماره ۴۰۸ سازمان بین‌المللی الکتروتکنیک، تحت عنوان «کلیدهای فشار ضعیف هوایی ـ قطع‌کننده‌های هوایی ـ کلیدهای قطع کننده هوایی و مجموعه‌های کلید فیوز» مطابقت می‌نماید و همچنین راه‌انداز موتورها که با وسایل حفاظت در برابر اتصال کوتاه طبق اولین مکمل نشریه شماره ۱ـ۲۹۲ سازمان بین‌المللی الکتروتکنیک تحت عنوان «راه‌اندازهای فشار ضعیف برای موتورها» قسمت اول «راه‌اندازهای جریان متناوب اتصال مستقیم به شبکه» هماهنگ شده باشند.

1– Puncture 2– Flashover

۸ـ۲ـ۳ـ۲ مدارهایی که باید نسبت به ایستادگی در برابر اتصال کوتاه آنها در تابلو از طریق آزمون اطمینان حاصل شود:

این موضوع در مورد کلیهٔ مدارهایی‌که در بند فرعی ۸ـ۲ـ۳ـ۱ به‌آن اشاره شده است اعمال خواهد شد.

۸ـ۲ـ۳ـ۲ـ۱ ترتیب انجام آزمون

تابلو یا قسمتهایی از آن باید مشابه هنگام استفاده عادی نصب شود. جز در مورد آزمونهای مربوط به شینه‌ها (و با درنظر گرفتن نوع ساختمان تابلو) کافی است آزمون بر روی یکی از مجموعه‌های عامل به‌شرطی که سایر مجموعه‌های عامل به‌طرز مشابهی ساخته شده و بر روی نتیجهٔ آزمون اثری نداشته باشند، انجام شود.

۸ـ۲ـ۳ـ۲ـ۲ نحوهٔ انجام آزمون ـ کلیات

در صورتی که مدار مورد آزمون حاوی فیوز باشد، باید رابط فیوزها با جریان اسمی حداکثر (مطابق با جریان اسمی مدار) و در صورت لزوم از نوعی که به‌وسیلهٔ سازنده قابل قبول معرفی شده است، استفاده شود.

هادیهای تغذیه جریان و اتصالات لازم برای انجام آزمون اتصال کوتاه تابلو، باید دارای قدرت ایستادگی کافی در برابر اتصالهای کوتاه بوده و به‌نحوی ترتیب داده شوند که سبب ایجاد تنشهای اضافی نشوند.

جز در مواردی که به‌نحوی دیگر توافق شده باشد، مدار آزمون باید به ترمینالهای ورودی تابلو وصل شود. تابلوهای سه‌فاز باید به‌صورت سه‌فاز وصل شوند.

مقدار جریان اتصال کوتاه تخمینی باید از نگاره‌نوسان کالیبره کردن[1] استخراج گردد. نگاره‌نوسان درحالی که هادیهای تغذیه تابلو به‌وسیلهٔ امپدانس قابل اغماضی اتصال کوتاه شده‌اند گرفته می‌شود.

محل اتصال کوتاه باید تا جایی‌که ممکن است نزدیک به محل تغذیه باشد.

در حین آزمون، باید نگاره‌نوسان منحنی شدت جریان گرفته شود. نگاره‌نوسان باید نشان دهد که شدت جریان برقرار شده تا لحظه عمل وسیله حفاظتی یا بمدت تعیین شده‌ای عملاً ثابت می‌باشد. مقدار شدت جریان باید در حدود مقادیر ذکر شده در بند فرعی ۸ـ۲ـ۳ـ۲ـ۴ باشد.

در موارد استفاده از وسایل حفاظتی که نحوه کار آنها بستگی به ولتاژ یا فرکانس یا هر دو دارد، لازم است به‌مشخصات مربوط به این نوع وسایل توجه شود.

در مورد آزمونهای جریان متناوب، فرکانس مدار آزمون در حین آزمونهای اتصال کوتاه باید معادل فرکانس اسمی با حد خطای ۲۵٪ باشد.

کلیهٔ اجزای تجهیزاتی که در حالت کار عادی به‌زمین وصل می‌شوند منجمله محفظه‌های آنها باید از زمین عایق شده ولی به‌هادی خنثای مدار تغذیه یا به‌هادی خنثای مصنوعی که اصولاً القایی بوده و اجازه عبور جریان اتصالی تخمینی به‌مقدار حداقل ۱۰۰ آمپر را بدهد، وصل شود. این اتصال، به‌منظور نشان دادن وجود جریانهای اتصالی باید شامل وسیله‌ای مطمئن مانند فیوزی که از سیم مسی با قطر ۰/۱ میلیمتر درست شده و طول آن بیش از ۵۰ میلیمتر نباشد بوده و در صورت لزوم دارای مقاومتی که بتواند جریان اتصالی تخمینی را به‌مقدار حدود ۱۰۰ آمپر محدود نماید باشد.

1– Calibration oscilogram

۸ ـ ۲ـ۳ـ۲ـ۳ آزمون مدارهای اصلی

الف) برای آزمون یک مدار خروجی، ترمنیالهای آن باید مجهز به یک وسیله اتصال کوتاه کور[1] باشد.
در مواردی که یک مدار خروجی، مجهز به‌جزیی است که قبلاً مورد آزمون قرار نگرفته باشد آزمونهای زیر باید انجام شود:
وسیله قطع و وصل (کلید) باید وصل شده و درهمان حالت، به‌نحوی که در وضع عادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نگاه داشته شود. سپس ولتاژ آزمون برای یکبار و به‌مدتی کافی وصل می‌شود تا وسیلهٔ حفاظت در برابر اتصال کوتاه در مدار خروجی عمل نموده و اتصالی را قطع نماید.
در هر صورت این مدت (مدت برقراری ولتاژ آزمون) نباید از ۱۰ سیکل کمتر باشد.

ب) تابلوهایی که شامل شینه‌های اصلی می‌باشند باید تحت یک آزمون اضافی قرارگیرند تا استقامت در برابر اتصال کوتاه شینه‌های اصلی و مدار ورودی (شامل حداقل یک محل اتصال) ثابت شود.
نقطه‌ای که اتصال کوتاه در آن درست می‌شود باید ۰/۴±۲ متر از نزدیکترین قطعه تغذیه فاصله داشته باشد.
در صورتی‌که طول شینه‌ها از ۲ متر کمتر باشد نقطه ایجاد اتصال کوتاه باید در انتهای شینه‌ها باشد. چنانچه یک مجموعه شینه متشکل از چند قسمت (از نظر سطح مقطع فاصله بین شینه‌های مجاور ـ نوع و تعداد نگهدارهای شینه در هر متر) باشد هر قسمت باید به‌طور مجزا مورد آزمون قرارگیرد.
در موارد استثنایی که موکول به توافق بین سازنده و استفاده‌کننده می‌باشد می‌توان با ایجاد اتصال کوتاه بر روی هادیهایی که شینه‌ها را به یک مجموعه خروجی وصل می‌کند یک آزمون مخصوص انجام داد. محل اتصال کوتاه کور باید تا جایی‌که عملی می‌باشد نزدیک ترمینالهای مجموعه خروجی باشد.

پ) در صورت وجود شینه خنثی، باید آنرا تحت آزمونی که وجود استقامت در برابر اتصال کوتاه نسبت به‌نزدیکترین شینه فاز را ثابت نماید (همراه با حداقل یک محل اتصال) قرار داد. از نظر انجام اتصال شینه خنثی به‌شینه فاز مورد بحث، باید مقررات بند فرعی ۸ ـ ۲ـ۳ـ۲ـ۳ـ ب) مراعات شود. جریان آزمون باید به‌وسیلهٔ سازنده مشخص شود.

۸ ـ ۲ـ۳ـ۲ـ۴ مدار و مدت برقراری جریان اتصال کوتاه

الف) در تابلوهایی که شامل وسیلهٔ حفاظت در برابر اتصال کوتاه در مجموعه ورودی می‌باشند، (به بند فرعی ۷ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۱ مراجعه شود):
باید جریانی که معادل جریان اتصال کوتاه تخمینی مشخص شده می‌باشد تا زمانی که وسیلهٔ حفاظتی آن را قطع بنماید، برقرار باشد.

ب) در تابلوهایی که شامل وسیله حفاظت در برابر اتصال کوتاه در مجموعه ورودی نمی‌باشند (به‌بند فرعی ۷ـ ۵ـ۲ـ۱ مراجعه شود):
در تابلوهای با جریان اسمی ایستادگی کوتاه مدت و جریان اسمی ایستادگی پیک،

1– Bolted short circuit

دینامیکی و حرارتی باید به‌کمک جریانهای اسمی تعیین شود.
جریان ایستادگی کوتاه‌مدت باید به‌مدت تعیین‌شده برقرار باشد (به بند فرعی ۴-۳ مراجعه شود).

یادآوری

معهذا در صورتی‌که محدودیتهایی در شرایط آزمون موجود باشد، زمان کوتاهتری قابل قبول خواهد بود، در این‌صورت جریان آزمون باید بر طبق فرمول: عدد ثابت $=I^2t$ ازدیاد داده شود به‌شرطی که جریان پیک به‌دست آمده به‌کمک محاسبه، از مقدار جریان اسمی ایستادگی پیک تجاوز ننماید.

آزمون جریان کوتاه مدت را می‌توان در هر ولتاژ و دمای مناسب شینه‌ها، انجام داد. بالاترین مقدار پیک بزرگترین نیم‌موج در حین اولین سیکل آزمون نباید از جریان اسمی ایستادگی پیک کمتر باشد (به‌بند فرعی ۷-۵-۳ مراجعه شود).

در مورد تابلوهایی که دارای جریان اسمی مشروط اتصال کوتاه یا جریان اسمی اتصال کوتاه فیوزی می‌باشند (به بند فرعی ۴-۵ مراجعه شود) ایستادگی دینامیکی و حرارتی را باید به‌وسیلهٔ جریان اتصال کوتاه تخمینی که در طرف تغذیه وسیلهٔ حفاظتی مشخص شده و معادل جریان اسمی مشروط یا جریان اسمی فیوزی اتصال کوتاه می‌باشد، تعیین نمود.

۸-۲-۳-۲-۵ نتایج به‌دست آمده

پس از ختم آزمون در هادیها نباید هیچ نوع تغییر شکل قابل ملاحظه‌ای مشاهده شود. تغییر شکل جزئی شینه‌ها به‌شرطی که فواصل هوایی و فواصل خزشی مشخص شده در بند فرعی ۷-۱-۲ هنوز برقرار باشند قابل قبول خواهد بود. همچنین در عایق‌بندی هادیها و قسمتهای عایق نباید هیچ نشانی از خرابی وجود داشته باشد.
فیوز نشان‌دهندهٔ وجود اتصال زمین باید سالم مانده باشد.
در قطعات به‌کار رفته در اتصالات هادیها، نباید هیچ نوع سستی یا لقی به‌وجود آمده باشد.
در مؤثر بودن هادیهای حفاظتی (که حفاظت در برابر برق‌گرفتگی را در صورت بروز اتصالی تضمین می‌نمایند) نباید هیچ نوع خللی وارد شده باشد.
تغییرشکل محفظه تا حدی که به درجه حفاظت خللی وارد نشده و فواصل آزاد به مقادیر مشخص شده تقلیل نیافته باشند قابل قبول خواهد بود.
لوازم و تجهیزات نصب شده در تابلو باید در شرایطی که استانداردهای مربوطه مشخص نموده‌اند باشد.

۸-۲-۴ حصول اطمینان نسبت به مؤثر بودن مدار حفاظتی

۸-۲-۴-۱ تعیین مؤثر بودن اتصالات بین بدنه‌های هادی تابلو و مدار حفاظتی

لازم است اطمینان حاصل شود که بدنه‌های هادی مختلف تابلو به‌نحوی مؤثر طبق مقررات بند فرعی ۷-۴-۲-۱ به‌مدار حفاظتی وصل می‌باشد.

در صورت وجود عدم اطمینان در مواردی که روشهای ساختمانی طبق تضمین مداوم آنچه که در بند فرعی ۷-۴-۲-۱ ذکر شده است مورد استفاده قرار نگرفته باشد، ممکن است برای تأیید اینکه مقاومت بین ترمینال هادی حفاظتی ورودی و بدنه‌های هادی مربوطه تابلو به‌اندازهٔ کافی کوچک می‌باشد، اندازه‌گیریهایی انجام شود.

۸-۲-۴-۲ بررسی مدار حفاظتی از نظر استقامت در برابر اتصال کوتاه

یک منبع آزمون یک‌فاز باید بین ترمینال یکی از فازهای مدار ورودی و ترمینال ورودی هادی حفاظتی وصل شود. در مواردی که تابلو حاوی یک هادی حفاظتی مجزا باشد نزدیکترین هادی فاز باید مورد استفاده قرار گیرد. برای هر یک از مجموعه‌های خروجی نمونه، باید یک آزمون مستقل به‌کمک اتصال کوتاه کوری که بین ترمینال فاز خروجی مربوطه مجموعه و ترمینال هادی حفاظتی خروجی مربوطه برقرار می‌گردد انجام شود.

هر یک از مجموعه‌های خروجی مورد آزمون باید از وسایل حفاظتی درنظر گرفته شده برای آن، مجهز به‌وسیله‌ای باشد که حداکثر جریان پیک و I^2t را عبور می‌دهد، ممکن است آزمون را درحالی که وسیلهٔ حفاظتی در خارج از تابلو قرار دارد انجام داد.

برای انجام این آزمون قاب تابلو باید نسبت به زمین عایق شده باشد. مقدار جریان اتصال کوتاه تخمینی و مقدار ولتاژ مورد استفاده باید مقادیر یک‌فازی که از استقامت اتصال کوتاه سه‌فاز تابلو به‌دست می‌آیند باشد.

کلیهٔ شرایط دیگر این آزمون باید نظیر بند فرعی ۸-۲-۳-۲ باشد.

۸-۲-۴-۳ نتایج به‌دست آمده

در پیوستگی و استقامت اتصال کوتاه مدار حفاظتی، صرفنظر از اینکه شامل یک هادی مجزا و یا قاب تابلو باشد نباید هیچ‌گونه خللی وارد آمده باشد.

علاوه بر بازرسی ظاهری می‌توان به‌وسیلهٔ انجام یک آزمون با جریانی که در حدود جریان حرارتی اسمی مجموعه خروجی مربوطه می‌باشد نسبت به صحت مسئله اطمینان حاصل نمود.

یادآوری (۱)

در مواردی که از قاب تابلو به‌عنوان هادی حفاظتی استفاده شود، وجود جرقه‌ها و ازدیاد دمای موضعی در محل اتصالات قابل قبول خواهد بود به‌شرط اینکه در تداوم الکتریکی خللی وارد نشده و قطعات قابل اشتعال مجاور، آتش نگرفته باشند.

یادآوری (۲)

مقایسه مقاومتهای اندازه‌گیری شده بین ترمینال هادی حفاظتی ورودی و ترمینال هادی حفاظتی خروجی مربوطه در قبل و بعد از انجام آزمون، تعیین‌کننده تطبیق با شرط فوق خواهد

۸-۲-۵ تعیین فواصل هوایی و خزشی

لازم است نسبت به مطابقت فواصل هوایی و خزشی با مقادیر تعیین شده در بند فرعی ۷-۱-۲ اطمینان حاصل شود.

چنانچه لازم باشد، فواصل هوایی و خزشی باید به‌کمک اندازه‌گیری تعیین گردند. در این حال باید تغییرشکل قطعات محفظه یا پرده‌های داخلی منجمله تغییراتی که ممکن است در صورت بروز اتصال کوتاه به‌وجود آیند نیز به‌حساب آورده شوند.

در صورتی‌که تابلو شامل اجزای خارج‌شونده باشد لازم است هم در وضعیت آزمون (به بند فرعی ۲-۲-۱۰ مراجعه شود) و هم در وضعیت قطع (به‌بند فرعی ۲-۲-۱۱ مراجعه شود) فواصل هوایی و خزشی تعیین و مطابقت داده شوند.

۸-۲-۶ تعیین نحوهٔ کار اجزای مکانیکی

انجام این آزمون نوعی، نباید در مورد لوازم و دستگاههایی از تابلو که قبلاً طبق مقررات مخصوص به‌خود، آزمون نوعی راگذرانده باشند به‌عمل آید به‌شرطی که در حین نصب خللی به نحوه کار مکانیکی آنها وارد نشده باشد.

برای آن دسته از لوازم و دستگاهها که در مورد آنها گذراندن آزمون نوعی لازم باشد، تعیین مطابقت با مقررات باید پس از نصب آنها در تابلو به‌عمل آید. تعداد دوره‌های کار باید ۵۰ باشد.

در عین حال باید نحوه عمل قفل و بستهای مکانیکی مربوط به‌این کارها نیز کنترل شود. آزمون در صورتی قابل قبول تلقی خواهد شد که خللی به‌نحوهٔ کار لوازم و دستگاهها و همچنین قفل و بستهای آنها و غیره وارد نیامده و نیروی لازم برای انجام کارها عملاً به‌همان مقداری باشد که قبل از شروع آزمون لازم بوده است.

۸-۲-۷ تعیین درجه حفاظت

درجه حفاظت به‌وجود آمده طبق مقررات بند فرعی ۷-۲-۱ باید با استاندارد ملی شماره ۲۹۶ مطابقت داده شود و در مواردی که لازم باشد تعدیلهایی مناسب نوع تابلو برای تطبیق با آن انجام شود.

۸-۳ آزمونهای معمولی

۸-۳-۱ بازدید تابلو شامل بازدید سیمکشیها و در صورت لزوم آزمون نحوهٔ کار الکتریکی مؤثر بودن کار اجزای راه‌انداز مکانیکی، قفل و بستها، کلید و قفلها و غیره باید کنترل شود.

صحت کشیده شدن هادیها و کابلها و نصب لوازم و دستگاهها باید کنترل شود. جهت حصول اطمینان نسبت به‌وجود درجه حفاظت تعیین‌شده و فواصل هوایی و خزشی در تابلو، بازدید آن لازم خواهد بود. اتصالات، به‌خصوص نوع‌پیچی آنها باید از نظر وجود تماس کافی‌کنترل شوند. درصورت امکان این عمل باید به‌کمک آزمونهایی بر روی نمونه‌هایی که به‌کمک روش انتخاب اتفاقی به‌دست می‌آید انجام شود.

همچنین باید اطمینان حاصل شود اطلاعات و علامت‌گذاریهایی که در بندهای فرعی ۵ـ۱ و ۵ـ۲ تعیین شده است تکمیل بوده و تابلو با آنها مطابقت می‌نماید.

به‌علاوه تطبیق تابلو با دیاگرامهای مدارها و سیمکشیها و مشخصات فنی و غیره که توسط سازنده ارائه گردیده است باید کنترل شود.

بسته به پیچیده و درهم بودن تابلو، ممکن است لازم باشد سیمکشی‌های آن کنترل شده و آزمونهای عملیات الکتریکی در مورد آن به‌عمل آید.

روش آزمون و تعداد آزمونها بستگی خواهد داشت به اینکه تابلو حاوی قفل و بستهای مفصل و یا وسایل کنترل متوالی (مترادف) و غیره می‌باشد یا خیر.

در بعضی موارد ممکن است لازم باشد در موقع راه‌اندازی تأسیساتی که تابلو برای آن در نظر گرفته شده است این آزمونها انجام شده یا تکرار شوند. در این مورد باید توافق جداگانه‌ای بین سازنده و استفاده‌کننده به‌عمل آید.

۸ـ۳ـ۲ آزمونهای دی‌الکتریک

۸ـ۳ـ۲ـ۱ کلیات

ولتاژ آزمون طبق بند فرعی ۸ـ۲ـ۲ـ۴ باید به‌مدت یک ثانیه اعمال شود. منبع تغذیه جریان متناوب باید به‌اندازهٔ کافی پرقدرت باشد به‌نحوی که بتواند ولتاژ آزمون را صرفنظر از کلیه جریانهای نشت ثابت نگهدارد. موج ولتاژ آزمون باید عملاً سینوسی بوده و فرکانس آن بین ۴۵ و ۶۵ هرتز باشد.

کلیه تجهیزات الکتریکی تابلو باید برای آزمون وصل شده باشند به‌استثنای لوازم و دستگاههایی که برای ولتاژ آزمون پایینتری طرح شده و همچنین وسایل مصرف‌کننده جریان (مانند بوبینها و وسایل اندازه‌گیری) که اتصال ولتاژ آزمون در آنها سبب عبور جریان خواهد شد.

این لوازم و دستگاهها باید از محل ترمینال خود قطع شده باشند.

خازنهای ضد پارازیت که بین قسمتهای برقدار و بدنه‌های هادی وصل می‌شوند نباید قطع شده و باید قادر به تحمل ولتاژ آزمون باشند.

برای آزمون لازم است یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

ـ کلیهٔ وسایل قطع و وصل باید در حالت وصل باشند یا

ـ ولتاژ آزمون به‌ترتیب به کلیه قسمتهای مدارها اعمال شود.

ولتاژ آزمون باید بین قسمتهای برقدار و بدنه‌های هادی تابلو اعمال شود.

۸ـ۳ـ۲ـ۲ مقدار ولتاژ آزمون

(به‌بند فرعی ۸ـ۲ـ۲ـ۴ مراجعه شود).

در صورتی که تجهیزات نصب شده در مسیر مدارهای اصلی و فرعی که باید مورد آزمون قرار گیرد قبلاً آزمون دی‌الکتریک را گذرانده باشند، ولتاژ آزمون باید به میزان ۸۵ درصد مقدار داده شده در بند فرعی ۸ـ۲ـ۲ـ۴ تنزل داده شود.

۸ـ۳ـ۲ـ۳ نتایج به‌دست آمده

نتیجه آزمون در مواردی رضایت‌بخش می‌باشد که در عایق‌بندی خرابی ایجاد نشده یا جرقه‌ای پدید نیامده باشد.

۸ـ۳ـ۳ کنترل اقدامات و مداومت الکتریکی مدارهای حفاظتی

اقدامات حفاظتی از نظر برق‌گرفتگی در موقع کار عادی و هنگام بروز اتصالی باید کنترل شود.
مدارهای حفاظتی باید به‌کمک بازدید کنترل شده و اطمینان حاصل شود که با مقررات ذکر شده در بند فرعی ۷ـ۴ـ۲ـ۱ـ۵ مطابقت دارند.
به‌خصوص اتصالات پیچی باید از نظر وجود تماس کافی به‌طریق انتخاب اتفاقی کنترل شوند.

فصل ۶
تابلوهای فشار متوسط

۶-۱ تعاریف

۶-۱-۱ تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط[1]

ترکیبی از وسایل کلیدی (قطع و وصل) فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها و سازه‌های نگهدارنده آن می‌باشد.

۶-۱-۲ تابلوهای قدرت فشار متوسط

ترکیبی از وسایل کلیدی (قطع و وصل) فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها و سازه‌های نگهدارنده آن نیز می‌باشد و اصولاً در ارتباط با تولید، انتقال و توزیع و تبدیل انرژی الکتریکی به‌کار می‌رود.

۶-۱-۳ تابلوهای فرمان فشار متوسط

ترکیبی از وسایل کلیدی (قطع و وصل) فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها و سازه‌های نگهدارنده آن می‌باشد و اصولاً برای کنترل تجهیزات مصرف‌کننده انرژی الکتریکی به‌کار می‌رود.

۶-۱-۴ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی[2]

مجموعه تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط که دارای پوشش خارجی فلزی اتصال زمین‌دار بوده و به‌استثنای اتصالات خارجی، به‌طور کامل سوار شده باشد.

تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی براساس استاندارد IEC 298 به‌سه نوع به‌شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

1- Medium voltage switchgear and controlgear

2- Medium voltage metal-enclosed switchgear and controlgear

۶-۱-۴-۱ تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش و خانه‌های بسته فلزی[1] (متال کلد)

تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی که اجزای به‌کار رفته در آن به‌طور جداگانه در خانه‌های بسته فلزی زمین شده قرار گرفته باشد.

این نوع تابلو دارای جداره‌های فلزی با درجات حفاظتی مندرج در جدول ۶-۲ می‌باشد و حداقل دارای خانه‌های جداگانه برای اجزای زیر است:

الف - کلید اصلی

ب - اجزایی که به‌یک طرف کلید اصلی متصل است، مانند فیدرها

پ - اجزایی که به‌طرف دیگر کلید اصلی متصل است، مانند شینه‌ها، و در مواردی که بیش از یک گروه از شینه‌ها وجود دارد هر گروه دارای خانه‌های جداگانه‌ای خواهد بود.

۶-۱-۴-۲ تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط خانه‌ای با پوشش فلزی (دارای جداره‌های غیرفلزی)[2]

تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی که اجزای به‌کار رفته در آن همانند تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش و خانه‌های فلزی (متال کلد) به‌طور جداگانه در خانه‌های بسته قرار گرفته باشد، اما دارای یک یا چند جداره غیرفلزی باشد به‌گونه‌ای که درجه حفاظت مندرج در جدول ۶-۲ (یا بیش از آن) را تأمین نماید.

۶-۱-۴-۳ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط سلولی[3]

به‌تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی، به‌جز تابلوهای مشخص‌شده در بندهای ۶-۱-۴-۱ و ۶-۱-۴-۲ می‌گویند.

این نوع تابلوها دارای یکی از مشخصات زیر می‌باشد:

الف - یا فاقد هر نوع جداره‌ای است.

ب - یا تعداد خانه‌های آن کمتر از تعدادی است که برای تابلوهای مندرج در بندهای ۶-۱-۴-۱ و ۶-۱-۴-۲ موردنیاز می‌باشد.

پ - یا دارای جداره‌های فلزی نمی‌باشد.

ت - یا جداره‌های فلزی دارای درجه حفاظت کمتری نسبت به‌جدول توصیه شده ۶-۲ می‌باشد.

۶-۱-۵ تابلوهای قدرت و فرمان سوارشده در کارخانه

تابلوهای قدرت و فرمان که در کارخانه ساخته شده و قابل حمل بوده و مسئولیت آزمون آن را کارخانه سازنده به‌عهده گرفته باشد.

۶-۱-۶ تابلوهای تمام بسته

این تابلوها عبارت است از مجموعه سوارشده در کارخانه که تمام جوانب آن، جز سطح نصب که ممکن

1- Medium voltage metal-clad switchgear and controlgear

2- Compartmented switchgear and controlgear (with non-metallic partitions)

3- Medium voltage cubicle switchgear and controlgear

است باز باشد، به‌نحوی بسته باشد که حداقل درجه حفاظت IP20 تأمین شود.

۶-۱-۷ تابلو تمام بسته ایستاده

منظور تابلویی است که به‌طور مستقل و بدون اتکا به‌دیوار، در روی کف ساختمان استقرار یابد.

۶-۱-۸ محفظه

قسمت دربرگیرندهٔ تابلوی قدرت و فرمان با پوشش فلزی را گویند که باعث جلوگیری از تماس افراد به‌طور اتفاقی با قسمتهای برقدار و قطعات متحرک آن می‌شود و همچنین وسایل داخلی را در برابر اثرات خارجی حفاظت می‌کند.

۶-۱-۹ خانه[1]

بخشی از تابلو قدرت یا فرمان با پوشش فلزی را گویند که به‌جز محلهایی که برای اتصالات، کنترل و یا تهویه باید باز بماند بسته شده باشد.

۶-۱-۱۰ جداره[2]

جزیی از پوشش یک خانه که آن را از خانه‌های دیگر جدا می‌کند.

۶-۱-۱۱ پوشش

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

۶-۱-۱۲ درب

به‌پوشش کشویی یا لولایی گفته می‌شود.

۶-۱-۱۳ دریچه حفاظتی[3]

جزیی است که ممکن است بین دو حالت زیر حرکت کند:
- وضعیتی که اجازه می‌دهد کنتاکتهای متحرک با کنتاکتهای ثابت درگیر شود.
- وضعیتی که به‌صورت قسمتی از پوشش یا جداره درآمده و کنتاکتهای ثابت را می‌پوشاند.

۶-۱-۱۴ بوشینگ

ساختاری که یک هادی را از میان یک پوشش و یا جداره عبور داده و آن را نسبت به‌آنها عایق می‌کند و

1– Compartment 2– Partition 3– Shutter

شامل متعلقات اتصالات به‌جداره و پوشش نیز می‌شود.

۶-۲ طبقه‌بندی

تابلوهای فشار متوسط مورد استفاده در تأسیسات برق ساختمانها برحسب ولتاژ به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۶-۲-۱ تابلوهای فشار متوسط ۳ و ۶ کیلوولت (اغلب در صنایع سنگین به‌کار می‌رود)

۶-۲-۲ تابلوهای فشار متوسط ۱۰ و ۱۱ کیلوولت (مورد استفاده در شبکه برق شهری)

۶-۲-۳ تابلوهای فشار متوسط ۲۰ و ۲۲ کیلوولت (مورد استفاده در شبکه برق شهری)

۶-۲-۴ تابلوهای فشار متوسط ۳۰ و ۳۳ کیلوولت (مورد استفاده برای شبکه برق شهری)

۶-۳ انواع تابلوهای ایستادهٔ تمام بسته فشار متوسط

این نوع تابلوها عبارت است از مجموعه سوارشده در کارخانه که تمام جوانب آن ـ جز سطح نصب که ممکن است باز باشد ـ به‌نحوی بسته باشد که حداقل، درجه حفاظت IP20 تأمین شود. این‌گونه تابلو را تابلو تمام بسته ایمنی نیز می‌نامند. تابلوهای تمام بسته ایمنی فشار متوسط به‌اشکال مختلف ساخته می‌شود که عمده‌ترین انواع آن به‌شرح زیر است:

۶-۳-۱ تابلو ایستاده، تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو عبارت است از تابلویی که وسایل فرمان مانند دسته یا شستیها، روی بخش ثابتی در سمت راست، و وسایل اندازه‌گیری با در جداگانه در بخش فوقانی، در قسمت جلو تابلو قرار می‌گیرد، و سایر تجهیزات و لوازم مانند سکسیونرهای غیرقابل قطع زیربار، سکسیونرهای قابل قطع زیربار، دیژنکتورهای دستی و موتوری، فیوزها، ترانس جریان، ترانس ولتاژ، و سرکابلها در داخل تابلو نصب می‌شود و به‌وسیلهٔ یک در لولایی مجهز به‌قفل الکتریکی یا مکانیکی، که فقط پس از قطع کلید قابل بازشدن است و در جنب قسمت ثابت فوق‌الذکر قرار دارد، دسترسی برای اتصالات، تعمیرات، تعویض، وغیره امکان‌پذیر می‌شود.

۶-۳-۲ تابلو ایستاده، تمام بسته، کشویی

این نوع تابلو، به‌طور کلی، از دو قسمت اصلی ثابت و متحرک کاملاً مجزا تشکیل گردیده است. قسمت اول بدنه تابلو است که به‌صورت سلول ساخته شده و شینه کشی، محل اتصال کابلهای ورودی و خروجی، دریچه‌های اتصال و فیش‌های کلید در این قسمت تعبیه گردیده و در بالاترین قسمت آن نیز وسایل اندازه‌گیری نصب می‌شود.

قسمت دوم، که کلید در روی آن نصب شده است، اسکلتی است متحرک و ارابه نیز نامیده می‌شود به‌صورت کشویی با کمک چرخ دقیقاً در داخل سلول فوق‌الذکر قرار گرفته و اتصالات لازمه را برقرار می‌سازد. سمت جلو اسکلت مزبور باید کاملاً بسته باشد و قسمت فرمان کلید مانند دسته و یا شستی روی این قسمت نصب گردد قسمت کشویی باید دارای قفل برق بوده و فقط پس از قطع کلید قابل خارج کردن و یا جاگذاردن باشد.

۶-۴ استاندارد ساخت

۶-۴-۱ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی

تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط سوار شده در کارخانه که دارای پوشش فلزی بوده و ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از یک کیلوولت تا ۷۲/۵ کیلوولت، و فرکانسهای تا ۶۰ هرتز می‌باشد باید برابر استانداردهای IEC 298[1] و IEC 694[2] و یا استاندارد وزارت نیرو، امور برق، جلدهای اول، دوم و سوم زیر عنوان «استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع» طراحی ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۴-۲ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش عایق

تابلوهای فرمان و کنترل فشار متوسط سوار شده در کارخانه که دارای پوشش عایق بوده، و ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از یک کیلوولت تا ۳۸ کیلوولت می‌باشد و برای استفاده در تأسیسات درونی است باید برابر استاندارد IEC 466[3] یا مشابه آن طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۴-۳ سایر انواع تابلوهای فشار متوسط که برای مصارف ویژه مانند مناطق مخاطره‌آمیز، معادن، و مانند آن مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در صورت فقدان استاندارد ایرانی برابر مشخصات فنی یکی از استانداردهای معتبر و شناخته شده بین‌المللی مانند آی، ای، سی (IEC) طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۴-۴ لوازم و وسایل داخل تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط

۶-۴-۴-۱ شینه‌ها

شینه‌های مسی باید برابر استاندارد VDE 0201 و شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد VDE 0202 یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه باشد.

۶-۴-۴-۲ کلیدهای قدرت

کلیدهای قدرت فشار متوسط که برای قطع و وصل جریانهای متناوب اتصال کوتاه با ولتاژهای ۱۰۰۰ ولت و بیشتر به‌کار می‌رود باید مطابق جدیدترین اصلاحیه استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد:

IEC 56, 56-1, 56-2, 56-3, 56-4, 56-4A, 56-5, 56-6

۶-۴-۴-۳ ترانسفورماتورهای جریان

ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در لوازم اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی الکتریکی با فرکانس ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز باید برابر آخرین اصلاحیه استاندارد IEC 185 یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

1- A-C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 KV and up to and including 72.5 KV

2- Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards

3- High-voltage insulation-enclosed switchgear and controlgear.

۶ـ۴ـ۴ـ۴ ترانسفورماتورهای ولتاژ

ترانسفورماتورهای ولتاژ باید مطابق آخرین نسخه منتشره استاندارد IEC 186, 186B یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرارگرفته باشد.

۶ـ۴ـ۴ـ۵ کلیدهای جداکننده وکلیدهای زمین

کلیدهای جداکننده (ایزولاتور) جریان متناوب و کلیدهای زمین که برای ولتاژ بیش از ۱۰۰۰ ولت و فرکانس تا ۶۰ هرتز طراحی شده و در تأسیسات داخلی یا خارج از ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد باید مطابق جدیدترین اصلاحیه استاندارد و IEC 129 یا مشابه آن طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۶ـ۴ـ۴ـ۶ سایر لوازم و وسایل داخل تابلو مانند وسایل اندازه‌گیری، کلیدها و لامپهای نمایشگر، رله‌ها و غیره باید برابر استاندارد کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه ساخته شده باشد.

۶ـ۵ مشخصات فنی ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط، ایستاده، تمام‌بسته با پوشش فلزی

۶ـ۵ـ۱ مشخصات عمومی

۶ـ۵ـ۱ـ۱ مقادیر اسمی

مقادیر اسمی تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط به‌شرح زیر خواهد بود:

الف ـ مقادیر ولتاژ اسمی استاندارد شده برابر ارقام مندرج در ستون اول جدول ۶ـ۱ خواهد بود. مقادیر مزبور مطابق حداکثر مقادیر ولتاژ سیستمی است که تابلو در آن استفاده می‌شود. اجزای تشکیل‌دهنده قسمتهای مختلف تابلو ممکن است دارای مقادیر ولتاژ مخصوص به‌خود باشد.

ب ـ مقدار اسمی سطح عایقی برای تأسیساتی که به‌خارج راه دارد در شرایط استاندارد (فشار اتمسفر برابر با ۱۰۱۳ میلی بار، دما برابر با ۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت برابر با ۱۱ گرم در متر مکعب) باید از جدول ۶ـ۱ انتخاب شود.

پ ـ فرکانس اسمی برابر با ۵۰ هرتز خواهد بود.

ت ـ مقادیر جریان اسمی عادی مدارات مانند فیدرها و شینه‌ها باید مطابق استاندارد جریان اسمی IEC 59 انتخاب شود.

ث ـ مقدار جریان اسمی ایستادگی کوتاه مدت که به‌مدت یک ثانیه از مدار عبور می‌کند. برای زمانهای بزرگتر از یک ثانیه، رابطه بین جریان و زمان به‌صورت (مقدار ثابت $=I^2.t$) خواهد بود مگر این که سازنده مشخصات دیگری را تعیین نموده باشد.

ج ـ مقدار جریان اسمی ایستادگی پیک باید برابر با ۲/۵ برابر جریان اسمی ایستادگی کوتاه‌مدت انتخاب شود.

جدول ٦ ـ ١ مقدار اسمی سطح عایقی تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی برای مقادیر ولتاژ اسمی ۳/٦ تا ۷۲/۵ کیلوولت مؤثر

ولتاژ اسمی (کیلوولت مؤثر)	ولتاژ ایستادگی ضربه‌ای (کیلوولت)		ولتاژ ایستادگی برای یک دقیقه با فرکانس ۵۰ هرتز (کیلوولت موثر)		
	نسبت به‌زمین و بین فازها	بین‌فاصله عایق	نسبت به‌زمین و بین فازها		بین فاصله عایق
			آزمون نوعی	آزمون معمولی (روتین)	
۳/۶	۴۵	۵۲	۲۱	۱۶	۲۵
۷/۲	۶۰	۷۰	۲۷	۲۲	۳۵
۱۲	۷۵	۸۵	۳۵	۲۸	۴۵
۱۷/۵	۹۵	۱۱۰	۴۵	۳۸	۶۰
۲۴	۱۲۵	۱۴۵	۵۵	۵۰	۷۵
۳۶	۱۷۰	۱۹۵	۷۵	۷۰	۱۰۰
۷۲/۵	۳۲۵	۳۷۵	۱۴۰	۱۴۰	۱۹۰

٦ ـ ۵ ـ ۱ ـ ۲ لوح ویژگیها

ویژگیهای هر سلول باید بر روی لوحه‌ای بادوام با خطوط دایمی درج شده وبر روی قسمت غیرمتحرک آن پرچ شود. حداقل ابعاد لوحه مزبور باید ۱۰۰×۴۰۰ میلیمتر بوده و حاوی اطلاعات زیر باشد:

ـ نام سازنده و یا علامت (آرم) مشخصه آن

ـ شماره سریال یا نوع نشانه طراحی که بدان وسیله بتوان تمام اطلاعات لازم را از سازنده دریافت نمود.

ـ استاندارد مورد استفاده با ذکر شماره مربوط

ـ ولتاژ اسمی

ـ جریانهای اسمی برای شینه‌ها و مدارها

ـ فرکانس اسمی

ـ سال ساخت

٦ ـ ۵ ـ ۱ ـ ۳ درجات حفاظت

الف ـ حفاظت افراد در برابر نزدیک شدن به‌قسمتهای برقدار و متحرک

در تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط از نوع متال کلد[1] و خانه‌ای[2] درجه حفاظت محفظه و جداره‌ها باید به‌طور جداگانه مشخص شود لیکن در تابلوهای سلولی[3] فقط تعیین درجه حفاظت محفظه مورد نیاز خواهد بود.

درجه حفاظت از جدول ۶ ـ ۲ به‌دست می‌آید.

ب ـ حفاظت تجهیزات در برابر اثرات عوامل خارجی

برای حفاظت تأسیسات در برابر اثرات عوامل خارجی به‌بند ۲ ـ ۳۰ ـ ۲ و پیوست «ب» از نشریه وزارت نیرو ـ استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع ـ مراجعه شود.

1– Metal-clad 2– Compartmented 3– Cubicle

برای تعیین شرایط کار عادی و سایر شرایط مانند دمای محیط، آلودگی هوا، ارتفاع محل نصب تابلو از سطح دریا و ضرایب تصحیح ولتاژهای نامی و آزمون به‌بند ۲-۲ از نشریه فوق‌الذکر رجوع شود.

جدول ٦ - ۲ درجه حفاظت تابلوهای فشار متوسط از نظر نزدیک شدن افراد به‌قسمتهای برقدار و متحرک

ارقام مشخصه	شرح
IP2X	حفاظت در برابر نزدیک‌شدن به‌قسمتهای باردار و یا تماس با قسمتهای داخلی‌با انگشتان
IP3X	حفاظت در برابر قسمتهای باردار و یا متحرک، توسط ابزار، سیم یا اشیاء مشابه با ضخامت بیش از ۲/۵ میلیمتر
IP6X	حفاظت کامل در برابر نزدیک شدن به‌قطعات باردار و یا تماس با قطعات متحرک

٦-۵-۱-۴ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط باید به‌گونه‌ای طراحی شود که عملیات بهره‌برداری عادی، بازرسی و نگهداری شامل کنترل توالی فازها، اتصال زمین کابلها، عیب‌یابی در کابلها، آزمون ولتاژ در کابلها یا در سایر لوازم، و دشارژ بارهای الکتروستاتیک خطرناک با ایمنی انجام پذیرد.

٦-۵-۱-۵ اسکلت تابلو باید از پروفیل آهنی ساخته شده و به‌وسیلهٔ پیچ و مهره به‌هم متصل شود به‌گونه‌ای که تنشهای مکانیکی وارده را به‌خوبی تحمل نماید. پوشش تابلو باید از ورقهای فلزی که توسط پیچ و مهره به‌اسکلت اصلی متصل خواهد بود ساخته شود و به منظورکاهش فشار رو به‌بالای قوس و خطای داخلی در خانه‌های فشار متوسط دریچه‌های ضدانفجار نصب گردد.

٦-۵-۱-٦ درها و پوششها که بخشی از محفظه را تشکیل می‌دهد باید فلزی بوده و درجات حفاظت مشخص شده در بند ۶-۵-۱-۳ را تأمین نماید. درها و پوششها نباید از شبکه سیمی بافته شده و مانند آن ساخته شده باشد به‌جز در مواردی که خروجیهای هواکش و محلهای تهویه بر روی آن قرار داشته باشد. درها باید دارای لولای گالوانیزه یا استیل بوده و مجهز به‌قفل و چفت جداگانه باشد. قفلها باید شبیه به‌هم انتخاب شود و یک کلید برای هر قفل موجود باشد.

درها و پوششها از نظر دسترسی به‌خانه‌های فشار متوسط به‌دو دسته زیر تقسیم می‌شود:

الف - پوششهای ثابت که برای بهره‌برداری و نگهداری عادی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این‌گونه پوششها نباید بدون استفاده از ابزار قابل بازکردن، برداشتن یا جابجا نمودن باشد.

ب - درها و پوششهایی که برای بهره‌برداری و نگهداری عادی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. (درها و پوششهای قابل برداشت). بازنمودن یا برداشتن درها و پوششهای مزبور نیاز به‌ابزار نخواهد داشت. این نوع درها و پوششها باید دارای قفل باشد مگر این که ایمنی افراد به‌وسیلهٔ یک اینترلاک مناسب تأمین شود.

در تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی، درهاو پوششها فقط هنگامی باید باز شود که مدار اصلی در آن خانه بی‌برق باشد. پس از بازشدن درها و پوششهای مزبور، سایر خانه‌هایی که در معرض هادیهای برقدار قرار دارد باید به‌وسیلهٔ جداره‌های مناسب، درجه حفاظتی لازم (مندرج در بند ۶-۵-۱-۳) را دارا باشد.

٦-۵-۱-۷ به‌منظور حفاظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی تمامی سطوح و خانه‌های تابلو باید پس از ساخت زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و رنگ‌کاری شود. سازنده تابلو باید با توجه به‌منطقه‌ای که تابلو

در آن نصب می‌شود نوع رنگ و ضخامت پوشش را انتخاب و به‌کار برد و پس از رنگ‌آمیزی برابر روشهای مندرج در پیوست «ت» از جلد اول نشریه وزارت نیرو ـ استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع ـ مورد آزمون قرار دهد.

۶ـ۵ـ۱ـ۸ در طراحی و ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط ضوابط مندرج در نشریه وزارت نیرو زیر عنوان «استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیع» جلدهای اول، دوم و سوم به‌شرح زیر باید رعایت شود:

الف ـ جداره‌ها و دریچه‌های حفاظتی باید برابر بند ۲ـ۱۴ـ۲ و محلهای تهویه و خروجیهای هواکش برابر بند ۲ـ۱۴ـ۳ از جلد اول درنظر گرفته شود.

ب ـ سیستم همبندی یا اینترلاک[1] بین اجزای مختلف تابلو که به‌منظور ایجاد ایمنی در کار و سهولت بهره‌برداری به‌کار می‌رود و از بروز حوادث تصادفی خطرناک جلوگیری می‌کند باید برابر بند ۲ـ۱۶ از جلد اول و بند ۳ـ۳ از جلد دوم پیش‌بینی شود.

۶ـ۵ـ۱ـ۹ سلولهای جداگانه باید مجهز به‌گرمکن برقی (هیتر) ضد تقطیر برای استفاده در مناطق مرطوب بوده و در صورت لزوم جدار داخلی آن با پوشش ضد میعان اندود شده باشد. با توجه به‌محل قرارگرفتن تابلو دمای تنظیم ترموستات این گرمکن باید بین ۲۵ تا ۳۰ درجه باشد.

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

۶ـ۵ـ۱ـ۱۰ حداقل ظرفیت الکتریکی شینه‌ها نباید از شدت جریان اسمی کلید اصلی تابلو کمتر باشد. شینه‌های فاز، درهر سلول، باید روی مقره‌های اتکایی از صمغ مصنوعی یا چینی متناسب با ولتاژ تابلو نصب و در صورت لزوم برای عبور شمش در بین سلول‌ها از مقره عبوری استفاده شود.

برای انتخاب سطح مقطع شمشهای مسی تخت به‌جدول ۵ـ۳، و برای انتخاب سطح مقطع شمشهای آلومینیومی تخت به‌جدول ۵ـ۴، مراجعه شود. در مواردی که از شینه‌های مسی و یا آلومینیومی با مقاطع گرد (لوله‌ای) یا ناودانی استفاده می‌شود باید از جداول مندرج در نشریه وزارت نیرو ـ امور برق، استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع، جلد اول استفاده شود. سطح مقطع شینه‌های اتصال زمین باید برابر سطح مقطع شینه فازها انتخاب شود و در سراسر طول تابلو امتداد یافته و به‌قسمتهای فلزی بدنه تابلو متصل شود.

نقطهٔ اتصال شینه‌ها به‌یکدیگر و کلیدها به‌شینه‌ها باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده، و در صورت امکان با یک لایه نقره‌ای پوشیده شود و سپس به‌وسیلهٔ پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنزی محکم شود تا حداکثر هدایت الکتریکی به‌وجود آمده و ازگرم شدن آن جلوگیری شود.

در مواردی که برای شینه‌کشی از شمشهای گرد استفاده می‌شود، کلیه اتصالات باید از نوع مخصوص شمش گرد[2] باشد.

اتصال کابلها به‌شینه‌ها، کلیدها، فیوزها، و غیره باید به‌وسیلهٔ کابلشو انجام گیرد. برای تعیین فواصل نصب بین شینه‌ها به‌یادداشتهای ذیل جداول ۵ـ۳ و ۵ـ۴ مراجعه شود.

شینه‌ها باید با رنگ نسوز به‌ترتیب زیر رنگ‌آمیزی شود:

1– Interlock 2– Compression type coupling or terminal

- فاز اول، به‌رنگ قرمز
- فاز دوم، به‌رنگ زرد
- فاز سوم، به‌رنگ آبی

طریقه استقرار شینه‌های فازهای اول، دوم، و سوم در سطوح مختلف به‌قرار زیر خواهد بود:

الف ـ برای شینه‌کشیهای افقی واقع در سطح افقی تابلو:

شینه سمت جلو تابلو به‌رنگ قرمز، شینه وسط به‌رنگ زرد و شینه‌ای که به‌طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به‌رنگ آبی خواهد بود.

ب ـ برای شینه‌کشیهای افقی واقع در سطح عمودی تابلو:

شینه بالا به‌رنگ قرمز، شینه وسط به‌رنگ زرد، و شینه پایین به‌رنگ آبی خواهد بود.

پ ـ برای شینه‌کشیهای عمودی واقع در سطح عمودی تابلو:

جهت نگاه از جلو تابلو:

شینه سمت‌چپ به‌رنگ قرمز، شینه وسط به‌رنگ زرد، و شینه سمت‌راست به‌رنگ آبی خواهد بود.

ت ـ برای شینه‌کشیهای عمودی واقع در سطح عمودی تابلو:

جهت نگاه از جنب تابلو:

شینه سمت جلو تابلو به‌رنگ قرمز، شینه وسط به‌رنگ زرد، و شینه‌ای که به‌طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به‌رنگ آبی خواهد بود.

۶ـ۵ـ۱ـ۱۱ 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. به‌علاوه اتصالات وسایل اندازه‌گیری و سیستمهای کنترل و خطوط خارجی باید در روی صفحه ترمینال علامت‌گذاری شده انجام گیرد.

۶ـ۵ـ۱ـ۱۲ کلیه سرسیمها در ابتدا و انتهای مسیر در داخل تابلو، و همچنین سرکابلها، باید به‌منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

۶ـ۵ـ۱ـ۱۳ شماتیک تک خطی هر سلول تابلو فشار متوسط باید با مشخص‌بودن نوع کلید و وسایل داخل آن در روی تابلو به‌رنگ قرمز یا زرد ترسیم شود.

علامت احتیاط به‌شکل زیر و به‌ابعاد ۲۰۰×۳۰۰ میلیمتر یا ۱۲۰×۲۰۰ میلیمتر باید به‌رنگ قرمز بر روی تابلو نصب شود.

۶-۵-۱-۱۴ اتصال زمین

الف - در تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی باید یک هادی اتصال زمین در سراسر طول تابلو کشیده شود. در مواردی که هادی مزبور از جنس مس انتخاب می‌شود چگالی جریان برق در شرایط خطای زمین نباید از ۲۰۰ آمپر بر میلیمتر مربع تجاوز کند، و سطح مقطع آن نیز نباید از ۳۰ میلیمتر مربع کمتر باشد. انتهای هادی زمین باید به‌گونه‌ای ختم شود که برای اتصال به‌سیستم زمین تأسیسات مناسب باشد.

ب - به‌طور کلی با توجه به‌تنشهای حرارتی و مکانیکی ناشی از جریان برق موجود در هر سیستم زمین باید از پیوستگی آن اطمینان حاصل نمود.

پ - محفظه هر واحدکاری[1] باید به‌هادی زمین متصل باشد. تمام قسمتهای فلزی که به‌یک مدار اصلی یا کمکی تعلق ندارد باید به‌طور مستقیم به‌هادی زمین و یا از طریق اسکلت فلزی تابلو به سیستم زمین متصل شود.

ت - اتصالات درونی واحدها مانند پیوند بین چهارچوب، پوششها، درها، جداره‌ها یا سایر قسمتها که به‌منظور تأمین تداوم الکتریکی صورت می‌گیرد باید به‌وسیلهٔ پیچ و مهره یا جوش انجام شود. درهای خانه‌هایی که در آن تجهیزات فشار متوسط وجود دارد باید با وسایل مطمئن به‌اسکلت متصل شود.

ث - در مواردی که اتصالات زمین باید جریان کامل اتصال کوتاه سه‌فاز مدار را حمل کند (مانند اتصالات وسایل زمین)، باید ابعاد متناسبی برای آن درنظر گرفته شود.

ج - هر قسمت از مدار اصلی که بتواند از سایر قسمتها جداگردد، باید امکان اتصال زمین داشته باشد.

چ - بخشهای‌فلزی‌یک جزء خارج‌شونده که معمولاً به‌سیستم زمین متصل است باید در وضعیت آزمون و همچنین در هر وضعیتی که مدارهای کمکی کاملاً قطع نشده باشد مطابق شرایط تعیین‌شده برای فاصلهٔ عایقی (به‌نشریه IEC 129 رجوع شود) همچنان به‌سیستم زمین متصل باقی بماند.

۶-۵-۲ تابلو فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته و قابل دسترسی و فرمان از جلو

۶-۵-۲-۱ این نوع تابلو باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن به‌فرم نبشی، ناودانی، سپری، و پوشش آن از ورقهای فلزی با ضخامت حداقل ۲/۵ میلیمتر یا بیشتر ساخته شود. ساختمان بدنه این نوع تابلو باید به‌گونه‌ای باشد که تابلو به‌سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به‌همین جهت پوششهای قسمت بالا و یا پایین تابلو که محل شینه‌کشی و عبور شینه‌ها می‌باشد باید به‌وسیله پیچ و مهره‌های کرومه به‌اسکلت اصلی متصل شود. در این نوع تابلو، به‌استثنای سطح زیرین و در قسمت جلو سایر قسمتها باید کاملاً مسدود و پوششهای آن به‌اسکلت فلزی اصلی تابلو جوش شود.

۶-۵-۲-۲ دسترسی به‌کلیه لوازم و تجهیزات داخل این‌گونه تابلو باید، پس از گشودن درجلو، بدون تداخل با کار قسمتهای مختلف امکان‌پذیر باشد. همچنین کلیه وسایل داخل تابلو از قبیل دیژنکتور، سکسیونر، وسایل اندازه‌گیری، فیوز، رله، واحد اعلام خطر، و غیره باید به‌گونه‌ای نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری و یا تعویض، هر یک، به‌سهولت در دسترس باشد.

۶-۵-۲-۳ در مواردی که وسایل اندازه‌گیری، چراغهای اعلام خطر و شستیهای فرمان، در روی قسمت متحرک یا

1- Functional unit

قابل برداشت تابلو نصب می‌شود، کلیه سیمکشیهای مربوط باید با کابل یا سیم قابل انعطاف در لوله خرطومی فولادی انجام شود.

۶-۵-۲-۴ حداکثر ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته قابل‌دسترسی از جلو با توجه به‌ولتاژ آن به‌شرح زیر است:

ولتاژ	ارتفاع (سانتیمتر)	عرض (سانتیمتر)	عمق (سانتیمتر)
۳ کیلوولت	۲۰۰	۸۵	۸۵
۶ کیلوولت	۲۰۰	۸۵	۸۵
۱۰ و ۱۱ کیلوولت	۲۲۰	۹۰	۹۰
۲۰ کیلوولت	۲۲۰	۱۴۰	۱۴۰
۳۰ کیلوولت	۲۲۵	۱۶۰	۱۶۰

۶-۵-۲-۵ نمای تابلو تمام بسته ایستاده فشار متوسط، نوع قابل فرمان و دسترسی از جلو در شکل ۶-۱، به‌عنوان نمونه، ارائه شده است.

۶-۵-۳ تابلو فشار متوسط، نوع ایستاده، تمام بسته، وکشویی

۶-۵-۳-۱ این نوع تابلو باید از نوع ایستاده باشد و هر سلول آن از دو بخش ثابت و متحرک (ارابه) کاملاً مجزا به‌شرح زیر تشکیل شده است:

الف - بخش ثابت، که در حقیقت بدنهٔ اصلی تابلو است، به‌صورت سلول ساخته شده و شینه‌کشی، محل اتصال کابلهای ورودی و خروجی، دریچه‌های اتصال و فیش‌های اتصال کلید در این قسمت تعبیه گردیده و در بالاترین قسمت آن نیز وسایل اندازه‌گیری نصب می‌شود. این بخش باید از آهن به‌شکل نبشی، ناودانی، و سپری، و پوشش آن از ورقهای آهن با ضخامت حداقل ۲/۵ میلیمتر یا بیشتر ساخته شده و برابر بند ۶-۵-۱-۷ زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و رنگ‌کاری شود. تمامی سطوح بخش ثابت، به‌استثنای سطح زیرین و قسمت جلو، باید کاملاً مسدود، و پوششهای آن به اسکلت فلزی اصلی جوش شود و در قسمت پایین دو عدد ناودانی برای هدایت چرخهای ارابه درنظر گرفته شود.

ساختمان بدنهٔ اصلی باید به‌گونه‌ای باشد که تابلو به‌سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به‌همین جهت پوششهای قسمت بالا و یا پایین تابلو که محل شینه‌کشی و عبور شینه‌ها می‌باشد باید به‌وسیلهٔ پیچ و مهره‌های کرومه به‌اسکلت اصلی متصل شود.

در بخش ثابت، قسمتی که شینه‌های برق نصب می‌شود باید کاملاً از فضای جلوی سلول که بخش متحرک تابلو در آن قرار می‌گیرد پوشیده و محفوظ باشد.

محل ورود میله‌های اتصالات برقی بخش متحرک (ارابه) به‌بخش ثابت باید با دریچه‌های فنری خودکار پوشیده شده باشد به‌نحوی که باخارج ساختن ارابه، دریچه‌های مزبور به‌طور خودکار بسته و از لحاظ ایمنی امکان دسترسی در حالت عادی به‌آن نباشد.

ب - بخش دوم، که اسکلتی است متحرک با چهارچرخ فلزی و ارابه نیز نامیده می‌شود، باید از آهن

به‌فرم نبشی، ناودانی و سپری، و پوشش قسمت جلو از ورق آهن با ضخامت حداقل ۲/۵ میلیمتر یا بیشتر ساخته شود.

کلیهٔ وسایل الکتریکی از قبیل دیژنکتور، سکسیونر، وسایل فرمان و غیره باید در داخل این بخش تابلو، روی اسکلت‌بندی اصلی نصب شود و در روی صفحهٔ جلو آن باید فقط شستی و یا دسته فرمان، چراغهای نشان دهنده و یا اعلام خطر و ضامنهای مربوط نصب گردد.

بخش متحرک باید به‌وسیلهٔ قفل برقی یا مکانیکی به‌نحوی حفاظت شود که در صورت روشن بودن کلید، ارابه قابل جدا کردن از بخش ثابت نباشد، و برعکس، چنانچه ارابه کاملاً در محل خود قرار نگرفته باشد، کلید، قابل روشن کردن نباشد.

۶-۵-۳-۲ حداکثر ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام‌بسته کشویی با توجه به‌تنوع تجهیزات و گوناگونی طرحها در محدوده تعیین شده زیر خواهد بود:

ولتاژ	حداکثر ارتفاع (سانتیمتر)	حداکثر عرض (سانتیمتر)	عمق (سانتیمتر)
۲۰کیلوولت	تا ۲۲۵	۱۱۰	–
۳۳کیلوولت	تا ۲۲۵	۱۳۰	–

۶-۵-۳-۳ نمای تابلوی فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته و کشویی شامل ارابه و سلول در شکل ۶-۲، به‌عنوان نمونه، نشان داده شده است.

۶-۶ مشخصات فنی لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو

۶-۶-۱ کلیدهای قدرت

۶-۶-۱-۱ شرایط عمومی

کلیدهای قدرت باید دارای مشخصات فنی مندرج در استانداردهای سری IEC 56 و یا BS مشابه و یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت بوده و مشخصات زیر را نیز شامل شود:

- استفاده از کلید برای‌مدت ۵ سال یا عملکرد تا ۲۰۰۰ بار در شرایط نامی بدون نیاز به‌تعمیر و نگهداری
- سهولت دسترسی و تعویض‌پذیری کنتاکتها یا مجموعه‌های قطع‌کننده هنگام بازرسی، تعمیر و نگهداری و عدم امکان تعویض آن به‌صورت نادرست
- انجام سیمکشیهای لازم برای عملکرد درست کلید قدرت
- ایجاد حداقل سروصدا هنگام باز و بسته شدن کلید
- ایمنی و سهولت داخل یا خارج نمودن وسیله کلیدزنی در تابلوهای کشویی از ساختار حامل آن
- طراحی مقره‌ها و محفظه کلید به‌گونه‌ای که در اثر تغییر دما به‌هیچ قسمت تابلو نیرو وارد نشود.
- تعیین ابعاد کلید به‌گونه‌ای که نیروی ناشی از اتصال کوتاه و زمین لرزه را تحمل نماید.

۶-۶-۱-۲ مشخصات فنی مکانیزم‌های عملکرد کلیدهای قدرت باید با ضوابط مندرج در بند ۳-۴-۲ از جلد دوم نشریه وزارت نیرو - امور برق، زیر عنوان «استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه‌توزیع» مطابقت نماید.

۶-۶-۱-۳ کلیدهای قدرت خلأ باید دارای شرایط زیر باشد:

- قطع‌کننده‌های خلاء باید برای عملکرد به‌قدرت کمی نیاز داشته باشد.
- حداقل تعداد عملکرد این‌گونه قطع‌کننده‌ها بدون نیاز به‌تعمیر و نگهداری در جریان نامی عادی ده‌هزار بار و در جریان نامی اتصال کوتاه یکصدبار خواهد بود.
- محفظه قطع‌کننده باید کاملاً خلاء بوده و فشار آن براثر عوامل خارجی فزونی نیابد و در هر مرحله از ساخت که تخلیه هوا انجام می‌شود آزمون نشتی با اندازه‌گیری دقیق صورت گیرد.

۶-۶-۱-۴ کلید قدرت SF6 باید دارای مشخصات زیر باشد:

- این نوع کلیدها باید به‌گونه‌ای ساخته شده باشد که میزان نشت گاز در سال از یک درصد کمتر باشد.
- فشار گاز باید به‌وسیلهٔ سنسور کنترل شود و در صورت تنزل از حد مجاز سنسور عمل نماید. فشار گاز هیچ‌گاه از مقدار تعیین شده عایقی نباید کمتر باشد.
- در موقع نصب، گاز SF6 باید ۲۰ درصد بیش از مقدار لازم پر شود.
- کلیدهای قدرت SF6 باید در هر شرایطی بدون تغییر شکل یا ایجاد خطا در هیچ‌یک از قسمتهای آن تا ۸ میلی‌بار خلاء را تحمل نماید.
- گاز SF6 مورد مصرف باید با استاندارد IEC 376 کاملاً منطبق بوده و برای شرایط موردنظر مناسب باشد.

۶-۶-۱-۵ کلیدهای قدرت کم روغن باید دارای مشخصات زیر باشد:

قطع‌کننده‌های کم‌روغن باید به‌طور کامل از هر طرف پوشیده و بسته بوده و هیچ نشتی روغن در شرایط کار نداشته باشد.

- کلید قدرت کم‌روغن باید دارای سطح سروصدای (نویز) کمی باشد.
- کلیدهای مزبور باید با روغن کافی و با درنظر گرفتن ده درصد برای تلفات پر شود.
- کلیدهای قدرت کم‌روغن باید دارای لوازم زیر باشد:
  - نمایشگر سطح روغن با علایم حداکثر و حداقل
  - شیر برای نمونه‌گیری
  - شیر برای پُر کردن
  - شیر تخلیه

۶-۶-۲ ترانسفورماتورهای جریان

۶-۶-۲-۱ ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط باید مطابق مشخصات مندرج در جدیدترین نشریه استاندارد IEC 185 یا یکی از استانداردهای مشابه بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۶-۶-۲-۲ ترانسفورماتورهای جریان باید برای کار عادی، تحت شرایط مشخص شده مناسب باشد. این نوع ترانسها باید به‌صورت یکپارچه ریخته شده و با ساخت مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی زیاد بوده و در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت،

مقاومت زیاد داشته باشد. تمام اجزای واقع در معرض هوا، باید برای مقاومت در برابر خوردگی از مواد ضدخوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشد. همچنین این‌گونه ترانسها باید نیازی به‌تعمیر و نگهداری نداشته باشد.

۶-۶-۲-۳ سیم‌پیچ اولیه ممکن است به‌صورت تک‌دور یا چند دور ساخته شده و در صورت درخواست، تغییر نسبت تبدیل در روی سیم‌پیچهای اولیه تأمین شود. هر سیم‌پیچ ثانویه، باید به‌طور الکتریکی از دیگر سیم‌پیچها مجزا شده و تغییر نسبت تبدیل در روی آن در صورت درخواست، تأمین گردد. هر سیم‌پیچ باید خروجی مناسب راکه برای عملکرد درست دستگاههای حفاظتی و وسایل اندازه‌گیری مربوط لازم است در محدوده بار اعلام شده، دارا باشد.

۶-۶-۲-۴ ترمنیال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و با پیچهای اتصال و واشرهای مناسب مجهز باشد. ترمینال باید، برای اتصال به‌شمش مسی با اندازه حداکثر ۱۰×۶۰ میلیمتر مناسب باشد. برای ترانسفورماتورهای دارای قابلیت تغییر نسبت تبدیل اولیه، این عمل باید با تغییر آرایش رابطها، روی ترمینالهای اولیه به‌راحتی انجام شود. ترمینالها و اتصالات اولیه تغییردهنده نسبت تبدیل، باید در قسمت بالای بدنه عایقی تعبیه گردد. ترمینالهای ثانویه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و به‌پیچهای مناسب برای اتصال به‌هادی مسی تا ۶ میلیمتر مربع مجهز باشد. یک ترمینال زمین با نشانه ⏚ باید در کنار ترمینالهای ثانویه پیش‌بینی شود.

۶-۶-۲-۵ ترمینالهای ولتاژ پایین باید با پوشش مناسبی که به‌بدنه پایه نگهدارنده محکم شده پوشانیده و آب‌بندی شود و محل ورود کابلها باید با گلند مناسب مجهز باشد.

۶-۶-۲-۶ مجموعه ترانسفورماتورهای جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت کافی ثابت گردد و یک عدد پیچ نیز برای اتصال زمین روی صفحه مزبور پیش‌بینی شود. ترانسفورماتور جریان باید به‌وسیلهٔ چهار عدد پیچ در هر وضعیت مطلوبی قابل نصب باشد.

۶-۶-۲-۷ یک پلاک فلزی ضدزنگ، که حاوی اطلاعات مندرج در استاندارد IEC 185 ، ونشانگر دیاگرام اتصالات به‌صورت پاک نشدنی، باشد باید در یک مکان قابل دید روی ترانسفورماتور جریان نصب گردد. روش علامت‌گذاری ترمینالها باید برابر استاندارد یاد شده باشد.

۶-۶-۳ ترانسفورماتورهای ولتاژ

۶-۶-۳-۱ ترانسفورماتورهای ولتاژ مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط باید برابر مشخصات مندرج در جدیدترین نشریه استاندارد IEC 186 یا یکی از استانداردهای مشابه بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت ساخته شده باشد.

۶-۶-۳-۲ ترانسفورماتورهای ولتاژ باید برای کار عادی در شرایط مشخص شده مناسب باشد. این نوع ترانسها باید به‌صورت یکپارچه با عایق رزین قالب‌گیری شود و با طرح و ابعاد مناسب برای نصب در سلولهای تمام بسته فلزی، ساخته شود و دارای خواص تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا در برابر فشارهای الکتریکی و تغییرات درجه حرارت باشد. تمام اجزاء واقع در معرض هوا، باید در برابر خوردگی از موادِ ضدخوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشد. همچنین این‌گونه ترانسها باید نیاز به‌تعمیر و نگهداری نداشته باشد.

۶-۶-۳-۳ سیم‌پیچ اولیه یا سیم‌پیچ فشار متوسط باید به صورت کلاف بر روی سیم‌پیچ ثانویه عایق شده پیچیده شود. سیم‌پیچ ثانویه باید خروجی مناسبی را که برای عملکرد درست دستگاههای حفاظتی و وسایل اندازه‌گیری مربوط لازم است، در محدوده بار اعلام شده دارا باشد. در مواردی که ترانسفورماتورهای ولتاژ دارای دو سیم‌پیچ جداگانه برای حفاظت و اندازه‌گیری می‌باشد، هرکدام از سیم‌پیچها باید دقت مورد درخواست را در محدوده خروجی خود، در زمانی که سیم‌پیچ دیگر، خروجی برابر از صفر تا صددرصد خروجی نامی خود را دارد، دارا باشد.

۶-۶-۳-۴ ترمینال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و با پیچهای اتصال و واشرهای مناسب مجهز باشد. ترمینال باید برای اتصال به‌شمش مسی با اندازه حداکثر ۱۰×۶۰ میلیمتر مناسب باشد. ترمینال اولیه سمت زمین ترانسفورماتور ولتاژ فاز به‌زمین برای استقامت در برابر ولتاژ سه کیلوولت مؤثر باید عایق شده و توسط یک اتصال قابل تفکیک به‌ترمینال زمین وصل شود. نقطهٔ اتصال برای زمین کردن که با نشانه ⏚ مشخص می‌شود باید پیش‌بینی گردد. ترمینالهای فشار متوسط باید در قسمت بالای بدنه عایقی تعبیه شود.

۶-۶-۳-۵ ترمینالهای ثانویه باید از جنس مس گالوانیزه شده باشد و با پیچهای اتصال با اندازه مناسب برای اتصال به‌هادی مسی تا ۶ میلیمتر مربع مجهز باشد.

ترمینالهای ولتاژ پایین باید با پوشش مقتضی پوشانده شود و به‌بدنه و پایه نگهدارنده محکم شده و آب‌بندی مناسبی را دارا باشد، و به‌گلندهای مناسب برای ورود کابل مجهز شده باشد. درکنار ترمینالهای ثانویه باید یک ترمینال زمین که با علامت ⏚ مشخص شده است پیش‌بینی شود. مجموعه ترانسفورماتورهای ولتاژ باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت کافی ثابت گردد و باید بتوان آن را به‌وسیلهٔ چهار پیچ در هر وضعیت مطلوبی داخل پانلها نصب نمود.

۶-۶-۳-۶ یک پلاک فلزی ضدزنگ، که حاوی اطلاعات مندرج در استاندارد IEC 186 ، و به‌صورت پاک‌نشدنی باشد، باید روی ترانسفورماتور ولتاژ نصب شود.

روش علامت‌گذاری ترمینالها باید برابر استاندارد فوق‌الذکر باشد.

۶-۶-۴ کلیدهای جداکننده و کلیدهای زمین

۶-۶-۴-۱ کلیدهای جداکننده و زمین باید مطابق مشخصات ذکر شده در استاندارد IEC 129 ساخته شود جز بند ۴۳ استاندارد مزبور که باید به‌شرح زیر اصلاح گردد:

«کلیدهای جداکننده با توجه به‌شرایط ایمنی، باید به‌گونه‌ای طراحی شود که هیچ‌گونه جریانهای نشتی از یک طرف فاصله عایقی به‌طرف دیگر آن عبور نکند.

شرایط ایمنی مذکور با حفاظت مؤثر از عایق در برابر آلودگی، به‌هنگام سرویس و یا با زمین‌کردن جریانهای نشتی، باید برآورده شود.»

سایر مواردی که در استاندارد IEC مشخص نشده باشد باید برابر یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت باشد.

۶-۶-۴-۲ کلیدهای جداکننده و زمین باید برای استفاده در ارتفاع مشخص شده و شرایط محیطی مورد مصرف مناسب باشد.

۶-۶-۴-۳ تمام کلیدهای زمین و جداکننده و لوازم فرعی به‌کار رفته در این مشخصات، باید با عایق، اتصالات

ترمینال پایه‌ها، مکانیزم عملکرد و سایر قسمتهایی که برای عملکرد لازم است، پیچهای نگهدارنده و واشرها برای نصب کابل باشد.

۶-۶-۴-۴ وضعیت عملکرد کلیدهای جداکننده باید در یکی از حالات زیر به‌خوبی مشخص باشد:

- فاصلهٔ عایقی قابل دید باشد.
- وضعیت قسمت خارج شونده (کشویی) نسبت به‌قسمت ثابت به‌طور واضح قابل دید باشد.
- وضعیت کلید جداکننده به‌وسیله یک نمایشگر قابل اطمینان، کاملاً مشخص شود.

۶-۶-۴-۵ هر قسمت جداشدنی باید به‌گونه‌ای به‌قسمت ثابت متصل باشد که کلید جداکننده به‌علت نیروهای ناشی از کار وسیله و یا به‌علت اتصال کوتاه، به‌طور غیرمنتظره باز نشود.

۶-۶-۴-۶ کلیدهای جداساز باید طوری طراحی شود که جریان اسمی را به‌طور پیوسته و بدون تجاوز از مقدار دمای مشخص شده در استاندارد IEC 129 از خود عبور دهد.

کلیدهای جداکننده فیوزدار، با عملکرد هر یک از فازها باید سریعاً، به‌صورت سه‌فاز قطع شود.

۶-۶-۴-۷ حداقل مجموع طول فاصله هوایی بین ترمینال فازهای یکسان، با عایق، در حالت بازبودن کلید، نباید از ۱/۱۵ برابر فاصله فاز تا زمین که باعث قوس می‌شود، کمتر باشد و باید ولتاژ مورد لزوم را تحمل نماید.

۶-۶-۴-۸ کلیدهای جداساز باید به‌گونه‌ای طراحی شود که در برابر نیروی ناشی از جریانهای مشخص شده‌ای که از آن عبور می‌کند، بدون سوختگی یا صدمه به‌کنتاکتها، مقاومت کند، و باید در هر دو حالت باز یا بسته بودن کنتاکتها خود نگهدار باشد.

۶-۶-۴-۹ کلیدهای زمین و کلیدهای جداساز باید توسط اینترلاکهای مکانیکی طوری طراحی شود که بسته بودن یکی از آن دو، از بسته شدن دیگری جلوگیری نماید.

۶-۶-۵ وسایل اندازه‌گیری

۶-۶-۵-۱ وسایل اندازه‌گیری که برای خطوط ترانسفورماتورها بر روی تابلو نصب می‌شود باید در اندازه بزرگ بوده و اتصالات آن از پشت انجام گردد. وسایل مزبور باید در برابر نفوذ رطوبت و خاک مقاوم بوده و تقریباً همسطح قسمت نگهدارنده که ضخامت آن ۲/۵ میلیمتر خواهد بود، نصب شود. این وسایل باید دارای زمینهٔ سفیدرنگ بوده و علامت‌گذاریها و درجه‌بندی و نشانگر آن به‌رنگ سیاه باشد.

۶-۶-۵-۲ وسایل اندازه‌گیری باید دارای پیچ تنظیم برای صفرکردن باشد و میزان دقت آن در مقادیر اسمی برابر با ۱ ± درصد باشد. آمپرمترها باید مطابق جریان اولیه ترانس جریان مدرج شده باشد.

۶-۶-۵-۳ ولت‌مترها باید دارای کویل با تحمل ولتاژ تا ۱۵۰ ولت بوده و برای مدارهای ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ با مقادیر اسمی ۱۰۰ ولت و ۵۰ هرتز باشد و بر طبق طرف اولیه ترانسفورماتور ولتاژ مدرج شده باشد.

۶-۶-۵-۴ کلید ولت‌متر باید از نوع گردان ۷ حالته با کنتاکت نگهدارنده و بدون فنر برگشت بوده و دارای صفحه علامت‌گذاری شده باشد و برای نصب روی ورق سه میلیمتری مناسب باشد، علامتها باید شامل: R ، S ، T ، R-S ، T-S و O باشد.

۶-۶-۵-۵ مجموعه لامپهای نمایشگر باید از نوع تابلویی، دارای مصرف کم و برای نصب روی ورق سه‌میلیمتری مناسب باشد. کلاهک رنگی روی لامپها، نباید با گرمای لامپ تغییر شکل و رنگ دهد.

٦ـ٧ ترکیب کلی تابلو فشار متوسط

٦ـ٧ـ١ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سیستم حلقه‌ای (رینگ)

در مواردی که پست فشار متوسط از سیستم شبکه حلقه‌ای تغذیه می‌شود ترکیب کلی تابلو باید به‌شرح زیر باشد:

سلول اول ـ کلید ورودی شماره یک رینگ، که شامل یک عدد سکسیونر قابل قطع زیر بار با کلید اتصال زمین می‌باشد، در این سلول نصب می‌شود.

سلول دوم ـ کلید ورودی شماره دو رینگ، که شامل یک عدد سکسیونر قابل قطع زیر بار با کلید اتصال زمین می‌باشد، در سلول دوم نصب می‌شود.

سلول سوم ـ کلید اصلی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف، مانند کم روغن، گازی (SF6) ، روغنی، موتوری، و غیره) با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول سوم نصب می‌شود.

سلول چهارم ـ وسایل اندازه‌گیری، که شامل ترانس ولتاژ، ترانس جریان، کنتور آکتیو، کنتور رآکتیو، ساعت فرمان، و غیره می‌باشد، در سلول چهارم نصب می‌شود.

سلول پنجم ـ کلید تغذیه ترانسفورماتور قدرت و یا تغذیه پست فرعی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف، مانند کم‌روغن، روغنی، گازی (SF6) ، موتوری و غیره) با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول پنجم نصب می‌شود.

سلول‌های ششم به‌بعد، در صورت لزوم، مشابه سلول پنجم خواهد بود.

٦ـ٧ـ٢ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سیستم شعاعی

در مواردی که پست فشار متوسط از سیستم شبکه شعاعی تغذیه می‌شود، ترکیب کلی تابلو باید به‌شرح زیر باشد:

سلول اول ـ کلید اصلی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (که ممکن است از انواع مختلف مانند کم‌روغن، روغنی، گازی (SF6) ، موتوری، و غیره باشد) با رله‌های محافظ از نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول اول نصب می‌شود.

سلول دوم ـ وسایل اندازه‌گیری، که شامل ترانس ولتاژ، ترانس جریان، کنتور آکتیو، کنتور رآکتیو، ساعت فرمان، و غیره می‌باشد، در سلول دوم نصب می‌شود.

سلول سوم ـ کلید تغذیه ترانسفورماتور قدرت و یا تغذیه پست فرعی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف مانند کم‌روغن، روغنی، گازی (SF6) ، موتوری و غیره)، با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول سوم نصب می‌شود.

سلول‌های چهارم به‌بعد، در صورت لزوم، مشابه سلول سوم خواهد بود.

٦ـ٧ـ٣ شماتیک یک تابلوی برق فشار متوسط در شکل ۶ـ۳، به‌عنوان نمونه نشان داده شده است.

۶-۸ روش نصب

۶-۸-۱ تابلوهای فشار متوسط ایستادهٔ تمام بسته، انواع قابل دسترسی و فرمان از جلو، و کشویی، باید به‌یکی از دو روش زیر نصب شود:

الف - نصب بر روی اطاقک کابل:

برای نصب این قبیل تابلوها بر روی اطاقک کابل باید یک دهانه به‌شکل مستطیل متناسب با ابعاد کف تابلو در سقف اطاقک مزبور احداث و تابلو بر روی آن نصب شود. طول دهانه موردنظر باید ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عرض مجموع تابلو باشد و عرض آن نیز ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عمق تابلو مربوط خواهد بود. لبه دهانه باید با آهن نبشی چهار سانتیمتر در چهار سانتیمتر مهار شود.

ب - نصب بر روی کانال:

طول کانال موردنظر، که تابلو بر روی آن استقرار می‌یابد باید ۲۰ سانتیمتر کمتر از عرض مجموعهٔ تابلو باشد و عرض آن نیز ۲۰ سانتیمتر کمتر از عمق تابلوی مربوط خواهد بود. عمق کانال باید ۱۲۰ سانتیمتر باشد. این کانال باید برای ورود و خروج کابلها به‌کانال کابل‌کشیها مرتبط باشد. برای جلوگیری از جمع شدن آب در داخل این کانال باید کف آن آبکش بوده و یا به‌یک سمت شیب داشته و در انتهای شیب به‌وسیلهٔ کف‌شور به‌چاهک جذب آبهای مزبور ختم شود. لبهٔ کانال باید با آهن نبشی چهار سانتیمتر در چهار سانتیمتر مهار شود.

۶-۸-۲ کلیهٔ سیمکشیهای مدار ثانوی تابلو مانند وسایل اندازه‌گیری، فرمان، اعلام خطر و غیره باید با سیم مسی تک‌لا (مفتولی) با عایق حداقل ۱۰۰۰ ولت و با مقطع ۲/۵ میلیمتر مربع انجام شود.

فرم‌بندی سیمکشیهای یادشده باید طوری باشد که در صورت نیاز به‌تعویض هرکدام از آنها، بدون تداخل به‌کار سایر مدارها، امکان‌پذیر باشد و یا این که کلیه سیمکشیهای داخلی تابلو باید در داخل کانال مخصوص نوع نسوز انجام شود.

۶-۹ آزمایش تابلوهای فشار متوسط

کلیه تابلوهای فشار متوسط باید پس از ساخت در کارخانه و همچنین پس از نصب در محل و قبل از راه‌اندازی براساس طبقه‌بندی زیر مورد آزمایش قرار گیرد.

۶-۹-۱ تابلوهای فشار متوسط پوشش فلزی

این‌گونه تابلوها باید طبق مقررات استاندارد IEC 694 و IEC 298 و بندهای ۲-۲۲ تا ۲-۳۲ از جلد اول نشریه وزارت نیرو - امور برق زیر عنوان «استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع» مورد آزمونهای نوعی[1] و معمولی[2] قرار داده شود.

۶-۹-۱-۱ آزمونهای نوعی، که برای تأیید مشخصات نوع معینی از تابلوها از نظر مطابقت با مقررات استاندارد می‌باشد، باید طبق مفاد بخش ۶ نشریه شماره ۲۹۸ کمیته مزبور (IEC) در زمینه‌های زیر انجام شود:

1- Type tests 2- Routine tests

ـ آزمونهای دی‌الکتریک (بررسی و تأیید سطح عایقبندی تجهیزات و آزمونهای مربوط به‌مدارهای فرعی)
ـ آزمونهای افزایش دما و اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی.
ـ آزمونهای بررسی و تأیید قابلیت ایستادگی مدارهای اصلی و اتصال زمین در برابر جریانهای پیک و کوتاه‌مدت.
ـ آزمون اثبات تطبیق ظرفیت تعیین شده قطع و وصل وسایل کلیدی.
ـ آزمونهای اثبات کار رضایتبخش وسایل کلیدی و قسمتهای قابل برداشت.
ـ آزمونهای بررسی و تأیید حفاظت افراد در برابر نزدیک شدن به‌قسمتهای برقدار و تماس با قسمتهای متحرک.
ـ آزمونهای بررسی و تأیید حفاظت افراد در برابر اثرات خطرناک جریان برق (نشت جریان برق).
ـ آزمونهای بررسی و تأیید حفاظت تجهیزات در برابر اثرات خارجی ناشی از هوا و عوامل جوی.
ـ آزمونهای بررسی و تأیید حفاظت تجهیزات در برابر صدمات مکانیکی.
ـ آزمونهای تعیین اثرات قوس الکتریکی ناشی از اتصالی داخل تابلو.
ـ آزمونهای تشخیص برخی از عیوب در عایقبندی تجهیزات به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری تخلیه بارهای الکتریکی جزیی[1].

۶ـ۹ـ۱ـ۲ آزمونهای معمولی، که برای تشخیص مرغوبیت مواد به‌کار رفته یا صحت کار انجام شده می‌باشد، باید طبق مفاد بخش ۷ نشریه شماره ۲۹۸ آی، ای، سی یا مشابه آن براساس فهرست زیر انجام شود:
ـ آزمونهای توان ـ فرکانس ولتاژ در مدار اصلی.
ـ آزمونهای دی‌الکتریک بر روی مدارهای فرعی و کنترل.
ـ اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی.
ـ آزمونهای نحوهٔ کار اجزای مکانیکی.
ـ آزمونهای مربوط به‌وسایل فرعی برقی، نوماتیک و هیدرولیک.
ـ بررسی و تأیید صحت سیمکشیها.

۶ـ۹ـ۲ تابلوهای فشار متوسط مجهز به‌پوشش عایق

این نوع تابلوها باید طبق مقررات مندرج در بخش ۴ نشریه شماره ۴۶۶ کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک یا مشابه آن مورد آزمونهای نوعی و معمولی قرار داده شود.

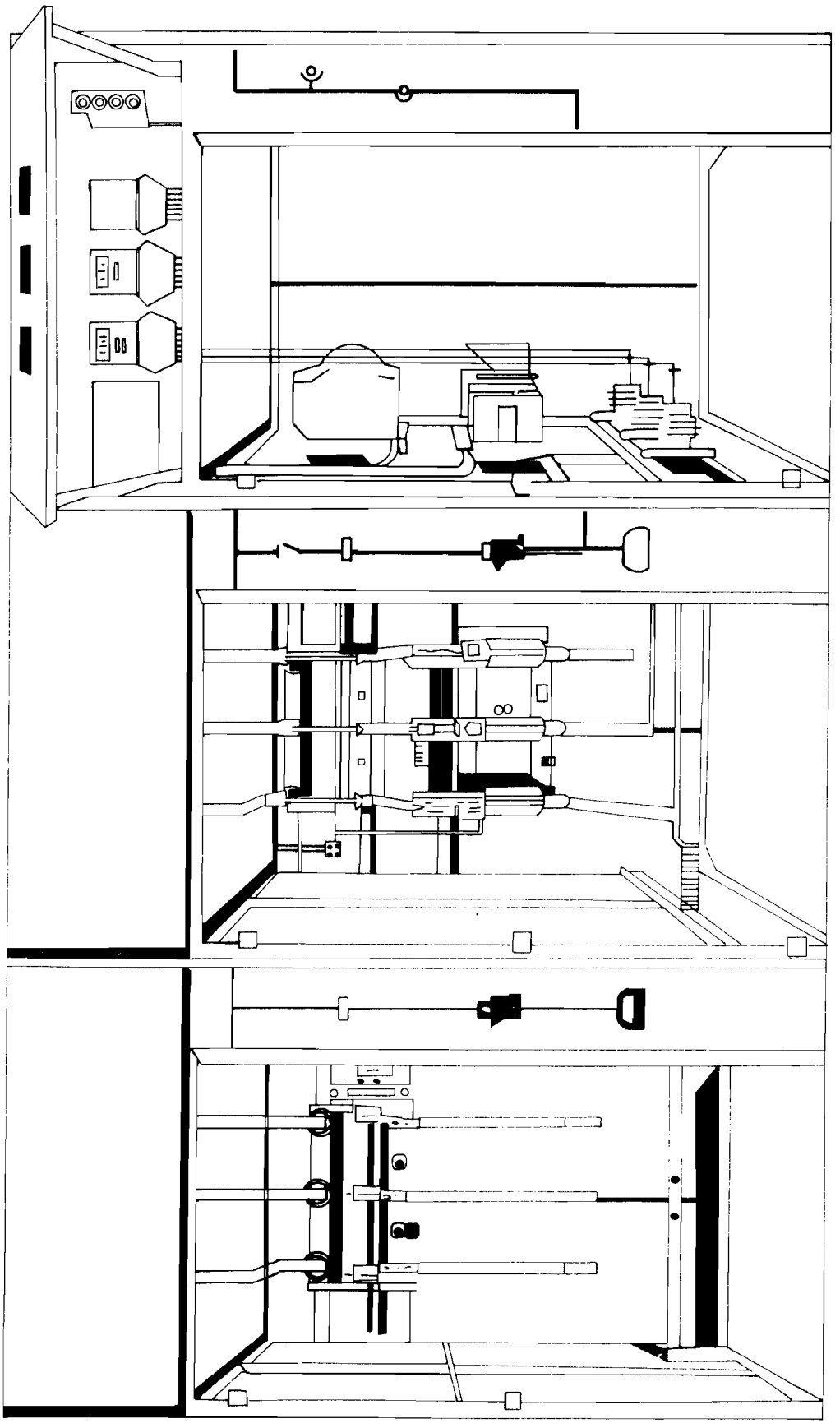
۶ـ۹ـ۲ـ۱ آزمونهای نوعی و تأییدی، که به‌منظور بررسی و تأیید ویژگیهای طرح تابلو به‌عمل می‌آید و بر روی مجموعه‌های الگوی نمونه تابلوهای فشار متوسط مجهز به‌پوشش عایق یا قسمتی از مجموعه‌های مزبور انجام می‌شود، به‌قرار زیر است:
ـ آزمونهای قوس‌الکتریکی به‌صورت ضربه‌ای[2] تحت شرایط خشک.
ـ آزمونهای توان ـ فرکانس ولتاژ تحت شرایط خشک با زمان کم (یک دقیقه).
ـ اندازه‌گیری مقدار تخلیه بارهای الکتریکی جزیی.

1– Partial discharges 2– Lightning impulse

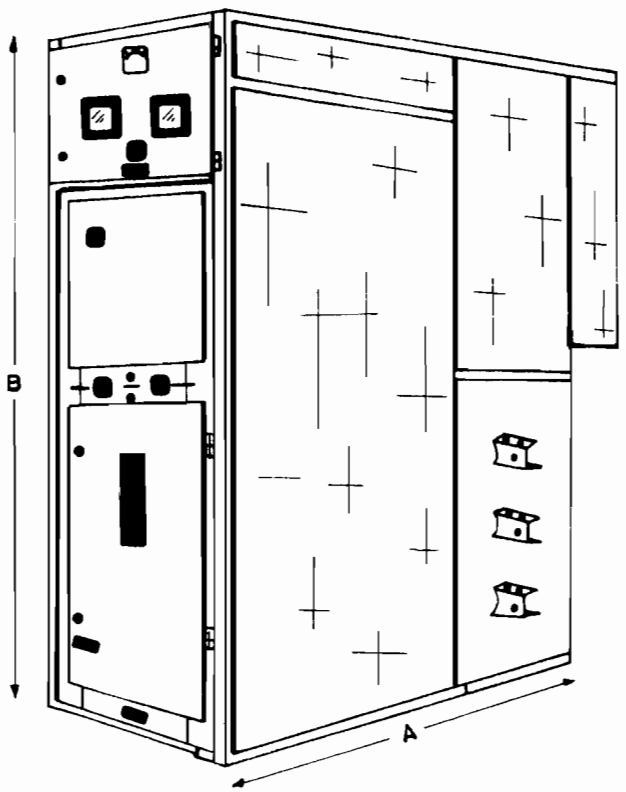
ـ آزمون پایداری حرارتی.
ـ آزمونهای جریان برق کوتاه‌مدت در مدارهای اصلی تابلو.
ـ آزمونهای جریان برق کوتاه‌مدت در مدارهای اصلی اتصال زمین.
ـ آزمونهای نحوهٔ کار اجزای مکانیکی.
ـ بررسی و تأیید حفاظت اشخاص در برابر امکان آسیب‌پذیری ناشی از نزدیک شدن به‌قسمتهای برقدار و متحرک.
ـ بررسی و تأیید حفاظت افراد در برابر تأثیرات خطرناک جریان برق.
ـ آزمون ایستایی مکانیکی.
ـ آزمونهای مربوط به‌کهنگی و رطوبت.
ـ آزمون دستگاههای فرعی برقی، نوماتیک، و هیدرولیک.
ـ بازدید و کنترل سیمکشیهای تابلو.

۶ ـ ۹ـ ۲ـ ۲ آزمونهای معمولی و تأییدی، که هدف از آن کشف نقایص احتمالی در جنس و ساخت تابلو است و باید بر روی کلیهٔ واحدهای قابل حمل انجام شود، شامل موارد زیر است:
ـ آزمونهای توان ـ فرکانس ولتاژ تحت شرایط خشک با زمان کم (یک دقیقه).
ـ اندازه‌گیری مقدار تخلیه بارهای الکتریکی جزیی.
ـ آزمونهای ولتاژ بر روی مدارهای فرعی.
ـ آزمونهای نحوهٔ کار اجزای مکانیکی.
ـ آزمونهای مربوط به‌دستگاههای فرعی برقی، نوماتیک و هیدرولیک.
ـ بازدید و کنترل سیمکشیها.

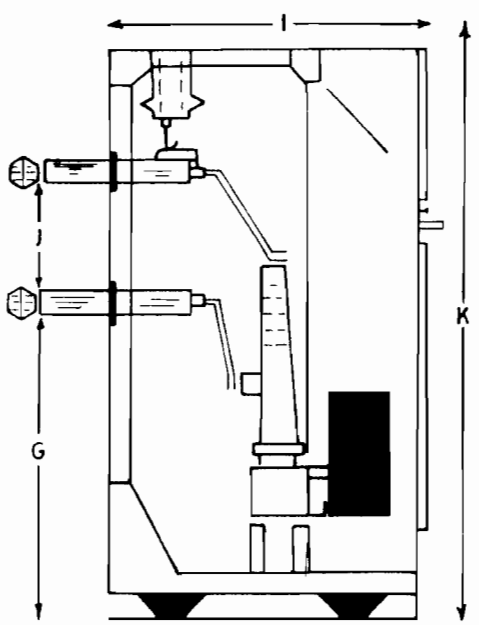
۶ ـ ۱۰ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار متوسط در جدول ۶ ـ ۳ ارائه شده است.



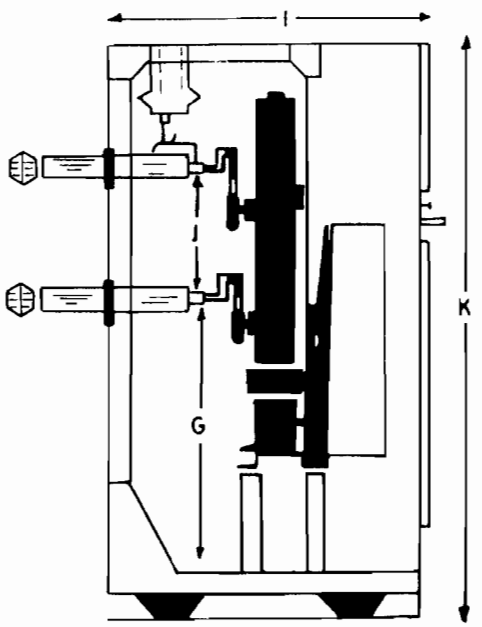
شکل ٦ - ١ تابلوی فشار متوسط نوع قابل دسترسی از جلو.



شکل ظاهری سلول



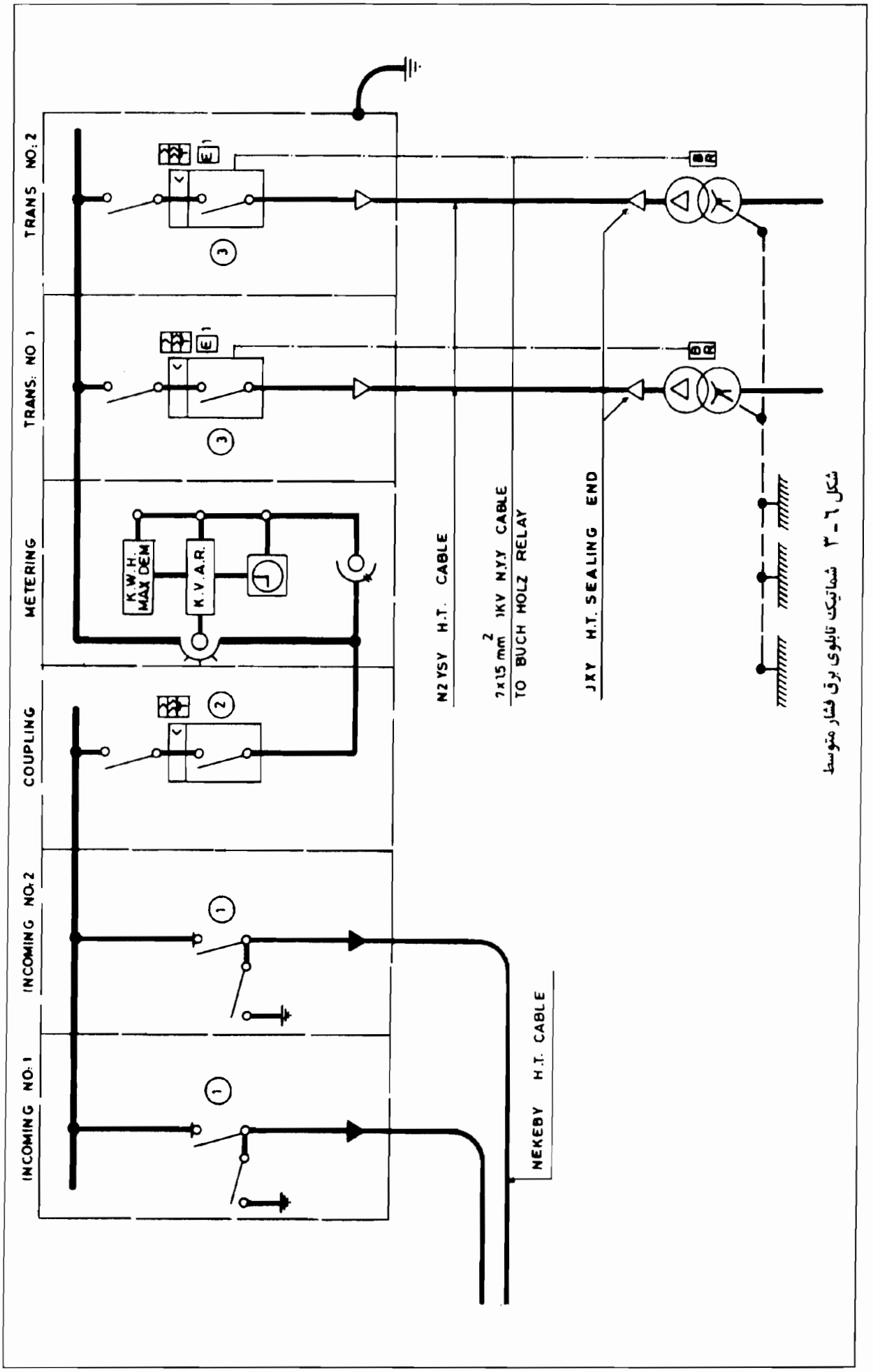
ارابه کشویی با دیژنکتور



ارابه کشویی با دیژنکتور کم‌روغن

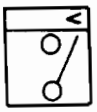
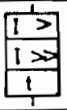
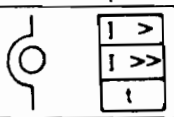
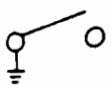
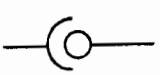
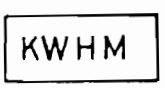
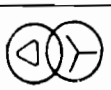
تابلوی فشار متوسط نوع کشویی

شکل ٦ ـ ۲



شکل ۶ - ۳ شماتیک تابلوی برق فشار متوسط

جدول ٦ ـ ۳ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار متوسط

شـــرح و مشخصات	نشانه
دیژنکتور کم‌روغن فشار متوسط	
رله محافظ پریمر برای نصب روی دیژنکتور	
رله محافظ سکوندر برای نصب روی دیژنکتور	
سکسیونر سه‌پل غیرقابل قطع زیربار فشار متوسط	
کلید اتصال زمین فشار متوسط	
سکسیونر سه‌پل قابل قطع زیر بار فشار متوسط	
ترانس جریان فشار متوسط	
ترانس ولتاژ فشار متوسط	
کنتور آکتیو	
کنتور رآکتیو	
ساعت فرمان	
ترانسفورماتور نیرو	

فصل ۷
کابلهای فشار ضعیف

۷-۱ کلیات و تعاریف

۷-۱-۱ تعاریف

کابل: کابل یک یا چندهادی (تک یا چندرشته‌ای) است به‌طوری که هر هادی به‌وسیلهٔ عایق واحدی عایقکاری شده و مجموعه هادیهای عایقدار نیز در داخل یک پوشش اضافی قرار گرفته باشد.
هسته کابل: هر رشته هادی عایقداری که درون کابل واقع شده باشد یک هسته نامیده می‌شود.
ولتاژ اسمی: ولتاژ نامی کابل ولتاژی است که کابل برای آن طراحی شده و آزمونهای الکتریکی براساس آن انجام می‌شود. ولتاژ اسمی به‌صورت U_0/U برحسب ولت بیان می‌شود.

U_0 مقدار مؤثر (r.m.s) ولتاژ بین هر هادی عایقدار و زمین (پوشش فلزی کابل یا هر پوشش دیگر) می‌باشد.
U مقدار مؤثر (rms) ولتاژ بین هر دو فاز یک کابل چندرشته‌ای یا سیستمی از کابلهای تک‌رشته‌ای می‌باشد.
در یک سیستم جریان متناوب، ولتاژ اسمی سیم یا کابل باید حداقل برابر با ولتاژ نامی سیستمی باشد که سیم یا کابل برای کار در آن درنظر گرفته شده است. شرط نامبرده برای هر دو مقدار ولتاژهای U_0 و U باید رعایت شود.
در یک سیستم جریان مستقیم ولتاژ نامی سیستم نباید بیش از ۱/۵ برابر ولتاژ اسمی سیم یا کابل باشد.
برای تعاریف مربوط به‌جریان مجاز حرارتی یک هادی (جریان اسمی) اضافه جریان، جریان اضافه‌بار، و جریان اتصال کوتاه به‌بند ۱ از فصل دوم مراجعه شود.

۷-۱-۲ نشانه‌های شناسایی کابلها در سیستم VDE[1]

عمده‌ترین علایم شناسایی کابلها در سیستم VDE برای کابلهای دارای عایقبندی پلاستیکی و کابلهای مجهز به‌عایقبندی کاغذی و همچنین حروف مشخصه طرح کابل به‌قرار زیر است:

---

۱ ـ جدول علایم شناسایی سیم و کابلها در سیستم CENELEC در فصل دوم بند ۲-۴-۱ ارائه شده است.

الف ـ کابلهای مجهز به‌عایقبندی پلاستیکی

نوع کابل	نشانه	شرح
NYY	**N**	کابل مطابق مشخصات استاندارد VDE آلمان
	Y	عایق از جنس پی ـ وی ـ سی
	Y	غلاف از جنس پی ـ وی ـ سی
NY**C**Y	**C**	حفاظ شامل هادیهای هم‌مرکز از سیمهای مسی و نوار مسی به‌صورت مارپیچ
NY**CW**Y	**CW**	حفاظ شامل سیمهای مسی هم‌مرکز موجی شکل و نوار مسی مارپیچی
NY**K**Y	**K**	غلاف سربی
NY**RG**Y	**R**	زره از سیمهای فولادی گالوانیزه با مقطع گرد
	G	نوار فولادی گالوانیزه مارپیچی
NY**F**GY	**F**	زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت
NY**SE**Y	**SE**	حفاظ از ماده نیمه هادی، به‌علاوهٔ سیمهای مسی و نوار مسی مارپیچ بر روی هسته‌ها
N**2Y**SY	**2Y**	عایق پلی‌اتیلن (PE)
	S	حفاظ از ماده نیمه هادی، به‌علاوهٔ سیمهای مسی و نوار مسی مارپیچی
N**2X**SY	**2X**	عایق از جنس پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE)

ب ـ کابلهای دارای عایقبندی کاغذی

نوع کابل	نشانه	شرح
NKBA	**K**	غلاف سربی روی هسته‌ها (شامل لایه فیبری زیرین)
	B	زره از نوار فولادی دوبل
	A	پوشش از آمیزه نخ کنفی
NAKLEY	**A**	هادیهای آلومینیومی
	KL	غلاف نازک آلومینیومی
	E	حفاظ ضدخوردگی ویژه شامل نوار پلاستیکی آغشته به ترکیبات قیری
	Y	غلاف خارجی پی ـ وی ـ سی
N**EK**EBY	**EK**	غلاف سربی روی هر یک از هسته‌ها
N**H**KBA	**H**	حفاظ از کاغذ فلزی روی هر هسته و نوار مسی ـ پارچه‌ای بافته شده بر روی مجموعه هسته‌ها

پ ـ حروف مشخصه طرح کابل:

r هادی با مقطع گرد

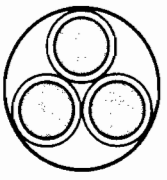
s هادی با مقطع قطاعی (سه‌گوش)

e هادی تک مفتولی

m هادی رشته‌ای (افشان)

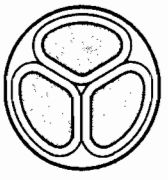
j کابل با هادی حفاظتی

o کابل بدون هادی حفاظتی



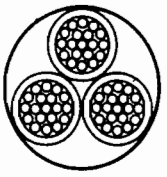
re

r= گرد e= مفتولی



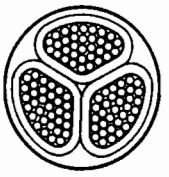
se

s= قطاعی e= مفتولی



rm

r= گرد m= رشته‌ای



sm

s= قطاعی m= رشته‌ای

۷ـ۱ـ۳ طبقه‌بندی

کابلها براساس نوع و موارد مصرف به انواع زیر تقسیم می‌شود:

۷ـ۱ـ۳ـ۱ کابلهای هوایی

۷ـ۱ـ۳ـ۲ کابلهای زمینی

۷ـ۱ـ۳ـ۳ کابلهای زیر آبی

۷ـ۱ـ۳ـ۴ کابلهای مخصوص

۷ـ۱ـ۴ مشخصات اصلی کابلها و عوامل مؤثر در انتخاب نوع کابلها

۷ـ۱ـ۴ـ۱ مشخصات اصلی کابلها شامل موارد زیر است:

ولتاژ اسمی و جریان مجاز

جنس هادی، سطح مقطع و شکل آن

جنس عایق

شناسایی هسته
نوع حفاظ[1]
جنس غلاف
نوع زره
نوع حفاظت در برابر خوردگی

۷ـ۱ـ۴ـ۲ عوامل مؤثر در انتخاب نوع کابلها به‌قرار زیر است:
بار موردنظر و ظرفیت مجاز کابل
ولتاژ اسمی
افت ولتاژ مجاز
حفاظت مدار
بار اتصال کوتاه لازم یا مجاز
شرایط مکانیکی
شرایط محل از نظر ایجاد خوردگی در کابل
مشخصات فنی تعیین شده
در طراحی سیستم کابلکشی ضوابط مندرج در بند ۲ ـ ۵، فصل دوم، نیز باید رعایت شود.

۷ـ۱ـ۵ به‌منظور تعیین قابلیت بار یا جریان مجاز کابلهای مختلف با ولتاژ کار یک کیلوولت بین هادیها باید از جداول مندرج در نشریه ملی استاندارد ایران ـ شماره ۱۹۳۶ استفاده شود. در صورتی که با توجه به کلیه شرایط مندرج در نشریه مذکور نتوان جداول موردنظر را ملاک عمل قرار داد باید از مقادیر ارائه شده در جدول ۷ـ۱ استفاده شود. در این جدول جریان مجاز کابلهای برق برای حداکثر درجه حرارت هادی ۷۰ درجه سانتیگراد و با عمق کابل درخاک ۷۰ سانتیمتر و درجه حرارت محیط در خاک ۲۰ درجه سانتیگراد و درجه حرارت محیط در هوای آزاد ۳۰ درجه سانتیگراد برای بار روزانه ۱۰ ساعت با بار کامل و حداقل ۱۰ ساعت با ۶۰ درصد بار کامل با ولتاژ کار یک کیلوولت بین هادیها ارائه شده است.
لازم به یادآوری است که اگر از کابلهای برق جدول مذکور به‌طور دایم بار گرفته شود باید مسألهٔ خشک شدن خاک و بالا رفتن مقاومت حرارتی را هم در نظر گرفته و فاکتورهای مربوطه را در محاسبات منظور داشت. در صورتی که درجه حرارت محیط از ۲۰ درجه سانتیگراد در خاک و ۳۰ درجه سانتیگراد در هوای آزاد بیشتر یا کمتر باشد باید فاکتورهای تصحیح مندرج در جدول ۷ـ۲ را ملاک عمل قرار داد. همچنین می‌توان از جدول ۷ ـ ۳ که در آن فاکتور تصحیح جریان مجاز کابلها برحسب تغییرات درجه حرارت محیط از ۲۵ درجه سانتیگراد داده شده است استفاده کرد.
جداول مذکور براساس محاسبات کلی بار مجاز انواع کابلها ارائه شده است. جداول قابلیت جریان مجاز برای کابلهای مختلف برحسب روش نصب در بخش کابل مربوط درج شده است.

1– Screening

جدول ۷ ـ ۱ جریان مجاز کابلهای برق با ولتاژ اسمی 1 KV

سه تا کابل یک‌سیمه سه‌فاز (amp)				کابلهای ۳ و ۴ سیمه (amp)		کابلهای ۲ سیمه (amp)		کابلهای ۱ سیمه جریان مستقیم		سطح مقطع $(mm)^2$
طرز قرارگرفتن کابلها ⊙⊙		طرز قرارگرفتن کابلها ○○○								
در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	
-	-	-	-	۱۸	۲۷	۲۱	۳۰	۲۶	۳۷	۱/۵
-	-	-	-	۲۵	۳۶	۲۹	۴۱	۳۵	۵۰	۲/۵
-	-	-	-	۳۴	۴۶	۳۸	۵۳	۴۶	۶۵	۴
-	-	-	-	۴۴	۵۸	۴۸	۶۶	۵۸	۸۳	۶
-	-	-	-	۶۰	۷۷	۶۶	۸۸	۸۰	۱۱۰	۱۰
۸۶	۱۱۰	۱۰۰	۱۲۰	۸۰	۱۰۰	۹۰	۱۱۵	۱۰۵	۱۴۵	۱۶
۱۲۰	۱۴۰	۱۳۵	۱۵۵	۱۰۵	۱۳۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۴۰	۱۹۰	۲۵
۱۴۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۸۵	۱۳۰	۱۵۵	۱۵۰	۱۸۰	۱۷۵	۲۳۵	۳۵
۱۸۰	۲۰۰	۲۰۵	۲۲۰	۱۶۰	۱۸۵	-	-	۲۱۵	۲۸۰	۵۰
۲۲۵	۲۴۵	۲۶۰	۲۷۰	۲۰۰	۲۳۰	-	-	۲۷۰	۳۵۰	۷۰
۲۸۰	۲۹۵	۳۲۰	۳۲۵	۲۴۵	۲۷۵	-	-	۳۳۵	۴۲۰	۹۵
۳۳۰	۳۳۵	۳۷۵	۳۷۰	۲۸۵	۳۱۵	-	-	۳۹۰	۴۸۰	۱۲۰
۳۸۰	۳۸۰	۴۳۰	۴۲۰	۳۲۵	۳۵۵	-	-	۴۴۵	۵۴۰	۱۵۰
۴۴۰	۴۳۰	۴۵۰	۴۷۰	۳۷۰	۴۰۰	-	-	۵۱۰	۶۲۰	۱۸۵
۵۳۰	۴۹۰	۵۹۰	۵۴۰	۴۳۵	۴۶۵	-	-	۶۲۰	۷۲۰	۲۴۰
۶۱۰	۵۵۰	۶۸۰	۶۲۰	-	-	-	-	۷۱۰	۸۲۰	۳۰۰
۷۴۰	۶۵۰	۸۲۰	۷۱۰	-	-	-	-	۸۵۰	۹۶۰	۴۰۰
۸۶۰	۷۴۰	۹۶۰	۸۲۰	-	-	-	-	۱۰۰۰	۱۱۱۰	۵۰۰

جدول ۷ ـ ۲ فاکتور تصحیح در صورت تغییر درجه حرارت محیط

درجه حرارت محیط برحسب درجه سانتیگراد	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
فاکتور تصحیح برای کابل در خاک	۱/۰۵	۱	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۴۵
فاکتور تصحیح برای کابل درهوای آزاد	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱	۰/۶۱	۰/۵۰

یادآوری:

حداکثر درجه حرارت هادی کابلها برابر ۷۰ درجه سانتیگراد خواهد بود.

جدول ۷ ـ ۳ فاکتور تصحیح جریان مجاز کابلها برحسب تغییرات درجه حرارت محیط از ۲۵ درجه سانتیگراد

درجه حرارت محیط برحسب درجه‌سانتیگراد	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵
فاکتور تصحیح (برحسب درصد)	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۰	۱۰۵	۱۰۰	۹۴	۸۸	۸۲	۷۵	۶۷	۵۸	۴۷	۳۳

۷ ـ ۲ کابلهای هوایی

کابل هوایی کابلی است که به‌صورت روکار روی دیوار یا سقف یا سینی کابل و یا به‌صورت آویز بین دو تیر نصب شده باشد.

۷ ـ ۲ ـ ۱ استاندارد و مشخصات کابلهای هوایی

۷ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۱ کابلهایی که به‌صورت نصب روکار روی دیوار یا سقف یا سینی کابل ممکن است مورد استفاده قرار گیرد به‌شرح زیر است:

الف ـ کابل **NYM (DIN 47705)**: کابلی است که شامل هادی مسی، عایق پی ـ وی ـ سی، ماده پرکننده برای شکل‌دهی کابل[1] و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی بوده و برای نصب در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا (H.F.)، یا محیطهای قابل انفجار، و یا محیطهایی با حرارت زیاد مناسب نمی‌باشد.

ب ـ کابل **NYRUZY (DIN 47707)**: کابلی است که از نظر هادی مسی، عایق و غلاف پی ـ وی ـ سی مشابه کابل NYM بوده ولی بین ماده پرکننده و غلاف نهایی زره گالوانیزه به‌منظور محافظت مکانیکی قرار داده شده است. این نوع کابل نیز از نظر کاربرد برای نصب در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا، یا قابل انفجار، و یا با حرارت زیاد مناسب نمی‌باشد.

پ ـ کابل **NYBUY (DIN 47708)**: کابلی است مشابه کابل NYM ولی بین ماده پرکننده و غلاف نهایی آن غلاف سربی قرار دارد، این نوع کابل را ممکن است در محیطهای خشک، مرطوب، تر، و در هوای آزاد در صورتی که در برابر نور خورشید محافظت شود، در درون گچ و زیر یا روی آن به‌صورت نصب ثابت مورد استفاده قرار داد. استفاده از کابلهای غلاف سربی در حمام مجاز نخواهد بود.

ت ـ کابل **NHYRUZY**: کابلی است با هادی مسی، عایق پی ـ وی ـ سی، پوشش داخلی، غلاف سیمی و پوشش خارجی پی ـ وی ـ سی. این‌گونه کابل را ممکن است در محیطهای خشک، مرطوب و تَر و در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا و در فضای آزاد در صورتی که در برابر نور خورشید محافظت شود، مورد استفاده قرار داد. کاربرد این نوع کابل در محیطهای مخاطره‌آمیز و یا دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود.

1– Filling compound

۷ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۲ کابلهایی که به‌صورت هوایی و آویزان بین دو تیر نصب می‌شود

الف ـ کابل YTY: کابلی است که شامل هادی مسی، عایق پی ـ وی ـ سی، ماده پرکننده و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی بوده و در مجاورت غلاف نهایی، سیم مهار (بگسل) از فولاد گالوانیزه برای نگاهداری کابل تعبیه شده است. استفاده از این نوع کابل در محیطهایی با حرارت زیاد، یا با تداخل فرکانس بالا مناسب نمی‌باشد.

ب ـ در صورتی که بین دوتیر، سیم مهار (بگسل) فولاد گالوانیزه جداگانه‌ای متناسب با مقطع کابل مربوطه نصب شود، کلیه کابلهای مندرج در بند ۷ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۱ را می‌توان با استفاده از بستهای مخصوصی که حداکثر فاصله بین دو بست از پنجاه سانتی‌متر تجاوز نکند، روی سیم مهار مذکور نصب کرد.

۷ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ جریان مجاز کابلهای هوایی با توجه به‌شرایط نصب و درجه حرارت محیط و تعداد کابلها در جدول ۷ ـ ۶ درج گردیده است.

۷ ـ ۲ ـ ۲ اصول و روشهای نصب کابلهای هوایی

در هنگام نصب کابلهای هوایی اصول زیر باید کاملاً مدنظر بوده و رعایت شود:

الف ـ حداقل فاصله بین کابلهای هم ولتاژ باید به‌اندازه قطر کابل ضخیمتر مجاور درنظر گرفته شود. در صورتی که ولتاژ کابلهای موازی متفاوت باشد حداقل فاصله بین دو کابل مجاور باید ۳۰ سانتیمتر باشد. بدیهی است کابلهای هم ولتاژ باید در یک گروه نصب گردیده و حداقل فاصله فوق‌الذکر (۳۰ سانتیمتر) برای گروههای متفاوت رعایت شود.

ب ـ حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا و یا لوله باید چنان تعیین شود که کشیدن آن به‌آسانی امکان‌پذیر باشد. با توجه به‌این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شده در داخل آن باشد.

پ ـ در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تأسیسات فلزی عبور می‌نماید، هر یک از سوراخها باید دارای انحناهای لازم با بوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به‌عمل آید.

ت ـ در مواردی که لوله‌کشیها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود در معرض تغییرات زیاد درجه حرارت قرار می‌گیرد، مانند تأسیسات مبرد و سردخانه‌ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می‌کند، باید قسمت مناسبی از لوله‌کشی یا مجاری کابل به‌منطقه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمتهای گرمتر و قسمتهای سردتر جلوگیری به‌عمل آید. اتصالهای انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی در مواردی که لازم است پیش‌بینی شود.

ث ـ در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادیها وارد شود و نه بر پوشش خارجی آن. در تأسیساتی که کابلهای آن به‌طور دایم تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد استفاده از کابلهای مجهز به‌سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کند توصیه می‌شود.

ج ـ کابلهایی که به‌تجهیزات قابل حمل یا متحرک وصل می‌شود باید در نقطهٔ اتصال به‌دستگاه به‌نحوی بسته و محکم شود که هیچ نیرویی به‌ترمینالهای کابل وارد نشده و از کوتاه شدن و یا

عقب رفتن عایقبندی یا غلاف کابل جلوگیری به‌عمل آید. در صورتی که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد طول آن باید به‌قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیلهٔ بستن کابل، وارد شدن نیرو به‌ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینالهای هادیهای برقدار ممکن گردد. وسیلهٔ بستن کابل باید برقدار نبوده و به‌نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی در کابل بسته شده به‌وجود نیاورد.

چ - همهٔ خمهای کابل باید به‌نحوی انجام شود که هیچ نوع خرابی به‌خود کابل وارد نشود، به‌استثنای مواردی که به‌نحوی دیگر در مقررات مربوطه به‌کابل ذکر شده باشد، در تأسیسات نصب ثابت حداقل شعاع داخلی هر نوع خم به‌ترتیب زیر توصیه می‌شود:

- کابلهای با روپوش فلزی (زره ـ غلاف سربی ـ هادی هم مرکز) $r=9(D+d)$
- کابلهای با غلاف آلومینیومی $r=15D$
- کابلهای با عایقبندی معدنی و غلاف مسی $r=5D$
- کابلهای فاقد هرنوع روپوش فلزی $r=8(D+d)$

که در آن:

D= قطر خارجی کابل، d= قطر هادی بزرگترین رشته کابل و r= حداقل شعاع داخلی هر خم می‌باشد. در صورتی که مقطع هادی به‌فرم قطاع[1] باشد، $d=1/3\sqrt{A}$ در نظر گرفته خواهد شد که در آن A سطح مقطع هادی می‌باشد.

ح - کلیهٔ کابلهای داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از استعمال دو راهی وسط خط باید خودداری شود.

۷ـ۲ـ۲ـ۲ نصب کابل روی دیوار و سقف

الف ـ برای نصب یک رشته کابل بر روی دیوار یا سقف باید از بستهای کائوچویی دو تکه‌ای مخصوص کابل استفاده شود به‌طوری که در محلهای بستکاری، کابل مستقیماً با دیوار یا سقف تماس نداشته باشد. در مورد نصب چند رشته کابل توصیه می‌گردد که کابلهای مذکور به‌صورت موازی روی دیوار یا سقف نصب گردیده و از بستهای ریلی استفاده شود.

حداقل فاصله کابل از دیوار باید دو سانتیمتر درنظر گرفته شود.

فاصلهٔ کابلها از یکدیگر باید حداقل دو برابر قطر کابل موردنظر باشد. در مواردی که فاصله مذکور کمتر باشد باید از ضرایب مناسبی برای کاهش ظرفیت جریان مجاز کابل استفاده شود.

ب - کابلهایی که به‌وسیله بست نصب می‌شود، یا برروی بازوهای افقی قرار داده می‌شود، باید به‌نحوی نگهداری شود که فاصلهٔ بستها یا بازوها از مقادیر زیر تجاوز ننماید.

- در مورد کابلهای بدون زره فلزی 20D
- در مورد کابلهای زره فلزی‌دار 35D

D قطر خارجی کابل می‌باشد. در مورد نصب کابلها به‌صورت قائم می‌توان به‌مقادیر فوق تا میزان پنجاه درصد اضافه نمود.

پ - بستهای مورد استفاده در صورتی که از نوع عایقدار نباشد بایستی به‌وسیله غلاف محافظ عایق

1- Sector

پوشانده شود.

ت ـ در مواردی که ساختمان دارای سقف کاذب است، نصب کابل بر روی سقف کاذب به‌هیچ وجه مجاز نمی‌باشد و باید روی سقف اصلی ساختمان نصب شود.

ث ـ فاصله‌ای که به‌علت استفاده از بستهای ریلی یا دو تکه‌ای بین کابل و دیوار (یا سقف) ایجاد گردیده، باید در گوشه‌ها (داخلی و خارجی) با نصب دو عدد بست به‌فاصله ده سانتیمتر از طرفین گوشه عیناً حفظ و رعایت گردد.

ج ـ کابلها باید در برابر تابش مستقیم آفتاب دارای نوعی حفاظ باشد.

۷ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ نصب کابل روی سینی کابل

الف ـ ابعاد سینیهای کابل باید ازنظر مکانیکی با توجه به‌وزن کابلها و همچنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی انتخاب شود، ولی به‌طور کلی سینیهای کابل باید با ورق آهن گالوانیزه که مشبک شده باشد و به‌ضخامت حداقل ۱/۵ میلیمتر ساخته شده و در صورت آویز بودن توسط میله‌های فولادی به‌قطر حداقل ۶ میلیمتر در فاصله‌های حداکثر یک متر نگاه داشته شود.

ب ـ سینیهای کابل چند طبقه باید با توجه به‌عرض آن به‌نحوی انتخاب شود که دسترسی به‌کابلها حداقل از یک‌طرف امکان‌پذیر باشد. فاصله بین سینیهای دوطبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.

پ ـ هنگام نصب کابلها بر روی سینی کابل، کابلها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهارراه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم و همچنین به‌فاصلهٔ ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱/۵ متر در مسیرهای قائم به‌سینیها محکم شود.

۷ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۴ نصب کابل به‌صورت آویز بین دو یا چند تیر

الف ـ به‌منظور نصب سیم مهار به‌تیر ابتدایی باید سیم مذکور به‌وسیله آی بولت[1] به‌تیر متصل شده و برای جلوگیری از خمش نامتناسب بین مهار و آی بولت باید از گوشواره مخصوص سیم مهار متناسب با مقطع سیم برای عبور سیم مهار از داخل آی بولت استفاده و انتهای سیم مهار بعد از گشتن دور سیم مهار حداقل به‌وسیله دو عدد بست دو پیچه محکم گردد. برای نصب و عبور سیم مهار از روی تیرهای میانی بایستی از آی بولت یا بازو و بست مناسب استفاده گردد. در تیر انتهایی علاوه بر روش و اصول مورد استفاده در تیر ابتدایی باید یک عدد مهارکش متناسب با مقطع و طول خط مهار نصب شود.

ب ـ کابلهای آویزان شده از سیم مهار باید یا به‌صورت پیوسته به‌آن وصل بوده و یا در حداکثر فواصلی به‌شرح زیر بستکاری شود:

ـ در مورد کابلهای بدون زره فلزی ۴۰ D

ـ در مورد کابلهای زره فلزی‌دار ۷۰ D

D قطر خارجی کابل می‌باشد.

1– Eye bolt

پ - بستهای به‌کاررفته در صورتی که از نوع عایقدار نباشد باید به‌وسیلهٔ غلاف محافظ عایق پوشانده شود.

۷-۳ کابلهای زمینی

کابل زمینی کابلی است که مستقیماً در زیرزمین، یا در کانال پیش ساخته یا در شافت (Shaft)، و یا در لوله قابل نصب باشد.

۷-۳-۱ استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی دارای عایقبندی پلاستیکی

۷-۳-۱-۱ کابلهای NAYY , NYY (VDE 0271):

کابل NYY دارای هادی مسی و کابل NAYY دارای هادی آلومینیومی با ولتاژ اسمی ۱/۰/۶ کیلوولت می‌باشد. در کابلهای یک سیمه هادی با رشته‌های مسی یا آلومینیومی نرم شده است که مقطع آن گرد یا قطاعی (سه‌گوش) بوده و با مواد پلاستیک عایق می‌شود. سیمهای عایق‌شده پس از تابیدن برای گردشدن مقطع در داخل ماده پرکننده قرار داده می‌شود. در کابلهای با هادی سه‌گوش به‌دور کابل نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود و کابل با ماده پی - وی - سی غلاف می‌گردد. این نوع کابلها را می‌توان در داخل ساختمان، در مجاری و کانالهای پیش ساخته، در شافت، و نیز در داخل کانالهای زمینی، و در آب مورد استفاده قرار داد مشروط بر آن که خطر آسیب‌دیدگی مکانیکی وجود نداشته باشد. کابلهای مزبور همچنین برای توزیع نیرو در کارخانه‌های صنعتی و روشنایی خیابانها نیز به‌کار می‌رود.

۷-۳-۱-۲ کابلهای NAYCWY, NYCWY, NYCY (VDE 0271):

این نوع کابلها مشابه کابلهای NYY و NAYY است ولی بین غلافهای پی - وی - سی داخلی و خارجی آن دارای زره سیم مسی با نوار مارپیچ مسی می‌باشد. بدیهی است که از غلاف مسی می‌توان به‌عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده کرد. این‌گونه کابلها را می‌توان در مواردی که امکان آسیب مکانیکی به‌کابل در هنگام نصب یا در زمان بهره‌برداری وجود داشته باشد در زیرزمین، درآب، در داخل یا خارج ساختمان و در کانال مورد استفاده قرار داد.

۷-۳-۱-۳ کابلهای NAYFGY, NYFGY, NAYRGY, NYRGY با ولتاژ اسمی ۱/۰/۶ کیلوولت (VDE 0271, IEC 502)

کابلهای NYRGY و NYFGY با هادی‌مسی رشته‌ای‌و کابلهای NAYRGY و NAYFGY با هادی آلومینیومی رشته‌ای دارای‌عایق از جنس پی - وی - سی و پوشش یا نوار پلاستیکی بر روی‌مجموعه هسته‌ها می‌باشد. کابلهای NYRGY و NAYRGY دارای زره از سیمهای فولادی گالوانیزه با مقطع گرد و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ و کابلهای NYFGY و NAYFGY مجهز به‌زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ می‌باشد که بر روی‌آن غلاف خارجی پی - وی - سی قرارگرفته است. این نوع کابلها را ممکن است در خارج ساختمان، در زیرزمین، در آب، درداخل ساختمان، و درکانالهای

پیش ساخته در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا در مواردی که تنشهای کششی در هنگام نصب یا در زمان بهره‌برداری وجود دارد، مورد استفاده قرار گیرد.

۷ـ۳ـ۲ استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی دارای عایقبندی پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) با ولتاژ اسمی ۱/۶/۰ کیلوولت (IEC 502)

۷ـ۳ـ۲ـ۱ کابل 2XY با هادیهای مسی یک یا چند رشته‌ای دارای عایق از جنس پلی‌اتیلن مستحکم و پوشش داخلی و لایه فویل بر روی مجموعه هسته‌ها و غلاف خارجی از جنس پی ـ وی ـ سی می‌باشد.
در این نوع کابل حرارت مجاز هادی ۹۰ درجه سانتیگراد و حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه ۲۵۰ درجه سانتیگراد است.
این نوع کابل را ممکن است در تأسیسات داخلی در کانال پیش ساخته و در خارج ساختمان در زیرزمین در پستهای برق، واحدهای صنعتی و در سیستمهای برق‌رسانی محلی، در مواردی که صدمه و آسیب مکانیکی به‌کابل غیر محتمل باشد مورد استفاده قرار داد.

۷ـ۳ـ۲ـ۲ **کابلهای 2XFGY , 2XRGY:**
ساختمان کابل 2XRGY شامل هادیهای مسی مفتولی، عایق پلی‌اتیلن، پوشش داخلی، زره از سیمهای فولادی گالوانیزه با مقطع گرد، نوار باز از فولاد گالوانیزه، و غلاف خارجی از جنس پی ـ وی ـ سی می‌باشد.
ساختمان کابل 2XFGY شامل هادیهای مسی رشته‌ای با مقطع گرد یا قطاعی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم، پوشش داخلی، زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت، نوار باز از فولاد گالوانیزه، و غلاف خارجی از جنس پی ـ وی ـ سی می‌باشد.
در این نوع کابلها حرارت مجاز هادی ۹۰ درجه سانتیگراد و حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه ۲۵۰ درجه سانتیگراد است.
این‌گونه کابلها را ممکن است در تأسیسات داخلی، در کانال، در خارج ساختمان و در زیر سطح زمین، در پستهای برق، کارخانه‌های صنعتی و مانند آن، در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا در مواردی‌که تنشهای کششی در هنگام نصب‌کابل یا در زمان بهره‌برداری‌وجود دارد، مورد استفاده قرار داد.

۷ـ۳ـ۳ استاندارد و مشخصات کابلهای زمینی مجهز به‌عایقبندی کاغذی با ولتاژ اسمی ۱/۶/۰ کیلوولت

۷ـ۳ـ۳ـ۱ **کابلهای NKBA و NAKBA**
کابل NKBA با هادی‌مسی رشته‌ای‌وکابل NAKBA با هادی‌آلومینیومی رشته‌ای‌دارای عایق وکمربند از کاغذ اشباع‌شده، غلاف سربی، لایهٔ کاغذی مرکب، زره از نوار فولادی‌دوبل و پوشش کنفی مرکب می‌باشد.
این‌گونه کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل، در مواردی که تنشهای مکانیکی زیاد مطرح نباشد به‌کار برد.

۷ـ۳ـ۳ـ۲ کابل NAKLEY با هادی آلومینیومی مفتولی یا رشته‌ای، دارای عایق وکمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف آلومینیومی، نوار پلاستیکی آغشته به‌ترکیب بیتومین و غلاف پی ـ وی ـ سی می‌باشد.

این نوع کابل را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۷ـ۳ـ۴ میزان جریان مجاز کابلهای زمینی با توجه به‌شرایط نصب، درجه حرارت محیط، و تعداد کابلها در جدول ۷ـ۶ درج شده است.

۷ـ۳ـ۵ اصول و روشهای نصب کابلهای زمینی

۷ـ۳ـ۵ـ۱ در هنگام نصب کابلهای زمینی اصول زیر باید کاملاً مدنظر بوده و رعایت شود:

الف ـ حداقل فاصله بین کابل فشارضعیف، یا فشارقوی و یا جریان ضعیف زیرزمینی از لوله‌های گاز، بخار، آب، و سوخت باید برابر ۳۰ سانتیمتر باشد.

ب ـ در مواردی که کابل با کابل دیگر (به‌خصوص کابلهایی با فشارهای متفاوت) یا لوله‌های گاز و آب و غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله محافظ با قطر متناسب با قطر کابل و طول حداقل یک متر استفاده نموده و کابل از داخل این لوله محافظ عبور نماید. در این‌گونه موارد و یا هنگامی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید یک لوله محافظ اضافی خالی به‌منظور کابل‌کشیهای آینده پیش‌بینی شود و در وسط این لوله مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک‌متر بیش از طول لوله فوق‌الذکر باشد قرار داده شود، در محل ورود و خروج کابل از لوله باید کابل را به‌وسیلهٔ ریختن خاک کوبیده یا ماسه نرم در زیر آن محافظت کرد.

پ ـ برای خواباندن کابلها باید از میزان درجه حرارتی که کابل می‌بایست تحت آن کشیده شود اطمینان حاصل نمود. اگر کابل قبل از خواباندن احتیاج به‌گرم کردن نداشته باشد باید میزان درجه حرارت برحسب جدول ۷ـ۵ رعایت شود. به‌عنوان مثال کابل نوع پلاستیکی (P.V.C) نباید در زمستان که درجه حرارت کمتر از صفر درجه سانتیگراد است کابل‌کشی شود. در صورت سرد بودن می‌توان قبلاً قرقره کابل را برای مدت حداقل ۷۲ ساعت در اطاق یا انباری که دمای آن از ۲۰ درجه سلسیوس کمتر نباشد قرار داد و یا با استفاده از وسایل مخصوص گرم کردن کابل آن راگرم نمود و سپس فوراً مورداستفاده قرار داده و خوابانید. روش دیگر برای‌گرم کردن کابل عبارت است از اتصال آن به‌جریان برق و ایجاد حرارت به‌وسیلهٔ عبور برق‌از کابل مذکور. بدیهی‌است که پس‌از نصب کابل، درجه حرارت محیط می‌تواند به ۳۰- درجه سانتیگراد هم برسد بدون‌آنکه به‌کابل صدمه‌ای بزند.

ت ـ تغییر جهت کانالهای کابلها باید به‌نحوی باشد که با شرایط مربوط به‌خم‌کردن کابلها (مندرج در این فصل) مطابقت کند. تعداد کابلهایی که در داخل هر کانال نصب می‌شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به‌سهولت امکان‌پذیر باشد.

ث ـ حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا و یا لوله باید به‌نحوی تعیین شود که کشیدن آن به‌آسانی میسر باشد. با توجه به‌این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شده در داخل آن باشد.

ج ـ در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تأسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخها باید دارای‌انحناهای لازم با بوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی‌در کابل جلوگیری به‌عمل آید.

چ ـ در مواردی که لوله‌کشیها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود در معرض تغییرات زیاد درجه

حرارت قرار می‌گیرد، مانند تأسیسات سرد و سرخانه‌ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می‌کند باید قسمت مناسبی از لوله‌کشی یا مجاری کابل به‌نقطه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمتهای گرمتر و قسمتهای سردتر جلوگیری به‌عمل آید. اتصالهای انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی، در مواردی که لازم است، پیش‌بینی شود.

ح ـ در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادیها وارد شود نه پوشش خارجی آن. در تأسیساتی که کابلهای آن به‌طور دایم تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد استفاده از کابلهایی مجهز به‌سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کند توصیه می‌شود.

خ ـ کابل‌کشی با دستگاههای مخصوص باید با توجه به‌نیروی کشش مجاز کابل موردنظر انجام شود. فرمولهای نیروی کشش مجاز انواع کابلها در جدول ۷ـ۴ ارائه شده است.

د ـ کابلهایی که به‌تجهیزات قابل حمل یا متحرک وصل می‌شود باید در نقطه اتصال به‌دستگاه به‌نحوی بسته و محکم شود که هیچ نیرویی به‌ترمینالهای کابل وارد نشده و از کوتاه شدن و یا عقب‌رفتن عایقبندی یا غلاف کابل جلوگیری به‌عمل آید. در صورتی که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد طول آن باید به‌قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیله بستن کابل، وارد شدن نیرو به‌ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینالهای هادیهای برقدار ممکن گردد. وسیله بستن کابل باید برقدار نبوده و به‌نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی در کابل بسته شده به‌وجود نیاورد.

ذ ـ همه خمهای کابل باید به‌نحوی انجام داده شود که هیچ نوع خرابی به‌خود کابل وارد نشود. به‌استثنای مواردی که به‌نحوی دیگر در مقررات مربوطه به‌کابل ذکر شده باشد، در تأسیسات نصب ثابت حداقل شعاع داخلی هر نوع خم به‌شرح زیر خواهد بود:

ـ کابلهای با روپوش فلزی (زره ـ غلاف سربی ـ هادی هم‌مرکز) $r=9(D+d)$

ـ کابلهای با غلاف آلومینیومی $r=15D$

ـ کابلهای با عایقبندی معدنی و غلاف مسی $r=5D$

ـ کابلهای فاقد هر نوع روپوش فلزی $r=8(D+d)$

که در آن D قطر خارجی کابل، d= قطر هادی بزرگترین رشته کابل و r حداقل شعاع داخلی هر خم می‌باشد، در صورتی که مقطع هادی به‌فرم قطاع (Sector) باشد $d=1/3\sqrt{A}$ درنظر گرفته خواهد شد، که در آن A سطح مقطع هادی می‌باشد.

ر ـ کلیه کابلهای داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود. استفاده از دوراهی در موارد استثنایی پس از تأیید دستگاه نظارت مجاز خواهد بود.

۷ـ۳ـ۵ـ۲ نصب کابل در داخل کانال خاکی

الف ـ برای نصب کابلها در داخل کانال خاکی ابتدا باید کانال موردنظر با ابعاد مشخص شده در نقشه مربوط حفر و کف آن به‌ضخامت ۱۰ سانتیمتر ماسه‌ریزی و کابلها بر روی آن خوابانده شود، آنگاه، روی کابلها نیز با ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم پوشانیده و یک نوار پلاستیکی خبردهنده که بر روی آن عبارت «توجه مسیر کابل» نوشته شده بر روی آن کشیده شود و سپس به‌منظور محافظت کابل یک ردیف آجر به‌عرض ۲۲ سانتیمتر، یا یک ردیف بلوک سیمانی بر روی نوار مزبور چیده

و سپس روی آن خاکریزی و کوبیده شود.

ب ـ عرض کانال حفر شده به‌منظور نصب کابلهای زیرزمینی بستگی به‌تعداد کابلهایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. همچنین، عمق کابل از سطح زمین بستگی به‌تعداد کابلهایی دارد که روی یکدیگر قرار می‌گیرد. معذالک فاصله بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین، در زیر سطح تمام شده پیاده‌رو نباید از ۷۰ سانتیمتر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از یک متر کمتر باشد.

پ ـ اگر تعداد کابلهای مورد لزوم برای نصب در داخل کانال خاکی زیاد باشد بهتر است به‌جای قرار دادن کابلها بر روی یکدیگر، کابلها پهلوی هم کشیده شود. حداقل فاصله کابلهای زیرزمینی از یکدیگر درصورتی‌که دو کابل هم‌ولتاژ باشد باید برابر ۱۰ سانتیمتر و در صورتی‌که یک کابل، کابل فشار ضعیف و دیگری کابل فشارقوی یا کابل جریان‌ضعیف (دو کابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد باید ۳۰ سانتیمتر درنظر گرفته شود، (منظور از فاصله دو کابل فاصله هوایی بین آن دو می‌باشد.) در مواردی که چند کابل به‌موازات یکدیگر در یک سطح افقی کشیده می‌شود باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابلها با آجر پوشیده شده و در مورد کابلهای جانبی، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به‌سمت خارج قرار گیرد.

ت ـ جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابلها در شکل ۷ـ۱ نشان داده شده است.

ث ـ در مواردی که کابل فشار ضعیف و کابل فشارقوی در یک کانال خاکی زیرزمینی نصب می‌شود باید کانال به‌شکل پله‌ای (دو بستر متفاوت) حفر و کابل فشارقوی در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است کلیه اصول و روشهای مربوط به‌نصب کابلهای فشار ضعیف و قوی در مورد هر کدام از کابلهای مذکور باید دقیقاً رعایت شود. (شکل ۷ـ۱)

ج ـ در محلهایی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید لوله محافظ یک یا چند سوراخه از جنس پلاستیک صلب، سیمان ازبست، سیمان یا فولاد، در عمق حداقل یک متر از سطح جاده و یا سطح سخت قرار گرفته و کابل از داخل آن بگذرد. قطر سوراخ لوله‌ها باید حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل مربوطه باشد. در محلهای خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبهٔ لوله نوعی بالشتک برای آن درنظر گرفت.

چ ـ در صورتی که محل خواباندن کابل، زمین شوره‌زار بوده، یا امکان وجود حشرات موذی مانند موریانه و غیره باشد استفاده از کابل NYY به‌هیچ‌وجه مجاز نبوده و بایستی کابل NYCY یا NYCWY به‌کار برده شود.

ح ـ کابلهایی که بدون هیچ نوع حفاظت مکانیکی اضافی مستقیماً در زمین دفن می‌شود باید دارای پوشش یا زره فلزی و غلاف محافظ باشد. کابلهایی که با استفاده از حفاظت مکانیکی اضافی (آجر یا دال بتونی) در زمین دفن می‌شود باید دارای غلاف محافظ باشد. مسیر این‌گونه کابلها باید به‌نحوی علامت‌گذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی، محل آن مشخص باشد.

خ ـ پیمانکار موظف است که قبل از شروع به‌حفر و کندن کانال خاکی کلیه نقشه‌های تأسیساتی اجراء شده قبلی در محوطه عملیات خود را از دستگاههای اجرایی مربوطه دریافت و با توجه به‌آن اقدام به‌حفر کانال کند به‌طوری که هیچ‌گونه لطمه‌ای به‌تأسیسات موجود وارد نشود.

د ـ هنگام حفر کانال خاکی برای نصب کابلها باید اسفالت یا سیمان یا پوشش، کنده‌شده و در یک

سمت گودال در فاصله حداقل یک‌متری انباشته شود تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته‌باشد. همچنین، سایر مواد خاکبرداری‌شده (یعنی خاک و غیره) در سمت‌دیگر گودال و در فاصلهٔ حداقل ۰/۳ متری انباشته گردد تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال درامان باشند.

ذ ـ در مواردی که به‌منظور خواباندن کابلها قسمتی از جاده اسفالته یا پیاده‌رو باید خاکبرداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابلکشی جاده اسفالته یا پیاده‌رو را تعمیر و به‌حالت اول برگرداند.

۷ـ۳ـ۳۵ نصب کابل در داخل کانال پیش ساخته[1]

الف ـ کانالهای پیش ساخته کابلکشی می‌تواند به‌صورت آدم‌رو یا معمولی، ساخته شده از آجر با اندود سیمانی و یا بتونی باشد.

ب ـ به‌منظور دفع آبهایی که ممکن است در کف کانالهای پیش ساخته جمع شود باید کف‌شورهای مناسبی که به‌سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب شود.

پ ـ برای هدایت آبهای احتمالی، کف کانالهای پیش ساخته شده بایستی دارای شیبی برابر نیم الی یک صد در جهت کف‌شورهای پیش‌بینی شده باشد.

ت ـ به‌منظور پرهیز از تماس مستقیم کابلها با کف کانال پیش‌ساخته معمولی باید در کف کانال و در فواصلی حداکثر برابر با ۶۰ سانتیمتر اتکایی از لوله گالوانیزه و یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) و یا چوب فشرده شده با ارتفاع ۱۰ سانتیمتر از کف کانال پیش‌بینی و نصب گردیده و سپس کابلها روی اتکاهای مذکور خوابانده شود.

ث ـ کانالهای پیش‌ساخته معمولی در موتورخانه‌ها، پستهای برق، اطاق و یا سالنهای مولد برق و غیره باید دارای درپوشهای قابل برداشت از آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

ج ـ به‌منظور نصب کابل در کانالهای پیش ساخته‌شده آدم‌رو بایستی از قطعات پیش‌ساخته گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بستهای طپانچه‌ای استفاده شود و یا این‌که همزمان با ساخت کانال، در تمام طول دیواره کانال و حداکثر هر ۲ متر، یک پروفیل ناودانی به‌عرض ۱۰ سانتیمتر و به‌طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش‌بینی و نصب شود تا بعداً متناسب با نوع و تعداد کابلهای موردنیاز، اسکلت کابلکشی، بازوها، نگاهدارنده‌ها، و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانیهای مذکور نصب کرد.

چ ـ کلیهٔ کابل‌کشیها بایستی روی سینی کابل انجام شده و کلیه اصول نصب مندرج در بخشهای نصب کابل هوایی و نصب کابل روی سینی کابل باید دقیقاً رعایت شود.

ح ـ کلیهٔ کانالهای پیش ساخته‌شده آدم‌رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل حداکثر برابر با ۶ متر بوده و همچنین در صورت امکان برای تماس با خارج در صورت لزوم، پریزهای تلفن در فواصل حداکثر برابر با ۲۰ متر پیش‌بینی و نصب شود.

خ ـ در کانالهای پیش‌ساخته‌شده آدم‌رو، در صورتی که علاوه بر تأسیسات برقی از تأسیسات مکانیکی و غیره نیز استفاده شود باید حتی‌الامکان در یک دیواره تأسیسات برقی و در دیواره مقابل تأسیسات دیگر نصب شود. در صورتی که امکان نصب به‌طریق فوق نباشد باید حداقل

---

۱ ـ منظور از کانال پیش‌ساخته یا پیش ساخته‌شده، کانالهایی است که قبل از کابلکشی ساخته شده است.

تأسیسات مذکور در دو ارتفاع متفاوت و به‌صورت مستقل و جدا از هم نصب شود، به‌طوری که تأسیسات برقی در ارتفاع بالاتر از تأسیسات مکانیکی نصب شده باشد.

۷ـ۳ـ۴۵ نصب کابل در داخل شافت

برای نصب کابل روی دیواره شافت، بایستی کلیه اصول و روشهای تعیین شده مندرج در بخش نصب کابل روی دیوار، به‌خصوص نصب در حالت قائم، دقیقاً رعایت شود.

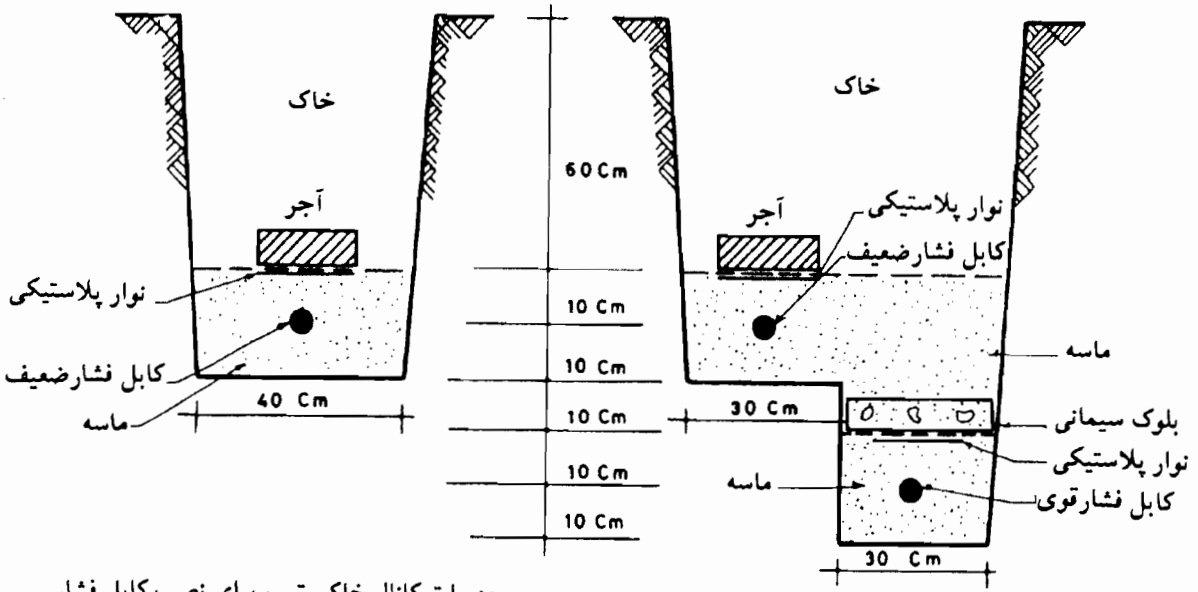
جدول ۷ ـ ۴ نیروی کشش مجاز انواع کابلها

روش کشش کابل	نوع کابل	نیروی کششی مجاز (نیوتن)
بستن هادیهای کابل به‌یکدیگر و اتصال به قلاب دستگاه کشش با استفاده از جوراب کابل	تمام انواع کابلها	F=A ×۵۰ (هادی مسی)
		F=A ×۳۰ (هادی آلومینیومی)
	کلیهٔ کابلهای دارای زره از سیمهای فولادی مانند: NYFGY, NAYFGY	$F= ۹D^۲$
	کابلهای غلاف فلزی، بدون زره مقاوم در برابر کشش مانند:	
	NKBA, NYKY, NAKLEY	$F=D^۲ \times ۳$ (کابل تک‌غلاف)
	NEKEBA , NAEKEBA	$F=D^۲ \times ۱$ (کابل سه‌غلاف)
	کلیهٔ کابلهای پلاستیکی بدون غلاف فلزی و بدون زره مانند:	F=A × ۵۰ (هادی مسی)
	NYY, NYCY, NYCWY	F=A × ۳۰ (هادی آلومینیومی)
	NYSY, NYSEY	

در جدول فوق A سطح مقطع کل هادیها به‌میلیمتر مربع (شامل حفاظ و هادیهای حفاظتی هم‌مرکز نمی‌شود) و D قطر خارجی کابل به‌میلیمتر است.

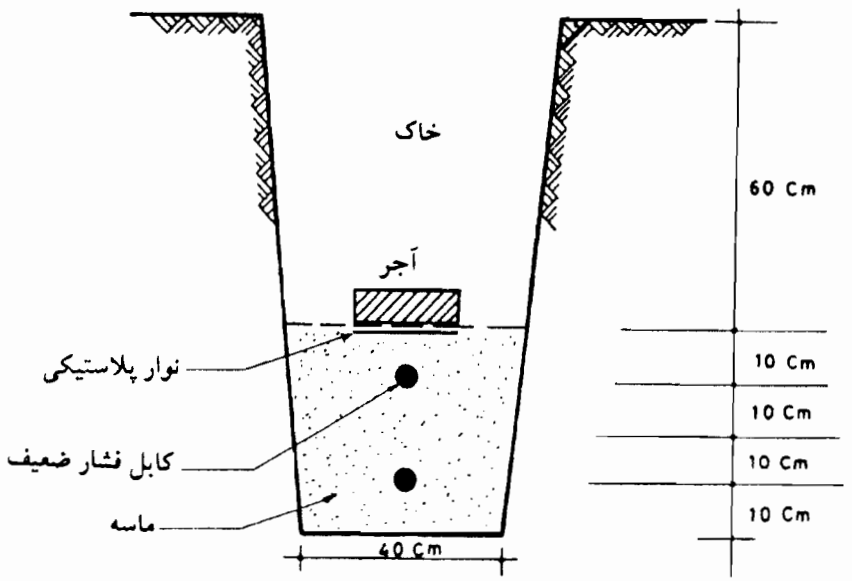
جدول ۷ ـ ۵ حداقل درجه حرارت کابلکشی بدون گرم‌کردن کابل

درجه سانتیگراد	نوع کابل
۰	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با کاغذ آغشته معمولی یا بدون پوشش حفاظتی
۵+	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۰	با پوشش پلاستیکی با غلاف P.V.C از یک تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۱۰- ۷-	با عایق پلاستیکی و غلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت الف ـ با پوشش حفاظتی و بدون پوشش ب ـ با عایق پلاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C با پوشش حفاظتی
۱۵-	با عایق لاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
۲۰-	با عایق لاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی ولی با غلاف فلزی



جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی

جزییات کانال خاکی مشترک تیپ برای نصب کابلهای فشار قوی و فشار ضعیف

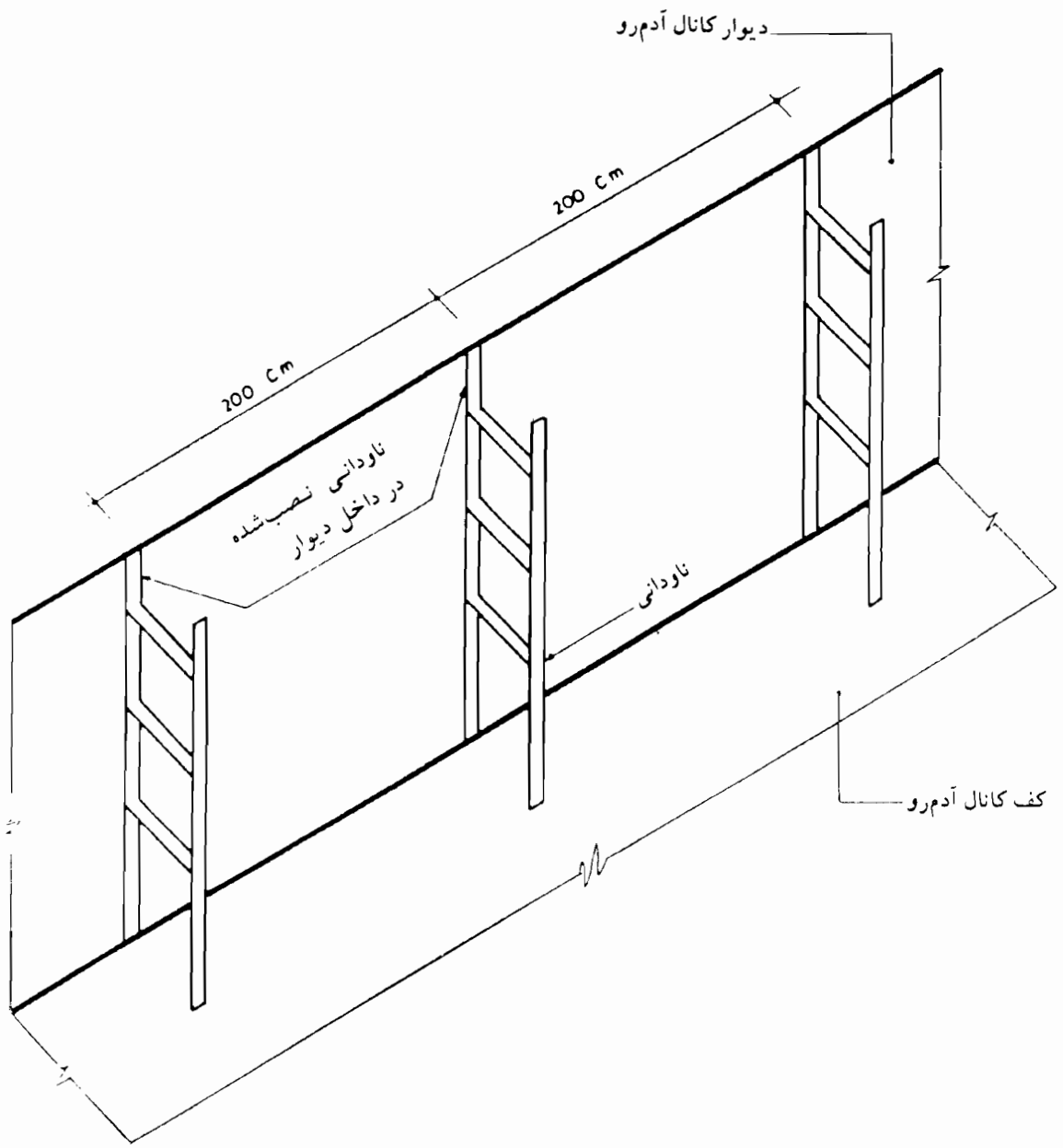


جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در دو ردیف افقی

جدول ابعاد کانالهای خاکی برحسب تعداد و نوع استقرار کابلهای فشار ضعیف

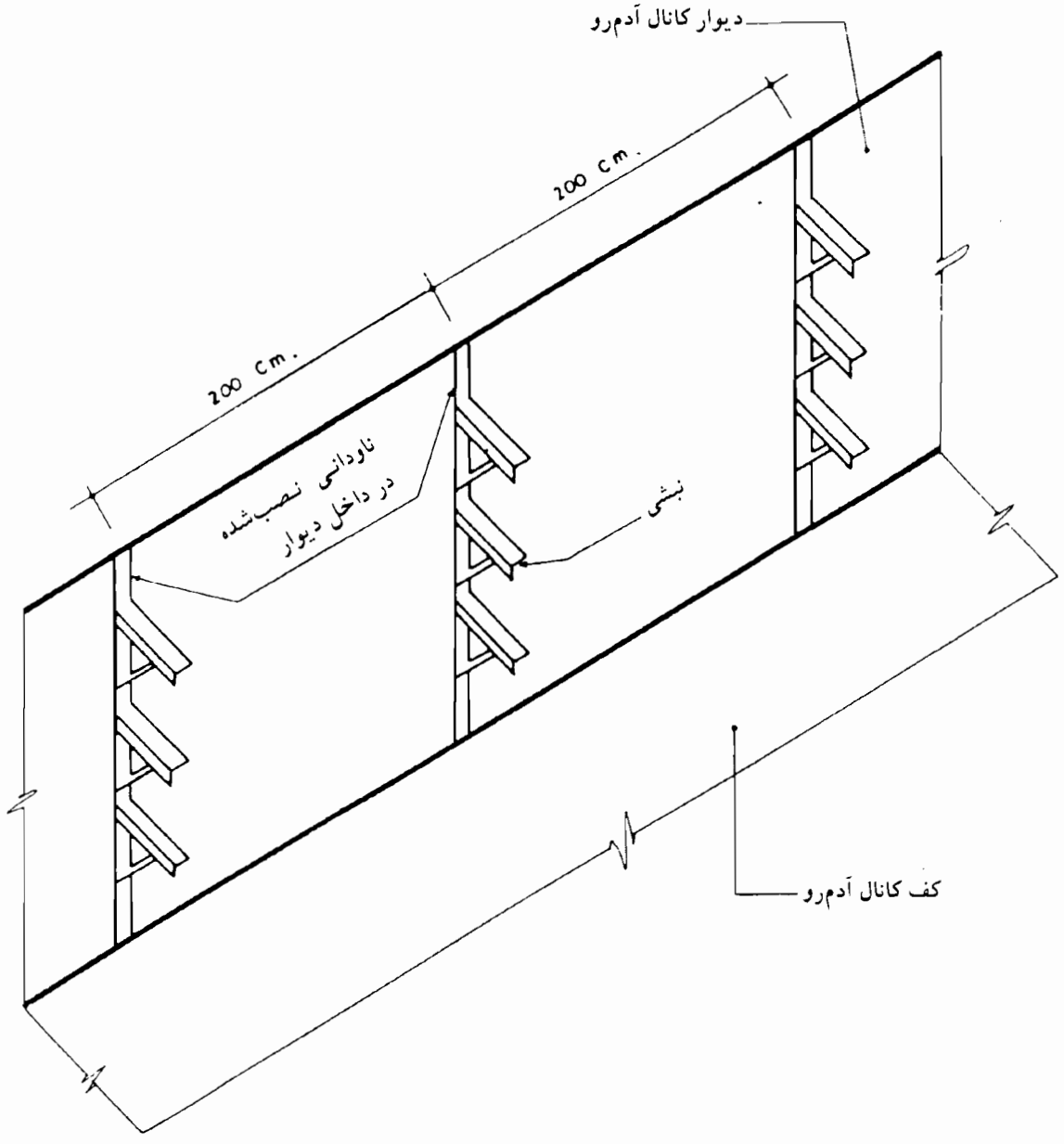
نوع استقرار کابلها	نصب کابلها در یک ردیف افقی				نصب کابلها در دو ردیف افقی			
تعداد کل کابلهای نصب‌شده	۱	۲	۳	۴	۵	۲	۴	۶	۸
عرض بستن‌کانال (cm)	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰
عمق کانال در پیاده‌رو (cm)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عمق کانال در خیابان (cm)	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰

شکل ۷ ـ ۱



جزییات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانالهای آدم‌رو

شکل ۷ ـ ۲



جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانالهای آدم‌رو

شکل ۷ ـ ۳

۷-۴ کابلهای زیرآبی

کابل زیرآبی کابلی است که می‌توان آن را مستقیماً در داخل آب قرار داده و از آن برای انتقال نیروی برق در مواردی از قبیل عبور از رودخانه یا نهر بزرگ آب، یا استخرهایی‌که دارای فواره‌های رنگی به‌وسیلهٔ چراغهای زیرآبی می‌باشد بهره‌برداری نمود. بدیهی است که این نوع کابلها را نیز می‌توان مستقیماً در زیر خاک، کانالهای پیش ساخته‌شده و یا روی‌کار نیز به‌کار برد.

۷-۴-۱ استاندارد و مشخصات کابلهای زیرآبی

۷-۴-۱-۱ کابل NYKY (VDE 0265)

کابلی است که شامل هادی مسی، عایق پی ـ وی ـ سی، ماده پرکننده، سیم اتصال زمین، غلاف داخلی سربی و غلاف خارجی پی ـ وی ـ سی می‌باشد.

۷-۴-۲ اصول و روشهای نصب کابلهای زیرآبی

۷-۴-۲-۱ در محلهایی که نیروی کششی روی کابل وارد می‌شود، همچنین در رودخانه‌ها و دریاها، کابل باید به‌سیم فولادی گالوانیزه به‌صورت تکی و یا دوبل مسلح شود.

۷-۴-۲-۲ کابلهای قابل انعطاف TGK , TGKT

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادیهای مسی رشته‌ای باریک، عایق مخصوص از جنس EPR و غلاف مخصوص از لاستیک مصنوعی می‌باشد. این‌گونه کابلها را ممکن است در آب تا ۴۰ درجه سانتیگراد، در شرایط خشک، تَر و مرطوب و در هوای آزاد مورد استفاده قرار داد. کابلهای مزبور را می‌توان برای اتصال تجهیزات برقی در زیرآب مانند موتور پمپهای زیرآبی، درمواردی که تنشهای مکانیکی متوسط مورد نیاز باشد به‌کار برد. کابل TGKT مخصوص استفاده در آب آشامیدنی ساخته شده است.

۷-۴-۲-۳ کلیهٔ اصول و روشهای مندرج در بخشهای قبل، در مورد نصب کابلهای زیرآبی در قسمتهای خارج از آب نیز با توجه به‌شرایط نصب باید دقیقاً رعایت شود.

۷-۵ کابلهای مخصوص

کابلهای مخصوص کابلهایی است که در شرایط خاص از قبیل محلهایی که امکان تماس با مواد سوختی یا شیمیایی وجود دارد، محیطهای قابل احتراق و انفجار، و محلهای مخاطره‌آمیز یا در معرض بادهای زیاد، قابل نصب و بهره‌برداری باشد.

۷-۵-۱ استاندارد و مشخصات کابلهای مخصوص

۷-۵-۱-۱ کابل NYKY (VDE 0265)

کابلی است که شامل هادی از سیمهای مسی مفتولی، عایق پی -وی -سی، پوشش یا نوار پلاستیکی بر روی هسته‌ها، غلاف داخلی سربی و غلاف خارجی پی -وی -سی می‌باشد. این نوع کابل را می‌توان در پالایشگاههای مواد نفتی، کارخانجات شیمیایی، پمپهای بنزین، و آزمایشگاههای مواد شیمیایی، به‌صورت نصب در داخل آب یا مستقیماً در زمین و یا در کانال پیش ساخته‌شده به‌طور روکار نصب نمود. بدیهی است این کابل را در مناطقی که دارای دمای زیاد باشد نمی‌توان به‌کار برد.

۷-۵-۱-۲ کابل فرمان NYCY (VDE 0271)

کابلی است مشابه کابل NYY ولی بین غلاف پی -وی -سی داخلی و خارجی دارای زره سیم مسی با نوار مارپیچ باز مسی می‌باشد. بدیهی است از غلاف مسی می‌توان به‌عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده کرد. این نوع کابل را می‌توان به‌عنوان کابل فرمان یا کنترل بین پستها، یا اطاق فرمان و مراکز تابلوهای هر نوع تأسیسات به‌کار برد.

۷-۵-۱-۳ کابل مخصوص نصب در محیطهایی با دمای بالا (IEC 245-3)

کابلی است که شامل هادی مسی، با عایق لاستیکی سیلیکون‌دار و غلاف نهایی پشم شیشه‌ای عمل آمده باشد.

۷-۵-۱-۴ میزان جریان مجاز کابلهای مخصوص با توجه به‌شرایط نصب، درجه حرارت محیط و تعداد کابلها در جدول ۷-۶ درج شده است.

۷-۵-۲ اصول و روشهای نصب کابلهای مخصوص

کلیهٔ اصول و روشهای مندرج در بخشهای قبل باید با توجه به‌نوع شرایط نصب، در مورد نصب کابلهای مخصوص دقیقاً رعایت شود.

۷-۶ کابلشوها، سرکابلها و مفصلها

۷-۶-۱ کابلشوها

۷-۶-۱-۱ برای اتصال هادیهای کابلهای فشارضعیف به‌کلید، فیوز، جعبه اتصال ماشین‌آلات، پمپها، وسایل اندازه‌گیری، ترمینالها و غیره بایستی از کابلشوهای استاندارد مسی نوع پرسی، پیچی، و لحیمی استفاده نمود.

۷-۶-۱-۲ برای اتصال کابلهای افشان از مقطع یک میلیمتر مربع به‌بالا و کابلهای مفتولی از مقطع ۱۰ میلیمتر مربع به‌بالا باید از کابلشو استفاده شود. کابلهای مفتولی به‌مقطع ۶ میلیمتر مربع و کمتر را می‌توان مستقیماً با

ایجاد حلقه به‌دستگاه مربوطه متصل نمود.

۷-۶-۱-۳ کلیه کابلشوها با مقطع ۱۰ میلیمتر مربع و کمتر بایستی در محل اتصال کابل به‌کابلشو با حلقه عایق پلاستیکی و یا چینی مخصوص عایق شود.

۷-۶-۱-۴ از نظر فنی و استقامت، استفاده از کابلشوهای پرسی نسبت به‌کابلشوهای پیچی و کابلشوهای پیچی نسبت به‌کابلشوهای لحیمی ارجحیت دارد. بدیهی است در صورت استفاده از کابلشوهای لحیمی بایستی کابلشو به‌سیم به‌نحوی لحیم داده شود که هیچ‌گونه حباب هوا بین سیم و جدار کابلشو وجود نداشته باشد. برای لحیمکاری باید از لحیمهای مخصوص برق (۳۰٪ سرب، ۷۰٪ قلع) استفاده شود.

۷-۶-۲ سرکابلها

۷-۶-۲-۱ هنگام انتخاب سرکابلها باید دقت شود که مشخصات الکتریکی آن با مشخصات کابل مورد اتصال یکسان باشد.

۷-۶-۲-۲ برای اتصال کابلهای فشارضعیف با ولتاژ اسمی حداکثر ۱۰۰۰ ولت (به‌استثنای کابلهای روغنی) در داخل ساختمان نیازی به‌استفاده از سرکابل نیست و می‌توان از کابلشوهای پرسی، پیچی و یا لحیمی استفاده نمود.

۷-۶-۲-۳ برای اتصال کابلهای فشار ضعیف با ولتاژ اسمی حداکثر ۱۰۰۰ ولت در فضای آزاد، باید از سرکابل مخصوص فضای آزاد و از نوع صمغ ریخته‌شده (پروتولین) و یا نوع روکش پی ـ وی ـ سی نرم استفاده شود.

۷-۶-۲-۴ در مواردی که سیستم انتقال نیرو از کابل به‌سیستم دیگری تغییر می‌یابد و یا به‌دستگاهی متصل می‌شود مانند تغییر از کابل به‌شبکه هوایی یا به‌شینه‌کشی یا به‌ترانسفورماتور و یا به‌سایر دستگاههای الکتریکی، باید از سرکابل استفاده شود.

۷-۶-۲-۵ در موقع انتخاب سرکابل باید به‌نوع کابل (یک سیمه، کمربندی، سه‌غلافه و غیره) و مکان نصب (در داخل ساختمان یا فضای آزاد) توجه شده و عوامل مذکور درنظر گرفته شود.

۷-۶-۲-۶ سرکابلها باید طوری اتصال یابد که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و همچنین از خارج شدن روغن و مواد روان درون کابل جلوگیری شود.

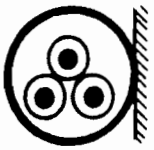
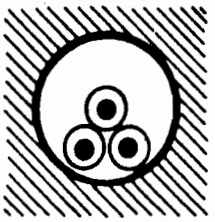
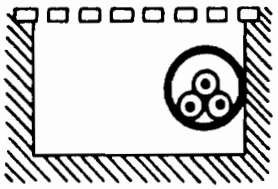
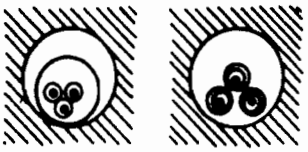
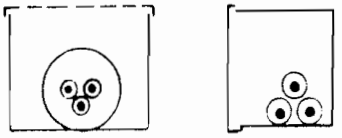
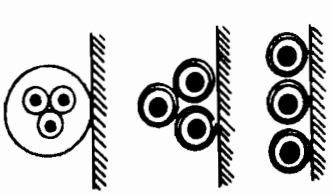
۷-۶-۳ مفصلها

۷-۶-۳-۱ به‌منظور حفاظت کامل کابلها در محل اتصال به‌یکدیگر باید از مفصلهای کابل استفاده شود تا بتوان محل اتصال موردنظر را از رطوبت و نیروهای مکانیکی محفوظ نگاهداشت.

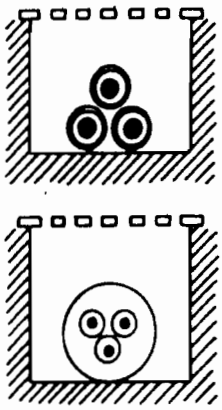
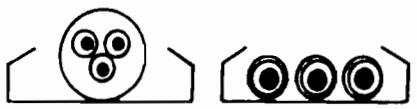
۷-۶-۳-۲ مفصل کابل باید در مقابل نیروی کششی حفاظت شود، لذا مفصل در امتداد کابل نباید قرارگیرد ولی محورهای کابل و مفصل باید در حدود نیم تا یک‌متر از همدیگر فاصله داشته باشد.

۷-۶-۳-۳ برای پر کردن مفصل چدنی باید از قیر مخصوص آن مفصل استفاده شود. انواع کابلهای فشارضعیف برحسب محل کاربرد و نوع استفاده در جدول ۷-۷ و نیز علایم الکتریکی کابلها در جدول ۷-۸ ارائه شده است.

جدول ۷ ـ ٦ انتخاب جریان مجاز کابلهای فشار ضعیف برحسب روش نصب ــ جدول الف: این جدول به‌کلیه کابلهای غیرقابل انعطاف به‌استثنای کابلهای عایق معدنی قابل اعمال است.

روش نصب		جدول	
		کابلهای پی‌وی‌سی	کابلهای لاستیکی Butyl و EP و کابلهای XLPE
۱ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و به‌صورت روکار نصب می‌شود.		I	II
۲ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و به‌صورت توکار در زیر گچ یا در دیوار یا کف آجری یا بتنی نصب می‌شود.		I	II
۳ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و در کانال باز نصب می‌شود.		I	II
۴ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابلهای چندرشته‌ای که در داخل لوله به‌صورت توکار نصب می‌شود.		I	II
۵ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای که در داخل مجاری کابلها (Trunking) (باز یا بسته) نصب می‌شود.		I	II
۶ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار یا کابلهای چندرشته‌ای که به‌صورت روکار مستقیماً روی دیوار نصب می‌شود.		III	IV
۷ ـ کابلهای چند رشته‌ای که به‌صورت توکار مستقیماً در داخل گچ و یا دیوار یا کف آجری یا بتنی نصب می‌شود		III	IV

جدول ۷ ـ ٦ (ادامه)

روش نصب		جدول	
		کابلهای پی‌وی‌سی	کابلهای لاستیکی Butyl و EP و کابلهای XLPE
۸ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار یا یا چندرشته‌ای که در کانال باز نصب می‌شود.		III	IV
۹ ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابلهای چندرشته‌ای که بر روی‌سینی کابل نصب می‌شود.		III	IV
۱۰ـ کابلهای تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابلهای چندرشته‌ای که به‌وسیلهٔ سیم مهار به‌صورت آویزان نصب می‌شود.		III	IV

جدول I

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق پی ـ وی ـ سی و با هادیهای مسی یا آلومینیومی، در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ۱ الی ۵ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمترمربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۳/۵	۱۲	۱۰/۵	۹/۴
۱/۵	۱۷/۵	۱۵/۵	۱۳/۵	۱۲
۲/۵	۲۴	۲۱	۱۹	۱۶/۵
۴	۳۲	۲۸	۲۵	۲۲
۶	۴۱	۳۶	۳۲	۲۸
۱۰	۵۷	۵۰	۴۴	۳۹
۱۶	۷۶	۶۸	۵۹	۵۳
۲۵	۱۰۱	۸۹	۷۹	۶۹
۳۵	۱۲۵	۱۱۱	۹۸	۸۶
۵۰	۱۵۱	۱۳۴	۱۱۸	۱۰۵
۷۰	۱۹۲	۱۷۱	۱۵۰	۱۳۳
۹۵	۲۳۲	۲۰۷	۱۸۱	۱۶۱
۱۲۰	۲۶۹	۲۳۹	۲۱۰	۱۸۶

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول II

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق لاستیکی Butyl و EP یا کابلهای XLPE و هادیهای مسی یا آلومینیومی، و در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ۱ الی ۵ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱	۱۷	۱۵	۱۳/۵	۱۲
۱/۵	۲۲	۱۹/۵	۱۷/۵	۱۵/۵
۲/۵	۳۰	۲۶	۲۴	۲۱
۴	۴۰	۳۵	۳۲	۲۸
۶	۵۲	۴۶	۴۱	۳۶
۱۰	۷۱	۶۳	۵۷	۵۰
۱۶	۹۶	۸۵	۷۶	۶۸
۲۵	۱۲۷	۱۱۲	۱۰۱	۸۹
۳۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۲۵	۱۱۱
۵۰	۱۹۰	۱۶۸	۱۵۱	۱۳۴
۷۰	۲۴۲	۲۱۳	۱۹۲	۱۷۱
۹۵	۲۹۳	۲۵۸	۲۳۲	۲۰۷
۱۲۰	۳۳۹	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۹

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول III

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق پی ـ وی ـ سی و با هادیهای مسی یا آلومینیومی و در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ٦ الی ۱۰ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی (فقط برای کابلهای غیرقابل انعطاف)	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۵	۱۳/۵	۱۱/۵	۱۰/۵
۱/۵	۱۹/۵	۱۷/۵	۱۵	۱۳/۵
۲/۵	۲۶	۲۴	۲۰	۱۹
۴	۳۵	۳۲	۲۷	۲۵
۶	۴۶	۴۱	۳۶	۳۲
۱۰	۶۳	۵۷	۴۹	۴۴
۱۶	۸۵	۷۶	۶۶	۵۹
۲۵	۱۱۲	۱۰۱	۸۷	۷۹
۳۵	۱۳۸	۱۲۵	۱۰۸	۹۷
۵۰	۱۶۸	۱۵۱	۱۳۱	۱۱۸
۷۰	۲۱۳	۱۹۲	۱۶۶	۱۵۰
۹۵	۲۵۸	۲۳۲	۲۰۰	۱۸۱
۱۲۰	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۲	۲۱۰
۱۵۰	۳۴۴	۳۰۹	۲۶۸	۲۴۰
۱۸۵	۳۹۲	۳۵۳	۳۰۵	۲۷۵
۲۴۰	۴۶۱	۴۱۵	۳۶۰	۳۲۳

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول IV

جریان مجاز کابلهای تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق لاستیکی Butyl و EP یا کابلهای XLPE با هادیهای مسی یا آلومینیومی، و در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتیگراد و با روشهای نصب ٦ الی ۱۰ مندرج در جدول الف.

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادیهای مسی		هادیهای آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۳/۵
۱/۵	۲۴	۲۲	۱۹/۵	۱۷/۵
۲/۵	۳۳	۳۰	۲۶	۲۴
۴	۴۵	۴۰	۳۵	۳۲
۶	۵۸	۵۲	۴۶	۴۱
۱۰	۸۰	۷۱	۶۳	۵۷
۱۶	۱۰۷	۹۶	۸۵	۷۶
۲۵	۱۴۲	۱۲۷	۱۱۲	۱۰۱
۳۵	۱۷۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۲۵
۵۰	۲۱۲	۱۹۰	۱۶۸	۱۵۱
۷۰	۲۷۰	۲۴۲	۲۱۳	۱۹۲
۹۵	۳۲۷	۲۹۳	۲۵۸	۲۳۲
۱۲۰	۳۷۹	۳۳۹	۲۹۹	۲۶۹
۱۵۰	۴۳۵	۳۹۰	۳۴۴	۳۰۹
۱۸۵	۴۹۶	۴۴۴	۳۹۲	۳۵۳
۲۴۰	۵۸۴	۵۲۲	۴۶۱	۴۱۵

در صورت تغییر درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول V

جریان مجاز برای کابلهایی با عایق معدنی و هادیهای مسی و غلافهای مسی، در درجه حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد.

a) دارای غلاف مسی لخت و در معرض تماس افراد با آن یا تماس کابل با مواد سوزا

b) دارای غلاف مسی لخت ولی بدون امکان تماس افراد با آن یا تماس کابل با مواد سوزا

	سطح مقطع اسمی هادی	کابلهای تک‌رشته‌ای						کابلهای چندرشته‌ای			
		یک هادی و غلاف حامل جریان		دو هادی حامل جریان		سه هادی حامل جریان		دو هادی حامل جریان		سه هادی حامل جریان	
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)
	میلیمتر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
نوع کارکرد سبک	۱/۰	۱۸	۲۲	۲۲	۲۵	۱۸	۲۵	۱۷	۲۱	۱۴	۱۸
	۱/۵	۲۱	۲۶	۲۷	۳۲	۲۳	۳۲	۲۲	۲۶	۱۸	۲۲
	۲/۵	۲۷	۳۳	۳۶	۴۳	۳۱	۴۳	۲۹	۳۶	۲۴	۳۰
	۴	۳۴	۴۲	۴۶	۵۶	۴۱	۵۶	۳۸	۴۷	۳۳	۴۰
	۶			۵۹	۷۳	۵۲	۷۳	۴۹	۶۰		
	۱۰			۸۰	۹۸	۷۰	۹۸				
نوع کارکرد سنگین	۱/۰	۲۱	۲۶	۲۳	۲۹	۲۰	۲۹	۱۹	۲۳	۱۶	۱۹
	۱/۵	۲۶	۳۲	۲۹	۳۶	۲۶	۳۶	۲۴	۲۹	۲۰	۲۴
	۲/۵	۳۳	۴۰	۳۹	۴۷	۳۴	۴۷	۳۲	۳۹	۲۶	۳۲
	۴	۴۱	۵۰	۵۰	۶۲	۴۴	۶۲	۴۱	۵۱	۳۴	۴۲
	۶	۴۹	۶۰	۶۳	۷۷	۵۶	۷۷	۵۳	۶۵	۴۴	۵۴
	۱۰			۵۸	۱۰۵	۷۵	۱۰۵	۷۱	۸۷	۵۹	۷۳
	۱۶			۱۱۰	۱۴۰	۹۹	۱۴۰	۹۴	۱۱۵	۷۸	۹۸
	۲۵			۱۵۰	۱۸۰	۱۳۰	۱۸۰	۱۲۴	۱۵۵	۱۰۵	۱۲۵
	۳۵			۱۸۰	۲۲۰	۱۶۰	۲۲۰				
	۵۰			۲۲۵	۲۷۵	۲۰۰	۲۷۵				
	۷۰			۲۷۵	۳۳۵	۲۴۰	۳۳۵				
	۹۵			۳۳۰	۴۰۵	۲۹۰	۴۰۵				
	۱۲۰			۳۸۰	۴۷۰	۳۳۵	۴۷۰				
	۱۵۰			۴۴۰	۵۴۰	۳۸۵	۵۴۰				

در صورت تغییر دمای محیط از ۳۰ درجه سانتیگراد باید از ضرایب تصحیح مندرج در جدول VI استفاده شود.

جدول VI

ضرایب تصحیح برای درجه حرارتهای محیط متناوب با ۳۰ درجه سانتیگراد، قابل اعمال به‌جریانهای مجاز مندرج در جداول I الی V

درجه حرارت محیط (درجه‌سانتیگراد)	نوع عایق				
	لاستیکی با کاربرد عمومی	پی - وی - سی	لاستیک Butyl و EP یا XLPE	معدنی	
				(a) در معرض تماس‌یا با پوشش پی - وی - سی	(b) بدون امکان تماس
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)
۱۰	۱/۲۹	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۲۲	۱/۱۵
۱۵	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۱۳	۱/۱۷	۱/۱۲
۲۰	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۱۲	۱/۰۸
۲۵	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰۶	۱/۰۴
۳۵	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۸
۴۰	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۶
۴۵	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۹۴
۵۰	۰/۵۸	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۹۲
۵۵	-	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۸۷
۶۰	-	۰/۵۰	۰/۶۷	۰/۴۶	۰/۸۴
۶۵	-	-	۰/۶۰	-	۰/۸۲
۷۰	-	-	۰/۵۲	-	۰/۸۰
۷۵	-	-	۰/۴۳	-	۰/۷۲
۸۰	-	-	-	-	۰/۶۱

جدول VII

ضرایب تصحیح برای گروههای بیش از سه کابل تک‌رشته‌ای یا بیش از یک کابل چندرشته‌ای، قابل اعمال به‌مقادیر مندرج در جدول I الی IV

نوع کابل و شرایط نصب	گروههای تک‌لایه، فاصله‌ای بین کابلها وجود ندارد					گروههای چندلایه، هیچ‌گونه فاصله‌ای بین کابلهای یک‌لایه یا بین لایه‌ها و یا هر گروه دیگر که در بیش از یک سطح قرار داده شده است وجود ندارد											
	تعداد هادیهای حامل جریان					تعداد هادیهای حامل جریان											
	۴	۶	۹	۱۲	> ۱۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۳۶	۴۰
کابلهای تک‌رشته‌ای نصب شده در لوله‌ها یا مجاری یا کانال. ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو هادیها، مندرج در جدول I یا II اعمال شود	—	—	—	—	—	۰/۸۰	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۶
کابلهای تک‌رشته‌ای بر روی سینی کابل. نصب افقی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دوهادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۷۰	۰/۶۷	۰/۶۵												
نصب عمودی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دوهادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۰												
	تعداد کابلها					تعداد کابلها											
	۲	۳	۴	۶	۹	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰
کابلهای چندرشته‌ای نصب شده در مجاری یا شافت، ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو یا سه هادی حامل جریان در جدول I یا II اعمال شود.	—	—	—	—	—												
کابلهای چندرشته‌ای نصب شده بر روی دیواره یا سینی‌کابل. نصب افقی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو یا سه هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۷۰												
نصب عمودی: ضرایب باید به‌مقادیر مربوط به‌دو یا سه هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۰	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸

جدول ۷ ـ ۷ انواع کابلها برحسب کاربرد

ردیف	کاربرد	نوع کابل
۱	انتقال انرژی به‌منازل	برای شبکه زمینی می‌توان از کابل NYCY استفاده نمود و برای شبکهٔ هوایی معمولاً از کابل هوایی با مهار فولادی YTY استفاده می‌شود.
۲	روشنایی خیابانها	برای شبکه زمینی کابلهای NYY و NYCY به‌کار می‌رود. در شبکهٔ هوایی از کابل خود نگاهدار YMT که دارای غلاف فلزی بوده و سنگینی کابل را تحمل می‌نماید استفاده می‌شود.
۳	شبکه محلی	از کابلهای NYY، NYCY، NYCWY و نیز از کابلهای NKL(Y)Y و NKL(Ysi)A(PR) که درآن سیم نول به‌جای غلاف آلومینیومی به‌کار می‌رود استفاده می‌شود.
۴	کارخانجات شیمیایی	از کابلهای NYY، NYCY و NYCWY استفاده می‌شود.
۵	پمپ‌بنزینها، مناطق نفتی و پالایشگاهها	از کابل پی ـ وی ـ سی با غلاف سربی NYKY استفاده می‌شود.
۶	کارخانجات برق‌و شبکه‌ها	از کابلهای پی ـ وی ـ سی NYY، NYCY و NYCWY استفاده می‌شود.
۷	رودخانه‌ها، نهرهای بزرگ آب، استخرها	از کابل پی ـ وی ـ سی NYKY استفاده می‌شود.

جدول ۷ ـ ۸ نشانه‌های الکتریکی کابلهای فشار ضعیف

شـــرح	نشانه
نصب کابل به‌صورت روکار روی‌دیوار و یا سقف	LT
نصب کابل روی سینی کابل	LT
نصب کابل به‌صورت آویز	LT
نصب کابل در کانال خاکی	LT
کابل زیرآبی	UWLT
نشان‌دهنده تعداد و سطح مقطع اسمی کابل	3 x 185 + 95 mm^2 LT
سر کابل	
جعبه مفصل ساده	
جعبه مفصل سه‌راهی (انشعاب)	
جعبه مفصل چهارراهی (انشعاب)	

فصل ۸
کابلهای فشار متوسط

۸ـ۱ کلیات و تعاریف

۸ـ۱ـ۱ کابل فشار متوسط

کابلی است که ولتاژ نامی آن بیش از یک کیلوولت و تا ۶۶کیلوولت و خود ۶۶کیلوولت باشد. کابلهای فشار متوسط مورد بررسی در این فصل کابلهایی است که حداکثر ولتاژ نامی آن ۳۳کیلوولت بوده و برای کارهای ساختمانی و شبکه‌های شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸ـ۱ـ۲ طبقه‌بندی ولتاژ نامی عایقبندی کابلهای فشار متوسط

۸ـ۱ـ۲ـ۱ کابلهای قدرت برحسب ولتاژ نامی U_0 / U طبقه‌بندی می‌شود (U_0 ولتاژ نامی بین هادی و زمین یا پوشش فلزی زمین شده کابل شامل هادی هم‌مرکز، حفاظ، زره و غلاف فلزی می‌باشد که برابر است با $U_0 = \frac{U}{\sqrt{3}}$ و U ولتاژ بین هادیهای فاز). کابلهای قدرت فشار متوسط در برابر تنش ولتاژ در سیستم سه‌فاز عایقبندی می‌شود که بر طبق استانداردهای VDE و IEC به‌قرار زیر است:

$U_0 / U = ۶/۱۰ ؛ ۸/۷/۱۵ ؛ ۱۲/۲۰ ؛ ۱۸/۳۰ ؛ ۲۰/۲/۳۵$ kv

در مواردی که کابلهای تک‌هسته مورد استفاده قرار می‌گیرد سطح عایقبندی ولتاژ نامی U برحسب سطح عایقبندی ولتاژ نامی U_0 به‌شرح زیر خواهد بود:

در سیستم زمین نشده	$U = ۲ \times U_0$
در سیستم تک‌فاز زمین شده	$U = U_0$

۸ـ۱ـ۲ـ۲ ولتاژکار

حداکثر ولتاژکار مداوم مجاز U_m برای کابلهای فشار متوسط در جدول ۸ـ۱ ذکر شده است.

جدول ۸ ـ ۱ حداکثر ولتاژکار مداوم مجاز برای کابلهای فشار متوسط

U_0 کیلوولت	U_m		
	سیستم سه‌فاز کیلوولت	سیستم یک‌فاز	
		هر دو هادی فاز عایقبندی‌شده کیلوولت	یک هادی فاز زمین شده کیلوولت
۳/۶	۷/۲	۸/۳	۴/۱
۶	۱۲	۱۴	۷
۸/۷	۱۷/۵	۲۱	۱۰
۱۲	۲۴	۲۸	۱۴
۱۸	۳۶	۴۲	۲۱
۲۰/۲	۴۰/۵	۴۹	۲۴

۸ ـ ۲ استاندارد و مشخصات کابلهای فشار متوسط

۸ ـ ۲ ـ ۱ کابلهای فشار متوسط با عایقبندی کاغذی

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۱ کابل NKBA با هادیهای مسی رشته‌ای و کابل NAKBA با هادیهای آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0255)

این نوع کابلها که با ولتاژ اسمی ۶/۵/۳کیلوولت و ۱۰/۶کیلوولت ساخته می‌شود دارای عایق از کاغذ اشباع شده، کمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف سربی، لایه زیرین از نوار کاغذی مرکب، زره از نوار فولادی دوبل، و پوشش کنفی می‌باشد.

این‌گونه کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل، در مواردی که تنشهای مکانیکی زیاد مطرح نیست مورد استفاده قرار داد. کاربرد این نوع کابلها در مواردی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مجاز نخواهد بود.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۲ کابل NKBY (با هادی مسی)، و کابل NAKBY (با هادی آلومینیومی)

این‌گونه کابلها که با ولتاژ اسمی ۶/۵/۳کیلوولت و ۱۰/۶کیلوولت ساخته می‌شود، دارای عایق کاغذی اشباع شده، غلاف سربی و مسلح‌شده با نوار فولادی و با پوشش پی ـ وی ـ سی می‌باشد. این‌نوع کابلهای فشار متوسط برای نصب مستقیم در زیرزمین مناسب بوده و خصوصاً در محلهایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند جایگاههای فروش بنزین، مناطق نفتی و تصفیه‌خانه‌ها به‌کار می‌رود.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۳ کابل NEKEBA (با هادی مسی)، و کابل NAEKEBA (با هادی آلومینیومی)

کابلهایی است با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ کیلوولت که ساختمان آن شامل عایق کاغذی اشباع‌شده حول هر رشته هادی است و بر روی آن عایق کاغذ فلزی و سپس غلاف سربی وجود دارد. مجموعه هادیها با کاغذ بیتومین احاطه و روی آن لایه‌ای از ورق فولاد و ترکیبات لاستیکی قرار گرفته است. این نوع کابل را کابل

میدان شعاعی می‌نامند که برای نصب مستقیم در زیرزمین مناسب بوده و در محلهایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند جایگاههای فروش بنزین، مناطق نفتی و پالایشگاهها نباید به‌کار رود.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۴ کابل NEKEBY (با هادی مسی)، و کابل NAEKEBY (با هادی آلومینیومی)، (VDE 0255)

کابلهایی است با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ و ۱۸/۳۰ کیلوولت، که حول هر رشته از هادیها به‌ترتیب از داخل به‌خارج شامل حفاظ هادی از کاغذ نیمه‌هادی کربنی سیاه، عایق از کاغذ اشباع شده، حفاظ هسته از کاغذ فلزی، غلاف سربی بر روی هر هسته، نوار پلاستیکی آغشته به ترکیب بیتومین بر روی غلاف سربی هر هسته می‌باشد و مجموعه هسته‌ها با لایه‌ای از نوار کاغذی پوشیده و روی آن لایه‌ای از نوار فولادی دوبل و سپس غلاف پی ـ وی ـ سی قرار گرفته است. این نوع کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل، در مواردی که تنشهای مکانیکی زیاد مطرح نمی‌باشد مورد استفاده قرار داد. کاربرد کابلهای مزبور در محلهایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند جایگاههای فروش بنزین، مناطق نفتی و پالایشگاهها مجاز است.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۵ کابل تک‌رشته NAKLEY با هادی آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0255)

این نوع کابل با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ کیلوولت دارای حفاظ هادی از کاغذ کربنی سیاه نیمه‌هادی، عایق از کاغذ اشباع شده، حفاظ هسته از کاغذ فلزی، غلاف آلومینیومی، نوار پلاستیکی آغشته به ترکیب بیتومین، و غلاف پی ـ وی ـ سی می‌باشد. این نوع کابل را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل و خارج ساختمان و در داخل کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ ۶ کابلهای NHKBA با هادیهای مسی رشته‌ای و NAHKBA با هادیهای آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0255)

در این نوع کابلها که با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ و ۱۸/۳۰ کیلوولت ساخته می‌شود هر هادی دارای حفاظ از کاغذ کربنی سیاه نیمه‌هادی، عایق از کاغذ اشباع شده، و حفاظ از کاغذ فلزی می‌باشد، و بر روی مجموعه هسته‌ها نوار بافته مسی، غلاف سربی، نوار کاغذی، زره نوار فولادی دوبل، و پوشش کنفی قرار دارد.

این نوع کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل و خارج ساختمان، و در کانال کابل، در مواردی که تنشهای مکانیکی زیاد مطرح نباشد مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۲ کابلهای فشار متوسط با عایقبندی پلاستیکی

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۱ کابلهای NYFGY با هادیهای مسی رشته‌ای و NAYFGY با هادیهای آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0271)

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۳/۵/۶ کیلوولت دارای عایق هادی از پی ـ وی ـ سی، و بر روی مجموعه هسته‌ها پوشش از نوار یا لایه پلاستیکی، زره از سیمهای فولادی گالوانیزه تخت و نوار مارپیچی فولادی، و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی می‌باشد.

این نوع کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، در آب، در داخل و خارج ساختمان، و در کانال کابل، در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا هنگامی که تنشهای کششی زیاد در زمان نصب و بهره‌برداری انتظار می‌رود، مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۲ کابل NYFGbY

کابلی است با ولتاژ اسمی ۶/۶/۳کیلوولت و شامل هادی مسی، عایق پی ـ وی ـ سی، غلاف محافظ داخلی، زره فولادی سیمی تخت با نوار محافظ فولادی و عایق پی ـ وی ـ سی نهایی می‌باشد. این نوع کابل فشار متوسط در کارخانجات برق و شبکه‌ها، مخصوصاً در نقاطی که احتمال اعمال کشش زیاد به‌کابل وجود دارد، به‌کار می‌رود. استفاده از این نوع کابل در محیطهای مخاطره‌آمیز مجاز نخواهد بود.

۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ کابلهای NYSEY با هادیهای مسی رشته‌ای و NAYSEY با هادیهای آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0271)

این‌نوع کابلها باولتاژ اسمی ۱۰/۶کیلوولت دارای حفاظ هادی از مواد نیمه‌هادی، عایق از پی ـ وی ـ سی، حفاظ متشکل از مواد نیمه‌هادی و نوار و سیم‌های مسی مارپیچ بر روی هر هسته می‌باشد و بر روی مجموعه هسته‌ها دارای پوشش از نوار یا لایه پلاستیکی و غلاف پی ـ وی ـ سی است.

این‌گونه کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، در آب، در خارج یا داخل ساختمان و در کانال کابل در واحدهای صنعتی و در پستهای برق و مانند آن مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۳ کابلهای فشار متوسط با عایقبندی پلی‌اتیلن (PE) و پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE)

۸ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۱ کابل N2YSY یک هسته با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰کیلوولت یا ۱۸/۳۰کیلوولت با هادی مسی و کابل NA2YSY یک هسته یا چند هسته با ولتاژ اسمی ۶/۱۰کیلوولت و یا یک هسته با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ کیلوولت و ۱۸/۳۰کیلوولت با هادی آلومینیومی

کابلهایی است با نوار لایه داخلی، عایق پروتوتن ـ وای[1]، لایه هادی خارجی، نوار هادی خارجی، زره سیم مسی، نوار مسی، پوشش شفاف پی ـ وی ـ سی و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی.

این نوع کابل فشار متوسط برای نصب مستقیم در زیرزمین یا در داخل مجاری کابل مناسب بوده و آن را می‌توان در زمینهای شیب‌دار و کلیه شرایط مشکل دیگر خصوصاً در محلهایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند جایگاههای فروش بنزین، مناطق نفتی و پالایشگاهها مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۲ کابل N2XSY با هادی مسی و کابل NA2XSY با هادی آلومینیومی، یک هسته یا سه هسته با ولتاژ اسمی ۶/۱۰کیلوولت و یا یک هسته با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰کیلوولت و یا ۱۸/۳۰کیلوولت (VDE 0273 و IEC 502)

کابلهایی است با حفاظ هادی از ماده نیمه‌هادی، عایق از پلی‌اتیلن مستحکم، حفاظ عایق از لایه نیمه‌هادی، نوار نیمه‌هادی، زره سیم مسی، نوار مسی، پوشش شفاف پی ـ وی ـ سی و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی.

این نوع کابل فشار متوسط برای نصب مستقیم در زیرزمین یا در داخل مجاری کابل مناسب بوده وآن را می‌توان در زمینهای شیب‌دار و کلیه شرایط مشکل دیگر مخصوصاً در محلهایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجوددارد مانند جایگاههای فروش بنزین، مناطق نفتی و پالایشگاهها مورد استفاده قرار داد.

1– Prototen-Y

۸ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۳ کابلهای 2XSYBY با هادی مسی رشته‌ای و A2XSYBY با هادی آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0273 و IEC 502-2)

این نوع کابلها با ولتاژ نامی ۶/۱۰ و ۸/۷/۱۵ کیلوولت معمولاً با سه هسته تولید می‌شود. ساختمان کابل به‌ترتیب از داخل هر هسته شامل هادی، حفاظ هادی از مواد نیمه‌هادی، عایق از پلی‌اتیلن مستحکم، و حفاظ عایق از مواد نیمه‌هادی می‌باشد که مجموعه هسته‌ها به‌ترتیب با نوار از جنس نیمه‌هادی، حفاظ از سیمهای مسی و نوار مسی مارپیچ، غلاف پی ـ وی ـ سی، زره از نوار فولادی دوبل و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی پوشیده شده است.

این نوع کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، در داخل و خارج ساختمان، و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۴ کابلهای 2XSEY با هادی مسی رشته‌ای و A2XSEY با هادی آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0273 و IEC 502-2)

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ و ۱۸/۳۰ کیلوولت، با سه هسته ساخته می‌شود. ساختمان کابل به‌ترتیب از داخل هر هسته شامل هادی، حفاظ هادی از مواد نیمه‌هادی، عایق از پلی‌اتیلن مستحکم، حفاظ عایق از مواد نیمه‌هادی به‌علاوه سیمهای مسی و نوار مسی مارپیچ بر روی هر هسته می‌باشد و مجموعه هسته‌ها با یک پوشش داخلی و یک غلاف نهایی پوشیده شده است.

این گونه کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، در داخل یا خارج ساختمان، و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۵ کابلهای 2XSEYBY با هادی مسی رشته‌ای و A2XSEYBY با هادی آلومینیومی رشته‌ای (VDE 0273 و IEC 502-2)

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۱۲/۲۰ و ۱۸/۳۰ کیلوولت، با سه هسته به‌صورت کابل مسلح ساخته می‌شود. ساختمان کابل به‌ترتیب از داخل هر هسته شامل هادی، حفاظ هادی از ماده نیمه‌هادی، عایق از پلی‌اتیلن مستحکم، حفاظ عایق از ماده نیمه‌هادی به‌علاوه سیمهای مسی و نوار مسی مارپیچ بر روی هر هسته می‌باشد و مجموعه هسته‌ها با یک پوشش داخلی، غلاف پی ـ وی ـ سی، زره فولادی دوبل و غلاف نهایی پی ـ وی ـ سی پوشیده شده است.

این‌گونه کابلها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل و خارج ساختمان و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۸ ـ ۲ ـ ۳ ـ ۶ کابل N2XS2Y با هادی مسی (VDE 0273، IEC 502 و IEC 540)

این نوع کابلها با ولتاژ اسمی ۶/۱۰ و ۱۲/۲۰ و ۱۸/۳۰ کیلوولت با یک هسته ساخته می‌شود. ساختمان کابل شامل هادی مسی، لایه هادی داخلی، عایق پروتوتن ـ ایکس (پلی‌اتیلن مستحکم)، لایه هادی خارجی، نوار هادی، حفاظ سیم مسی، نوار مارپیچ مسی، و غلاف پروتوتن ـ وای (پلی‌اتیلن) می‌باشد. این نوع کابل را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، و در کانال مورد استفاده قرار داد. مشخصات کابل مزبور به‌گونه‌ای است که در شیبها و در سخت‌ترین شرایط کابلکشی نیز قابل نصب است.

۸-۳ اصول و روشهای نصب کابلهای فشار متوسط

۸-۳-۱ اصول و روشهای زیر در هنگام نصب کابل فشار متوسط باید دقیقاً رعایت شود:

۸-۳-۱-۱ حداقل فاصله بین کابلهای فشارضعیف، یا فشار متوسط، و یا جریان ضعیف زیرزمینی از لوله‌های گاز، بخار، آب و سوخت باید برابر ۳۰ سانتیمتر باشد.

۸-۳-۱-۲ در مواردی که کابل با کابل دیگر (به‌خصوص کابلهایی با فشارهای متفاوت) با لوله‌های گاز و آب و غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله محافظ با قطر متناسب با قطر کابل موردنظر و طول حداقل یک متر استفاده شده و کابل از داخل آن عبور داده شود. در این‌گونه موارد و یا هنگامی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید یک لوله محافظ اضافی خالی به‌منظور کابلکشیهای آینده پیش‌بینی شود و در داخل آن یک رشته مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک متر بیش از طول لوله فوق‌الذکر باشد قرار داده شود. در محل ورود و خروج کابل از لوله باید کابل را به‌وسیله ریختن خاک کوبیده در زیر آن محافظت کرد.

۸-۳-۱-۳ برای خواباندن کابلها باید از میزان درجه حرارتی که کابل می‌بایست تحت آن کشیده شود اطمینان حاصل نمود. اگر کابل قبل از خواباندن احتیاج به گرم کردن نداشته باشد باید میزان درجه حرارت برحسب جدول ۸-۲ رعایت شود. به‌عنوان مثال کابل نوع پلاستیکی (P.V.C) نباید در زمستان که درجه حرارت کمتر از صفر سانتیگراد است کابلکشی شود. در صورت سرد بودن می‌توان قبلاً قرقره کابل را برای مدت حداقل ۷۲ ساعت در اطاق یا انباری که دمای آن از ۲۰ درجه سلسیوس کمتر نباشد قرار داد و یا با استفاده از وسایل مخصوص گرم کردن کابل آن را گرم نمود و سپس فوراً مورد استفاده قرار داده و خوابانید. روش دیگر برای گرم کردن کابل به‌غیر از حرارت دادن مستقیم عبارت است از اتصال آن به‌جریان برق و ایجاد حرارت به‌وسیله عبور برق از کابل مذکور.

بدیهی است که پس از نصب کابل، درجه حرارت محیط می‌تواند به ۳۰°- سانتیگراد هم برسد بدون آنکه به کابل صدمه‌ای بزند.

۸-۳-۱-۴ تغییر جهت کانالهای کابلها باید به‌نحوی باشد که با شرایط مربوط به‌خم کردن کابلها (مندرج در این فصل) مطابقت کند. شمار کابلهایی که در داخل هر کانال نصب می‌شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به‌سهولت امکان‌پذیر باشد.

۸-۳-۱-۵ حداکثر تعداد کابلهای داخل کانال، مجرا و یا لوله باید به‌حدی باشد که کشیدن آن به‌سادگی امکان‌پذیر گردد. با توجه به‌این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۲ برابر قطر کابل یا دسته کابلهای کشیده شده در داخل آن باشد.

۸-۳-۱-۶ در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تأسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخها باید دارای انحناهای لازم با بوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به‌عمل آید.

۸-۳-۱-۷ در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادیها وارد شود و نه بر پوشش خارجی آن، توصیه می‌شود حتی‌الامکان برای کشیدن و خواباندن کابلها از جوراب مخصوص کشیدن کابل[1] و قرقره زیر کابل با فواصل مناسب استفاده شود.

1- Cable laying stocking

کابلکشی با دستگاههای مخصوص باید با توجه به‌نیروی کشش مجاز کابل موردنظر انجام شود. فرمولهای نیروی کشش مجاز انواع کابلها در جدول ۷-۴ ارائه شده است.

۸-۳-۱-۸ به‌منظور خواباندن کابلهای فشار متوسط در پیچها و خمهای کانالها بایستی به‌زاویه خمش کابلها دقت لازم به‌عمل آید تاهیچ نوع خرابی به‌عایقها و پوششهای کابل وارد نشود.

۸-۳-۱-۹ جز در موارد استثنایی که کارخانه سازنده کابل و یا شرایط محیط مقررات و مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد به‌طور کلی در نصب ثابت کابلها حداقل شعاع داخلی خم مجاز برای کابلهای مختلف به‌شرح زیر می‌باشد:

الف - کابلهای فشار متوسط با هادی مسی و مقطع مدور:

با زره سیمی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۱۵ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل.

با زره نوار فولادی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل.

ب - برای کابلهای فشار متوسط با هادی مسی و قطاع[1]:

با زره سیمی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل.

با نوار فولادی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۳۰ برابر قطر کابل.

پ - کابلهای فشار متوسط با هادی آلومینیومی نوع زره‌دار:

با سطح مقطع مدور، ۳۵ برابر قطر کابل.

با سطح مقطع قطاع، ۴۰ برابر قطر کابل.

جدول ۸ - ۲ حداقل درجه حرارت کابلکشی بدون گرم کردن کابل

درجه سانتیگراد	نوع کابل
۰	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با کاغذ آغشته معمولی یا بدون پوشش حفاظتی
+۵	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۰	با پوشش پلاستیکی با غلاف P.V.C از یک تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
	با عایق پلاستیکی و غلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت
-۱۰	الف - با پوشش حفاظتی و بدون پوشش
-۷	ب - با عایق پلاستیکی - غلاف سربی یا P.V.C با پوشش حفاظتی
-۱۵	با عایق لاستیکی - غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
-۲۰	با عایق لاستیکی - غلاف سربی یا P.V.C بدون‌غلاف حفاظتی ولی با غلاف فلزی

1- Sector Shaped

۸ـ۳ـ۲ نصب کابل در داخل کانال خاکی

۸ـ۳ـ۲ـ۱ به‌منظور جلوگیری از فساد و زنگ‌زدگی کابلها، خاک محل کابلکشی باید ازنظر دارابودن موادی همچون اسید، آهک، نمک، کلر و غیره، قبل از کابلکشی موردآزمون قرارگیرد. در صورت نامساعد بودن نوع خاک، کابل مورد سفارش باید از نوع مقاوم در برابر عوامل ایجاد فساد و خوردگی موجود در آن انتخاب شود.

۸ـ۳ـ۲ـ۲ برای نصب کابلها در داخل کانال خاکی، ابتدا باید کانال موردنظر با ابعاد مشخص‌شده در نقشه مربوط حفر و کف آن کاملاً صاف (رگلاژ) شده و پس از حداقل ۱۰ سانتیمتر ماسه‌ریزی کابلها بر روی آن خوابانده شود و آنگاه، روی کابلها نیز با ۱۰ سانتیمتر ماسه نرم پوشانیده و یک نوار پلاستیکی خبردهنده که بر روی آن عبارت «توجه مسیر کابل» نوشته شده بر روی آن کشیده شود و سپس به منظور محافظت کابل یک ردیف آجر به‌عرض ۲۲ سانتیمتر، یا یک ردیف بلوک سیمانی، بر روی نوار مزبور چیده و سپس روی آن خاکریزی و کوبیده شود.

۸ـ۳ـ۲ـ۳ عرض کانال حفر شده به‌منظور نصب کابلهای زیرزمینی بستگی به‌تعداد کابلهایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. همچنین عمق کابل از سطح زمین بستگی به‌تعداد کابلهایی دارد که روی یکدیگر قرار گیرد. معذالک فاصله بالاترین کابل فشار متوسط در زیرزمین تا سطح تمام شده پیاده‌رو نباید از یک متر کمتر و در زیرسطح خیابان نباید از ۱/۲۰ متر کمتر باشد.

۸ـ۳ـ۲ـ۴ اگر تعداد کابلهای مورد لزوم برای نصب در داخل کانال زیرزمینی زیاد باشد بهتر است به‌جای قرار دادن کابلها بر روی یکدیگر، کابلها پهلوی هم کشیده شود. حداقل فاصله کابلهای زیرزمینی از یکدیگر در صورتی که دو کابل هم ولتاژ باشد باید برابر ۱۰ سانتیمتر و در صورتی که یک کابل، کابل فشار ضعیف و دیگری کابل فشار متوسط یا کابل جریان ضعیف (دو کابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد باید ۳۰ سانتیمتر درنظر گرفته شود. (منظور از فاصله دو کابل فاصلهٔ هوایی بین آن دو می‌باشد.) در مواردی‌که چند کابل به‌موازات یکدیگر کشیده می‌شود باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابلها با آجر پوشیده شده و در مورد کابلهای جانبی، حداقل نصف آجر از مرکز کابل به‌سمت خارج قرار گیرد.

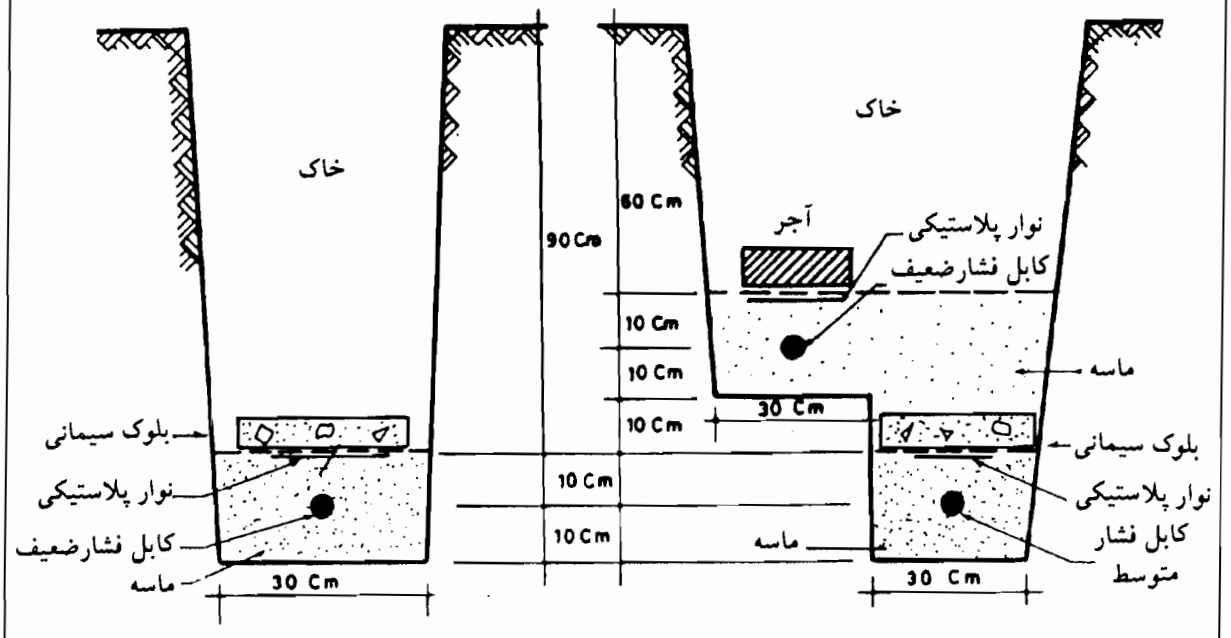
۸ـ۳ـ۲ـ۵ جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابلها در شکل ۸ـ۱ نشان داده شده است.

۸ـ۳ـ۲ـ۶ در محلهایی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید یک یا چند لوله محافظ از جنس پلاستیک سخت، سیمان ازبست، سیمان یا فولاد، در عمق حداقل ۱/۲۰ متر از سطح جاده و یا سطح سخت قرارگرفته و کابلها از داخل آن بگذرد. قطر داخل لوله‌ها باید حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل مربوط باشد. در محلهای ورود و خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبهٔ لوله نوعی بالشتک برای آن درنظر گرفت (شکل ۸ـ۲).

۸ـ۳ـ۲ـ۷ در مواردی که کابل فشار ضعیف و کابل فشار متوسط در یک کانال خاکی زیرزمینی قرار می‌گیرد باید کانال به‌شکل پله‌ای (دو بستر متفاوت) حفر و کابل فشار متوسط در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است کلیه اصول و روشهای مربوط به‌نصب کابلهای فشار ضعیف و متوسط در مورد هرکدام از کابلهای مذکور باید دقیقاً رعایت شود.

۸ـ۳ـ۲ـ۸ مسیر کابلکشی باید به‌نحوی علامت‌گذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی، محل آن دقیقاً مشخص باشد.

۸ـ۳ـ۲ـ۹ پیمانکار موظف است که قبل از شروع به‌حفر و کندن کانال خاکی کلیه نقشه‌های تأسیساتی اجرا شده قبلی در محوطه عملیات خود را از دستگاههای اجرایی مربوطه دریافت و باتوجه به‌آن اقدام به‌حفر کانال



جزییات کانال خاکی‌مشترک تیپ برای نصب
کابلهای نشار متوسط و نشار ضعیف

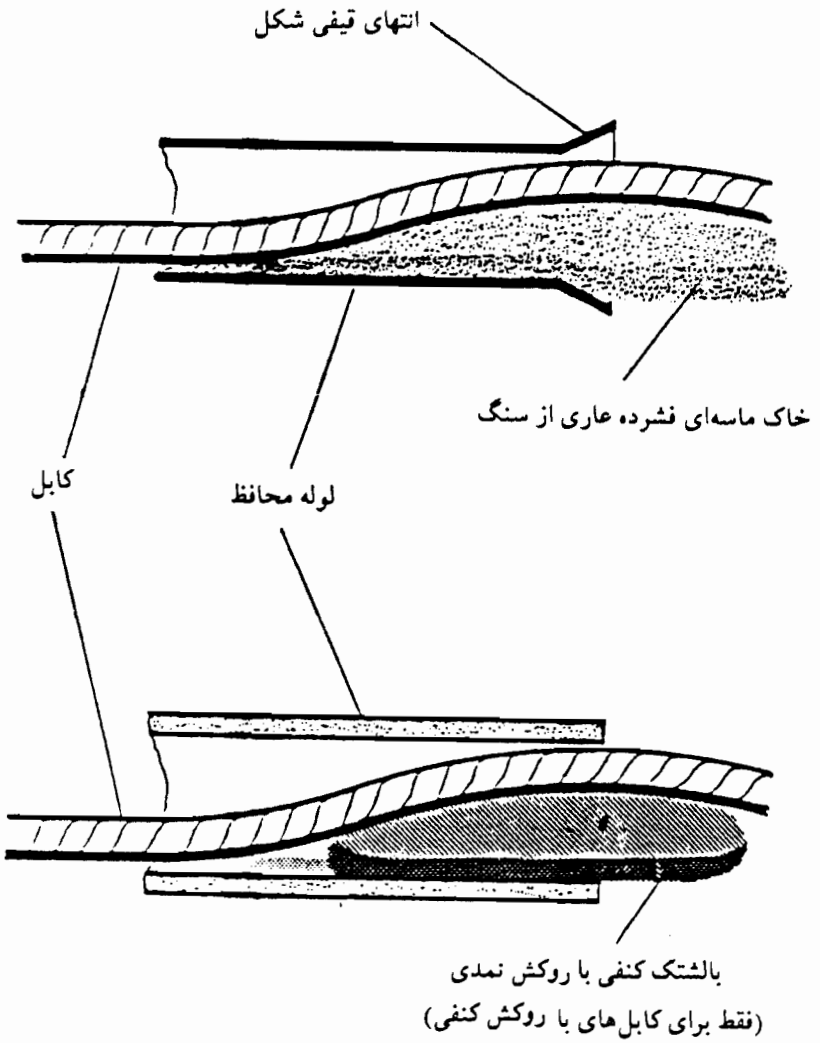
جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب
کابل نشار متوسط در یک ردیف افقی

جدول ابعاد کانالهای خاکی برحسب تعداد و نوع استقرار کابلهای فشار متوسط

نوع استقرار کابلها	نصب کابلها در یک ردیف افقی				
تعداد کل کابلهای نصب شده	۱	۲	۳	۴	۵
عرض بستن کانال cm	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰
عمق کانال در پیاده‌رو cm	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
عمق کانال در خیابان cm	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰

شکل ۸ ـ ۱

جزئیات نصب کابل در کانال خاکی



شکل ۸ ـ ۲ حفاظت کابل در مدخل ورودی لوله

نماید به‌طوری که هیچ‌گونه لطمه‌ای به‌تأسیسات موجود وارد نشود.

۸ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱۰ هنگام حفر کانال زیرزمینی برای نصب کابلها، باید اسفالت یا سیمان یا پوشش کنده شده در یک سمت گودال در فاصله حداقل یک متری انباشته شود تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. همچنین، سایر مواد خاکبرداری شده (یعنی خاک و غیره) در سمت دیگر گودال و در فاصله حداقل ۰/۳ متری انباشته شود تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال در امان باشند.

۸ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱۱ در مواردی که به‌منظور خواباندن کابلها قسمتی از جاده اسفالته یا پیاده‌رو باید خاکبرداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابلکشی جاده اسفالته یا پیاده‌رو را تعمیر و به‌حالت اول برگرداند.

۸ ـ ۳ ـ ۳ نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته[1]

۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۱ کانالهای پیش‌ساخته کابلکشی ممکن است به‌صورت آدم‌رو یا معمولی، از آجر یا اندود سیمان، و یا بتنی ساخته شود.

۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۲ به‌منظور دفع آبهایی که ممکن است در کف کانالهای پیش‌ساخته جمع شود، باید کف‌شورهای مناسبی که به‌سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب شود.

۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۳ برای هدایت آبهای احتمالی، کف کانالهای پیش‌ساخته شده بایستی دارای شیبی برابر نیم الی یک درصد در جهت کف‌شورهای پیش‌بینی شده باشد.

۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۴ به‌منظور پرهیز از تماس مستقیم کابلها با کف کانال پیش‌ساخته شده معمولی باید در کف کانال در فواصلی حداکثر برابر با ۶۰ سانتیمتر اتکایی از لوله گالوانیزه و یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) و یا چوب فشرده شده با ارتفاع ۱۰ سانتیمتر از کف کانال پیش‌بینی و نصب و سپس کابلها روی اتکاهای مذکور خوابانده شود.

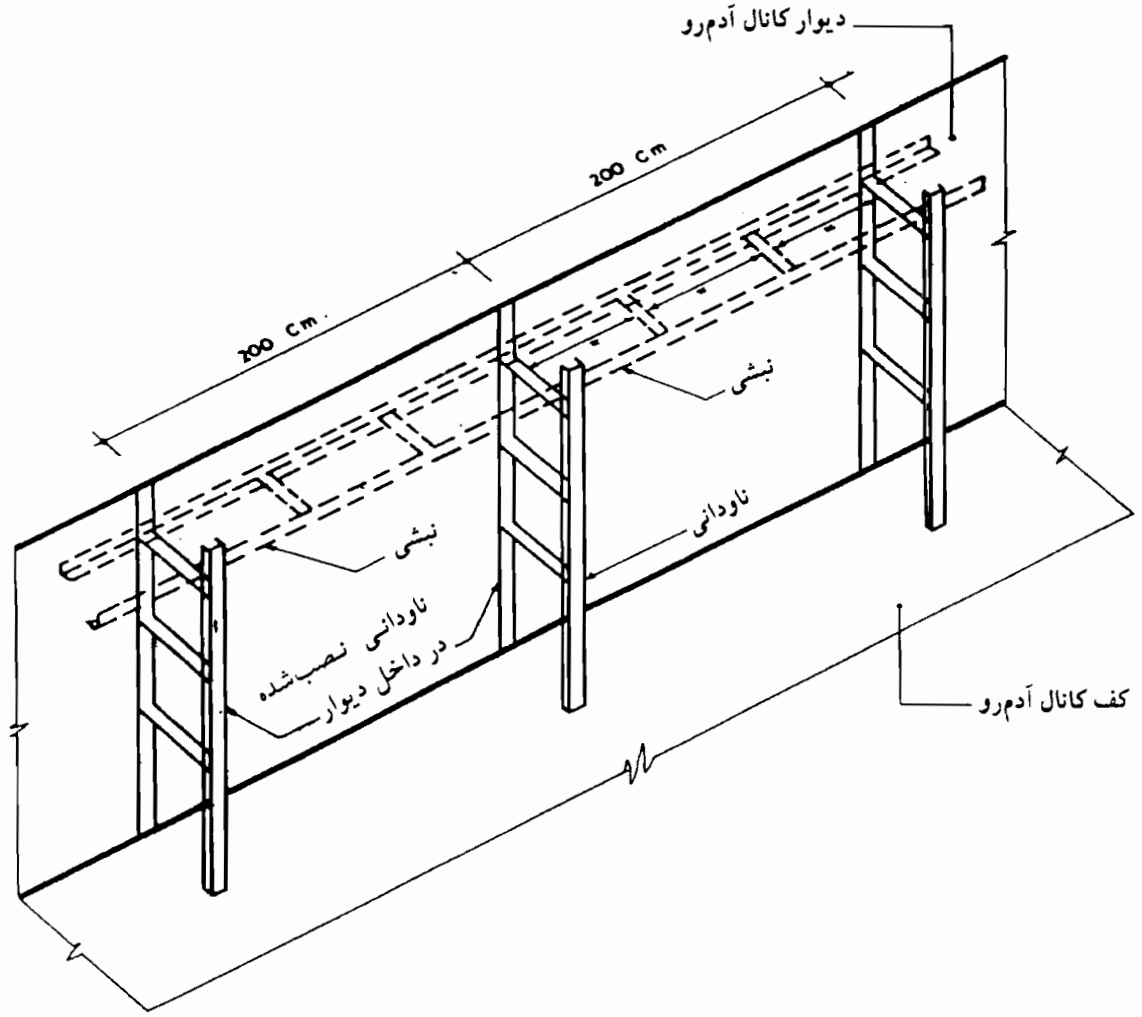
۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۵ کانالهای پیش‌ساخته شده معمولی در موتورخانه‌ها، پستهای برق، اطاق و یا سالنهای مولد برق و غیره باید دارای درپوشهای قابل برداشت از آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۶ برای نصب کابل در کانالهای پیش‌ساخته‌شده آدم‌رو بایستی از قطعات پیش‌ساخته گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بستهای طپانچه‌ای استفاده‌شود و یا این‌که همزمان با ساخت‌کانال در تمام طول دیواره کانال و در فواصل حداکثر هر ۲ متر، یک‌عدد پروفیل ناودانی به‌عرض ۱۰ سانتیمتر و به‌طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش‌بینی و نصب شود تا بعداً متناسب با نوع و تعداد کابلهای مورد نیاز، اسکلت کابلکشی، بازوها، نگاهدارنده‌ها و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانیهای مذکور نصب نمود.

۸ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۷ برای نصب کابل در کانالهای آدم‌رو باید در بالاترین قسمت اسکلت‌بندی نصب کابلها (شکل ۸ ـ ۳) و یا بازوبندی نصب کابلها (شکل ۸ ـ ۴) دو عدد نبشی به‌طور موازی در سطح افقی یا عمودی قرار داده شده و بازوهای اتکای کابل که حداکثر فواصل آن باید ۷۰ سانتیمتر باشد بین دو نبشی مذکور نصب (خطوط منقطع در شکلهای ۸ ـ ۳ و ۸ ـ ۴) و با استفاده از بستهای دوتکه مخصوص فیبری یا چوبی، کابلهای مذکور روی بازوهای اتکاء خوابانده و نصب شود.

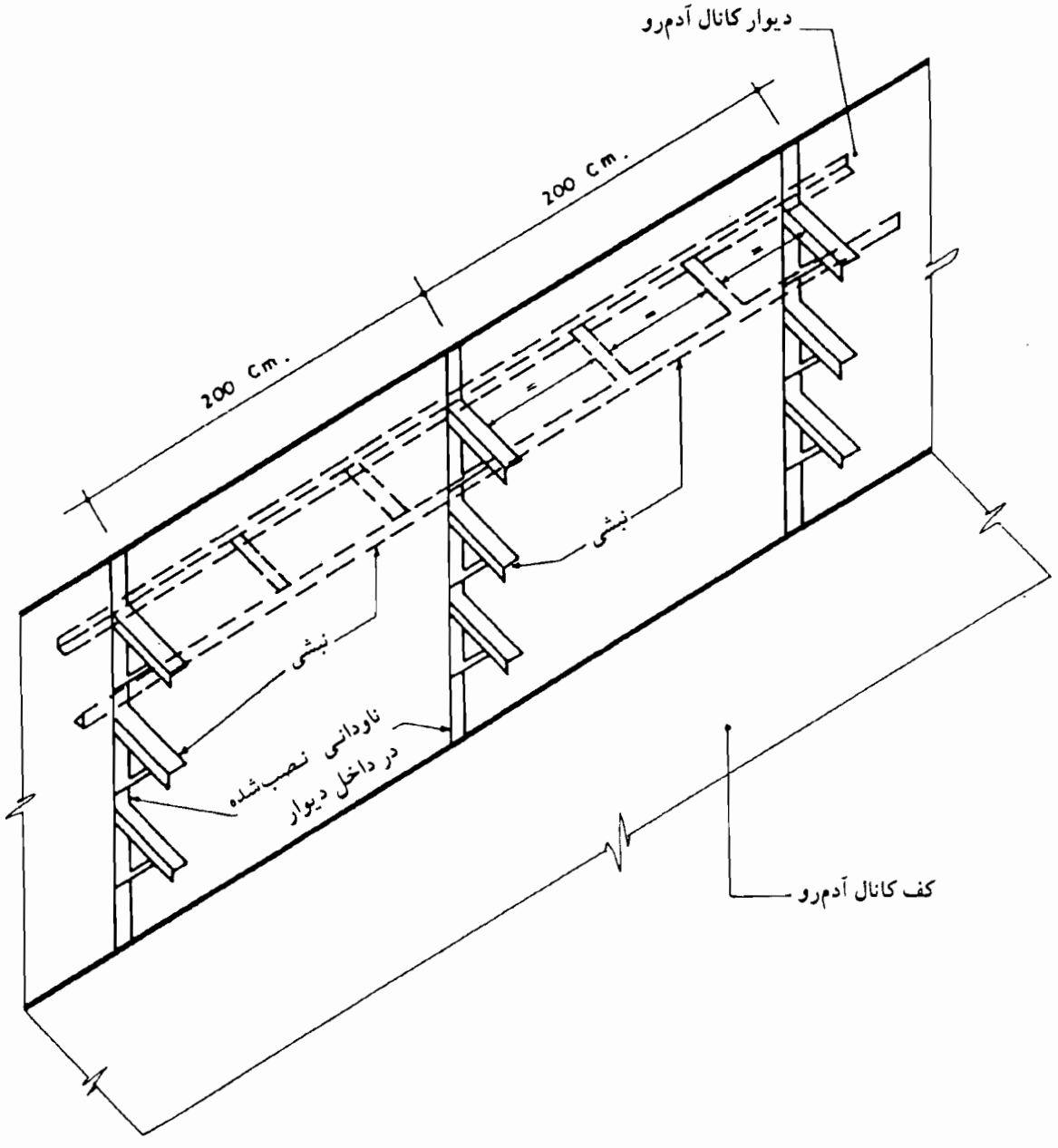
---

۱ ـ منظور از کانال پیش‌ساخته یا پیش ساخته‌شده، کانالهایی است که قبل از کابلکشی ساخته شده است.



جزییات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانالهای آدم‌رو

شکل ۸ ـ ۳



جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانالهای آدم‌رو

شکل ۸ ـ ۴

۸-۳-۳-۸ اسکلت و بازوهای نصب کابل باید از لحاظ الکتریکی کاملاً به‌یکدیگر متصل بوده و با یک رشته سیم مسی لخت، با حداقل سطح مقطع ۷۵ میلیمتر مربع، لااقل از سه نقطه به‌سیستم اتصال زمین متصل شود.

۸-۳-۳-۹ کلیهٔ کانالهای پیش‌ساخته آدم‌رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل ۶ متر از یکدیگر باشد. همچنین در این نوع کانالها به‌منظور تماس با خارج کانال، در صورت امکان و چنانچه ضروری باشد، پریزهای تلفن باید در فواصل ۲۰ متر از یکدیگر نصب شود.

۸-۳-۳-۱۰ در مواردی که کانالهای پیش‌ساخته آدم‌رو علاوه بر این که به‌منظور نصب کابلهای برق مورد استفاده قرار می‌گیرد برای لوله‌کشی تأسیسات مکانیکی و غیره نیز به‌کار رود باید حتی‌الامکان در یک دیواره تأسیسات برقی و در دیواره مقابل آن تأسیسات دیگر نصب شود. درصورتی که امکان نصب به‌طریق فوق نباشد باید حداقل تأسیسات مذکور در دو ارتفاع متفاوت و مستقل و جدا از هم نصب گردد، به‌طوری که تأسیسات برقی در ارتفاع بالاتر از تأسیسات مکانیکی قرار داشته باشد.

۸-۴ کابلشوها، سرکابلها و مفصلها

۸-۴-۱ کابلشوها

۸-۴-۱-۱ اتصال هادیهای کابلهای فشار متوسط به‌تجهیزات الکتریکی از قبیل سکسیونر، دیژنکتور، فیوز، ترانسفورماتور و غیره باید با استفاده از کابلشوهای مسی استاندارد شده از نوع پرسی انجام شود.

۸-۴-۲ سرکابلها

۸-۴-۲-۱ هنگام انتخاب سرکابلها باید دقت شود که مشخصات الکتریکی آن با مشخصات کابل مورد استفاده یکسان باشد.

۸-۴-۲-۲ ابتدا و انتهای کلیه کابلهایی که به‌کابل هوایی، سکسیونر، دیژنکتور، فیوز، ترانسفورماتور و غیره متصل می‌شود باید به‌وسیله سرکابل مناسب مسدود شود.

۸-۴-۲-۳ در موقع انتخاب سرکابل باید به‌نوع کابل (یک سیمه، کمربندی، سه‌غلافه و غیره) و مکان نصب (در داخل ساختمان یا فضای آزاد) توجه شده و عوامل مذکور درنظر گرفته شود.

۸-۴-۲-۴ سرکابلها باید طوری اتصال یابد که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و همچنین از خارج شدن روغن و مواد مذاب درون کابل جلوگیری شود.

۸-۴-۲-۵ **موارد کاربرد سرکابلها**

الف - سرکابل داخلی پروتولین از نوع FEB باید برای کابلهای NYFGbY سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۶ کیلوولت استفاده شود.

ب - سرکابل داخلی پروتولین نوع JXY-2Y باید برای کابلهای N2YSY و N2XSY یک‌فاز و سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۱۰ کیلوولت و یا یک‌فاز با ولتاژ اسمی ۲۰ و ۳۰ کیلوولت مورد استفاده قرارگیرد.

پ - سرکابل داخلی از نوع EOVS باید برای کابلهای نوع NKBA و NKBY سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۱۰ کیلوولت و سرکابل داخلی از نوع EOD باید برای کابلهای نوع NEKBA، NHKBA،

NEKEBA، NEKEBY، NEKBY، سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۲۰ و ۳۰ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد.

ت - سر کابل فضای آزاد پروتولین از نوع PEBR باید برای کابل NYFGbY سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۶ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد.

ث - سر کابل فضای آزاد پروتولین از نوع JXYR باید برای کابل NYSEY سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۱۰ کیلوولت استفاده شود.

ج - سر کابل فضای آزاد با عایقهای چینی از نوع FEP برای کابلهای N2YSY و N2XSY، یک‌فاز و سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۱۰ کیلوولت باید مورد استفاده قرار گیرد.

چ - سر کابل فضای آزاد با عایقهای چینی از نوع FEL-2Y باید برای کابلهای N2YSY و N2XSY یک‌فاز با ولتاژ اسمی ۲۰ و ۳۰ کیلوولت استفاده شود.

ح - سرکابل فضای آزاد با عایقهای چینی از نوع FFN باید برای کابلهای NKBA و NKBY سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۱۰ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد.

خ - سرکابل فضای آزاد با عایقهای شیشه‌ای از نوع FDM باید برای کابلهای NHKBA، NEKEBY، NEKBY، NEKEBA، NEKBA سه‌فاز با ولتاژ اسمی ۲۰ و ۳۰ کیلوولت به‌کار رود.

د - سر کابلهای داخلی از انواع JAES، JXY-2Y و JKK باید برای کابلهای زیر مورد استفاده قرار گیرد:

ـ کابل از نوع N2XS2Y یک هسته با ولتاژ اسمی ۱۰/۶، ۲۰/۱۲ و ۳۰/۱۸ کیلوولت.

ـ کابل از نوع 2XSEYFY سه‌هسته با ولتاژ اسمی ۱۰/۶، ۱۵/۸/۷ و ۲۰/۱۲ کیلوولت.

ـ کابل از نوع 2XS2Y یک هسته با ولتاژ اسمی ۱۵/۸/۷ و ۳۵/۲/۲۰ کیلوولت.

ذ - سر کابل فضای آزاد از نوع FEP باید برای کابلهای 2XSEYFY سه‌هسته با ولتاژ اسمی ۱۰/۶، ۱۵/۸/۷ و ۲۰/۱۲ کیلوولت و نیز کابل N2XS2Y یک هسته با ولتاژ ۱۰/۶ کیلوولت به‌کار رود.

ر - سر کابل فضای آزاد از نوع FEL-2Y باید برای کابلهای N2X2Y یک هسته با ولتاژ اسمی ۲۰/۱۲ و ۳۰/۱۸ کیلوولت و نیز کابلهای 2XS2Y یک هسته با ولتاژ اسمی ۱۵/۸/۷ و ۳۵/۲/۲۰ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد.

ز - سر کابل فشاری داخلی از نوع IAES10 باید برای کابلهای دارای ولتاژ اسمی (۱۲) ۱۰/۶ کیلوولت، با عایقبندی پی ـ وی ـ سی، یک هسته مانند NYHSY و سه هسته مانند NYSEY، و با عایقبندی پلی‌اتیلن تقویت شده یک هسته و سه هسته مانند N(A)2XSY و N(A)2XS(F)2Y مورد استفاده قرار گیرد.

س - سر کابلهای فشاری داخلی از انواع IAE20 و IAE30 باید برای کابلهای دارای ولتاژ اسمی (۲۴) ۲۰/۱۲ و (۳۶) ۳۰/۱۸ کیلوولت، یک هسته، با عایقبندی پلیمری به‌کار رود.

ش - سر کابلهای فشاری فضای آزاد از انواع FAE10 و FAE20 باید برای کابلهای یک هسته، دارای عایقبندی پلیمری، با ولتاژ اسمی (۱۲) ۱۰/۶ کیلوولت مانند N(A)2XS2Y و با ولتاژ اسمی (۲۴) ۲۰/۱۲ کیلوولت مانند N(A)2XSY به‌کار رود.

ص - سر کابلهای فشاری فضای آزاد FAL با ایزولاتور چینی باید برای کابلهای یک هسته با عایقبندی

پلیمری و ولتاژ اسمی (۲۴) ۲۰/۱۲ کیلوولت مانند N(A)2XS2Y و N(A)2XSY مورد استفاده قرار گیرد.

ض ـ سر کابلهای قابل انعطاف حرارتی (Heat-Shrinkable) از نوع داخلی GHKI و فضای آزاد از نوع GHKF باید برای کابلهای دارای عایقبندی پلاستیکی، یک هسته و سه هسته با ولتاژ اسمی (۷/۲) ۶/۶/۳ تا (۳۶) ۳۰/۱۸ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد.

ط ـ سر کابلهای قابل انعطاف حرارتی داخلی از نوع GHMI و فضای آزاد از نوع GHMF باید برای کابلهای دارای ولتاژ اسمی (۷/۲) ۶/۶/۳ تا (۱۷/۵) ۱۵/۷/۸ کیلوولت، یک هسته با عایقبندی کاغذی، و سه هسته با عایقبندی کاغذی کمربندی و مسلح مورد استفاده قرار گیرد.

۸ـ۴ـ۳ مفصلها

۸ـ۴ـ۳ـ۱ به‌منظور حفاظت کامل کابلها در محل اتصال به‌یکدیگر باید از مفصلهای کابل استفاده شود تا بتوان محل اتصال مورد نظر را از رطوبت و نیروهای مکانیکی محفوظ نگاهداشت.

۸ـ۴ـ۳ـ۲ مفصل کابل باید در برابر نیروی کششی حفاظت شود، بنابراین مفصل نباید در امتداد کابل قرار گیرد بلکه محورهای کابل و مفصل باید در حدود نیم و یا یک متر از یکدیگر فاصله داشته باشد.

۸ـ۴ـ۳ـ۳ روش مفصل بستن کابل باید برابر دستورالعملهای مندرج در نشریات استاندارد وزارت نیرو یا تولیدکننده کابل انجام شود.

۸ـ۴ـ۳ـ۴ انتخاب نوع مفصل بستگی به‌ساختمان کابل یا کابلهای مورد اتصال، ولتاژ سیستم، تعداد رشته‌ها و روش نصب کابل دارد.

۸ـ۴ـ۳ـ۵ مفصل مستقیم با لوله انعطاف‌پذیر حرارتی[1] WPS، (DIN VDE 0278)

این نوع مفصل دارای یک پوشش حفاظدار[2] شامل نوارهای هادی و عایق مخصوص[3] می‌باشد که حفاظت تماس با استفاده از یک شبکه مسی و حفاظت رطوبی و استحکام مکانیکی به‌وسیلهٔ یک لوله انعطاف‌پذیر حرارتی با پوشش داخلی از مواد درزگیر تأمین می‌شود.

مفصلهای WPS10 ، WPS20 و WPS30 باید برای اتصال کابلهای یک هسته با عایقبندی پلاستیکی و به‌ترتیب ولتاژهای اسمی (۱۲) ۱۰/۶ کیلوولت، (۲۴) ۲۰/۱۲ کیلوولت و (۳۶) ۳۰/۱۸ کیلوولت به‌یکدیگر مورد استفاده قرار گیرد. این‌گونه مفصلها ممکن است در زیر سطح زمین، در هوا و در آب به‌کار برده شود.

۸ـ۴ـ۳ـ۶ مفصل مستقیم پروتولین از نوع PV (با پروتولین ۸۰ و پروتولین ۵۱)

این‌نوع مفصل عمدتاً شامل یک قالب پلاستیکی دو تکه و مقدار متناسبی از ماده رزین ریختگی است. مفصل PV با پروتولین ۸۰ مطابق بخشهای ۱ و ۲ و ۳ از استاندارد DIN VDE 0278 ساخته شده است و باید برای کابلهای پلیمری، پلیمری مسلح یا دارای غلاف سربی و کابلهای کنترل با ولتاژ اسمی (۱/۱) ۱/۶/۰ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد.

1– Heat-Shrink 2– Shielded 3– Self-amalgamating tapes

مفصل PV با پروتولین ۵۱ برابر بخش یک از استاندارد DIN VDE 0291 ساخته شده است و باید برای کابلهای زمینی معدنی با ولتاژ (۱/۱) ۱/۶/۰ کیلوولت و (۷/۲) ۶/۶/۳ کیلوولت و همچنین کابلهای پلیمری مانند NYFGY با ولتاژ اسمی (۷/۲) ۶/۶/۳کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد. این نوع مفصلها را ممکن است در زیر سطح زمین، در آب و در هوا به‌کار برد.

۸ـ۴ـ۳ـ۷ مفصل مستقیم از نوع WP (DIN VDE 0278)

در این نوع مفصل لایه‌های هادی و عایق کابل در محل اتصال با نوارهای مخصوص پوشیده می‌شود و بدین‌ترتیب یک اتصال حفاظ‌دار به‌وجود می‌آید که در یک لوله پلاستیکی پرشده از پروتولین قرار می‌گیرد.

مفصل WP10 باید برای کابلهای دارای عایقبندی پلاستیکی با ولتاژ اسمی (۱۲) ۱۰/۶کیلوولت، یک هسته و سه هسته استفاده شود. مفصلهای WP20 و WP30 باید برای کابلهای یک هسته عایق پلاستیکی با ولتاژ اسمی (۲۴) ۲۰/۱۲ کیلوولت و (۳۶) ۳۰/۱۸ کیلوولت به‌کار رود. این نوع مفصلها را ممکن است در زیر سطح زمین، در آب و درهوا مورد استفاده قرار داد.

۸ـ۴ـ۳ـ۸ مفصل مستقیم انتقالی از نوع UMP (DIN VDE 0278)

این نوع مفصل دارای محفظه چدنی دو تکه‌ای است که با ماده پروتولین پر می‌شود. محفظه مزبور حفاظت تماسی و استحکام موردنیاز در برابر عوامل خارجی را تأمین می‌کند. مفصل نامبرده باید برای اتصال کابلهای پلیمری با کابلهای عایقبندی شده با کاغذ اشباع شده با ولتاژ (۱۲) ۱۰/۶کیلوولت به‌کار رود. در این نوع مفصل برای جلوگیری از حرکت مواد روان درون کابلهای کاغذی از نوارهای عایقبندی مخصوص در ارتباط با لوله انعطاف‌پذیر حرارتی و دو راهه اتصال فشاری با جداره حایل استفاده می‌شود و مفصل باید قدری پایین‌تر از کابل نصب شود.

۸ـ۴ـ۳ـ۹ مفصلهای انتقالی SM-WP و SM-WPS(DIN VDE 0278)

در این نوع مفصلها هر هادی دارای یک پوشش محافظ[1] می‌باشد که از نظر مکانیکی به‌وسیله یک لوله پلاستیکی حاوی رزین ریختگی پروتولین (در مورد مفصل SM-WP) یا با یک لوله انعطاف‌پذیر حرارتی (در مورد مفصل SM-WPS) محافظت می‌شود. محفظه چدنی خارجی نیز با ماده SP پر می‌گردد. برای جلوگیری از کم‌شدن مواد روان در انتهای کابل، مفصل باید در محلی پایین‌تر از کابل قرار گیرد. اتصالات فشاری با جداره جداکننده نیز مانع از اثر مواد مزبور برطرفی که کابل پلاستیکی قرار دارد می‌گردد.

این نوع مفصلها باید برای اتصال کابلهای سه هسته عایقبندی شده با کاغذ اشباع‌شده با یک غلاف سربی و سه کابل یک هسته پلیمری با ولتاژ اسمی (۲۴) ۲۰/۱۲ کیلوولت و (۳۶) ۳۰/۱۸ کیلوولت مانند N2XSY و NA2XSY و NA2XS(F)2Y به‌کار برده شود.

۸ـ۴ـ۳ـ۱۰ مفصل مستقیم از نوع AMS (DIN VDE 0278)

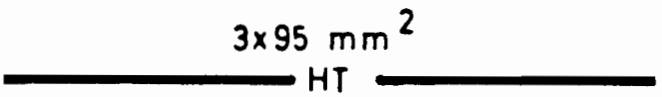
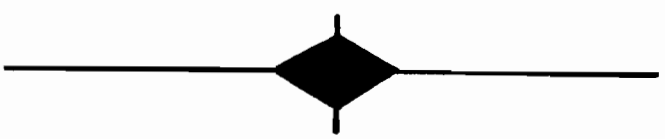
این نوع مفصل دارای بدنه عایقبندی‌شده از جنس لاستیک سیلیکون با حفاظ خارجی استاتیک و عناصر

1– Shield

کنترلی یکپارچه می‌باشد. در این نوع مفصل برای هر مقطع کابل یک بدنه عایقبندی‌شده و یک دوراهه اتصال فشاری ویژه وجود دارد و حفاظت در برابر تماس با استفاده از نوار مسی و سیمهای حفاظتی مسی تأمین می‌شود. حفاظت در برابر نفوذ آب و رطوبت نیز به‌وسیلهٔ یک لوله ضخیم از نوع انعطاف‌پذیر حرارتی و ماده درزگیر ترموپلاستیک تأمین می‌گردد. این نوع مفصل باید برای اتصال کابلهای پلیمری یک هسته با ولتاژهای (۱۲) ۱۰/۶ کیلوولت و (۲۴) ۲۰/۱۲ کیلوولت مورد استفاده قرار گیرد. مفصلهای نامبرده را ممکن است در زیرزمین، در آب و در هوا مورد بهره‌برداری قرار داد.

۸ـ۵ نشانه‌های الکتریکی کابلهای فشار متوسط در جدول ۸ـ۳ ارائه شده است.

جدول ۸ ـ ۳ نشانه‌های الکتریکی کابلهای فشار متوسط

شـــرح	نشانـه
نصب کابل به‌صورت روکار روی دیوار و یا سقف	
نصب کابل روی سینی کابل و یا راک	
نصب کابل به‌صورت آویز	
نصب کابل در کانال خاکی	
کابل زیرآبی	
نشان‌دهندهٔ تعداد و سطح مقطع اسمی کابل	
سر کابل	
جعبه مفصل ساده	
جعبه مفصل سه‌راهی (انشعاب)	
جعبه مفصل چهارراهی (انشعاب)	

فصل ۹
مولدهای برق

۹-۱ کلیات و تعاریف

۹-۱-۱ سیستم برق اضطراری

سیستمی است که در مواقع قطع جریان برق عادی با استفاده از یک یا چند مولد برق (معمولاً موتور دیزل و ژنراتور) یا مجموعه‌ای از باتریها در موارد مجاز، نیروی برق مورد نیاز بخشهای معینی از ساختمان یا مجموعه را تأمین نماید. این‌گونه سیستمها با توجه به‌نوع کاربرد ممکن است با راه‌اندازی دستی، خودکار، با وقفه کوتاه یا بدون وقفه باشد.

۹-۱-۲ سیستم برق بدون وقفه (UPS)

سیستمی است که نیروی برق متناوب اولیه را در برابر هرگونه قطع جریان و نوسانات ولتاژ و فرکانس حفاظت می‌کند.

۹-۱-۳ طبقه‌بندی

به‌طور کلی مولدهای برق (دیزل ـ ژنراتور) به‌اعتبار نوع کاربرد و زمان بهره‌برداری به‌شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف ـ **نوع کاربرد:** مولدهای برق ممکن است برای تولید برق اصلی به‌عنوان مولد برق دایمی، یا به‌صورت موازی با شبکه برق اصلی، و یا به‌منظور تولید نیروی برق اضطراری مورد استفاده قرار گیرد.

ب ـ **زمان بهره‌برداری:** مولدهای برق ممکن است برای بهره‌برداری مدت محدود و یا نامحدود طراحی و ساخته شود.

۹-۱-۴ مطالب مندرج در این فصل شامل مشخصات فنی لازم برای تهیه و نصب دستگاه کامل مولد برق دایمی یا اضطراری به‌همراه کلیه منضمات و متعلقات مربوطه می‌باشد.

۹-۱-۵ دستگاه موردنظر باید مستقل از سیستم نیروی برق اصلی (برق شهر) عمل نموده و در عین حال بتوان آن را بدون هیچ مشکلی و با پایداری مطلق با برق اصلی به‌صورت موازی مورد استفاده قرار داد.

۹-۱-۶ کلیهٔ وسایل، لوازم و تجهیزات مورد استفاده در مولدهای برق دایمی یا اضطراری باید برابر

استانداردهای آی ـ ای ـ سی یا یکی از استانداردهای معتبر جهانی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹ ـ ۱ ـ ۷ میزان حفاظت افراد در برابر تماس با قسمتهای برقدار یا متحرک و همچنین درجه حفاظت دستگاه در برابر ورود آب و اجسام صلب خارجی به‌داخل آن باید براساس طبقه‌بندی و توصیه‌های مندرج در جدیدترین نشریات کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک که در زمان تهیه این مشخصات فنی نشریه IEC-34-5 ، قسمت پنجم «طبقه‌بندی درجه حفاظت برای بدنه خارجی ماشینهای دوار» می‌باشد تعیین و مشخص شود. برای سهولت مراجعه، طبقه‌بندی IEC براساس نشریه ۵ـ۳۴ آن در پیوست ۱ ارائه شده است.

رقم مشخصهٔ اول IP که در جدول ۹ ـ ۲ بیان شده است شامل دو نوع حفاظت به‌شرح زیر می‌باشد:

الف ـ حفاظت اشخاص در برابر تماس یا نزدیک شدن با قسمتهای برق‌دار یا متحرک در داخل دستگاه که شامل تماس غیرمستقیم به‌وسیله دخول ابزار و غیره نیز می‌باشد.

ب ـ حفاظت خود دستگاه در برابر ورود اجسام خارجی جامد مانند ابزار، گرد و خاک و غیره.

رقم مشخصه دوم IP حفاظت در برابر ورود قطرات مایعات مانند آب است که در جدول ۹ ـ ۳ درج شده است.

۹ ـ ۱ ـ ۸ موتور دیزل، ژنراتور و تابلوی برق هر کدام باید دارای یک صفحه یا پلاک ماندگار شامل نام و آدرس سازنده، تاریخ ساخت، شماره سریال و مشخصات پارامترهای فنی اصلی مربوطه به‌دو زبان فارسی و انگلیسی باشد.

۹ ـ ۱ ـ ۹ موتور و ژنراتور باید به‌طور کامل توسط کارخانه سازنده روی شاسی یک پارچه و به‌طور مستقیم و یا به‌وسیله اتصال قابل انعطاف به‌هم کوپله شده باشد. ماده به‌کار رفته برای اتصال قابل انعطاف باید در برابر هیدروکربنها مقاوم باشد تا روغن و سوخت آن را از بین نبرد. همچنین دستگاه مذکور باید دارای محافظ کوپلینگ و لرزه‌گیرهای مناسب باشد.

۹ ـ ۱ ـ ۱۰ افزایش یا کاهش میزان بار موتور نباید موجب خوردگی در یاتاقان ژنراتور شود.

۹ ـ ۱ ـ ۱۱ پس از کوپله شدن موتور و ژنراتور به‌صورت مستقیم، ژنراتور باید نیروی میل‌لنگ را بدون اعمال نیروهای مخالف مکانیکی و الکتریکی بپذیرد.

۹ ـ ۱ ـ ۱۲ دفترچه حاوی دستورالعملهای مربوط به‌راه‌اندازی، کار، نگهداری و تعمیرات دستگاهها باید حداقل در دو جلد به‌دو زبان فارسی و انگلیسی براساس کاتالوگهای کارخانه سازنده تهیه و تدوین شود.

۹ ـ ۱ ـ ۱۳ وسایل و لوازم یدکی موردنیاز باید طبق فهرست کارخانه سازنده و تأیید مشاور حداقل برای مدت دو سال پیش‌بینی و تأمین شود.

۹ ـ ۲ موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم برق بدون وقفه

۹ ـ ۲ ـ ۱ در موارد زیر، برای تأمین مصارف اضطراری و ایمنی، باید نیروی برق به‌کمک مولدهایی که معمولاً نیروی محرک آن موتورهای دیزل است، در محل تولید شود:

الف ـ ساختمانهای مسکونی با بیش از چهار طبقه از کف زمین و مجهز به‌آسانسور؛

ب - ساختمانهای عمومی که نوع فعالیت آن به‌گونه‌ای است که قطع برق ممکن است خطر یا خسارات جبران‌ناپذیری بیافریند. ساختمانهای عمومی دارای شرایط بند (الف)؛

پ - بیمارستانها و مراکز بهداشتی با توجه به‌نوع فعالیت آن. سیستم برق اضطراری بیمارستانها شامل مولدهای برق اضطراری و تابلوهای مربوط به‌آن و همچنین کلیه مواردی که باید از سیستم مزبور تغذیه شود شامل دستگاههای مختلف پزشکی و غیرپزشکی، آسانسورها، تأسیسات بهداشتی و مکانیکی، پریزهای عمومی و اختصاصی برق، چراغهای روشنایی و ایمنی، و غیره، باید مطابق مشخصات فنی و دستورالعملهای مندرج در نشریه شماره ۸۹ سازمان برنامه و بودجه زیر عنوان «مشخصات فنی تأسیسات برق بیمارستان» طراحی و اجرا شود.

ت - سردخانه‌های بزرگ؛

ث - مراکز صنعتی که قطع برق طولانی مدت در آن ممکن است موجب خسارت جبران‌ناپذیر شود.

ج - هر نوع ساختمان یا مجموعه یا مرکز دیگری که به‌تشخیص مقامات ذیصلاح باید دارای نیروگاه اضطراری باشد.

۹-۲-۲ عمده‌ترین موارد تأمین نیروی برق با استفاده از سیستم برق اضطراری در ساختمانها به‌قرار زیر است:

- تأمین روشنایی برای خروج ایمن و جلوگیری از ایجاد وحشت و هراس در ساختمانهای عمومی مانند بیمارستانها و مراکز درمانی، هتلها، سینماها، مراکز ورزشی و مانند آن.
- تأمین نیروی برق برای سیستم تهویه در مواردی که برای حفاظت از جان انسان ضروری است.
- تغذیه سیستم ردیابی و اعلام حریق
- تأمین برق آسانسورها
- نیرورسانی به‌پمپهای آتش‌نشانی
- تأمین برق سیستمهای ارتباطی ایمنی عمومی
- تأمین نیروی برق برای فرایندهای صنعتی که قطع برق موجب به‌مخاطره افتادن زندگی یا تندرستی انسان شود و یا موجب خسارت به‌ماشین آلات و فرآیندهای نامبرده گردد.

۹-۲-۳ موارد استفاده از سیستم برق بدون وقفه: در مواردی که عملکرد کلیدهای انتقال بار، راه‌اندازی یا توقف موتورها، اثرات القایی رعد و برق و عوامل بی‌شمار دیگر باعث قطع جریان برق و ایجاد نوسانات ولتاژ و فرکانس شده و موجب بروز اختلال در کار سیستمهای کامپیوتر و میکروپروسسورها می‌شود باید از سیستم برق بدون وقفه استفاده شود.

۹-۳ استاندارد و مشخصات فنی مولدهای برق

۹-۳-۱ موتور دیزل

۹-۳-۱-۱ موتور دیزل یا با سوخت گازی باید برطبق مشخصات مندرج در استانداردهای ISO 3046 ، DIN 6271 ، DIN 6280 و BS 5514 یا یکی از استانداردهای شناخته شدهٔ بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۳-۱-۲ موتور دیزل باید از نوع زمینی[1] چهار سیلندر یا بیشتر، از نوع V یا در یک ردیف با سوخت‌رسانی از نوع انژکتوری مستقیم و مجهز به گاورنر هیدرولیکی، مکانیکی، یا الکتریکی باشد.

۹-۳-۱-۳ موتور باید با توجه به‌مشخصات زیر و شرایط محیطی موردنظر قابل بهره‌برداری باشد:

الف - اضافه‌بار ۱۰ درصد برای یک ساعت در هر ۱۲ ساعت

ب - ارتفاع از سطح دریا پارامترهای ب، پ و ت با توجه به‌شرایط محل نصب و بهره‌برداری دیزل ژنراتور تعیین می‌شود.

پ - درجه حرارت محیط

ت - رطوبت نسبی

ث - سرعت (حداکثر) ۱۵۰۰ دور در دقیقه

ج - متوسط فشار مؤثر:

۱- در حالت طبیعی 85 Psi

۲- در حالت سوپر شارژ 135-160 Psi

۹-۳-۱-۴ سیستم راه‌انداز موتور مولدهای برق دایمی با بار سبک و کلیه مولدهای برق اضطراری باید مستقیماً از طریق باتری باشد.

۹-۳-۱-۵ موتور باید مجهز به‌سیستم استارت الکتریکی ۲۴ ولت با ظرفیت کافی (حداقل سه استارت پشت سرهم و بدون شارژ) بوده و چرخ طیار در هر موقعیتی باشد بتوان موتور را روشن نمود.

۹-۳-۱-۶ برای روشن کردن موتور نباید احتیاج به‌تنظیم چرخ طیار و یا هر وسیله دیگر باشد.

۹-۳-۱-۷ یک سری کامل از باتریهای اسید - سرب با راک باتری مربوطه و همچنین کابلهای موردنیاز با اندازه و طول کافی برای استفاده از باتریها و کابلشوهای مربوطه باید پیش‌بینی و تأمین شود.

۹-۳-۱-۸ یک دستگاه شارژ کننده باتری اتوماتیک به‌صورت واحد جداگانه و مستقل، یا ساخته و نصب شده در داخل تابلوی کنترل باید تأمین شود، به‌طوری که این شارژ کننده با برق ۲۲۰ ولت عمل نموده و باتریهای دستگاه را در موقع خاموش بودن مولد از طریق برق شهر همواره در حالت شارژ باقی نگاه دارد.

۹-۳-۱-۹ در موتورهایی که برای تحمل بار سنگین واحدهای دایمی در نظر گرفته می‌شود ممکن است به‌جای سیستم استارت الکتریکی از سیستم هوای فشرده استفاده گردد.

۹-۳-۱-۱۰ دستگاه تولید هوای فشرده باید شامل شیر راه‌انداز، مخزن یا مخازن هوای فشرده، کمپرسور روی موتور و یک کمپرسور مستقل بنزینی یا الکتریکی جداگانه با ظرفیت کافی باشد.

۹-۳-۱-۱۱ سیستم خنک کردن آب برای دستگاههای مولد برق با بار سبک باید از نوع رادیاتور و فن، که باتسمه پروانه کار می‌کند، و برای دستگاههای با بار سنگین باید از نوع مبدل حرارتی به‌انضمام لوله‌ها، و پمپهای مورد لزوم، انتخاب شود.

۹-۳-۱-۱۲ رادیاتور یا مبدل حرارتی، باید از نوع پردوام بوده و دارای ظرفیت خنک کنندگی کافی برای ۱۰ درصد اضافه‌بار موتور در حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد باشد.

۹-۳-۱-۱۳ رادیاتور یا مبدل حرارتی مورد استفاده در مناطق گرمسیری باید از نوع مخصوص مناطق حاره بوده و برای کار در درجه حرارت محیطی ۵۰ درجه سانتیگراد ساخته شده باشد.

1- Stationary

۹-۳-۱-۱۴ در مواردی که نصب مولدهای برق در داخل ساختمان صورت می‌گیرد باید از امکان تهویه کافی به‌صورت طبیعی یا با ایجاد فشار هوا اطمینان حاصل شود. میزان هوای موردنیاز برای خنک کردن سیستم رادیاتور و فن حدوداً ۸۰ الی ۱۳۵ متر مکعب در ساعت به‌ازای هر کیلووات ممکن است درنظر گرفته شود.

۹-۳-۱-۱۵ سیستم هوای ورودی باید دارای فیلتر هوا از نوع خشک، که در ضمن تقلیل دهنده صدا نیز می‌باشد، بوده و به‌منظور حفاظت قسمتهای مختلف موتور از گرد و خاک و غبار مستقیماً روی دریچه ورودی هوا روبروی رادیاتور نصب شود.

۹-۳-۱-۱۶ سیستم روغن موتور باید در یک فشار ثابت و از پیش تعیین شده عمل کند و این امر به‌وسیله پمپهای روغن موتور و دریچه‌های مربوطه و وسایل فشار صورت پذیرد.

۹-۳-۱-۱۷ سیستم روغن باید دارای حفاظت اتوماتیک باشد به‌گونه‌ای که در صورت افت فشار روغن از حد تعیین شده با اعلام خطر موتور را متوقف سازد..

۹-۳-۱-۱۸ در سیستم روغن موتور باید خنک‌کننده روغن و فیلترهای روغن مناسب قابل تعویض پیش‌بینی شود.

۹-۳-۱-۱۹ بدنه سیلندر و کارتر موتور باید از چدن درجه یک و ترجیحاً یک تکه ساخته، و به‌گونه‌ای طراحی شده باشد که ازحداکثر استحکام و پایداری آن اطمینان حاصل شود. موتور، آلترناتور و مبدل حرارتی روغنی و کلیه ملحقات مربوطه باید بر روی یک پایه فولادی قرار گیرد. پایه باید به‌گونه‌ای مستحکم شده باشد که درهنگام کار دستگاه نیروی اضافی به‌خود دستگاه و دیگر قسمتها منتقل نشود. سیلندرها باید از نوع بوشن‌دار قابل تعویض بوده و از بالا قابل خارج نمودن باشد. بوشن‌ها باید از نوع تراز جنس چدن اصل با اتصال فلز به‌فلز در قسمت بالا بوده و در انتهای آزاد آب‌بندی شود به‌نحوی که انبساط آزاد آن امکان‌پذیر باشد. برای جلوگیری از نشت آب موتور از قسمت بوشن سیلندر باید پیش‌بینیهای لازم انجام شده باشد. درهای انفجار اتوماتیک باید فنری بوده و مجهز به‌محفظه مناسب باشد. در صورت انفجار داخلی، این درها باید فشار اضافی را آزاد نماید. برای دسترسی به‌کلیه قسمتهای داخلی موتور باید پوششهای بزرگ برای بازبینی و بازرسی پیش‌بینی و تأمین شود.

۹-۳-۱-۲۰ هر سیلندر باید دارای سرسیلندر مجزا از جنس چدن بوده و مجهز به‌سوپاپهای ورودی، خروجی و اطمینان و فارسونکا باشد. سرسیلندرها باید دارای پوششهای قابل برداشت به‌منظور تمیزکردن مسیر آب از جرمها و مواد ته‌نشین شده باشد.

۹-۳-۱-۲۱ سوپاپهای ورودی و خروجی باید از آلیاژ فولاد بوده و آبکاری و سخت شده باشد. نشیمنگاه و گیت سوپاپ باید قابل تعویض بوده و در برابر حرارت و خراشیدگی مقاوم باشد. طرح محور و گیت سوپاپ باید طوری باشد که اگر چه چکشک و انگشتانه سوپاپ و غیره تحت فشار روغنکاری می‌شود ولی به‌هیچ وجه روغن به‌داخل سرسیلندر نشت نکند.

۹-۳-۱-۲۲ میل‌لنگ باید از آلیاژ فولاد چکش‌کاری شده یکپارچه، با طرحی مقاوم ساخته شده باشد و قسمتهای سرمحور و لنگ آن باید نسبت به یاتاقان مربوطه با دقت و تولرانس کم تراشکاری شده باشد. میل‌لنگ همچنین باید از لحاظ استاتیکی و دینامیکی کاملاً بالانس باشد و ارتعاش طبیعی حاصل از پیچش باید کاملاً خارج محدوده سرعت موتور باشد.

۹-۳-۱-۲۳ یاتاقان اصلی باید دارای پشت‌بند فولادی با سطح تمام شده صیقلی و از ماده کاملاً مقاوم در برابر خستگی و برای شرایط بهره‌برداری سخت طراحی شده باشد. یاتاقان اصلی باید به‌آسانی قابل تعویض

بوده و برای کار مداوم و بدون اشکال ضمانت شود.

۹-۳-۱-۲۴ پیستون باید از آلیاژ سبک یا از چدن فشرده بوده و دارای رینگهای احتراق، کمپرس و روغن باشد. گژن‌پین باید کاملاً در داخل بدنه پیستون قرار گرفته و به‌نحوی محکم شده باشد که جابجا نشود. شاتون باید از فولاد چکش‌کاری شده بوده و دارای یاتاقانهای بزرگ همانند یاتاقانهای اصلی همراه با بوشهای کوچک از جنس فسفر و برنز و یا جنس مشابه با پشت‌بند فولادی باشد. کلیه پیستونها و شاتونها باید کاملاً میزان (بالانس) شده باشد. چنانچه قطعات مجموعه پیستونها[1] کاملاً قابل جابه‌جایی با یکدیگر نباشد، برای سهولت شناسایی، هر کدام باید به‌درستی و روشنی علامت‌گذاری شده باشد.

۹-۳-۱-۲۵ میل بادامک باید از جنس سخت و بادوام ساخته شده و به‌وسیله چرخ‌دنده به‌میل‌لنگ وصل، و برای سرویس یا تعویض به‌آسانی قابل برداشت باشد. برای تنظیم و فیلرگذاری سوپاپ و همزمان کردن پمپ[2] باید پیش‌بینیهای لازم شده باشد.

۹-۳-۲ تابلوی وسایل اندازه گیری موتور

۹-۳-۲-۱ تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور باید در کنار موتور دیزل بر روی یک پایه، یا بر روی شاسی دیزل نصب شود.

۹-۳-۲-۲ تابلو باید از نوع بسته بوده و از ورق فولادی با ضخامت ۲ میلیمتر ساخته شده و وسایل سنجش به‌صورت توکار بر روی آن نصب شود.

۹-۳-۲-۳ صفحه پشت تابلو باید قابل برداشت باشد تا دسترسی به‌وسایل داخل آن برای تعمیر و نگهداری به‌سهولت انجام شود.

۹-۳-۲-۴ کلیه وسایل سنجش لازم باید در تابلو نصب شود. تابلو باید چنان طراحی شده باشد که سیمکشی وسایل ایمنی موتور و ژنراتور به‌آن و همچنین وسایل فرمان و سیگنال بین موتور و تابلو کنترل الکتریکی به‌آسانی امکان‌پذیر باشد.

۹-۳-۲-۵ در مواردی که اتصال سیمها به‌وسایل سنجش در تابلو به‌طور مناسبی مقدور نباشد باید جعبه تقسیمی برای این منظور تعبیه شده و کلیه اتصالات در آن انجام و سپس از آنجا به‌تابلو کنترل برده شود.

۹-۳-۲-۶ وسایلی که باید بر روی تابلو موتور نصب شود به‌قرار زیر است لیکن هر نوع وسیله دیگری که برای نشان‌دادن وضعیت کار موتور لازم باشد و در فهرست زیر ذکر نشده است نیز باید تهیه و برروی تابلو مزبور نصب شود:

فشارسنج روغن، حرارت‌سنج روغن، حرارت‌سنج آب ورودی به‌موتور، حرارت‌سنج آب خروجی از موتور، خلاءسنج محفظه میل‌لنگ، فشارسنج هوای ورودی به‌موتور، سرعت‌سنج موتور با پیش‌بینیهایی برای ارسال سیگنال به‌تابلو کنترل، حرارت‌سنج اگزوز موتور با سلکتور برای تعیین درجه حرارت خروجی از هر سیلندر و درجه حرارت ورودی و خروجی توربورشارژ و نیز پیش‌بینیهایی برای ارسال سیگنال به‌تابلو کنترل الکتریکی.

۹-۳-۲-۷ سیگنالها باید به‌دستگاه اعلام‌خطر و دستگاه قطع کار ماشین داده شود. وسایل سنجش سرعت و درجه حرارت اگزوست باید الکتریکی باشد ولی سایر وسایل ممکن است از نوع برقی و یا غیر از آن باشد.

1– Piston assemblies 2– Timing

۹ـ۳ـ۲ـ۸ کلیهٔ سیمکشیهای وسایل ایمنی، سیگنالها و غیره باید به‌وسیله کابلهای قابل انعطاف از درون کمترین تعداد لوله‌های قابل انعطاف و مقاوم در برابر نشت آب و روغن، از واحدهای دیزل ژنراتور به تابلو وسایل اندازه‌گیری موتور یا جعبه تقسیم انتهایی وصل شود. سیمکشی باید کدگذاری و شماره‌گذاری شده و در هر دو انتها دارای ترمینال باشد.

۹ـ۳ـ۳ سیستم اگزوست موتور و دودکش

۹ـ۳ـ۳ـ۱ سیستم اگزوست موتور باید شامل لوله‌کشی و ایزولاسیون از موتور تا خارج ساختمان بوده و دارای اتصالات قابل انعطاف، زانوها، لوله مستقیم، تقلیل‌دهنده‌های صدا، دریچه هوا و غیره باشد. در صورت لزوم برای کاهش صدای اگزوست موتور باید از چاه استفاده شود. لوله دودکش در داخل ساختمان باید کاملاً با مواد عایق مقاوم در برابر حرارت پوشانده شود.

۹ـ۳ـ۳ـ۲ دودکش باید از لبهٔ بام ساختمان محل استقرار آن بلندتر باشد به‌گونه‌ای که فاصله بین مرکز قاعده یک مخروط فرضی وارونه با محور قائم، که رأس آن در نقطه خروج دود به‌فضای آزاد قرار دارد، و ساختمانهای مجاور (اعم از مسکونی، تجاری یا عمومی) حداقل ۵۰ متر باشد.

۹ـ۳ـ۴ سیستم سوخت

۹ـ۳ـ۴ـ۱ شرایط عمومی

الف ـ نوع سوخت موردمصرف موتور دیزل باید مطابق مشخصات گازوییل شرکت ملی نفت ایران باشد.

ب ـ مخازن سوخت باید برابر مقررات شرکت ملی نفت ایران و دیگر مقررات ایمنی طراحی و ساخته شود.

پ ـ در مناطق سردسیر به‌منظور جلوگیری از سخت شدن یا یخ زدن گازوییل، سیستم سوخت باید مجهز به‌پیش‌گرمکنهای الکتریکی باشد.

۹ـ۳ـ۴ـ۲ منبع سوخت روزانه

الف ـ منبع سوخت روزانه باید دارای ظرفیت کافی برای حداقل ۸ ساعت کار دایم دستگاه در حالت بار کامل باشد.

ب ـ مخزن یادشده باید کاملاً محصور شده و مجهز به‌وسایل اندازه‌گیری مانند وسیله اندازه‌گیری سطح مایع، لوله‌های اتصال به‌پمپ سوخت و نیز لوله‌های تهویه هوا و انتقال مایع باشد.

پ ـ در مسیر انتقال سوخت، قبل از پمپ سوخت موتور، باید صافیهای مناسب وجود داشته باشد.

ت ـ پمپهای سوخت موتور که به‌وسیله موتور کار خواهد کرد باید در کلیه شرایط مشخص شده دستگاه قابل استفاده باشد.

ث ـ برای جلوگیری از تجمع فشار اضافی در داخل منبع، باید یک شیر تخلیه پیش‌بینی شود.

ج ـ منبع سوخت باید حتی‌الامکان در ارتفاع بالاتر از دستگاه موتور نصب شود.

۹ـ۳ـ۴ـ۳ منبع سوخت ذخیره

الف ـ برای ذخیره سوخت باید یک منبع ذخیره با ظرفیت سوخت حداقل ۱۵ شبانه‌روز کار، با کلیه لوازم مربوطه مانند لوله و دریچه پرشدن، نشان دهنده سطح سوخت، لوله‌های تهویه هوا و انتقال مایع و غیره پیش‌بینی شود.

ب ـ برای انتقال سوخت از منبع سوخت ذخیره به‌منبع روزانه علاوه بر پمپ برقی که به‌طور خودکار عمل می‌کند باید امکان استفاده از پمپ دستی نیز وجود داشته باشد.

پ ـ سطح خارجی منبع ذخیره باید برای نصب در داخل زمین به‌طور مناسب رنگ و حفاظت شود.

۹ـ۳ـ۵ ژنراتور

۹ـ۳ـ۵ـ۱ ژنراتور باید برطبق مشخصات مندرج در استانداردهای IEC 34، BS 4999، BS 5000 و VDE 0530، یا یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرارگرفته باشد.

۹ـ۳ـ۵ـ۲ ژنراتور باید به‌طور مستقیم یا قابل انعطاف به‌چرخ طیار موتور کوپله شده و برای کار با موتور دیزل که در بند ۹ـ۳ـ۱ شرح داده شده است مناسب باشد.

۹ـ۳ـ۵ـ۳ ژنراتور سه‌فاز دارای مشخصات زیر است:

قدرت خروجی اسمی	مطابق نقشه‌های تفضیلی
ضریب قدرت	۰/۸ ـ تأخیر فاز
فرکانس	۵۰ سیکل در ثانیه
ولتاژ خروجی زیربار	۳۸۰/۲۲۰ ولت
حداکثر درجه حرارت محیط	۵۰ درجه سانتیگراد
حداکثر درجه حرارت ژنراتور	۴۰ درجه سانتیگراد
اضافه بار	۱۰ درجه برای یک ساعت در هر ۱۲ ساعت کار دستگاه
حداکثر مقدار هارمونیک	۵ درصد
فاصله زمانی اتصال کوتاه	۳ ثانیه

۹ـ۳ـ۵ـ۴ ژنراتور باید از نوع بدون ذغال بوده و با تحریک‌کننده اتوماتیک و ضد پارازیت رادیویی و ضد رطوبت و گرد و غبار مجهز باشد.

۹ـ۳ـ۵ـ۵ ژنراتور باید مجهز به‌رگولاتور ولتاژ تمام اتوماتیک با تنظیم ولتاژ ۲/۵ ± درصد از حالت بدون بار تا بار کامل و دارای رگولاتور دستی با تنظیم ولتاژ ۵٪ ± و در مواقع لزوم با ظرفیت استارت ۱/۵ برابر جریان نامی باشد.

۹ـ۳ـ۵ـ۶ ژنراتور باید جریان بارکامل را به‌طور مداوم و تحت ولتاژ نامی و فرکانس نامی تأمین نماید. ایزولاسیون روتور[1] باید از نوع کلاس F و ایزولاسیون استاتور[2] از نوع کلاس B باشد.

۹ـ۳ـ۵ـ۷ سیم خنثی در ژنراتور باید مستقیماً به‌سیم اتصال زمین در تابلو کنترل متصل شود.

۹ـ۳ـ۵ـ۸ ژنراتور باید در سرعت ۱۲۵ درصد سرعت نامی دارای کارکرد مطمئن و ایمن باشد.

1– Rotor 2– Stator

۹ـ۳ـ۶ تابلو کنترل الکتریکی

۹ـ۳ـ۶ـ۱ تابلو کنترل الکتریکی باید قابلیت راه‌اندازی کامل اتوماتیک سیستم دیزل ـ ژنراتور را درهنگام قطع برق اصلی و قطع آن در زمان بازگشت برق اصلی و نیز آماده به‌کار نگاه داشتن آن برای راه‌اندازی مجدد دارا باشد. تابلو مزبور همچنین باید امکان قطع و وصل دستی دیزل ـ ژنراتور را نیز در اختیار قرار دهد. دیزل ـ ژنراتور باید قبل از اتصال به‌بار به‌ولتاژ و سرعت مناسب رسیده باشد.

۹ـ۳ـ۶ـ۲ مشخصات کنتاکتورهای مورد استفاده در تابلوی کنترل الکتریکی باید براساس استانداردهای ۳۱۷۹ و ۳۱۸۰ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، IEC 158-1 و IEC 158-1C و یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹ـ۳ـ۶ـ۳ تابلوی کنترل الکتریکی باید از ورق فولادی ساخته شده و از نوع بسته و ایستاده بوده و به‌نحوی طراحی شده باشد که از دو طرف با تابلوهای مشابه قابل توسعه باشد.

۹ـ۳ـ۶ـ۴ تابلو به‌طور معمول باید مجهز به‌وسایل زیر باشد:

الف ـ شمش مسی ممتد برای جریان موردنیاز با توجه به‌ضوابط مندرج در فصل پنجم.

ب ـ کلید اتوماتیک هوایی مجهز به‌رله‌های حرارتی بار اضافی و رله‌های مغناطیسی اتصال کوتاه.

پ ـ دستگاهها و ابزار اندازه‌گیری و ثبت مقادیر برای مولد برق برحسب نیاز، مانند ترانسفورماتور جریان، آمپرمتر، ولت‌متر، کیلووات متر، دستگاه سنجش ضریب قدرت و فرکانس‌سنج، کلید سلکتور ولت‌متر و آمپر، و چراغهای سیگنال.

ت ـ تنظیم‌کننده ولتاژ رئوستای دستی و اتوماتیک.

ث ـ دستگاههای اندازه‌گیری برای تحریک‌کننده برحسب نیاز.

ج ـ جعبه‌های انتهایی برای کابلهای اصلی و فرمان

چ ـ شارژکننده باطری و آمپرمتر در صورت لزوم و نیز سیستم اعلام خطر

ح ـ سیمکشی و کلیدهای موردنیاز برای موازی کردن دستگاههای مولد برق.

۹ـ۳ـ۷ مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری

۹ـ۳ـ۷ـ۱ موتور باید مجهز به‌گرمکن اتوماتیک برای گرم کردن آب درون سیلندرهای موتور تا حداقل ۶۰ درجه سانتیگراد و یا در مورد مجموعه دیزلهای بزرگ، گرم‌کن روغنی با گردش روغن گرم تحت فشار باشد.

۹ـ۳ـ۷ـ۲ سیستم راه‌اندازی مورد استفاده برای مولدهای برق اضطراری باید از نوع خودکار باشد ولی امکان راه‌اندازی دستی نیز برای موارد لزوم و یا هنگام آزمایش سیستم باید پیش‌بینی شود.

۹ـ۳ـ۷ـ۳ به‌منظور پیشگیری از شروع به‌کار نابهنگام مولد برق اضطراری به‌طور اتوماتیک در مواقعی که برق اصلی (برق شهر) دایر می‌باشد باید یک سیستم حفاظتی که مانع عملکرد ترانسفرسوییچ در این‌گونه موارد شود در تابلو پیش‌بینی و نصب گردد.

۹ـ۳ـ۷ـ۴ تابلوی کنترل که شامل ترانسفر سوییچ و راه‌انداز اتوماتیک برای مولد برق اضطراری خواهد بود، باید در صورت روشن نشدن دستگاه، مرحلهٔ استارت را سه‌بار تکرار و سپس به‌کلی متوقف و سیستم اعلام خطر را به‌کار اندازد.

۹ـ۳ـ۷ـ۵ سیستم استارت اتوماتیک باید در صورت قطع جریان برق اصلی با تأخیر زمان عمل کرده و پس از روشن

شدن دستگاه در هر مرحله عمل استارت زدن را قطع کند.

۹-۳-۷-۶ رله کنترل فاز دستگاه باید به‌طریقی عمل کند که در موقع قطع جریان برق شهر یا قطع هر یک از فازها و یا ضعیف‌شدن فازها به‌اندازه کمتر از ۸۵ درصد ولتاژ نامی، دستگاه را در مدت ۳ الی ۱۰ ثانیه به‌کار انداخته و خط اصلی را از مدار خارج کند.

۹-۳-۷-۷ رله کنترل ولتاژ باید پس از برگشت نیروی برق اصلی به‌میزان حداقل ۹۰٪ ولتاژ نامی یا بیشتر عمل کرده و مدار مصرف را پس از ۳ تا ۱۵ دقیقه تأخیر زمانی (قابل تنظیم) به‌برق اصلی (برق شهر) منتقل کند. دیزل ژنراتور پس از انتقال بار به‌برق شهر باید برای مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه بدون بار به‌کار ادامه داده و سپس به‌طور خودکار خاموش و برای شروع به‌کار مجدد در صورت قطع جریان برق اصلی آماده شود.

۹-۳-۸ دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی)

۹-۳-۸-۱ برای اتصال مولدهای برق با یکدیگر به‌صورت موازی باید از دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی) استفاده شود. این دستگاه شامل دو عدد ولت‌متر، فرکانس‌سنج دوبل، سنکرونوسکوپ و دو عدد لامپ سنکرونیزاسیون که باید طبق نقشه‌های مربوط سیمکشی و نصب شود.

۹-۴ اصول و روشهای نصب

۹-۴-۱ محل استقرار مولدهای برق باید حتی‌المقدور در نزدیکی مرکز بار انتخاب شود. مولدهای برق اضطراری باید در جوار سیستم برق عادی (ساختمان پست برق فشار قوی)، در اطاق مجزا از سایر قسمتهای پست مزبور نصب شود.

۹-۴-۲ محل نصب نیروگاه باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که از نظر ایجاد لرزش، دود و سر و صدا هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر سایر فعالیتهای محل و محیط اطراف آن نداشته باشد.

۹-۴-۳ به‌طور کلی فونداسیون مولدهای برق باید مستقل از پی ساختمان و مجهز به‌لرزه‌گیرهای مناسب محل استقرار باشد و آسیبی به‌پیهای بنا نرساند.

۹-۴-۴ در مواردی که مولدهای برق با قدرت کمتر از ۱۵۰ کیلووات مورد استفاده قرار می‌گیرد باید برطبق نقشه‌های تفضیلی کارخانه سازنده از فونداسیون یک لایه (و یا دو لایه) استفاده شود.

۹-۴-۵ در مواردی که مولدهای برق با قدرت ۱۵۰ کیلووات و بیشتر به‌کار می‌رود باید براساس نقشه‌های تفضیلی کارخانه سازنده از فونداسیون دو لایه استفاده شود. به‌عبارت دیگر، در این گونه موارد باید ابتدا اطراف فونداسیون اصلی، که مولد بر روی آن قرار می‌گیرد، کانالی به‌عرض ۵ سانتیمتر و عمق ۲۵ تا ۷۵ سانتیمتر (برحسب قدرت مولد) ایجاد و سپس فونداسیون دوم با عرض مناسبی ریخته شود.

۹-۴-۶ مولدهای برق باید در محلهای خشک و بدون رطوبت به‌گونه‌ای نصب شود که تهیه هوای کافی برای کارکردن و تعمیر دستگاه وجود داشته باشد.

۹-۴-۷ شرایط محل نصب مولدهای برق از نظر وجود و تجمع گرد و غبار باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد تا موجب اختلال در کار موتور و ژنراتور نشود (به‌بند ۹-۳-۱-۱۵ نیز رجوع شود).

۹-۴-۸ در اطراف محل نصب مولدهای برق باید فضای کافی برای دسترسی به‌لوازم و تجهیزات مربوط به‌موتور

و ژنراتور و انجام تعمیرات لازم پیش‌بینی شود.

۹ـ۴ـ۹ در محل نصب مولدهای برق باید جرثقیل سرویس متناسب با واحدهای نیروگاه پیش‌بینی و نصب شود. تجهیزات نیروگاه باید به‌سهولت قابل جابجایی باشد.

۹ـ۴ـ۱۰ انتخاب محل نصب مخزن سوخت ذخیره باید با توجه به‌راههای ارتباطی تانکر سوخت‌رسانی و اتصالات لازم بین نیروگاه و منبع مذکور انجام شود.

۹ـ۵ آزمون دستگاهها

۹ـ۵ـ۱ دستگاه کامل مولد برق باید تحت شرایط ارائه شده توسط کارخانه سازنده در حضور مراجع رسمی مورد آزمون قرار گرفته و گواهی لازم صادر و ضمیمه دستگاه به‌خریدار ارائه شود.

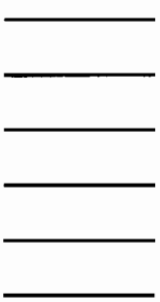
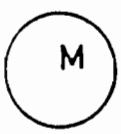
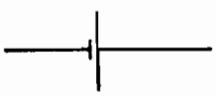
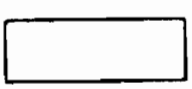
۹ـ۵ـ۲ دستگاه مولد پس از نصب در محل نیز باید حداقل برای مدت ۴۸ ساعت زیر بار کامل در حضور دستگاه نظارت مورد آزمون قرار گرفته و سپس گواهی لازم صادر شود.

۹ـ۵ـ۳ کلیه وسایل راه‌اندازی و آزمون در محل نصب باید از طرف پیمانکار تهیه و تأمین شود.

۹ـ۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های الکتریکی مولدهای برق در جدول ۹ ـ ۱ ارائه شده است.

جدول ۹ ـ ۱ نشانه‌های الکتریکی مولدهای برق

شرح	سمبول الکتریکی
مولد جریان متناوب مشخصات لازم: قدرت ولتاژ طرز اتصال فرکانس ضریب قدرت دور در دقیقه مثال:	  ۷۵۰ KW ۴۰۰/۲۳۰ V Y ۵۰ Hz ۰/۸ ۱۵۰۰ rpm
موتور (به‌طور کلی)	
دینامو (مولد جریان دایم)	
باطری (آکومولاتور)	
تابلو کنترل	
راه‌انداز (استارتی)	

پیوست ۱

جدول ۹ ـ ۲ رقم اول مشخصه IP برای حفاظت اشخاص و نیز حفاظت قسمتهای ماشین در داخل دستگاه (IEC 34 -5)

شماره	درجه‌و نوع‌حفاظت	شرح مختصر	تعریف IEC
۰	قابل صرف‌نظر کردن	ماشین بدون حفاظت	هیچ‌گونه حفاظت ویژه‌ای وجود ندارد.
۱	دستها و سایر اعضا مشابه بدن انسان	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلیمتر حفاظت‌دارد	دارای حفاظت در برابر تماس تصادفی یا نزدیک شدن اعضای بدن انسان مانند دست (ولی بدون حفاظت در برابر دسترسی عمدی) و اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلیمتر با قسمتهای برقدار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۲	انگشتان یا سایر وسایل مشابه	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۱۲ میلیمتر حفاظت‌دارد	دارای حفاظت در برابر نزدیک شدن انگشتان یا سایر اجسام مشابه که طول آن از ۸۰ میلیمتر تجاوز نکند و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از ۱۲ میلیمتر با قسمتهای برقدار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه
۳	ابزار یا سیمها	ماشین در برابر اجسام جامد با قطر بیش از ۲/۵ میلیمتر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس یا نزدیک شدن ابزار یا سیمها با قطر بیش از ۲/۵ میلیمتر با قسمتهای برقدار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۴	سیمها	ماشین در برابر اجسام جامد با قطر بیش از یک میلیمتر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس یا نزدیک شدن سیمها یا نوارهایی به‌قطر بیش از یک میلیمتر و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از یک میلیمتر با قسمتهای برقدار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۵	گرد و خاک	ماشین در برابر گرد و خاک حافظت دارد.	از ورود گرد و خاک به‌طور کامل جلوگیری نمی‌شود ولی گرد و خاک نیز به‌مقداری که برای اختلال در کار رضایتبخش ماشین کافی‌باشد وارد دستگاه نخواهدشد.

پیوست ۱

جدول ۹ ـ ۳ رقم دوم مشخصه IP برای حفاظت در برابر اثرات زیان‌آور نفوذ آب به‌ماشینهای دوار (IEC 34-5)

شماره	درجه و نوع حفاظت	شرح مختصر	تعریف IEC
۰	قابل صرف‌نظر کردن	ماشین بدون حفاظت	هیچ‌گونه حفاظت ویژه‌ای وجود ندارد.
۱	حفاظت در برابر قطرات آب	ماشین در برابر قطرات آب حفاظت دارد.	قطرات آب‌که به‌طور عمودی بر روی‌ماشین فرو می‌افتد هیچ‌گونه اثر زیان‌باری نخواهد داشت.
۲	حفاظت در برابر قطرات آب (ماشین در حالت انحراف)	ماشین با انحراف حداکثر ۱۵ درجه در برابر قطرات آب حفاظت دارد.	قطرات عمودی آب بر روی ماشینی که حداکثر ۱۵ درجه نسبت به‌وضعیت عادی آن منحرف شده باشد، هیچ‌گونه اثر زیان باری نخواهد داشت.
۳	حفاظت در برابر قطرات به‌صورت باران	ماشین در برابر قطرات به‌صورت باران حفاظت دارد.	قطرات آب که به‌صورت باران و با زاویهٔ حداکثر ۶۰ درجه نسبت به‌خط قائم بر روی دستگاه فرود آید اثر زیان‌آوری نخواهد داشت.
۴	حفاظت در برابر پاشیده‌شدن آب	ماشین‌دربرابر پاشیده‌شدن آب حفاظت دارد.	آبی که از هر جهت بر روی‌ماشین پاشیده‌شود هیچ‌گونه اثر سویی بر آن نخواهد داشت.
۵	حفاظت در برابر فوران آب	ماشین در برابر فوران آب با فشار حفاظت دارد.	فوران آب از هر نوزل و از هر جهت هیچ‌گونه اثر زیان‌آور بر روی ماشین نخواهد داشت.
۶	حفاظت در برابر موج	ماشین در برابر دریاهای طوفانی حفاظت دارد.	آب دریاهای طوفانی یا آب فواره‌های قوی و با فشار، به‌طوری که اثر سوء بر دستگاه باقی گذارد، وارد آن نخواهد شد.
۷	حفاظت در برابر فرو رفتن در آب	ماشین در برابر فرو رفتن در آب حفاظت دارد.	اگر ماشین در شرایط مشخصی از فشار و زمان در آب فرو رود آب به‌صورت زیان‌آور وارد ماشین نخواهد شد.
۸	حفاظت در برابر فرو رفتن نامحدود در آب	ماشین در برابر فرو رفتن دایم در آب حفاظت دارد.	ماشین برای فرو رفتن دایم در آب در شرایطی که به‌وسیلهٔ سازنده مشخص می‌شود مناسب است.

فصل ۱۰

ترانسفورماتورهای قدرت فشار متوسط

۱۰ ـ ۱ کلیات و تعاریف

۱۰ ـ ۱ ـ ۱ ترانسفورماتور دستگاه ساکنی است که با القای الکترومغناطیسی بین دو یا چند سیم پیچ، ولتاژ و جریان الکتریکی متناوب را به‌ولتاژ و جریان الکتریکی با همان فرکانس و معمولاً با مقادیر دیگر تبدیل می‌نماید.

۱۰ ـ ۱ ـ ۲ ترانسفورماتور نوع خشک، ترانسفورماتوری است که هسته و سیم‌پیچهای آن در عایق مایع قرار ندارد.

۱۰ ـ ۱ ـ ۳ ترانسفورماتور نوع روغنی، ترانسفورماتوری است که هسته و سیم‌پیچهای آن در روغن قرار دارد.

۱۰ ـ ۱ ـ ۴ نشانه گروه اتصال یک علامت قراردادی است که اتصالهای سیم‌پیچهای فشارقوی، فشار متوسط و فشار ضعیف و جابجایی فاز آن را نسبت به‌یکدیگر برحسب اعداد صفحه ساعت بیان می‌کند.

۱۰ ـ ۱ ـ ۵ نشانه‌های شناسایی و روش خنک کردن ترانسفورماتور با استفاده از حروف لاتین شامل نوع ماده خنک‌کننده و سیستم گردش آن در جدول ۱۰ ـ ۱، و ترتیب حروف مزبور (از چپ به راست) در جدول ۱۰ ـ ۲، برابر استاندارد ۲۶۲۱ ایران یا IEC 76-2 ارائه شده است:

جدول ۱۰ ـ ۱ نشانه‌های شناسایی و روش خنک‌کردن ترانسفورماتور

نوع ماده خنک کننده	نشانه
روغن معدنی یا مایع عایق مصنوعی قابل اشتعال معادل	O
مایع عایق مصنوعی غیر قابل اشتعال	L
گاز	G
آب	W
هوا	A
نوع گردش	
طبیعی	N
اجباری (گردش هدایت نشده روغن)	F
اجباری (گردش هدایت شده روغن)	D

جدول ۱۰ ـ ۲ ترتیب نشانه‌ها (از چپ به راست)

حرف یکم	حرف دوم	حرف سوم	حرف چهارم
مشخص‌کننده ماده خنک کننده‌ای که با سیم‌پیچها در تماس است		مشخص‌کننده ماده خنک‌کننده‌ای که با سیستم خنک‌کننده خارجی در تماس است	
نوع ماده خنک‌کننده	نوع گردش	نوع ماده خنک‌کننده	نوع گردش

۱۰ ـ ۱ـ۶ در سیستمهای انتقال و توزیع نیروی برق به‌منظور به‌حداقل رساندن مقدار تلفات توان از ترانسفورماتورهای فشار قوی و فشار متوسط افزاینده و کاهنده استفاده می‌شود.

۱۰ ـ ۱ـ۷ در سیستم برق سه‌فاز برای افزایش ولتاژ عموماً از ترانسفورماتور افزاینده با سیم‌پیچ ثانوی اتصال مثلثی و برای کاهش ولتاژ از ترانسفورماتور کاهنده با سیم‌پیچ ثانوی اتصال ستاره یا زیگزاگ استفاده می‌شود.

۱۰ ـ ۱ـ۸ در مواردی که تأمین برق ساختمان یا مجموعه موردنظر با توجه به‌میزان برق موردنیاز با استفاده از شبکه برق فشار متوسط و با احداث پست ترانسفورماتور در داخل ساختمان یا محوطه آن صورت می‌گیرد، ساختمان و تجهیزات پست باید مطابق مقررات و استانداردهای مورد قبول شرکت برق منطقه‌ای مربوط و ضوابط مندرج در این فصل طراحی و اجرا شود.

۱۰ ـ ۱ـ۹ هر دستگاه ترانسفورماتور فشار متوسط باید به‌یک صفحه یا پلاک مشخصات مقاوم در برابر هوا مجهز باشد. اطلاعات مندرج در پلاک مزبور، که باید به‌طور خوانا و دایمی در آن حک شده باشد، شامل نوع ترانسفورماتور، نام کارخانه سازنده، تاریخ ساخت، تعداد فازها، توان اسمی، فرکانس اسمی، ولتاژهای اسمی، جریانهای اسمی، نشانه گروه اتصال، ولتاژ اتصال کوتاه در جریان اسمی، نوع خنک‌کننده، وزن کل و وزن روغن خواهد بود.[1]

۱۰ ـ ۲ استاندارد و مشخصات فنی ترانسفورماتورها

۱۰ ـ ۲ـ۱ ترانسفورماتورهای قدرت باید برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای مشابه بین‌المللی معتبر همچون VDE یا BS طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد:

الف ـ کلیات: استاندارد ایران، شماره ۲۶۲۰ یا IEC 76-1

ب ـ افزایش دما: استاندارد ایران، شماره ۲۶۲۱ یا IEC 76-2

پ ـ سطحهای عایقبندی و آزمونهای دی‌الکتریک: استاندارد ایران، شماره ۲۶۲۲ یا IEC 76-3

ت ـ انشعابات و اتصالات: استاندارد ایران، شماره ۲۶۲۳ یا IEC 76-4

ث ـ استقامت در برابر اتصال کوتاه: استاندارد ایران، شماره ۲۶۲۴ یا IEC 76-5

۱۰ ـ ۲ـ۲ استاندارد و مشخصات مندرج در این بخش، شامل ترانسفورماتورهایی است که در شرایط محیط کار عادی زیر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد:

۱۰ ـ ۲ـ۲ـ۱ **ارتفاع از سطح دریا**: حداکثر تا ۱۰۰۰ متر

---

۱ ـ برای اطلاعات تکمیلی به‌استاندارد ایران، شماره ۲۶۲۰، بند ۵ ـ ۲ رجوع شود.

یادآوری:

برای ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر به‌بند ۱۰ ـ ۲ـ۳ رجوع شود.

۱۰ ـ ۲ـ۲ـ۲ حداکثر درجه حرارت محیط برای ترانسفورماتورهایی که به‌وسیله گردش هوا خنک می‌شود، ۴۰ درجه سانتیگراد و حداقل درجه حرارت محیط برای ترانسفورماتورهای مذکور در صورتی که در فضای آزاد خارج ساختمان نصب شود ۲۵- درجه سانتیگراد و در صورتی که در داخل ساختمان نصب شود ۵- درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین در این‌گونه ترانسفورماتورها مقدار متوسط دمای هوا به‌هیچ‌وجه نباید، روزانه از ۳۰ زینه سلسیوس و سالانه از ۲۰ زینه سلسیوس تجاوز نماید.

یادآوری:

برای دماهای بالاتر به‌بند ۱۰ ـ ۲ـ۳ رجوع شود.

۱۰ ـ ۲ـ۲ـ۳ شکل موج ولتاژ ورودی باید تقریباً سینوسی باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۲ـ۴ ولتاژهای ورودی فازها تقریباً باید متقارن (متعادل) باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۳ پیش‌بینیهای لازم برای شرایط محیط کار غیرعادی

۱۰ ـ ۲ـ۳ـ۱ در صورتی که شرایط محیط نصب با مشخصات محیط نصب مندرج دربند ۱۰ ـ ۲ـ۲ مطابقت نداشته باشد، شرایط محیط نصب باید هنگام سفارش به‌کارخانهٔ سازنده اعلام شود.

۱۰ ـ ۲ـ۳ـ۲ مقررات تکمیلی، در محدوده تعیین شده، برای مقادیر اسمی و آزمونی ترانسفورماتورهایی که برای شرایطی غیر از شرایط کارعادی مندرج در بند ۱۰ ـ ۲ـ۲ طرح شده است به‌قرار زیر است:

ـ برای ترانسفورماتورهای نوع خشک و نوع روغنی که با هوا خنک می‌شود و در دمای خارج از محدوده دمای عادی هوای خنک کننده مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد به‌بند فرعی ۲ـ۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۱ یا نشریه IEC 76-2 بند ۲ ـ ۲ رجوع شود.

ـ برای انواع ترانسفورماتورهایی که در ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، به‌بند فرعی ۲ـ۳ از استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۱ و شماره ۲۶۲۲، سطح عایقبندی و آزمونهای دی‌الکتریک یا نشریه IEC 76-2 بند ۳ـ۲ و نشریه IEC 76-3 بخش ۳ رجوع شود.

۱۰ ـ ۲ـ۴ ترانسفورماتورهایی که در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد از نوع روغنی قابل نصب در داخل ساختمان و یا در فضای آزاد خارج ساختمان می‌باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۵ مشخصات الکتریکی

الف ـ قدرت اسمی	برحسب نیاز (قدرتهای معمولی از ۵۰ الی ۱۶۰۰ کیلوولت ـ آمپر)
ب ـ فرکانس اسمی	۵۰ هرتز
پ ـ ولتاژ اولیه اسمی	برحسب نیاز شبکه (ولتاژهای معمولی ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت)
ت ـ ولتاژ ثانویه اسمی	۴۰۰ ـ ۲۳۱ ولت
ث ـ امکان تنظیم ولتاژ	۵± درصد ولتاژ اولیه

ج - ولتاژ امپدانس اسمی: در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوولت ـ آمپر: ۴ درصد
در ترانسفورماتورهایی به‌قدرت ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت ـ آمپر: ۶ درصد

چ - گروه اتصال در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوولت ـ آمپر: Y_z5
در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت ـ آمپر: D_y5

۱۰ ـ ۲ـ۶ مشخصات ساخت

ترانسفورماتور شامل هسته آهنی، سیم‌پیچها، عایقبندی، بازوها و نگهدارنده‌ها، منبع اصلی محافظ سیم‌پیچها و خنک کننده روغن به صورت طبیعی (ONAN) با شیر تخلیه، منبع انبساط و ذخیره روغن، رطوبت‌گیر روغن، رله بوخ هولتس، حرارت‌سنج، مقره‌های فشار متوسط یا فشار ضعیف، پیچ مخصوص اتصال زمین، پایه و چرخ و قلابهای مخصوص حمل و نقل با جرثقیل و بارگیری می‌باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱ هسته ترانسفورماتور باید از ورقه‌های فولادی سیلیکن‌دار، پیرنشدنی،[1] نورد سردشده، با کریستالهای منظم، و مناسب برای مصرف موردنظر ساخته شده باشد. هر دو طرف ورقه‌های فولادی باید به‌گونه‌ای عایقبندی شده باشد که مقاومت الکتریکی موردنیاز را بین ورقه‌های مذکور تأمین نماید. هسته ترانسفورماتورهای قدرت معمولاً ساق‌دار بوده و ساقها توسط دو یوغ از بالا و پایین به‌هم متصل می‌شود. ساقها که سیم‌پیچها بر روی آن سوار می‌شود باید دارای مقطع مدور پله‌ای باشد. کلیه اتصالات قسمتهای مختلف هسته آهنی باید به‌نحوی باشد که ضمن ایجاد حداقل تلفات در حالت بدون بار، از استحکام مکانیکی کافی برخوردار باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۲ در طراحی و ساخت سیم‌پیچهای ترانسفورماتور عواملی همچون سطح عایقبندی و استحکام مکانیکی عایق، حداقل تلفات عایق، توزیع یکنواخت میدان الکتریکی، دفع یکنواخت انرژی تلف شده به‌وسیله عبور جریان آزاد روغن و جلوگیری از تجمع حرارت در یک نقطه، توزیع ولتاژ یکنواخت بین حلقه‌های مجاور و در سراسر سیم‌پیچها، و کنترل ضریب دی‌الکتریک برای تحمل شرایط حداکثر ولتاژ بهره‌برداری و موج ضربه، باید در نظر گرفته شود.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۳ هادیهای سیم‌پیچها باید از مس الکترولیتی ساخته شده و عاری از هرگونه پوسته، برآمدگی و شکاف باشد. سیم‌پیچها باید به‌گونه‌ای ساخته شده، شکل یافته و بسته شود که انبساط و انقباض ناشی از تغییرات درجه حرارت موجب ساییدگی عایقبندی نگردد و در برابر جابجایی و پیچش ناشی از شرایط بهره‌برداری غیرعادی از استحکام کافی برخوردار باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۴ عایقبندی سیمها باید از نوع مرغوب، مشابه کاغذهای عایق مخصوص کابل بوده و در برابر فشار ولتاژ در شرایط کارعادی و همچنین در برابر فشار ولتاژ ضربه‌ای مقاوم باشد. عایقبندی سیم‌پیچها باید از نوع یکنواخت یا غیریکنواخت انتخاب شود. لاک زدن روی حلقه‌های سیم‌پیچها باید فقط به‌منظور ایجاد حفاظت مکانیکی انجام شود. مواد مورد استفاده در عایقبندی و مونتاژ سیم‌پیچها باید از نوع غیرقابل حل، تجزیه‌ناپذیر و از نظر شیمیایی غیرفعال در روغن ترانسفورماتور در شرایط کار باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۵ هر هسته و سیم‌پیچی مونتاژ شده باید تحت شرایط خلاء با فشار کمتر از ۰/۵ میلیمتر جیوه خشک شود و بلافاصله پس از مرحلهٔ خشک شدن تحت عمل اشباع روغن قرار گیرد تا اطمینان کافی از کاهش نفوذ رطوبت و هوا در ساختار عایقی آن حاصل شده، و سپس در روغن عاری از رطوبت غوطه‌ور گردد.

1- Non aging

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۶ بازوها و نگهدارنده‌های هسته فلزی و سیم‌پیچها باید به‌گونه‌ای باشد که در صورت بروز اتصال کوتاه در داخل ترانسفورماتور هیچ‌گونه آسیبی به‌اجزای مختلف آن وارد نشود.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۷ سیستم تنظیم ولتاژ باید روی سیم‌پیچ اولیه باشد و دستهٔ آن در خارج ترانسفورماتور طوری قرار گرفته باشد که برای تنظیم ولتاژ احتیاجی به‌باز کردن در ترانسفورماتور نباشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۸ منبع اصلی ترانسفورماتور، که هسته و سیم‌پیچها در آن قرار می‌گیرد، باید از فولاد کم کربن نوردشده به‌صورت گرم یا سرد، ساخته شده و به‌نحو مطلوبی آب‌بندی شود. در پوش مخزن باید به‌گونه‌ای باشد که آب در روی آن راکد نماند. واشرهای مورد مصرف باید از مواد نرم قابل ارتجاع که در روغن یا روغن داغ قابل حل نباشد ساخته شود. برای خنک کردن روغن داخل ترانسفورماتور باید سطح جدار خارجی مخزن تا حدامکان بزرگ باشد تا تبادل حرارتی بیشتری صورت پذیرد. بدین‌منظور به‌طور کلی در ترانسفورماتورهای تا ۶۳۰ کیلوولت ـ آمپر منبع دارای جدار پرده‌ای بوده و ترانسفورماتورهایی که دارای قدرت ۶۳۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت ـ آمپر است جداره منبع به‌لوله‌های خنک‌کننده مجهز است.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۹ به‌منظور جبران و تأمین مقدار روغن تبخیرشده و یا انبساط و انقباض روغن، هر ترانسفورماتور باید مجهز به‌یک منبع انبساط و ذخیره روغن با درجه‌نمای روغن باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۰ برای جلوگیری از تماس مستقیم روغن با جدار داخلی منبع اصلی و مخزن انبساط، جدارهای مزبور باید با لعاب یا ماده مقاوم در برابر روغن پوشانیده شود.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۱ مخزن ترانسفورماتور، رادیاتورها، لوله‌های ارتباطی روغن و مانند آن، باید در برابر خلاء کامل و همچنین فشار داخلی ناشی از اختلاف ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین سطح روغن ترانسفورماتور و مخزن، از استحکام لازم برخوردار باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۲ ساختمان مخزن اصلی و مخزن انبساط روغن باید با درنظر گرفتن تغییرات درجه حرارتهای موردنظر برای سردترین و گرمترین شرایط کار طراحی شود.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۳ برای جلوگیری از ورود رطوبت موجود در هوا از طریق هواکش به‌داخل منبع ذخیره روغن باید در مسیر هواکش، سیستم رطوبت‌گیر مخصوص روغن ترانسفورماتور از نوع سلیکاژل تعبیه شود.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۴ برای حفاظت ترانسفورماتور در برابر خطرات گاز اضافی که می‌تواند به‌وسیلهٔ جرقه یا اتصال کوتاه و یا حرارت ایجاد شود و همچنین به‌منظور جلوگیری از پایین رفتن سطح روغن از حدمجاز، هر دستگاه ترانسفورماتور باید مجهز به‌رلهٔ بوخ هولتس باشد تا در صورت پیش‌آمدن یک یا چند مورد فوق‌الذکر با تحریک سیستم اعلام خطر و قطع جریان برق از بروز خطرات احتمالی جلوگیری شود.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۵ بدنه خارجی هر ترانسفورماتور باید مجهز به دو ترمینال برای اتصال سیستم زمین به‌بدنه ترانسفورماتور بوده و در هر ترمینال دو محل اتصال برای وصل هادی زمین درنظر گرفته شده باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۶ روغن ترانسفورماتور باید از محصولات نفتی خالص با پایه نفتان کلاس ۲، بدون ماده افزودنی ضد اکسیداسیون و مطابق جدیدترین استاندارد IEC 296 باشد. (برای اطلاعات بیشتر به جدول ۲ ـ ۱۴ از نشریه «مشخصات فنی ترانسفوماتورهای توزیع»، وزارت نیرو، امور برق، رجوع شود.)

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۷ کلیهٔ مقره‌هایی که دارای ولتاژ اسمی حداکثر یک کیلوولت می‌باشد باید براساس DIN 42530 و کلیهٔ مقره‌هایی که دارای ولتاژ اسمی ۱۰ تا ۳۰کیلوولت است برطبق DIN 42531 یا IEC 233 ساخته شده باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۸ در مواردی که ترانسفورماتور در خارج ساختمان و فضای آزاد نصب شود کلیه مقره‌ها، درپوشها و

غیره باید از نوع مخصوص بارانی باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۱۹ برای جابجایی و حرکت‌دادن ترانسفورماتورها، باید هر یک به‌چهار عدد چرخ با قابلیت تغییر جهت نصب چرخ (۹۰ درجه) مجهز باشد.

۱۰ ـ ۲ـ۶ـ۲۰ در صورتی که برای حفاظت ترانسفورماتورها از فیوز به‌جای دیژنکتور استفاده شود، باید برای تعیین جریان و نوع فیوز آن، جداول شماره ۱۰ ـ ۳ و ۱۰ ـ ۴ ملاک عمل قرار گیرد.

جدول ۱۰ ـ ۳ فیورهای توصیه‌شده برای حفاظت طرف اولیهٔ ترانسفورماتورهای سه‌فاز هوایی توزیع

قدرت اسمی خروجی ترانسفورماتور	جریان فیوز											
	سیستم ۱۱ کیلوولت				سیستم ۲۰ کیلوولت				سیستم ۳۳ کیلوولت			
		نوع فیوز				نوع فیوز				نوع فیوز		
	جریان اسمی	کند تند	K	T	جریان اسمی	کند تند	K	T	جریان اسمی	کند تند	K	T
KVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
۲۵	۱/۳۱۲	۲/۱*	۶*	۶	۰/۷۲۲	۱*	۳*	۳*	۰/۴۳۷	۰/۶*	۲*	۲*
۵۰	۲/۶۲۴	۳/۱	۶*	۶	۱/۴۴۳	۱/۴	۳*	۳*	۰/۸۷۸	۱	۲*	۲*
۷۵	۳/۹۳۶	۳/۵	۶*	۶	۲/۱۶۵	۲/۱	۳*	۶	۱/۳۱۵	۱/۴	۲*	۲*
۱۰۰	۵/۲۴۸	۵/۲	۸	۸	۲/۸۸۷	۳/۱	۶	۶	۱/۷۵۲	۱/۶	۳	۳
۱۵۰	۸/۳۹۸	۷/۸	۱۲	۱۲	۴/۸۱۹	۴/۲	۸	۸	۲/۷۹۹	۳/۱	۶	۶
۲۰۰	۱۰/۴۹۶	۱۰/۴	۱۵	۱۵	۵/۷۷۴	۵/۲	۱۰	۱۰	۳/۴۹۹	۳/۵	۶	۶
۲۵۰	۱۳/۱۲۰	۱۰/۴	۲۰	۲۰	۷/۲۱۵	۷	۱۰	۱۰	۴/۳۷۴	۴/۲	۶	۶

مقادیر این جدول براساس مشخصه‌های فیوز مندرج در نشریه NEMA PUBLICATION SG-2 تعیین شده است.

مقادیری که با ستاره مشخص نشده است با مقادیر فیوز نوع H.R.C حداکثر ۱۰۰ آمپر در سیستم ۳۸۰ ولت هماهنگ می‌باشد.

مقادیری که با ستاره مشخص شده است با مقادیر فیوز نوع H.R.C حداکثر ۸۰ آمپر در سیستم ۳۸۰ ولت هماهنگ می‌باشد. (به‌استثنای ترانسفورماتورهای ۲۵ کیلوولت آمپر)

جدول ۱۰ ـ ۴ فیوزهای توصیه‌شده برای حفاظت طرف اولیهٔ ترانسفورماتورهای سه‌فاز توزیع

قدرت اسمی خروجی ترانسفورماتور	جریان فیوز											
	سیستم ۳۳ کیلوولت				سیستم ۲۰ کیلوولت				سیستم ۱۱ کیلوولت			
	نوع فیوز				نوع فیوز				نوع فیوز			
	T	K	کند تند	جریان اسمی	T	K	کند تند	جریان اسمی	T	K	کند تند	جریان اسمی
KVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
۳۱۵	۸	۸	۵/۲	۵/۵۱۱	۱۲	۱۲	۷/۸	۹/۰۹۳	۲۵	۲۵	۱۴	۱۶/۵۳۳
۴۰۰	۱۰	۱۰	۷	۶/۹۹۸	۱۵	۱۵	۱۰/۴	۱۱/۵۴۷	۳۰	۳۰	۱۴	۲۰/۹۹۵
۵۰۰	۱۲	۱۲	۷/۸	۸/۷۴۸	۲۰	۲۰	۱۴	۱۴/۴۳۴	۴۰	۴۰	۲۱	۲۶/۲۴۳
۶۳۰	۱۵	۱۵	۱۰/۴	۱۱/۰۲۲	۲۵	۲۵	۱۴	۱۸/۱۸۶	۵۰	۵۰	۳۲	۳۳/۰۶۶
۸۰۰	۲۰	۲۰	۱۰/۴	۱۳/۹۹۶	۳۰	۳۰	۲۱	۲۳/۰۹۴	۶۵	۶۵	۴۶	۴۱/۹۸۹
۱۰۰۰	۲۵	۲۵	۱۴	۱۷/۴۹۶	۴۰	۴۰	۲۱	۲۸/۸۶۸	۸۰	۸۰	۴۶	۵۲/۴۸۶

مقادیر این جدول براساس مشخصه‌های مندرج در نشریه NEMA PUBLICATION SG-2 تعیین شده است.

۱۰ ـ ۳ اصول و روشهای نصب ترانسفورماتور

۱۰ ـ ۳ ـ ۱ نصب ترانسفورماتور در داخل ساختمان

۱۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۱ اتاق ترانسفورماتور باید حتی‌الامکان نزدیک به‌مرکز ثقل بار و در طبقه همکف بوده و در آن به‌خیابان یا فضای آزاد باز شود به‌گونه‌ای که نقل و انتقال ترانسفورماتور و حرکت جرثقیل به‌سهولت امکان‌پذیر باشد. در مواردی که نصب ترانسفورماتورها در طبقات صورت می‌گیرد باید از ترانسفورماتورهای خشک استفاده شود.

۱۰ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۲ به‌طور کلی ابعاد اصلی اتاق ترانسفورماتور، که باید با توجه به‌ظرفیت و تعداد ترانسفورماتورها و امکان توسعه آتی آن تعیین شود، به‌شرح زیر است:

الف ـ ترانسفورماتورهای کوچک تا ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت ـ آمپر:

ابعاد اتاق: طول = ۴ متر، عرض = ۳ متر، ارتفاع = ۴/۷ متر

ابعاد در اتاق: عرض = ۱/۵ متر، ارتفاع = ۴ متر

ب ـ ترانسفورماتورهای بزرگتر از ۶۳۰ کیلوولت ـ آمپر:

ابعاد اتاق: طول = ۴/۵ متر، عرض = ۳/۵ متر، ارتفاع = ۵/۳ متر

ابعاد در اتاق: عرض = ۲ متر، ارتفاع = ۴/۳ متر

فضای آزاد در اطراف ترانسفورماتور باید حداقل ۰/۸ متر درنظر گرفته شود.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۳ دفع حرارت ناشی از تلفات ترانسفورماتور در شرایط عادی[1] (بند ۱۰ ـ ۲ـ۲) ممکن است به‌وسیله تهویه طبیعی همچون افزایش ارتفاع پست و تعبیه دریچه‌های مشبک ورود هوا در قسمت پایین پست و نصب بادگیر خروج هوا در قسمت سقف یا زیر آن انجام شود. در موارد غیرعادی مانند مناطق گرمسیری که حرارت محیط پست بیش از حرارت مندرج در بند ۱۰ ـ ۲ـ۲ می‌باشد، استفاده از تهویه مصنوعی به‌کمک هواکشهای برقی ضرورت دارد. در این‌گونه موارد باید در دهانه بادگیر یا پشت دریچه‌های فوقانی پست، هواکشهای برقی مناسبی با کنترل ترموستات پیش‌بینی شود، به‌طوری که هنگام افزایش میزان حرارت داخل پست، هواکشها با فرمان ترموستاتها به‌کار افتاده و در سایر مواقع خاموش باشد.

برای محاسبه و انتخاب نوع و تعداد هواکشها در هر یک از موارد فوق‌الذکر، به‌جداول بخش ۲ـ۳ مندرج در جلد اول از نشریه «استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت» وزارت نیرو، امور برق، رجوع شود.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۴ سایر مشخصاتی که در ساختمان اتاق ترانسفورماتور باید رعایت شود به‌قرار زیر است:

الف ـ اتاق پست ترانسفورماتور باید عاری از رطوبت بوده و از مصالحی ساخته شود که در برابر آتش‌سوزی مقاوم باشد.

ب ـ سطوح دیوارهای داخلی اتاق باید به‌گونه‌ای پوشیده شود که گردگیر نباشد.

پ ـ سقف اتاق باید با ملات ماسه سیمان اندود و در نهایت رنگ‌آمیزی (نقاشی) شود، استفاده از گچکاری و مانند آن مجاز نخواهد بود.

ت ـ ورودی اتاق باید فاقد پله و دارای شیب مجاز باشد. در اتاق باید از نوع آهنی و به‌سمت خارج باز شود. قفل در باید از نوعی باشد که حتی هنگام قفل بودن آن، از داخل قابل بازشدن باشد. در اتاق ترانسفورماتور به‌جز در اصلی هیچ‌گونه در یا پنجره دیگری نباید وجود داشته باشد.

ث ـ ارتفاع کف اتاق ترانسفورماتور باید حداقل ۲۰ سانتیمتر از سطح احتمالی سیلابروهای منطقه بالاتر باشد.

ج ـ دریچه‌های ورودی و خروجی هوا باید به‌گونه‌ای باشد که از ورود آب باران و همچنین دخول پرندگان و حیوانات کوچک به‌داخل پست ممانعت شود.

چ ـ در فضای درونی و در جدارهٔ داخلی و خارجی دیوارها، سقف و کف اتاق ترانسفورماتور نباید هیچ‌گونه لوله‌های حامل آب، گاز، تهویه و حرارت مرکزی نصب شود.

ح ـ برای اجتناب از تعریق در اتاق ترانسفورماتور، باید از گرمکن‌برقی مجهز به‌ترموستات استفاده شود.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۵ ترانسفورماتور را ممکن است به‌طور جداگانه در اتاق ویژه آن، یا مشترکاً در اتاق تابلوهای فشار متوسط نصب نمود. اتاق موردنظر ممکن است دارای کف نیم‌طبقه (دارای زیرزمین) و یا از نوع کف کانال باشد، لیکن در هر دو صورت، به‌منظور جلوگیری از آلودگی محیط پست، اجتناب از آتش‌سوزی، و گردآوری روغنهایی که به‌علل مختلف از ترانسفورماتور نشت یا سرریز می‌شود، در زیر هر ترانسفورماتور باید حوضچه‌ای مستطیل شکل به‌شرح زیر پیش‌بینی شود:

الف ـ ابعاد حوضچه باید حداقل برابر با ابعاد خارجی بزرگترین ترانسفورماتوری باشد که در اتاق

---

۱ ـ در مواردی که ارتفاع محل نصب ترانسفورماتور بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا باشد، براساس توصیه سازندگان، باید به‌ازای هر ۲۰۰ متر ارتفاع اضافی یک درصد از ظرفیت نامی ترانسفورماتور کاسته شود.

مزبور ممکن است نصب شود و عمق آن متناسب با ظرفیت روغن ترانسفورماتور نامبرده خواهد بود. لبه دورادور حوضچه باید با آهن نبشی ۴×۴ سانتیمتر محافظت شود.

ب ـ دیواره‌ها و کف حوضچه ممکن است به‌صورت آجری با اندود سیمان، یا با بتن مسلح ساخته شود و سپس با رنگ مقاوم در برابر روغن رنگ‌آمیزی شود.

پ ـ به‌منظور به‌حداقل رساندن خطر آتش‌سوزی، داخل حوضچه روغن باید تا ارتفاع معینی از قلوه‌سنگ انباشته شود تا روغن داغ در مجاورت هوا قرار نگیرد.

ت ـ کف حوضچه باید دارای شیب مناسبی به‌طرف چاله‌گردآوری و تخلیه روغن داشته باشد و لوله تخلیه یا امکانات دیگری برای جمع‌آوری و تخلیه روغن در ساختمان آن درنظر گرفته شود.

ث ـ بر روی حوضچه باید ریلهای مناسبی برای استقرار چرخهای کوچکترین و بزرگترین ترانسفورماتور قابل استفاده در اتاق پیش‌بینی و نصب شود.

ج ـ به‌منظور جلوگیری از جابجایی ترانسفورماتور، چرخهای آن باید به‌کمک نگهدارنده‌های پیچ و مهره‌دار بر روی ریلها محکم شود.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۶ جزییات حوضچه روغن و ریل‌گذاری ترانسفورماتور مطابق استاندارد وزارت نیرو، امور برق در شکل ۱۰ ـ ۱ به‌عنوان نمونه ارائه شده است.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۷ در مواردی که از اتاق ترانسفورماتور با کف کانال استفاده می‌شود، برای نصب کابلهای فشار متوسط و فشار ضعیف از تابلوها به‌ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه زیر ترانسفورماتور کانالهایی به‌ابعاد حداقل ۵۰×۳۰ سانتیمتر پیش‌بینی و احداث شود.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۸ در مواردی که از اتاق با کف نیم‌طبقه (دارای زیرزمین) استفاده می‌شود، برای ورود کابلهای فشار متوسط و فشار ضعیف از زیرزمین به‌اتاق ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه، شیارهایی با ابعاد ۵۰×۱۵ سانتیمتر پیش‌بینی شود.

۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۹ برای نگاهداری کابلهای فشار متوسط و فشار ضعیف به‌صورت عمودی در طرفین ترانسفورماتور تا محل اتصال آن، در کنار شیارهای ورودی کابل یا در انتهای کانالهای کابل، در طرفین حوضچه زیر ترانسفورماتور، باید اسکلتهای فلزی نرده مانند ساخته شده از نبشی حداقل ۵×۵ سانتیمتر پیش‌بینی و پایه‌های آن به‌طور ثابت در کف اتاق نصب شود.

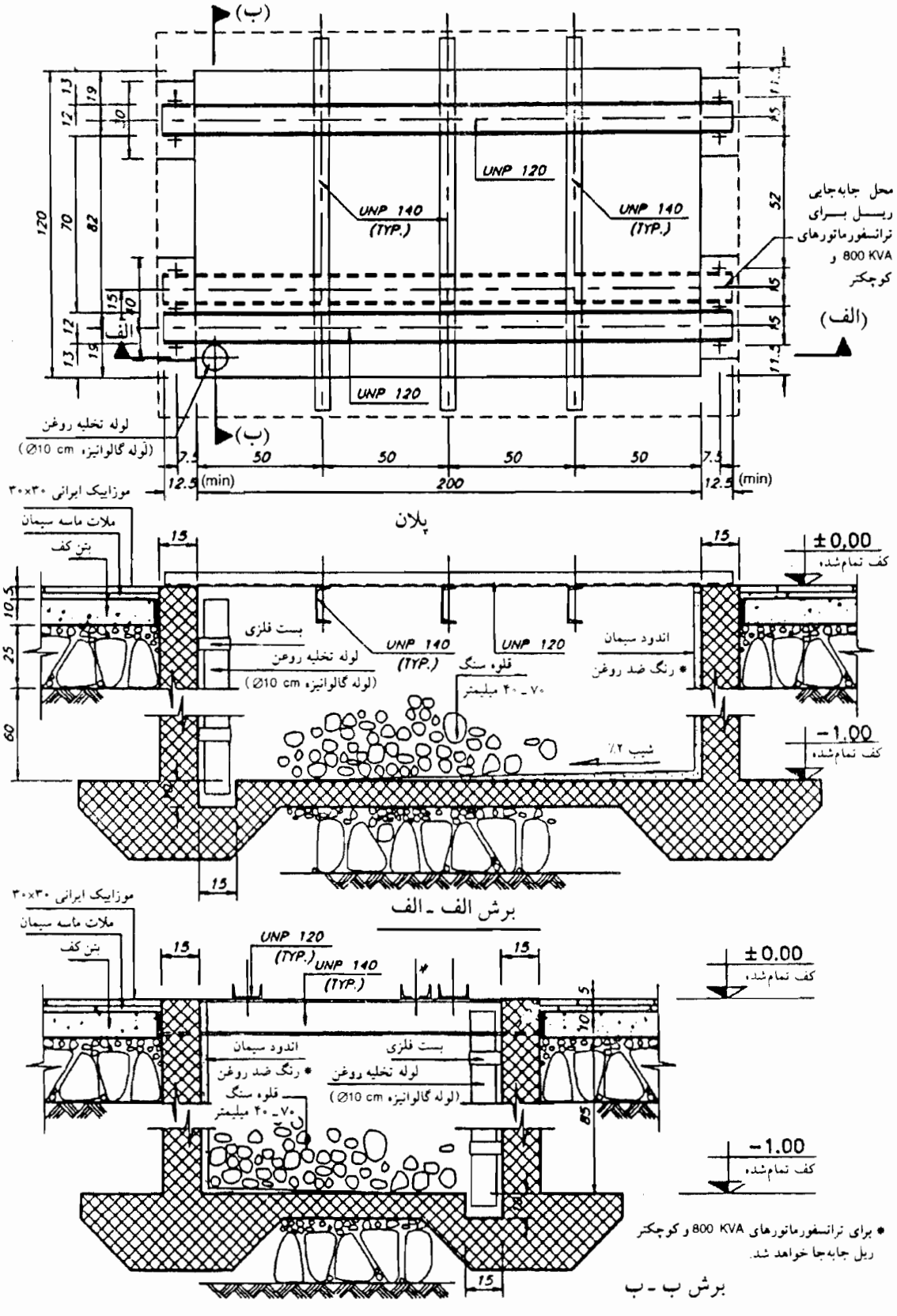
۱۰ ـ ۳ـ۱ـ۱۰ به‌منظور رعایت ضوابط ایمنی، بدنهٔ اصلی ترانسفورماتور باید از طریق پیچ مخصوص اتصال زمین به‌طور محکم به‌چاه اتصال زمین واقع در نزدیکترین نقطه ممکن به‌آن متصل شود. با توجه به‌قابلیت جابجایی ترانسفورماتور بر روی چرخ و ریل، هادی اتصال زمین باید از نوع انعطاف‌پذیر و دارای طول کافی باشد. تجهیزات داخل پست اعم از بدنه ترانسفورماتورها، تابلوها، در، دریچه‌ها، نرده‌ها و درپوشهای فلزی باید به‌طور مؤثری به‌شبکهٔ زمین پست اتصال داده شود.

۱۰ ـ ۳ـ۲ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان (فضای آزاد)

ترانسفورماتور را می‌توان در خارج ساختمان بر روی زمین و یا روی تیر نصب نمود.

۱۰ ـ ۳ـ۲ـ۱ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان و در روی زمین

الف ـ فضایی که برای نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان درنظر گرفته می‌شود باید حداقل



شکل ۱۰ ـ ۱ نمونه جزییات حوضچهٔ روغن و ریل‌گذاری ترانسفورماتور برابر استاندارد وزارت نیرو ـ امور برق.

دارای ابعاد ۴/۵×۴ متر بوده و کف آن حدود ۵۰ سانتیمتر از کف اطرافش بالاتر باشد.

ب ـ برای نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان باید در محل نصب ترانسفورماتور حوضچه‌ای مستطیل شکل و با ابعادی حداقل برابر با ابعاد خارجی ترانسفورماتور موردنظر و به‌عمق ۵۰ سانتیمتر پیش‌بینی و بر روی آن دو عدد ناودانی مناسب برای حرکت و قرارگرفتن چرخهای ترانسفورماتور نصب شده و لبهٔ دورادور حوضچه با آهن نبشی ۴×۴ سانتیمتر مهار شود.

پ ـ به‌منظور هدایت و دفع روغنهایی که به‌علل مختلف از ترانسفورماتور نشت و ریخته می‌شود و همچنین دفع آب باران و غیره، کف حوضچه باید دارای شیبی برابر یک درصد به‌طرف مرکز آن بوده و در مرکز به‌وسیلهٔ یک کف‌شور به‌چاهک جذب با عمق مناسب منتهی شود.

ت ـ دیواره‌ها و کف حوضچه ممکن است به‌صورت آجری با اندود سیمان و یا با بتن مسلح ساخته شود.

ث ـ برای نصب کابلهای فشار متوسط و فشار ضعیف از تابلوها به‌ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه کانالهایی به‌ابعاد حداقل ۵۰×۳۰ سانتیمتر پیش‌بینی و تعبیه شود.

ج ـ به‌منظور حفاظت ترانسفورماتور در برابر آسیب، و دسترسی افراد غیرمجاز باید دورادور محل نصب آن با حصار توری و یا نرده فلزی با درهای ورودی مناسب محصور شود.

۱۰ ـ ۳ـ۲ـ۲ نصب ترانسفورماتور در روی تیر

الف ـ ترانسفورماتورهای فشار متوسط با ولتاژ ۱۱ کیلوولت تا قدرت ۲۵۰ کیلوولت ـ آمپر، و با ولتاژ ۲۰ کیلوولت تا قدرت ۲۰۰ کیلوولت ـ آمپر را می‌توان در روی تیر نصب نمود.

ب ـ برای نصب ترانسفورماتورهای فشار متوسط با ولتاژهای ۱۱ و ۲۰ کیلوولت در روی تیر باید جزییات و اصول نصب مندرج در استانداردهای شماره ۴۴۲ـ۱۱ و ۴۴۳ـ۱۱ و ۴۴۴ـ۱۱ و ۴۴۲ـ۲۰ و ۴۴۳ـ۲۰ و ۴۴۴ـ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق دقیقاً رعایت شود.

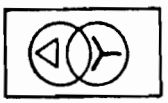
۱۰ ـ ۴ محافظت ترانسفورماتور در برابر ازدیاد جریان

۱۰ ـ ۴ـ۱ به‌منظور انتخاب نوع و قدرت فیوز برای ترانسفورماتورهای سه‌فاز نصب‌شده در روی تیر، جدول شمارهٔ ۱۰ ـ ۳ باید مورد استفاده قرارگیرد.

۱۰ ـ ۴ـ۲ به‌منظور انتخاب نوع و قدرت فیوز برای ترانسفورماتورهای سه‌فاز نصب‌شده در روی زمین در فضای باز، جدول شمارهٔ ۱۰ ـ ۴ باید ملاک عمل قرارگیرد.

۱۰ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مربوط به‌ترانسفورماتورهای فشار متوسط در جدول ۱۰ ـ ۵ ارائه شده است.

جدول ۱۰ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مربوط به ترانسفورماتورهای فشار متوسط

شرح	علامت
پست فشار متوسط شامل ترانسفورماتور، تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف به‌طور کامل.	
ترانسفورماتور قدرت فشار متوسط، روغنی، سه‌فاز، و با سیم‌پیچی ستاره‌مثلث	
رله حفاظت ترانسفورماتور، نوع بوخهلتس	
رله حفاظت ترانسفورماتور، نوع حرارتی	

فصل ۱۱
خازنهای صنعتی

۱۱ـ۱ کلیات

۱۱ـ۱ـ۱ خازنهای صنعتی که به‌منظور کاهش توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اغلب همفازکنندهٔ ساکن و یا جبران‌ساز ساکن نیز نامیده می‌شود. امروزه، استفاده از این‌گونه خازنها در شبکه‌ها و تأسیسات برقی جایگزین جبران‌سازهای دوار شده است زیرا علاوه بر این که فاقد مشکلات راه‌اندازی است، دارای تلفات بسیار ناچیزی نیز می‌باشد.

۱۱ـ۱ـ۲ در ساختمانها و کارخانه‌هایی‌که با ولتاژ فشار متوسط تغذیه‌شده ولی دارای بار متغیر فشار ضعیف است، برای تصحیح ضریب توان باید از خازنهای فشار ضعیف استفاده شود زیرا تجهیزات کنترل خودکار خازنهای ولتاژ پایین ضمن برخورداری از انعطاف‌پذیری مناسب، بسیار ارزانتر از وسایل مشابه فشار متوسط است.

۱۱ـ۲ تعاریف

۱۱ـ۲ـ۱ عنصر خازنی

یک جزء غیرقابل تقسیم از یک خازن که شامل الکترودهای جداگانه‌ای بوده و به‌وسیلهٔ عایق از یکدیگر جدا شده باشد.

۱۱ـ۲ـ۲ واحد خازن

مجموعه‌ای از یک یا چند عنصر خازن در یک محفظه منفرد با ترمینالهای خروجی

۱۱ـ۲ـ۳ بانک خازن

یک گروه از واحدهای خازن که به‌صورت الکتریکی به‌یکدیگر متصل شده باشد، مانند یک بانک خازنی سه‌فاز که از سه‌واحد خازنی تک‌فاز تشکیل شده است.

۱۱ـ۲ـ۴ خازن

در این فصل، واژه خازن هنگامی به‌کار برده می‌شود که تأکید خاصی روی معانی مختلف خازن یا مجموعه خازن و یا واحد خازن نباشد.

۱۱ـ۲ـ۵ تجهیزات خازن

مجموعه‌ای از واحدهای خازنی و ابزار جانبی برای اتصال به‌مدار

۱۱ـ۲ـ۶ وسیلهٔ تخلیه خازن

وسیله‌ای که در بین ترمینالهای خازن و یا شینه‌ها و یا در داخل واحد خازنی قرار داده می‌شود تا هنگام قطع اتصال خازن از منبع، بار ذخیره شده در داخل خازن از راه آن تخلیه گردیده و ولتاژ خازن به‌صفر برسد.

۱۱ـ۲ـ۷ ترمینالهای خط

ترمینالهای خازن که به‌خطوط متصل می‌شود. در خازنهای چندفاز، ترمینالی که به‌خط نول یا زمین متصل می‌گردد جزو ترمینالهای خط محسوب نمی‌شود.

۱۱ـ۲ـ۸ ولتاژ نامی U_n

مقدار ولتاژ مؤثری که بین ترمینالهای خازن برقرار می‌شود. برای خازنهایی که شامل یک یا چند مدار جداگانه باشد (مانند واحدهای تک‌فاز که در سیستم سه‌فاز استفاده می‌شود)، U_n مربوط به ولتاژ نامی هر مدار خواهد بود. برای خازنهای چندفاز با اتصالات الکتریکی داخلی بین فازها، U_n مربوط به‌ترمینالهای خطی است که بین آن بالاترین مقدار ولتاژ پدید می‌آید.

۱۱ـ۲ـ۹ میزان عایقبندی یا سطح عایقی

میزان عایقبندی یا سطح عایقی یک واحد خازنی عبارت است از ولتاژ ضربه با فرکانس مشخصی که هنگام انجام آزمون، عایق بین ترمینالهای خط و محفظه واحد خازنی بتواند آن ولتاژ را تحمل کند.

۱۱ـ۲ـ۱۰ توان اسمی

توان راکتیو طراحی‌شده خازن در ولتاژ و فرکانس نامی

۱۱ـ۲ـ۱۱ جریان نامی

مقدار مؤثر جریان عبوری از یک ترمینال خط، در ولتاژ، فرکانس و توان نامی

۱۱ ـ ۲ـ۱۲ تلفات خازن

توان اکتیو مورد مصرف خازن

۱۱ ـ ۲ـ۱۳ دمای محیط

دمای هوا در محل نصب خازن

۱۱ ـ ۲ـ۱۴ دمای هوای خنک‌کننده

دمای هوای خنک‌کننده‌ای که در گرمترین نقطه از یک بانک خازنی اندازه‌گیری می‌شود. این نقطه، در وسط دو واحد خازنی قرار دارد. اگر خازن شامل یک واحد باشد، دمای مذکور عبارت از دمای اندازه‌گیری شده، در نقطه‌ای به‌فاصله حدوداً ۳۰ سانتیمتر از محفظه خازن و در ارتفاعی برابر با $\frac{۲}{۳}$ قد خازن بالاتر از کف آن خواهد بود.

۱۱ ـ ۳ استاندارد و مشخصات فنی خازنهای صنعتی

۱۱ ـ ۳ـ۱ خازنهای صنعتی فشار ضعیف با ولتاژ اسمی ۳۸۰ ولت و ۵۰۰ ولت و فرکانس نامی ۵۰ هرتز باید براساس استانداردهای IEC 70 , 70 A ; VDE 0560 ; DIN 48500 و یا ۲۷۸۱ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۱۱ ـ ۳ـ۲ مقررات استاندارد IEC 70 , 70 A شامل خازنهایی است که در محدوده دمای محیط بین ۴۰- تا ۵۰+ درجه سانتیگراد و حداکثر ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا به‌کار می‌رود. (در مواردی که دمای محیط بیشتر از دمای نامبرده باشد و یا ارتفاع نصب بالاتر از ۱۰۰۰ متر باشد، خریدار باید این مراتب را به‌سازنده اعلام نماید)

براساس استاندارد یادشده، خازنها از نظر دمای کار طبقه‌بندی شده و حدود دمای کار هر طبقه با تعیین یک حداقل و یک حداکثر مشخص می‌شود. حداقل دما شامل سه مقدار ۴۰- و ۲۵- و ۱۰- درجه سانتیگراد انتخاب گردیده و حداکثر آن طبق جدول ۱۱ـ۱ تعیین می‌شود.

جدول ۱۱ ـ ۱ رده‌بندی حداکثر حدود دمای کار خازن

رده‌بندی بالاترین حد دما (درجه سانتیگراد)	حداقل دمای محیط (درجه سانتیگراد)		
	میانگین دما در یک ساعت	میانگین دما در ۲۴ ساعت	میانگین دما در یک سال
۴۰	۴۰	۳۰	۲۰
۴۵	۴۵	۴۰	۳۰
۵۰	۵۰	۴۵	۳۵

رده‌بندی خازنها از نظر حداقل و حداکثر دمای استاندارد محیط کار برحسب درجه سانتیگراد به‌قرار زیر است:

۴۰/+۴۰- و ۴۰/+۲۰- و ۴۰/+۱۰- و ۴۵/+۱۰-

۱۱ ـ ۳ـ۳ خازنهای مورد استفاده باید برای کار عادی در شرایط مشخص شده مناسب بوده و حتی‌المقدور دارای حداقل تلفات باشد.

۱۱ ـ ۳ـ۴ اتصالات خازن باید با استفاده از مواد فسادناپذیر در برابر شرایط مختلف کار به‌صورت غیرقابل نفوذ آب‌بندی شود.

۱۱ ـ ۳ـ۵ محفظه خازن و تمامی اجزای فلزی آن که در معرض هوا قرار می‌گیرد مانند پیچها، مهره‌ها، ترمینالها و غیره باید در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی و سایر عوامل فاسدکننده مقاوم باشد.

۱۱ ـ ۳ـ۶ محفظه فلزی خازن باید مجهز به‌وسیله مناسبی برای اتصال الکتریکی مطمئن به‌بدنه باشد تا بدان وسیله بتوان محفظه خازن را در پتانسیل ثابتی نگهداری کرد.

۱۱ ـ ۳ـ۷ پلاک مشخصات

هر واحد خازن باید دارای یک پلاک شناسایی از جنس فولاد گالوانیزه، یا دیگر مواد ضدآب و فسادناپذیر باشد. پلاک مزبور باید حاوی اطلاعات زیر به‌صورت حکاکی یا مشابه آن بوده و به‌گونه‌ای نصب شود که به‌آسانی قابل رویت باشد.

۱ ـ نام سازنده خازن

۲ ـ شماره سری

۳ ـ توان اسمی برحسب کیلووار

۴ ـ ولتاژ نامی U_n به‌ولت یا کیلوولت

۵ ـ فرکانس نامی به‌هرتز

۶ ـ حدود مجاز دما

۷ ـ نوع اتصال برای خازنهای سه‌فاز

۸ ـ میزان عایقبندی

۹ ـ وسیلهٔ مورد استفاده برای تخلیه خازن (در صورتی که در داخل خازن نصب شده باشد)

۱۰ ـ ارتفاع محل نصب از سطح دریا

۱۱ ـ کاپاسیتانس اندازه‌گیری شده (در ولتاژ و فرکانس نامی)

۱۲ ـ جریان اندازه‌گیری شده (در ولتاژ و فرکانس نامی) به‌آمپر

در مواردی که برای ایمنی افراد یا حفاظت تأسیسات اطلاعات حائز اهمیت دیگری مورد نیاز باشد، اطلاعات مزبور نیز باید در پلاک مشخصات یا در برگه راهنمای خازن درج شود. پلاک مشخصات باید حاوی راهنمایی لازم برای مراجعه به‌اطلاعات مندرج در برگه راهنما باشد.

۱۱ ـ ۳ـ۸ در خازنهای سه‌فاز، نوع اتصال فازها به‌یکدیگر باید به‌وسیله یکی از علایم زیر نشان داده شود:

مثلث:

ستاره:

ستاره با سیم خنثی: ⅄
سه‌بخش بدون اتصالات داخلی III
توان واحدهای خازنی سه‌فاز باید به‌صورت مجموع توان سه‌فاز ارائه شود.

۱۱ـ۳ـ۹ میزان عایقبندی باید به‌وسیله دو عدد جداگانه نشان داده شود. عدد اول مقدار مؤثر ولتاژ آزمون به‌کیلوولت و عدد دوم حداکثر مقدار ولتاژ برای آزمون ضربه‌ای به‌کیلوولت خواهد بود (مانند 28/75). در مورد واحدهایی که برای نصب در فضای آزاد درنظر گرفته نشده است عدد دوم با یک خط تیره جایگزین می‌شود. (مانند -/28).

۱۱ـ۳ـ۱۰ اضافه‌بار مجاز

۱۱ـ۳ـ۱۰ـ۱ حداکثر ولتاژ مجاز

واحدهای خازن باید برای کار دراز مدت با ولتاژ مؤثر بین ترمینالها که مقدار آن از ۱/۱ برابر ولتاژ اسمی تجاوز نکند (به‌استثنای ولتاژهای گذرا) مناسب باشد.

۱۱ـ۳ـ۱۰ـ۲ حداکثر جریان مجاز

واحدهای خازن باید برای کار پیوسته در جریان خطی مؤثر که مقدار آن از ۱/۳ برابر جریانی که در ولتاژ اسمی سینوسی و فرکانس اسمی برقرار است (به‌جز در جریانهای گذرا) مناسب باشد.

۱۱ـ۳ـ۱۱ تابلو اتصال کابل

تابلوی اتصال کابل باید از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلیمتر و ابعاد مناسب و مشابه سایر اجزای سیستم اصلاح ضریب قدرت ساخته شده و شامل سه عدد فیوز کاردی با قدرت متناسب با ظرفیت شدت جریان سیستم باشد.

۱۱ـ۳ـ۱۲ دستگاه رگولاتور

تابلوی دستگاه رگولاتور باید از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلیمتر و ابعاد مناسب و مشابه سایر اجزای سیستم اصلاح ضریب قدرت ساخته شده و شامل رگولاتور نوع الکترونیکی با ولتاژ اسمی ۳۸۰/۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز و قدرت قطع حداقل ۲۵۰۰ ولت آمپر ومناسب برای اتصال به‌ترانسفورماتور جریان با جریان ثانویه ۵ آمپر و باتعداد مراحل لازم (۳ الی ۱۹ مرحله) به‌منظور زیر بارآوردن خازنها، به‌انضمام کلید سلکتور سه‌مرحله‌ای اتوماتیک ـ خاموش ـ دستی ۶ آمپری، چراغهای سیگنال و یک دستگاه کسینوس‌فی‌متر می‌باشد.

۱۱ـ۳ـ۱۳ تابلوی فرمان

تابلوی فرمان باید از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلیمتر و ابعاد مناسب و مشابه سایر اجزای سیستم اصلاح ضریب قدرت به‌نحوی ساخته شود که بتوان خازنها را به‌سهولت در زیر آن نصب نمود.

این تابلو شامل کنتاکتور یک و یا سه‌پل خشک بوبین‌دار با ظرفیت قدرت مناسب، دکمهٔ فشاری دوبل برای قطع و وصل کنتاکتور در حالت دستی، فیوزهای فشنگی نوع تابلویی، چراغهای سیگنال و ترمینالهای مربوط می‌باشد.

۱۱ـ۳ـ۱۴ وسیلهٔ تخلیه خازن

۱۱ـ۳ـ۱۴ـ۱ هر دستگاه خازن باید توسط یک‌وسیله تخلیه شارژ الکتریکی که مستقیماً به‌طور ثابت به‌آن وصل است مجهز باشد. چنانچه این وسیله مستقیماً به‌دستگاههای الکتریکی دیگر وصل باشد، یک مدار تخلیه را تشکیل می‌دهد. در مسیر مدار تخلیه خازن نباید کلید قطع‌کننده، فیوز کات‌اوت یا خازنهای سری قرار گیرد.

۱۱ـ۳ـ۱۴ـ۲ وسیله تخلیه باید به‌گونه‌ای باشد که ولتاژ خازن را پس از قطع اتصال از منبع تغذیه، در مدت زمان تعیین شده‌ای از مقدار نامی ولتاژ (U_n) به ۵۰ ولت یا کمتر از آن برساند. این زمان برای خازنهای با ولتاژ نامی ۶۶۰ ولت و کمتر، یک دقیقه و برای خازنهای با ولتاژ نامی بیشتر از آن، ۵ دقیقه می‌باشد.

۱۱ـ۳ـ۱۴ـ۳ در صورتی که خازنها در فواصل کم کلیدزنی شود، وسایل حفاظتی باید طوری انتخاب گردد که هنگام وصل مجدد خازن به‌ولتاژ، ولتاژ ترمینالهای خازن، از ۱۰٪ ولتاژ نامی بیشتر نباشد.

۱۱ـ۳ـ۱۴ـ۴ وسیلهٔ تخلیه نباید به‌عنوان جانشین برای اتصال کوتاه نمودن ترمینالهای خازن به‌یکدیگر یا به‌زمین، که هنگام سرویس و قبل از دست‌زدن به‌آن باید انجام شود، مورد استفاده قرار گیرد، زیرا ممکن است به‌علت قطع اتصالات داخلی بین واحدهای خازنی سری شده و یا قطع فیوز آن، بار الکتریکی همچنان در واحدهای خازنی باقی مانده باشد.

۱۱ـ۴ آزمونهای خازن

کلیه خازنهای مورد استفاده باید برابر مقررات و روشهای آزمون مندرج در نشریه شماره ۲۷۸۱ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا IEC 70 , 70 A، به‌شرح زیر مورد آزمونهای عادی و نوعی قرار گیرد:

۱۱ـ۴ـ۱ آزمونهای عادی[1]

این‌گونه آزمونها که برای هر خازن پس از اتمام کار ساخت در کارخانه انجام می‌شود شامل اندازه‌گیری ظرفیت خازن، تعیین تلفات خازن، ولتاژ مستقیم یا متناوب بین ترمینالها، ولتاژ متناوب بین ترمینالها و محفظه خازن (آزمون خشک)، و آزمون بین ترمینالها و زمین و بانکهای خازن می‌باشد.

۱۱ـ۴ـ۲ آزمونهای نوعی[2]

آزمونهای نوعی، که برای تأیید درستی طرح خازن و مطابقت آن در عمل با کلیه مشخصات ذکر شده در

1– Routine tests 2– Type tests

مقررات استاندارد می‌باشد، شامل موارد زیر است:

- تلفات خازن در دمای بالا
- آزمون پایداری حرارتی
- آزمون ولتاژ متناوب با سطوح خشک بین ترمینالهای خازن و محفظه فلزی (برای خازنهای ویژه نصب در هوای آزاد این آزمون با سطوح تَر انجام می‌شود)
- آزمون ولتاژ ضربه‌ای بین ترمینالها و محفظه خازن (ویژه نصب در هوای آزاد)
- آزمون یونیزاسیون
- آزمون خازنهای خود ترمیم‌کننده (ویژه خازنهای خود ترمیم‌کننده با لایه فلزی)

۱۱-۴-۳ آزمونهای نوعی باید به‌وسیلهٔ کارخانه سازنده، قبل از تحویل خازنها انجام‌گرفته و نتایج جزییات آن در صورت درخواست خریدار به‌صورت یک گواهی‌نامه به‌وی ارائه شود. این نوع آزمونها باید بر روی یک خازن نمونه که از بین یک سری از خازنها با مشخصات یکسان انتخاب شده باشد، انجام گیرد.

۱۱-۵ توان واحدهای خازنی فشار ضعیف و روش محاسبه خازن موردنیاز

۱۱-۵-۱ توان واحدهای خازنی فشار ضعیف، با توجه به‌میزان خازن موردنیاز، و تعداد پله‌های خازنی برای کلیدزنی اتوماتیک تعیین شده و آنگاه، با توجه به‌اندازه واحدهای خازنی که به‌وسیله سازندگان تولید می‌شود، خازن موردنیاز مناسب انتخاب می‌گردد.

۱۱-۵-۲ روش محاسبهٔ خازن مورد لزوم برای حذف توان راکتیو

برای حذف مصرف راکتیو قدرت خازن باید به‌اندازه‌ای باشد که $\cos\phi$ را به‌حدود ۰/۹۰ تا ۱/۰ برساند. از لحاظ تئوری وقتی $\cos\phi = 1$ باشد مصرف راکتیو کاملاً از بین رفته است. بنابراین:

الف ـ $\cos\phi$ با استفاده از دو فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{\text{مصرف راکتیو (کیلووار ساعت)}}{\text{مصرف اکتیو (کیلووات ساعت)}} = \tan\phi \Rightarrow \cos\phi = \frac{۱}{\sqrt{۱+\tan^۲\phi}}$$

ب ـ با احتساب $\cos\phi$ قدرت اکتیو از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$P_w = \sqrt{3} \times U \text{ (ولتاژ)} \times I \text{ (آمپر)} \times \cos\phi \text{ (قدرت اکتیو)}$$

پ ـ ضریب F باکمک جدول شماره ۱۱ ـ ۲ به‌این ترتیب پیدا می‌شود که مثلاً اگر بخواهیم $\cos\phi$ را از ۰/۶۰ به‌حدود ۱ و یا به ۰/۹۴ برسانیم، در ردیف مربوط به ۰/۶۰ پیش می‌رویم، تا به‌ستون ۰/۹۴ برسیم. به‌این ترتیب ضریب F را برابر با ۰/۹۷ خواهیم یافت.

ت ـ با پیداکردن ضریب F مقدار خازن از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$P_c \text{ (قدرت خازن)} = P_w \text{ (قدرت اکتیو)} \times F$$

جدول ۱۱ ـ ۲ تعیین ضریب F و محاسبه قدرت خازن لازم (کیلووار) برای اصلاح ضریب قدرت

فاکتور F = کیلوولت آمپر موردنیاز به‌صورت درصد بار مؤثر نصب شده به‌کیلووات																		
ضریب قدرت	ضریب قدرت موردنیاز ($\cos \phi_2$)																	
واقعی $\cos \phi_1$	۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۷۵	۰/۸۵	۰/۸۲۵	۰/۸	۰/۷۷۵	۰/۷۵	۰/۷	۰/۶۵	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵
۰/۴	۲۳۰	۲۱۰	۲۰۱	۱۹۴	۱۸۷	۱۸۲	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۲۸	۱۱۳	۹۶	۷۸	۵۷
۰/۴۵	۱۹۸	۱۷۷	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۳۶	۱۲۹	۱۲۳	۱۱۶	۱۱۰	۹۶	۸۱	۶۴	۴۶	۲۴
۰/۵	۱۷۳	۱۵۳	۱۴۴	۱۳۷	۱۳۰	۱۲۵	۱۱۸	۱۱۱	۱۰۴	۹۸	۹۲	۸۵	۷۱	۵۶	۴۰	۲۱	
۰/۵۵	۱۵۲	۱۳۲	۱۲۳	۱۱۶	۱۰۹	۱۰۴	۹۷	۹۰	۸۳	۷۷	۷۱	۶۴	۵۰	۳۵	۱۹		
۰/۶	۱۳۳	۱۱۳	۱۰۴	۹۷	۹۱	۸۵	۷۸	۷۱	۶۵	۵۸	۵۲	۴۶	۳۲	۱۶			
۰/۶۵	۱۱۷	۹۷	۸۸	۸۱	۷۴	۶۹	۶۲	۵۵	۴۸	۴۲	۳۶	۲۹	۱۵				
۰/۷	۱۰۲	۸۱	۷۳	۶۶	۵۹	۵۴	۴۶	۴۰	۳۳	۲۷	۲۰	۱۴					
۰/۷۲۵	۹۵	۷۵	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۹	۳۳	۲۶	۲۰	۱۳	۷					
۰/۷۵	۸۸	۶۷	۵۹	۵۲	۴۵	۴۰	۳۳	۲۶	۱۹	۱۳	۶/۵						
۰/۷۷۵	۸۱	۶۱	۵۲	۴۵	۳۹	۳۳	۲۶	۱۹	۱۲	۶/۵							
۰/۸	۷۵	۵۴	۴۶	۳۹	۳۲	۲۷	۱۹	۱۳	۶								
۰/۸۲۵	۶۹	۴۸	۴۰	۳۳	۲۶	۲۱	۱۴	۷									
۰/۸۵	۶۲	۴۲	۳۳	۲۶	۱۹	۱۴	۷										
۰/۸۷۵	۵۵	۳۵	۲۶	۱۹	۱۳	۷											
۰/۹	۴۸	۲۸	۱۹	۱۲	۶												
۰/۹۲	۴۲	۲۲	۱۳	۶													
۰/۹۴	۳۶	۱۶	۷														
۰/۹۶	۲۹	۹															
۰/۹۸	۲۰																
۰/۹۹	۱۴																

قدرت خازن لازم (Kvar) برای تصحیح $\cos \phi_1$ به $\cos \phi_2$ برابر است با (قدرت آکتیو × F)

مثال: برای اصلاح ضریب قدرت ۰/۶ ($\cos \phi_1$) به ۰/۹۶ ($\cos \phi_2$) در کارخانه‌ای با ۲۰۰ کیلوولت آمپر بار مؤثر ـ طبق جدول فوق فاکتور F= ۱۰۴ درصد خواهد بود.

۲۰۰ × ۰/۶ × ۱۰۴٪ = ۱۲۵ Kvar

۱۱-۶ وسایل قطع و وصل و حفاظت خازنهای فشار ضعیف

۱۱-۶-۱ در مواردی که بارهای خیلی کوچک الکتریکی با تغذیه فشار ضعیف مطرح باشد، برای تنظیم توان راکتیو ممکن است از سیستم کنترل دستی استفاده شود. وسایل کلیدی و حفاظت در این‌گونه سیستمها شامل کلیدهای هوایی قابل قطع در زیر بار[1] همراه با فیوزهای نوع HRC[2] ، و یا کلید فیوز خواهد بود. در این‌گونه موارد ظرفیت کلید فیوز باید با احتساب ضریب ۱/۵ در جریان نامی خازن تعیین شود.

۱۱-۶-۲ در مواردی که از سیستم کنترل خودکار استفاده می‌شود، برای انتخاب کنتاکتور مناسب (به‌بند ۲-۱۳ رجوع شود)، باید پارامترهای حرارتی آن را، که در حداکثر جریان خازن به‌دست می‌آید، در ضریب ۰/۸ ضرب نمود تا در نتیجه پارامترهای لازم برای انتخاب کنتاکتور حاصل شود. در این صورت کنتاکتور قابلیت عبور جریان تا ۲۵ درصد بیشتر از جریان نامی خازن را خواهد داشت. همچنین برای حفاظت مطمئن در برابر اتصال کوتاه، باید کنتاکتور با استفاده از فیوز HRC به‌شبکه متصل شود. اندازه این نوع فیوزها نیز با اعمال ضریب ۱/۵ در جریان نامی خازن تعیین می‌گردد.

۱۱-۶-۳ در مواردی که تغذیه بارهای فشار ضعیف به‌وسیله چندین پست توزیع انجام می‌شود، استفاده از کنترل خودکار محلی در هر پست، برای خازنها، عموماً اقتصادی‌تر از به‌کار بردن یک سیستم کنترل مرکزی در ورودی برق مجموعه خواهد بود.

۱۱-۷ روشهای کنترل خودکار توان راکتیو

۱۱-۷-۱ کنترل و تنظیم خودکار میزان خازنهای فشار ضعیف در مدار، معمولاً با توجه به‌کاربرد ممکن است با استفاده از رله‌های حساس به‌توان راکتیو، رله‌های حساس به‌جریان و یا به‌وسیلهٔ کلیدهای زمانی صورت گیرد.

۱۱-۷-۲ در مواردی که تغییرات ضریب توان دایمی و ناگهانی بوده و در شرایط مختلف بار یک ضریب توان ثابت یا با اندک تغییرات موردنظر باشد باید از رله‌های حساس به‌توان راکتیو استفاده شود. این نوع رله که در جبران‌سازهای مرکزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهترین روش برای کنترل خودکار خازنهای فشار ضعیف می‌باشد.

۱۱-۷-۳ در مواردی که مصرف‌کننده‌های صنعتی کوچک یا جبران‌کننده‌های گروهی موردنظر باشد استفاده از رله‌های جریان قابل توصیه است.

۱۱-۷-۴ در صورتی که بار یکنواخت و قابل پیش‌بینی مطرح باشد مانند برخی کارخانه‌های کوچکی که دارای این‌گونه مصرف‌کننده‌هایی است، رله‌های زمانی ممکن است به‌کار رود.

1- On-Load air-break isolating switch 2- High Rupturing Capacity

۱۱-۸ اصول و روشهای نصب

۱۱-۸-۱ دمای کار

۱۱-۸-۱-۱ دمای کار خازن تأثیر بسیاری در دوام و عمر آن دارد و عامل تعیین‌کننده، دمای گرمترین نقطه درون خازن است که اندازه‌گیری مستقیم آن در عمل ممکن نیست، بنابراین دمای هوای خنک‌کننده (بند فرعی ۱۱-۲-۱۴) باید ملاک تعیین دمای مطلوب خازن قرار گیرد، به‌این ترتیب که میانگین آن در طول یک ساعت نباید ۵ درجه سانتیگراد بیش از دمای محیط (ستون دوم جدول ۱۱-۱) باشد.

۱۱-۸-۱-۲ خازنها باید به‌گونه‌ای نصب شود که حرارت ناشی از تلفات خازن به‌وسیله تابش و تبادل حرارتی انتقال یافته و در نتیجه دمای خازن از حد مشخصی بالاتر نرود، بنابراین نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف - تهویه اتاقی که خازنها در آن نصب می‌شود و نیز ترتیب گردش هوا در اطراف هر واحد خازن باید مدنظر قرار گیرد. این امر به‌ویژه هنگامی‌که واحدهای‌خازن بر روی یکدیگر قرار می‌گیرد از اهمیت خاصی برخوردار است.

ب - در مواردی که دمای خازنها بر اثر تابش خورشید یا هر منبع حرارتی دیگر افزایش می‌یابد، برای کنترل دما باید با توجه به‌دمای هوای خنک‌کننده و همچنین شدت و مدتی که خازنها در برابر تابش قرار می‌گیرد، یکی از روشهای زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- حفاظت خازنها در برابر تابش خورشید یا منبع حرارتی.
- انتخاب خازنهایی که برای دمای محیط بالاتر طراحی شده باشد.
- استفاده از خازنهایی با ولتاژ نامی بالاتر (در این حالت کاهش توان راکتیو خازنها نیز باید منظور شود).

۱۱-۸-۲ شرایط محل نصب

۱۱-۸-۲-۱ محل نصب خازنهای طراحی شده برای فضاهای داخلی باید تمیز و خشک بوده و دارای تهویه مناسب باشد. خازنهای مورد استفاده در فضاهای باز باید از نوع مناسب برای فضای آزاد باشد.

۱۱-۸-۲-۲ در مناطق گرمسیری، علاوه بر دمای زیاد محیط، شرایط نامناسب دیگری مانند رطوبت نسبی زیاد و متناوب، امکان رشد سریع کپک، ایجاد خوردگی در اثر عوامل جوی موجود در مناطق صنعتی و ساحلی، و حمله حشرات موذی ممکن است وجود داشته باشد، در این‌گونه موارد خریدار باید هنگام سفارش خازنها و لوازم جانبی آن، شرایط نامبرده را به‌اطلاع سازندگان مربوط برساند.

۱۱-۸-۲-۳ در محیطهای مخاطره‌آمیز که به‌علت وجود گازها، بخارها، غبارها و مایعات قابل اشتعال، الیاف و رشته‌های آتشگیر و مانند آن، امکان به‌وجود آمدن آتش‌سوزی و انفجار در اثر جرقه، قوس الکتریکی و دمای بیش ازحد بسیار است، خازنها و دیگر لوازم و تجهیزات الکتریکی باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی همچون NEC و IEC و مانند آن، از نوع تأیید شده و متناسب با مکان مورد استفاده، انتخاب و به‌کار گرفته شود.

۱۱ ـ ۸ ـ ۳ نصب مجموعه سیستم اصلاح ضریب قدرت

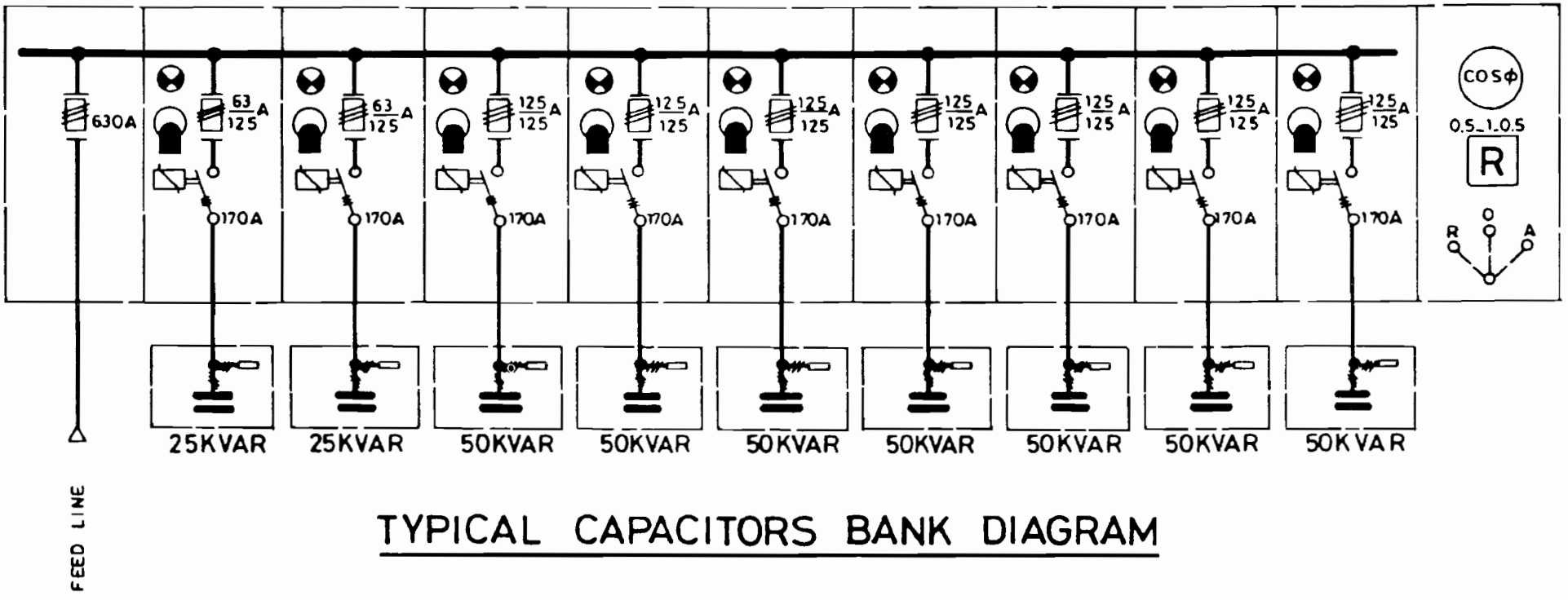
۱۱ ـ ۸ ـ ۳ ـ ۱ مجموعه یک سیستم اصلاح ضریب قدرت خودکار که شامل تابلوی اتصال کابل، تابلوی دستگاه رگولاتور، تابلوهای فرمان و خازنهای صنعتی می‌باشد به‌وسیله کارخانه سازنده روی یک شاسی نصب و به‌صورت یک واحد در محل نصب قرار داده می‌شود.

۱۱ ـ ۸ ـ ۳ ـ ۲ برای نصب مجموعهٔ سیستم اصلاح ضریب قدرت مزبور روی زمین، باید در قسمت پایین شاسی مربوط (قسمتی که روی زمین قرار می‌گیرد) سوراخهایی پیش‌بینی و تعبیه شده و با استفاده از رول بولت (Roll bolt) به‌زمین متصل شود.

۱۱ ـ ۸ ـ ۳ ـ ۳ برای کابلکشی از تابلوی اصلی تا زیر تابلوی اتصال کابل سیستم اصلاح ضریب قدرت باید کانال مناسبی پیش‌بینی و تعبیه شود.

۱۱ ـ ۸ ـ ۳ ـ ۴ طرز استقرار یک مجموعهٔ خازنهای اصلاح ضریب قدرت نمونه در شکل ۱۱ ـ ۱ نشان داده شده است.

۱۱ ـ ۹ نشانه‌های ترسیمی خازنهای صنعتی و یکسوسازها در جدول ۱۲ ـ ۱ ارائه شده است.



TYPICAL CAPACITORS BANK DIAGRAM

شکل ۱۱ ـ ۱ شماتیک تابلوی خازن‌های تصحیح ضریب قدرت.

فصل ۱۲

منابع تغذیه جریان مستقیم یا یکسوسازها

۱۲ ـ ۱ کلیات

۱۲ ـ ۱ ـ ۱ یکسوسازها برای یکسوکردن جریان متناوب و تبدیل آن به‌جریان مستقیم به‌منظور استفادهٔ مستقیم و یا شارژ باطری سیستمهای مختلف به‌کار می‌رود.

۱۲ ـ ۱ ـ ۲ منابع تغذیه برق مستقیم که در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد عمدتاً یکسوسازهایی است که در ساختمانها و ابنیه برای شارژ باتریها و منابع مستقل تأمین‌کننده نیروی برق مستقیم موردنیاز سیستم‌های اعلام و اطفای حریق، ساعت مرکزی، وسایل ارتباطی، سیستمهای حفاظتی و روشنایی اضطراری به‌کار می‌رود.

۱۲ ـ ۱ ـ ۳ یکسوکننده‌ها ممکن است به‌صورت مجموعه‌ای از ورقه‌های سلنیوم و یا به‌صورت دیود از جنس سیلیکون ساخته شده باشد.

۱۲ ـ ۲ تعاریف

۱۲ ـ ۲ ـ ۱ سلول یکسوساز نیمه‌هادی[1]

وسیلهٔ یکسوسازی اولیه شامل ترکیبی از نیمه‌هادیها، یا یک نیمه‌هادی و یک فلز در تماس با یکدیگر، که برحسب قطبهای ولتاژ اعمال شده، دارای رسانایی نامتقارن باشد.

۱۲ ـ ۲ ـ ۲ پشته یکسوساز[2]

ساختار واحدی از یک یا چند سلول یکسوساز با پایه‌ها، امکانات خنک‌ساز (در صورت وجود)، و اتصالات الکتریکی و مکانیکی لازم.

۱۲ ـ ۲ ـ ۳ مجموعه پشته یکسوساز[3]

ساختاری الکتریکی و مکانیکی مرکب از یک یا چند پشته یکسوساز، با کلیه اتصالات لازم، همراه با

1– Semiconductor rectifier cell 2– Rectifier stack 3– Rectifier stack assembly

امکانات خنک‌سازی (در صورت وجود) در ساختمان مکانیکی آن.

۱۲ ـ ۲ـ۴ دستگاه یکسوساز[1]

یک مجموعه آماده کار شامل یک یا چند پشته یکسوساز همراه با ترانسفورماتورها و سایر وسایل لازم (در صورت وجود)، برای تبدیل جریان متناوب به‌جریان مستقیم.

۱۲ ـ ۲ـ۵ تهویه طبیعی

خنک‌سازی به‌وسیلهٔ جابه‌جایی طبیعی هوای محیط.

۱۲ ـ ۲ـ۶ تهویه اجباری

خنک‌سازی به‌وسیلهٔ ترتیبات تهویه فشاری مانند تهویه با فشار پروانه، در این نوع سیستم هوا ممکن است از مجاورت دستگاه و یا از محلی با حرارت متفاوت گرفته شود.

۱۲ ـ ۲ـ۷ شرایط بهره‌برداری

شرایط بهره‌برداری عبارت از تمامی عوامل خارجی مؤثر بر کارایی یکسوساز نیمه‌هادی یا دستگاه یکسوساز می‌باشد، مانند حرارت محیط، رطوبت هوا، ویژگی بار و غیره.

۱۲ ـ ۲ـ۸ شرایط بهره‌برداری نامی

شرایط بهره‌برداری که ظرفیتهای نامی در آن به‌کار رود.

۱۲ ـ ۲ـ۹ بهره‌برداری نامی

بهره‌برداری از یک وسیله در شرایط بهره‌برداری نامی با مقادیر نامی جریان و ولتاژ.

۱۲ ـ ۳ استانداردها و مشخصات فنی یکسوسازها

۱۲ ـ ۳ـ۱ استاندارد ساخت

منابع تغذیه برق مستقیم باید برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرارگیرد.

۱۲ ـ ۳ـ۱ـ۱ دستگاهها و پشته‌های یکسوساز از نوع نیمه‌هادیهای کریستالی[2] برابر استاندارد IEC 119.

۱۲ ـ ۳ـ۱ـ۲ ترانسفورماتورهای مورد مصرف در منابع تغذیه، برابر استاندارد IEC 76 و ضوابط اضافی مندرج در

1– Rectifier equipment

2– Polycrystalline semiconductor rectifier stacks and equipments

استاندارد IEC 146.

۱۲ ـ ۳ـ ۱ـ ۳ مبدلهای نیمه‌هادی[1] برابر استاندارد IEC 146

۱۲ ـ ۳ـ ۱ـ ۴ تریستورهای مورد استفاده در منابع تغذیه برابر شرایط مندرج در استاندارد IEC 146

۱۲ ـ ۳ـ ۱ـ ۵ دستگاههای شارژ باطری برای کاربری عمومی (Utility) برابر استاندارد ANSI / NEMA PE5 1985

۱۲ ـ ۳ـ ۱ـ ۶ دستگاههای شارژ باطری برای کاربری مخابراتی برابر استاندارد ANSI / NEMA PE 7 1985

۱۲ ـ ۳ـ ۱ـ ۷ مشخصات مجموعه سیستم روشنایی اضطراری براساس استاندارد VDE 108

۱۲ ـ ۳ـ ۲ مشخصات فنی دستگاههای یکسوساز

عمده‌ترین مشخصات فنی عمومی دستگاههای یکسوساز به‌قرار زیر است:

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۱ دستگاههای یکسوساز باید برای شرایط محیطی بهره‌برداری مانند حداقل و حداکثر حرارت محیط، ارتفاع از سطح دریا، درصد رطوبت نسبی، شرایط محیطی از نظر ایجاد خوردگی و آلودگیهای دیگر مناسب باشد.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۲ میزان حرارت مرجع برای شرایط محیط کار عادی یکسوسازهای نیمه‌هادی براساس استاندارد IEC 119 برابر با ۳۵ درجه سانتیگراد تعیین شده است که ممکن است طی ۲۴ ساعت برای مدت حداکثر سه ساعت تا ۴۰ درجه سانتیگراد نیز افزایش یابد. در مواردی که حرارت محیط از مقادیر نامبرده تجاوز نماید، باید شرایط محیطی غیر عادی تلقی شده و برابر بند ۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۳ عمل شود.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۳ عمده‌ترین موارد شرایط غیرعادی که در صورت وجود، منبع تغذیه باید طی موافقت ویژه با سازنده سفارش داده شود به‌قرار زیر است:

- وجود تنشهای مکانیکی غیرعادی، مانند ضربه و لرزش
- وجود هوای آلوده به‌نمک (مانند نزدیکی به‌دریا)، رطوبت زیاد، قطرات ریز آب یا گازها و بخارهای مضر و خطرناک همچون بخار جیوه، کلر و گوگرد
- در معرض بخار یا بخار روغن قرار گرفتن
- در معرض مخلوط غبار یا گازهای انفجارآمیز قرار گرفتن
- در مواقعی که دستگاه خارج از سرویس کار باشد حرارت محیط به‌کمتر از ۳۰- درجه سانتیگراد برسد.
- حرارت محیط به‌کمتر از ۱۰- درجه سانتیگراد برسد (برای دستگاههایی که با هوا خنک می‌شود)
- وجود رطوبت نسبی و حرارت زیاد مانند مناطق گرمسیری
- ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا
- تغییرات زیاد و سریع حرارت و رطوبت
- نگهداری دستگاهها در انبار برای مدتی متجاوز از شش ماه
- فرکانسهای خارج از ۱۰ تا ۱۰۰ هرتز

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۴ با توجه به‌این‌که طبیعت بار، بر ویژگیهای کارایی یکسوسازها مؤثر است، دستگاههای یکسوساز باید برای نوع بار موردنظر مانند بار مقاومتی، بار القایی، بار خازنی، بار باطری، بار ماشینی یا ترکیبی از

1– Semiconductor convertors

بارها مناسب باشد.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۵ منابع تغذیه برق مستقیم ممکن است از نوع یک‌فاز یا سه‌فاز، با ولتاژ اولیه ۲۲۰ ولت یا ۲۲۰/۳۸۰ ولت متناوب و با ولتاژ ثانویه ۱۲، ۲۴، ۶۰ و یا ۱۱۵ ولت مستقیم، با شدت جریان ۱۰ الی ۲۰۰ آمپر برحسب مورد، و اختلاف ولتاژ بین بی‌بار و بار کامل حدود ۸ درصد ساخته شده باشد.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ٦ کلیه اجزای به‌کار رفته در منابع برق مستقیم باید در حدود ظرفیت طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۷ هر یکسوساز باید دارای جعبه مناسب با شرایط محیط نصب بوده و در آن کلیه وسایل حفاظتی و اندازه‌گیری از قبیل کلید خودکار و فیوز، ولت‌متر و آمپرمتر جریان مستقیم و همچنین چراغهای سیگنال و سیستم آلارم صوتی لازم پیش‌بینی و تعبیه شده باشد.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۸ هر دستگاه یکسوساز باید در برابر ۱۱۰ درصد ولتاژ متناوب نامی مداوم به‌گونه‌ای مقاوم باشد که جریان مستقیم بین صفر تا جریان نامی آن را بدون صدمه و آسیب رسیدن به‌اجزا یا تجاوز از حرارت مجاز و نیز بدون ایجاد تغییرات دایمی در ویژگیهای دستگاه تحمل نماید.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۹ هر دستگاه یکسوساز نیمه‌هادی باید براساس استاندارد IEC 119 دارای یک پلاک شناسایی با دوام و مقاوم در برابر خوردگی و رطوبت باشد و اطلاعات زیر بر روی آن درج شده باشد:

- نام سازنده یا علامت تجاری آن
- نشانه شناسایی به‌عنوان دستگاه نیمه‌هادی
- اطلاعات تعیین‌کننده نوع نیمه‌هادی مورد مصرف در مجموعه اصلی یکسوساز
- ولتاژ مؤثر (r.m.s) نامی
- جریان مؤثر (r.m.s) نامی
- شمار فازها
- فرکانس نامی
- ولتاژ مستقیم نامی
- نوع منبع تغذیه (دایمی، متناوب با ذکر ضریب تناوب یا استفاده، مدت زمان بار، شرح مورد کاربرد مانند تغذیه کنتاکتور یا روش شارژ باطری)
- نوع بار
- نوع و حرارت ماده خنک‌کننده (در صورتی که هوای محیط نباشد)
- مقدار ماده خنک‌کننده و عایق‌کننده (در صورت وجود)
- شماره و تاریخ استاندارد مرجع

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۱۰ شارژر باطری باید به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شده باشد که جریان و ولتاژ برق متناوب را به‌جریان و ولتاژ برق مستقیم فیلتر شده و پایدار تبدیل نموده و به‌طور همزمان باطری و بار مورد لزوم را با ولتاژ ثابت تغذیه نماید.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۱۱ ظرفیت شارژکننده باید برای تغذیه همزمان بار و پُر کردن باطری از وضعیت خالی (بدون شارژ) به‌حالت شارژ شده، برای کار در دوره‌های تعیین شده کافی باشد.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۱۲ شارژر باطری باید برحسب مورد با استفاده از تهویه طبیعی یا به‌وسیله پروانه خنک شود لیکن در هر صورت از کار افتادن پروانه، گرفتگی بازشوها یا فیلترها نباید وضعیت خطرناک یا مخرب ایجاد کند.

۱۲ ـ ۳ـ ۲ـ ۱۳ تجهیزات یکسوساز شارژر باید در برابر اتصال معکوس قطبهای باطری به‌شارژر با استفاده

از وسیله‌ای که بتواند جریان برق مستقیم را قطع کند حفاظت شود.

۱۲ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱۴ دستگاه یکسوساز مورد مصرف برای شارژ باطری باید در برابر اتصال کوتاه و همچنین افزایش ولتاژ ورودی از مقدار اسمی که ناشی از قطع جریان مستقیم خروجی است حفاظت شود. این‌گونه تجهیزات باید مجهز به‌فیوزهای مناسب برای ورودی و خروجی دستگاه باشد. فیوزهای تندکار ممکن است برای پشته‌های یکسوساز مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱۵ دستگاههای شارژر باید مجهز به‌وسایل تنظیم میزان ولتاژ مستقیم در محدوده‌های مورد لزوم برای ولتاژ شناور[1] و ولتاژ برابرکننده[2] باشد.

۱۲ ـ ۴ آزمونهای دستگاههای یکسوساز

منابع تغذیه برق مستقیم باید براساس شرایط مندرج در استاندارد IEC 119، یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه، به‌شرح زیر مورد آزمون قرار گیرد:

۱۲ ـ ۴ ـ ۱ آزمونهای نوعی[3]

آزمونهای نوعی، که برای تأیید مشخصات دستگاههای یکسوکننده از نظر مطابقت با مقررات استاندارد می‌باشد، باید طبق مفاد بخش ۳۵۲ از نشریه IEC 119 در زمینه‌های زیر انجام شود:

الف ـ ترسیم ویژگیهای ولتاژ ـ جریان مستقیم

ب ـ بررسی عملکرد تنظیم‌کننده‌های خودکار یا سایر وسایل جبران‌ساز به‌وسیلهٔ تغییر مقادیری که اثرات آن باید حذف شود.

پ ـ اندازه‌گیری کارایی

ت ـ اندازه‌گیری ضریب جابه‌جایی دستگاههای یکسوساز با قدرت بیش از ۱۰ کیلووات قدرت مستقیم

ث ـ اندازه‌گیری اجزای متناوب در طرف برق مستقیم در موارد لازم

ج ـ آزمون افزایش دما

چ ـ آزمون عایقبندی

ح ـ اندازه‌گیری سایر مقادیری که ممکن است تضمین شود همچون هارمونیک‌ها در جریان متناوب

۱۲ ـ ۴ ـ ۲ آزمونهای عادی[4]

۱۲ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۱ آزمونهای عادی سازنده، که برای حصول اطمینان از برابری کیفیت تولیدات با اندازه‌گیریهای مورد لزوم در آزمونهای نوعی صورت می‌گیرد، باید برابر بند ۳۵۳ از استاندارد IEC 119 به‌شرح زیر انجام شود:

الف ـ بازرسی مکانیکی

ب ـ آزمونهای عایقبندی

1– Floating voltage 2– Equalizing voltage 3– Type tests

4– Routine tests

پ - بررسی نقاطی از ویژگیهای ولتاژ - جریان مستقیم که انجام تضمینهای تنظیم ولتاژ را نشان می‌دهد.

ت - بررسی عملکرد لوازم کمکی مورد استفاده همچون کنتاکتورها، رله‌ها، پمپها و غیره

۱۲ - ۴-۲-۲ انجام آزمونهای عادی زیر نیز توصیه شده است:

الف - بررسی جریان متناوب در بهره‌برداری نامی و در حالت بی‌بار

ب - بررسی تقارن جریان مستقیم در دستگاههای چندفاز

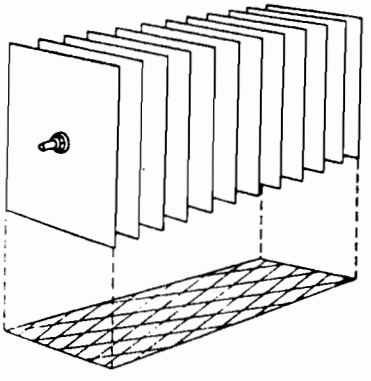
۱۲ - ۵ اصول و روشهای نصب

۱۲ - ۵-۱ برای نصب منابع تغذیه برق مستقیمی که دارای جعبه نوع دیواری (روکار یا توکار) می‌باشد، باید کلیه اصول و ضوابط مندرج در بخش مربوط به‌تابلوهای دیواری فشار ضعیف دقیقاً رعایت شود.

۱۲ - ۵-۲ برای نصب دستگاههای یکسوسازی که دارای جعبه نوع ایستاده می‌باشد، باید کلیه اصول و ضوابط مندرج در بخش مربوط به‌تابلوهای ایستادهٔ فشار ضعیف دقیقاً به‌کار رود.

۱۲ - ۵-۳ برای نصب دستگاههای یکسوکننده در داخل یک و یا مجموعه‌ای از تابلوها باید، با توجه به‌وظیفه و عملکرد سیستم موردنظر و ترکیب اجزای مختلف آن، محل و فضای مناسب، با پایه‌ها و نگاهدارنده‌های قابل اطمینان برای آن، پیش‌بینی شود.

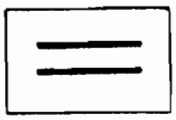
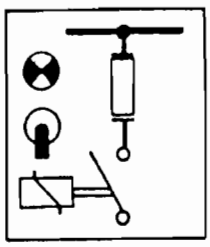
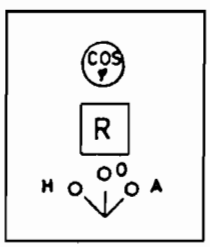
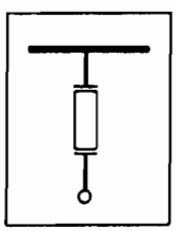
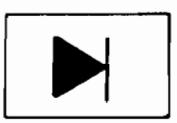
۱۲ - ۵-۴ نصب دستگاههای یکسوساز باید با توجه به‌دستورالعملهای سازنده در زمینه خنک‌سازی آن صورت گیرد. در مواردی که پشته‌های یکسوساز به‌وسیلهٔ گردش هوا با فشار پروانه خنک می‌شود، سرعت گردش هوا بر سطح تصویر پشته یا پشته‌ها باید به‌وسیلهٔ سازنده ارائه شود. سطح تصویر عبارت از مساحت سطحی است که عمود بر جریان هوا در محیط پیرامونی پشته یا پشته‌ها قرار دارد (شکل ۱۲ - ۱).



شکل ۱۲ - ۱

۱۲ - ۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی خازنهای صنعتی و یکسوسازها در جدول ۱۲-۱ ارائه شده است.

جدول ۱۲ ـ ۱ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای خازنهای صنعتی و یکسوکننده‌ها

شـــرح	نشانه
خازن ضریب قدرت	
تابلوی فرمان خازن	
رگولاتور	
تابلوی انشعاب	
یکسوکننده	

فصل ۱۳
وسایل شبکه

۱۳ ـ ۱ کلیات

۱۳ ـ ۱ـ۱ در این فصل مشخصات، استانداردها و اصول و روشهای نصب کلیهٔ اقلام و تجهیزات مورد استفاده در شبکه‌های برقی هوایی با ولتاژ حداکثر ۳۳کیلوولت بررسی و تعیین شده است.

۱۳ ـ ۱ـ۲ ولتاژهای مورد استفاده در شبکه‌های برقی هوایی عموماً به‌ترتیب ۳۸۰/۲۲۰ ولت، ۱۱، ۲۰ و ۳۰ کیلوولت می‌باشد.

۱۳ ـ ۱ـ۳ در مواردی که مشخصات و روشهای نصب برخی از اقلام تحت شرایط خاص، در این فصل پیش‌بینی و تصریح نشده باشد باید اصول و ضوابط مندرج در نشریات «استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق» و «استاندارد خطوط هوایی شبکه توزیع»، که به‌وسیلهٔ وزارت‌نیرو ـ امور برق تهیه شده است، رعایت شود.

۱۳ ـ ۲ تعاریف

۱۳ ـ ۲ـ۱ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده

۱۳ ـ ۲ـ۱ـ۱ پایه بتنی مسلح

پایه بتنی است که به‌منظور افزایش استحکام مکانیکی آن، اسکلتی از میلگردهای فولادی درون آن قرار داده شده باشد.

۱۳ ـ ۲ـ۱ـ۲ پایه بتنی پیش‌تنیده

پایه بتنی است که میله‌ها یا سیمهای فولادی درون آن قبل از بتن‌ریزی مورد پیش تنش قرار گرفته باشد.

۱۳ ـ ۲ـ۱ـ۳ مقاومت نرمال یا قدرت نامی

میزان باری است که پایه به‌طور دایم و بدون ایجاد ترک در آن بتواند تحمل کند.

۱۳ ـ ۲ـ۱ـ۴ مقاومت ارتجاعی

میزان باری است که موجب از بین‌رفتن حالت ارتجاعی تیر و ایجاد تغییرشکلهای دایمی در آن شود.

۱۳ ـ ۲ـ۱ـ۵ مقاومت نهایی

میزان باری است که موجب شکسته‌شدن تیر می‌شود.

۱۳ ـ ۲ـ۲ پایه‌های چوبی

۱۳ ـ ۲ـ۲ـ۱ یقه تیر

فصل مشترک بین تیر چوبی و سطح زمین، یقه تیر نامیده می‌شود.

۱۳ ـ ۲ـ۲ـ۲ محیط سینه تیر

محیط آن قسمت از تیر که در ارتفاع ۱۸۳ سانتیمتر از ته تیر قرار دارد.

۱۳ ـ ۳ استانداردها و مشخصات فنی پایه‌های برق

۱۳ ـ ۳ـ۱ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده

۱۳ ـ ۳ـ۱ـ۱ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده باید برابر مشخصات فنی مندرج در جلد دوم از استاندارد خطوط هوایی توزیع، زیر عنوان «استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده»، که به‌وسیله وزارت نیرو ـ امور برق تهیه شده است، طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. عمده‌ترین موارد مربوط به‌مشخصات فنی تیرهای مزبور برابر استاندارد فوق‌الذکر به‌قرار زیر است:

الف ـ مشخصات مصالح مورد مصرف برای ساخت پایه‌ها شامل سیمان، سنگدانه، آب و میلگرد باید برابر بند ۵ و مشخصات بتن و بتن‌ریزی تیرها برابر بند ۶ از استاندارد فوق انتخاب شود.

ب ـ در تیرهای پیش‌تنیده، بارهای پیش‌تنیدگی مجاز باید برابر بند ۸ تعیین شود.

پ ـ مقطع عرضی تیر باید به‌طور یکنواخت از پایین به‌بالا به‌ازای هر متر ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر باریکتر شود.

ت ـ سطح خارجی تیر باید صاف و عاری از هرگونه ترک‌خوردگی بوده و در آن سوراخهای مورد لزوم با قطر و فواصل مندرج در بند ۳ ـ ۲ از استاندارد فوق برای نصب لوازم خطوط هوایی و میله‌های صعود از تیر پیش‌بینی شود.

ث ـ میزان انحراف از حالت مستقیم تیر به‌ازای هر سه‌متر از طول آن نباید از ۱۰ میلیمتر تجاوز کند.

ج ـ اطلاعات زیرین باید به‌طور خوانا و ماندنی بر روی تمامی پایه‌ها، در فاصلهٔ سه‌متری از انتهای تیر، با عمق حداقل سه‌میلیمتر حک شود.

سطر اول: علامت اختصاری یا نام پروژه موردنظر

سطر دوم: طول حقیقی پایه برحسب متر و مقاومت نرمال آن برحسب کیلوگرم نیرو

سطر سوم: نام کارخانه سازنده

سطر چهارم: تاریخ ساخت (روز ـ ماه ـ سال)

چ ـ کلیهٔ پایه‌ها باید علاوه بر بازرسیهای مقرر در بند ۱۳، به‌وسیله کارخانه سازنده و در حضور نماینده مهندسین مشاور طبق ضوابط و اصول مندرج در بند ۱۴ مورد آزمون قرار گرفته و مهر پذیرش که به‌وسیلهٔ مهندسین مشاور بدین منظور تخصیص داده شده روی تمام تیرها زده شود. پیمانکاران خطوط هوایی مجاز به‌استفاده از پایه‌هایی که فاقد مهر مذکور باشد نخواهند بود.

۱۳ ـ ۳ـ۱ـ۲ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده با توجه به‌طول، قدرت نامی، مقاومت در مرحله ارتجاعی، و مقاومت نهایی آن، برابر استاندارد وزارت نیرو ـ امور برق در جدولهای ۱۳ـ۱ و ۱۳ـ۲ ارائه شده است. این‌گونه پایه‌ها برحسب وضعیت و شرایط محل نصب، فواصل بین دو تیر، شکل مقطع، و تعداد سیمهای نصب‌شده بر روی آن از لحاظ ارتفاع و قدرت کشش ممکن است از جدولهای مزبور انتخاب شود.

جدول ۱۳ـ۱ طبقه‌بندی پایه‌های بتنی‌مسلح از نظر طول پایه، قدرت اسمی، مقاومت ارتجاعی و نهایی، برابر استاندارد وزارت نیرو ـ امور برق

طول تیر (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت در مرحلهٔ ارتجاعی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم نیرو)
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰

جدول ۱۳ـ۲ طبقه‌بندی پایه‌های بتنی پیش‌تنیده از نظر طول تیر، قدرت اسمی، مقاومت ارتجاعی و نهایی، برابر استاندارد وزارت‌نیرو ـ امور برق

طول تیر (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت در مرحلهٔ ارتجاعی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم نیرو)
۸	۱۰۰	۱۵۰	۳۰۰
۸	۱۵۰	۲۲۵	۴۵۰
۸	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۹	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰
۱۰/۵	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۰/۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰

۱۳ ـ ۳ ـ ۱ ـ ۳ برای مشخصات طرحهای نمونه پایه‌های بتنی مسلح با مقاطع H و مستطیل شکل برابر جدول ۱۳ـ۱ به‌بند ۱۷ـ ۱ـ۱ و برای مشخصات طرحهای نمونه پایه‌های بتنی پیش‌تنیده با مقطع گرد برابر جدول ۱۳ـ۲ به‌بند ۱۷ـ۲ از «استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده» مصوب وزارت نیرو مراجعه شود.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ پایه‌های فلزی

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۱ پایه‌های فلزی به‌سه نوع کلی تقسیم می‌شود:

الف ـ مشبک: این نوع پایه دارای پایه‌های اصلی از آهن نبشی و یا ناودانی بوده و به‌وسیلهٔ بازوهای نبشی متقاطع به‌یکدیگر متصل می‌باشد.

ب ـ تیرآهن کشیده: این نوع پایه از تیرآهن با مقطع H که قسمت میانی آن در کارخانه با ابزار مخصوص به‌صورت زیگزاگ برش و کشش داده شده ساخته شده است.

پ ـ لوله‌ای: پایه لوله‌ای از قطعات لوله فلزی به‌نحوی تشکیل شده است که قطر قطعات پایین بیشتر بوده و به‌تدریج قطر قطعات بالا کاهش می‌یابد. این نوع پایه‌ها، که عموماً در روشنایی خیابانها به‌کار می‌رود ممکن است دارای بازو و یا بدون بازو باشد. پایه‌های بازودار ممکن است دارای بازوی مستقیم و یا کمانی‌شکل (شلاقی) باشد.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ پایه‌های فلزی مشبک، که به‌آن دکل نیز گفته می‌شود، با توجه به‌این که در شکل، انواع، و ابعاد مختلف بوده و برحسب موقعیت جغرافیایی محل نصب، طراحی و ساخته می‌شود، مشخصات فنی جداگانه‌ای برای آن در این فصل پیش‌بینی و تعیین نشده است. بنابراین مهندسین مشاور هر طرح موظفند دکلهای موردنیاز را برحسب وضعیت جغرافیایی منطقه مربوط از قبیل فشار و سرعت وزش باد و سایر شرایط جوی و همچنین نوع و مقطع سیم مورد مصرف براساس ضوابط وزارت نیرو ـ امور برق طرح و اجرا کنند.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۳ پایه‌هایی که از نوع تیرآهن کشیده شده می‌باشد نیز باید طبق شرایط مندرج در بند ۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۲ طراحی و اجرا شود.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۴ پایه‌های لوله‌ای، به‌طور کلی، از نظر ساخت به‌دو نوع تلسکوپی یک پارچه[1] و تلکسکوپی جوشی یا پرسی[2] تقسیم می‌شود که هر یک نیز ممکن است برحسب مورد مصرف در انواع مختلف مانند مستقیم بدون بازو یا بازودار، شلاقی یکطرفه یا دوطرفه و در بعضی موارد چهارطرفه و یا بیشتر ساخته شود.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۵ فولاد مورد مصرف در ساخت پایه‌های لوله‌ای باید حداقل برابر استاندارد EN 25-72 ، کلاس Fc 360 B بوده و برای گالوانیزه‌شدن و جوش مناسب باشد. این‌گونه لوله‌ها باید از نوع سراسر درز جوش و یا بی‌درز و کاملاً سالم و همچنین بدون هیچ نوع خوردگی باشد.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۶ آلیاژ آلومینیوم مورد مصرف برای ساخت پایه‌های آلومینیومی باید با شرایط مندرج در استانداردهای ISO/R 164 , ISO/R 209 , ISO/TR 2136 , ISO/R 827 منطبق بوده و در برابر خوردگی مقاوم باشد. در مواردی که در محل نصب پایه‌ها شرایط خورندگی ویژه‌ای وجود داشته باشد. پیمانکار موظف است آلیاژ پایه‌ها را با توافق دستگاه نظارت تعیین نماید.

۱۳ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۷ میله یا تسمه‌های پرکننده که برای جوشکاری قوس الکتریک تحت گاز محافظ برای آلومینیوم یا آلیاژهای آن به‌کار می‌رود باید دارای شرایط مندرج در بخش چهارم از استاندارد BS 2901 باشد.

1– Stepped 2– Swaged

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۸ آماده‌سازی و اجرای جوشکاری قوس الکتریک باید حسب مورد، برطبق بخش اول از استاندارد BS 3019 و یا بخش اول از استاندارد BS 3571 انجام شود.

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۹ پایه‌های تلسکوپی یکپارچه باید از لوله یک‌تکه بوده و در کارخانه به‌وسیلهٔ دستگاه مخصوص تغییر قطر به‌شکل پله‌ای ساخته شود.

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۰ پایه‌های تلسکوپی پرسی باید از لوله‌هایی که دارای قطرهای مختلف و طولهای مناسب است به‌وسیلهٔ دستگاهها و پرس‌های ویژه تولید این نوع پایه‌ها ساخته شود. نحوهٔ ساخت به‌وسیلهٔ دستگاههای یاد شده بدین ترتیب است که ابتدا لولهٔ دارای قطر بزرگتر کاملاً گرم و سپس لولهٔ دارای قطر کوچکتر در داخل آن پرس می‌شود و کار به‌همین ترتیب تا تکمیل پایه ادامه می‌یابد.

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۱ پایه‌های تلسکوپی جوشی نیز باید از لوله‌هایی با قطرهای مختلف و با طولهای مناسب در داخل یکدیگر قرار داده شده و دورادور آن حداقل دوبار متناسب با شرایط مندرج در استاندارد BS 5135 جوشکاری شده و سطح آن با سنباده کاملاً صاف شود.

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۲ طراحی و ساخت پایه‌های فلزی روشنایی باید با محاسبه وزن بازو و چراغ و سایر لوازم مربوط به‌آن، و ضرایب مربوط به‌فشار باد و شکل پایه و بازو انجام شود.

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۳ برای طرحهای نمونه پایه‌های فولادی روشنایی معابر و همچنین سایر مشخصات فنی و استانداردهای مربوط به‌پایه‌ها همچون جعبه تقسیم پایه، مسیر کابل ورودی و یا خروجی، ترمینالهای زمین و اتصال چراغ به‌پایه به‌نشریه «مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری» رجوع شود.

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۴ حفاظت پایه‌های فلزی در برابر خوردگی

حفاظت پایه‌های فلزی در برابر خوردگی شامل سه بخش به‌شرح زیر خواهد بود:

سطح اول: سطح خارجی پایه از بالاترین قسمت آن تا ۰/۲۵ متر از سطح زمین یا در مورد پایه‌های فلنج‌دار تمامی سطح خارجی پایه

سطح دوم: سطح خارجی قسمت زمینی پایه تا ارتفاع ۰/۲۵ متر از سطح زمین

سطح سوم: سطح داخلی پایه (در صورت وجود)

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۵ حفاظت پایه‌های فولادی در برابر خوردگی

پایه‌های فولادی باید براساس یکی از روشهای زیر، برحسب مورد، در برابر خوردگی حفاظت شود:

الف ـ در مواردی که از پایه‌های فولادی گالوانیزه استفاده می‌شود، تمامی سطوح پایه باید برابر استانداردهای ISO 1459، ISO 1460 و ISO 1461 گالوانیزه گرم شده باشد. حداقل ضخامت پوشش روی‌برای پایه‌های فولادی گالوانیزه با ضخامت بین ۱ تا ۵ میلیمتر در جدول ۱۳ـ۳ ارائه شده است.

جدول ۱۳ ـ ۳ حداقل ضخامت پوشش روی برای پایه‌های فولادی گالوانیزه با ضخامت بین ۱ تا ۵ میلیمتر

ضخامت پایه فولادی (میلیمتر)	حداقل پوشش روی (در یک‌طرف)	
	μm	g/m^2
۱ تا ۲	۳۵۰	۵۰
بیش از ۲ تا ۵	۴۵۰	۶۵

ب ـ در مواردی که پایه‌های فلزی به‌وسیلهٔ روش دمایی فلزپاشی و رنگ‌آمیزی[1] در برابر خوردگی حفاظت می‌شود، ابتدا باید سطوح اول و دوم پایه با استفاده از روش زنگ‌زدایی با فشار باد و مواد ساینده[2] برابر استاندارد سوئد (SIS 05 5900) آماده‌سازی شود و سپس سطوح سه‌گانه آن به‌شرح زیر رنگ‌آمیزی و قیراندود گردد:

سطح اول: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی ـ غیر الزامی

سطح دوم: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی یا یک لایه پوشش قیر

سطح سوم: یک لایه پوشش قیر

پ ـ در مواردی که برای حفاظت پایه‌های فولادی از روش فسفاته و رنگ کردن استفاده می‌شود، ابتدا باید سطوح سه‌گانه تا زدوده شدن تمامی زنگ از سطح فلز نمک سود شده و سپس یک لایه فسفات بر روی آن ایجاد شود و آنگاه در مدت ۲۴ ساعت به‌شرح زیر رنگ‌آمیزی و قیراندود گردد:

سطح اول: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی

سطح دوم: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی یا یک لایه پوشش قیر

سطح سوم: یک لایه پوشش قیر

ت ـ در مواردی که برای حفاظت پایه‌های فولادی از روش رنگ‌آمیزی استفاده می‌شود، ابتدا باید سطوح اول و دوم پایه طبق استاندارد سوئد (SIS 05 5900) زنگ‌زدایی و سپس به‌شرح زیر رنگ‌آمیزی و قیراندود شود:

سطح اول: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی

سطح دوم: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی و (یا) یک لایه پوشش قیر

سطح سوم: یک لایه پوشش قیر

۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۶ حفاظت پایه‌های آلومینیومی در برابر خوردگی

حفاظت سطوح سه‌گانه پایه‌های آلومینیومی در برابر خوردگی به‌شرح زیر خواهد بود:

سطح اول: حفاظت ضرورت ندارد

سطح دوم: سطح موردنظر باید پس از چربی‌گیری و پرداخت اولیه به‌وسیله حداقل ۲۵۰ میکرومتر قیر پوشیده شود.

سطح سوم: چربی‌گیری و پوشش قیر همانند سطح دوم باید انجام شود لیکن پرداخت اولیه سطح مورد لزوم نخواهد بود.

۱۳ ـ ۳ـ۳ پایه‌های چوبی

پایه‌های چوبی باید از چوب سرو مخصوص مطابق استاندارد BS 1990/1984 بوده و با مواد کرئوزوت براساس روش روپینگ[3] و استاندارد BS 913/1954 اشباع شده باشد. کیفیت کرئوزوت مذکور باید براساس استاندارد BS 144/1954 بوده و حداقل کشش الیاف پایه‌های چوبی (Fiber stress) باید

1– Thermal spraying with metals and painting 2– Blast cleaning 3– Rueping

kg/cm^2 ۵۶۰ باشد. پایه‌های چوبی همچنین باید با مشخصات مندرج در جلد سوم از استاندارد خطوط هوایی توزیع زیر عنوان «تیرهای چوبی و مشخصات کراس آرمهای چوبی به‌کاررفته در شبکه توزیع» منطبق باشد. عمده‌ترین موارد مربوط به‌مشخصات فنی پایه‌های چوبی براساس استاندارد نامبرده به‌قرار زیر است:

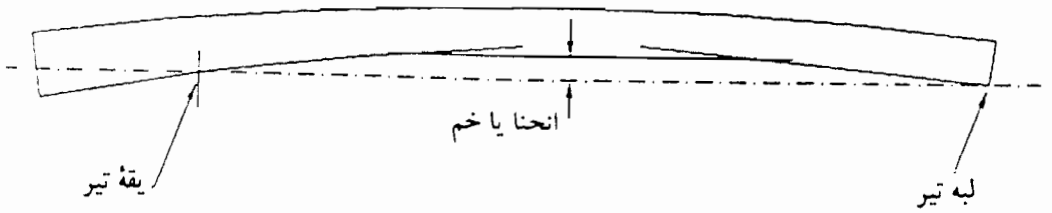
۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۱ چوب داخلی مناسب برای ساخت پایه‌های چوبی شامل درختان کاج تدا، کاج تهران، کاج زربین، ممرز، تبریزی، صنوبر، افرا، اکالیپتوس و انجیلی می‌باشد. چوب درختان یادشده باید از نظر تعداد حلقه‌های رویش سالانه، طول ترکها و شکافهای ظاهرشده در سر یا ته تیر، وجود علایم فشاری (یا کششی) در ابتدا یا انتهای چوب، اثر زخم و فرورفتگی، وجود پوسیدگی یا مغز پوک در چوب، محدودیت تکان خوردگی، و مانند آن برابر ضوابط مندرج در استاندارد مزبور باشد.

۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۲ حداکثر پیچش مجاز رگه در تیرهای مورد مصرف به‌قرار جدول زیر خواهد بود:

طول تیر	حداکثر پیچش مجاز
۹ متر و کمتر	یک دور کامل در هر ۳ متر
۱۰ تا ۱۴ متر	یک دور کامل در هر ۵ متر
بیش از ۱۵ متر	یک دور کامل در هر ۶ متر

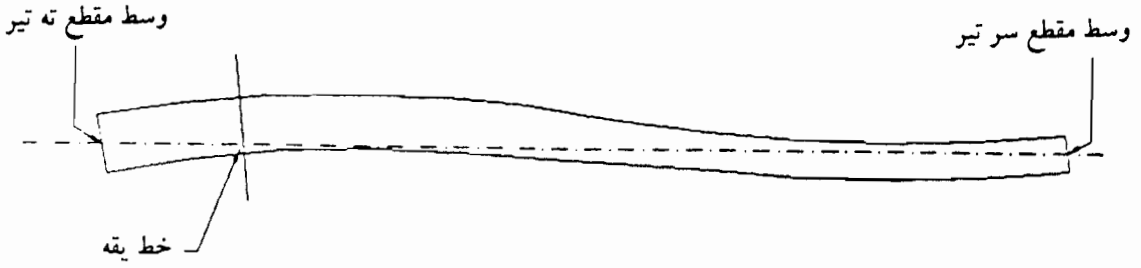
۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۳ انحنای تیر

الف ـ انحنا در یک جهت: تیرهای مورد مصرف با حداکثر ارتفاع ۱۵ متر و انحنا در یک جهت، نباید به‌ازای هر سه متر طول از محل یقه تیر به‌بالا دارای انحنای بیش از ۲/۵ سانتیمتر باشد. (شکل ۱۳ـ۱)



شکل ۱۳ ـ ۱ انحنا یا خمیدگی تیر در یک جهت.

ب ـ انحنا در دو جهت: خط مستقیمی که از وسط سر و ته تیر می‌گذرد باید در فاصلهٔ این دو نقطه در محلهای انحنا حداقل با سطح تیر مماس باشد (شکل ۱۳ ـ ۲).

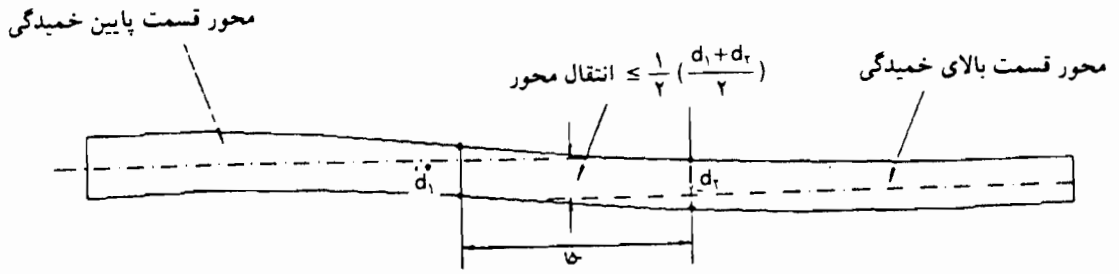


شکل ۱۳ ـ ۲ انحنا یا خمیدگی تیر در دو جهت.

۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۴ خمیدگی کوتاه

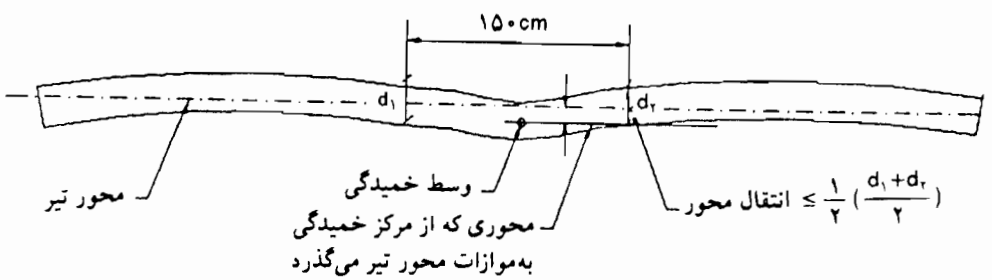
تیر باید فاقد خمیدگیهای کوتاه باشد. اندازه‌گیری خمیدگیهای کوتاه ۱۵۰ سانتیمتری یا کمتر به‌شرح زیر است:

حالت اول : در صورتی که محورهای مبنا تقریباً با هم موازی باشد، فاصله دو محور، نباید از نصف متوسط قطرهای بالا و پایین خمیدگی، بیشتر باشد (شکل ۱۳ ـ ۳).



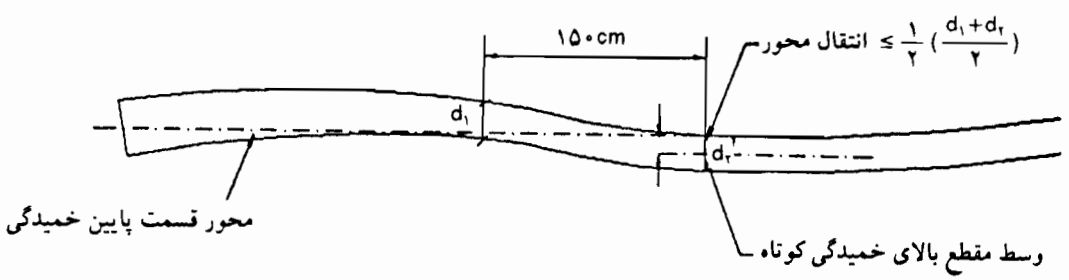
شکل ۱۳ ـ ۳ خمیدگی کوتاه تیر، حالت اول.

حالت دوم: در صورتی که محورهای بالا و پایین خمیدگی کوتاه برهم منطبق باشد، فاصله محور تیر از محوری که از مرکز قسمت خمیدگی به‌موازات محور تیر می‌گذرد، نباید از نصف متوسط قطرهای بالا و پایین خمیدگی بیشتر باشد (شکل ۱۳ ـ ۴).



شکل ۱۳ ـ ۴ خمیدگی کوتاه تیر، حالت دوم.

حالت سوم: در صورتی که محور بالا و پایین قسمت خمیدگی برهم منطبق نبوده و موازی نیز نباشد، فاصلهٔ محور پایین تیر و خطی که از مرکز مقطع عرضی بالای خمیدگی و موازی پایین کشیده شده نباید بیشتر از نصف متوسط قطرهای بالا و پایین خمیدگی باشد (شکل ۱۳ ـ ۵).



شکل ۱۳ ـ ۵ خمیدگی کوتاه تیر، حالت سوم.

۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۵ قطر هر گره و مجموع قطرهای گره‌های موجود در یک فاصله ۳۰ سانتیمتری در طول پایه نباید از حدود جدول ۱۳ ـ ۴ تجاوز کند.

جدول ۱۳ ـ ۴ قطر مجاز گره و مجموع گره‌ها برای تیرهای مختلف

طول تیر	محل گره‌ها	کلاس ۱، ۲ و ۳	کلاس ۴، ۵، ۶ و ۷
۸ تا ۱۵ متر	نیمه اول از ته تیر	قطر هر گره، ۷/۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر	قطر هر گره، ۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر
۸ تا ۱۵ متر	نیمه دوم از ته تیر	قطر هر گره، ۱۲/۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر	قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتیمتر
بیش از ۱۵ متر	نیمه اول از ته تیر	قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر	قطر هر گره، ۱۰ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر
بیش از ۱۵ متر	نیمه دوم از ته تیر	قطر هر گره، ۱۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر	قطر هر گره، ۱۵ سانتیمتر مجموع قطر گره‌ها، ۲۵ سانتیمتر

۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۶ پایه‌های چوبی برق از نظر مشخصات به‌هفت گروه یا کلاس تقسیم می‌شود. مشخصات و گروه‌بندی پایه‌های مذکور شامل حداقل محیط سر تیر، حداقل قطر سر تیر و نیروی شکست پایه در جدول ۱۳ ـ ۵، و حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر در جدول ۱۳ ـ ۶ ارائه شده است.

جدول ۱۳ ـ ۵ حداقل محیط و قطر سر تیر و نیروی شکست پایه برای کلاسهای مختلف تیر

کلاس یا گروه تیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل محیط سر تیر (سانتیمتر)	۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸
حداقل قطر سرتیر (سانتیمتر)	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲
نیروی شکست (کیلوگرم نیرو)	۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰

جدول ۱۳ ـ ۶ حداقل محیط سینه در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
طول تیر(متر)	حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتیمتر از انتهای تیر (سانتیمتر)						
۸	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۵۸/۵	۵۵
۹	۹۰	۸۶	۸۱	۷۳/۵	۷۰	۶۲	۵۸/۵
۱۱	۹۶/۵	۹۰	۸۴	۷۸/۵	۷۳/۵	۶۷	۶۲
۱۲	۱۰۱/۵	۹۵	۹۱/۵	۸۲/۵	۷۷/۵	۷۱	۶۶
۱۴	۱۰۷	۱۰۳	۹۳	۸۶	۸۲/۵	۷۳/۵	۶۸/۵
۱۵	۱۱۲	۱۰۷	۹۵	۹۰	۸۶	۷۷/۵	۷۲
۱۷	۱۱۵	۱۱۱	۱۰۱/۵	۹۶/۵	۸۹	۸۰	–
۱۸	۱۱۹	۱۱۴	۱۰۴	۹۹	۹۱/۵	۸۴	–

۱۳ ـ ۳ـ۳ـ۷ علامت‌گذاری روی پایه‌های چوبی

هر پایه باید دارای یک علامت (نشان) به‌طول حداقل ۵۰ میلیمتر، به‌عرض حداقل ۵ میلیمتر و به‌عمق حداقل ۳ میلیمتر در فاصله ۳ متری از انتهای آن باشد. در بالا و پایین نشان مزبور مشخصات زیر باید حک شود:

الف ـ مشخصاتی که باید در بالای نشان حک شود:

۱ ـ طول پایه (متر)

۲ ـ کلاس پایه در فاصله ۱/۵ متری از انتهای آن (میلیمتر)

ب ـ مشخصاتی که باید در زیر نشان درج شود:

۱ ـ کد نوع چوب

۲ ـ کشور تولیدکننده چوب

۳ ـ دو رقم آخر سال تولید چوب

حروف مورد استفاده برای درج مشخصات باید دارای ارتفاع حداقل ۲۵ میلیمتر، عرض حداقل ۵ میلیمتر و عمق حداقل ۳ میلیمتر باشد. فاصله بین درج مشخصات مختلف باید بین ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر باشد.

۱۳ ـ ۴ اصول و روشهای نصب پایه‌های برق

۱۳ ـ ۴ـ۱ ضوابط کلی

۱۳ ـ ۴ـ۱ـ۱ به‌طور کلی پایه‌های برق باید کاملاً در امتداد نیروی ثقل زمین و با استحکام کافی در زمین نصب شود به‌طوری که نیروی وارده از جانب سیمها یا باد و مانند آن سبب خمش پایه نشود.

۱۳ ـ ۴ـ۱ـ۲ برای نصب پایه‌های برق در مواردی که خطوط برق به‌طور مستقیم و در زمینهای معمولی کشیده می‌شود قاعده کلی آن است که عمق گودال مورد لزوم برابر یک ششم طول کل پایه درنظر گرفته شود. برای تعیین عمق گودال در موارد مختلف (خط مستقیم و غیر مستقیم)، در زمینهای معمولی جدول شماره ۱۳ ـ ۷ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۳ ـ ۷ تعیین عمق گودال در زمینهای معمولی برای موارد مختلف

عمق گودال (متر)		طول کل پایه (متر)	عمق گودال (متر)		طول کل پایه (متر)
انحناها، گوشه‌ها و نقاط دارای کشش اضافی	خط مستقیم		انحناها، گوشه‌ها و نقاط دارای کشش اضافی	خط مستقیم	
۲/۲۷	۲/۱۲	۱۷	۱/۸۲	۱/۶۷	۹
۲/۴۲	۲/۲۷	۱۸	۲/۰	۱/۸۲	۱۱
۲/۵۸	۲/۴۲	۲۰	۲/۰	۱/۸۲	۱۲
۲/۵۸	۲/۴۲	۲۱	۲/۱۲	۲/۰	۱۴
۲/۷۳	۲/۵۸	۲۲	۲/۲۷	۲/۱۲	۱۵

۱۳ ـ ۴ـ۱ـ۳ در خاکهای سست پایه‌هایی که دارای طول حداکثر ۱۷ متر می‌باشد، باید ۵۰ سانتیمتر عمیق‌تر از زمینهای سفت جایگذاری شود و برای پایه‌های بیش از ۱۷ متر طول، عمق جایگذاری پایه نظیر عمق تعیین شده برای زمینهای سفت می‌باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۲ اصول و روشهای نصب پایه‌های بتنی

۱۳ ـ ۴ـ۲ـ۱ ابعاد گودال برای نصب پایه‌های بتنی در زمینهای معمولی باید به‌شرح زیر باشد:

عمق گودال: به‌طور معمول یک ششم طول کل تیر

عرض و طول گودالهای با مقطع چهارگوش: حدود ۶۰ سانتیمتر

قطر گودالهای با مقطع دایره‌ای: حدود ۷۰ سانتیمتر

۱۳ ـ ۴ـ۲ـ۲ کف گودال باید با ریختن بتون مگر به‌ضخامت ۵ الی ۱۰ سانتیمتر بتن‌ریزی و کف بالای بتن‌ریزی در کلیه گودالها همسطح باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۲ـ۳ پایه‌ها باید در وسط گودال و عمود بر سطح افقی و در یک امتداد مسیر مستقیم قرارگرفته و پایهٔ تیر با قلوه و یا لاشه سنگهای بزرگ (به‌ابعادی مشابه ابعاد مقطع تیر) تا یک سوم ارتفاع گودال کاملاً مستحکم و سپس بتن غیرمسلح با حداقل عیار ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب تا ارتفاع ۱۰ سانتیمتر به‌کف تمام‌شده زمین ریخته شود. فاصله باقیمانده تا کف تمام‌شده (۱۰ سانتیمتر) باید با مصالحی مشابه آنچه در اطراف تیر وجود دارد (خاک، اسفالت، موزاییک، سیمان و غیره) پر و تسطیح شود.

۱۳ ـ ۴ـ۲ـ۴ صعود از پایه‌های نصب‌شدهٔ بتنی و انجام هرگونه عملیات نصب وسایل و تجهیزات روی پایه‌ها باید حداقل ۲۴ ساعت بعد از بتن‌ریزی گودال پایه‌های مذکور صورت پذیرد.

۱۳ ـ ۴ـ۲ـ۵ به‌منظور جلوگیری از آسیب‌دیدگی بدنه پایه‌ها و آرماتورها، توصیه می‌شود در هنگام بلندکردن و نصب پایه‌های بتنی در گودالهای مربوط از وسایل مکانیکی مانند جرثقال و مانند آن به‌جای نیروی انسانی استفاده شود.

۱۳ ـ ۴ـ۲ـ۶ در تیرهای پیش‌تنیده (که دارای مقطع توخالی است) هنگامی که از مهار استفاده می‌شود نیروی محوری زیادی در تیر به‌وجود می‌آید لذا باید به‌چگونگی انتقال این نیرو به‌زمین در کف تیر توجه ویژه‌ای شود. برای مقابله با تنشهای لهیدگی در این ناحیه می‌توان صفحات بزرگتری در زیر تیر تعبیه نمود. این موضوع به‌ویژه در خاکهای سست باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۳ ـ ۴ـ۳ اصول و روشهای نصب پایه‌های فلزی

۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۱ پایه‌های فلزی مورد استفاده برای نصب در زمین باید برابر بند ۱۳ ـ ۳ـ۲ـ۱۴ در برابر خوردگی محافظت شود.

۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۲ در صورتی‌که پایه‌های فلزی به‌منظور ایجاد شبکه هوایی توزیع نیرو به‌کار رود، اصول و روشهای نصب پایه‌های بتنی مندرج در بند ۱۳ ـ ۴ـ۲ از قبیل گودبرداری، ابعاد گودال و جزییات نصب باید عیناً در مورد پایه‌های فلزی نیز رعایت شود.

۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۳ در مواردی که پایه‌های فلزی روشنایی معابر و خیابانها به‌وسیله کابل زمینی تغذیه می‌شود، عمق نصب پایه در داخل زمین باید براساس محاسبات لازم و با توجه به‌نوع خاک تعیین شود. حداقل عمق دفن پایه‌های مزبور در خاکهای سفت، معمولی یا سست در جدول ۱۳ ـ ۸ ارائه شده است. برای نصب

پایه‌های فلزی روشنایی راههای شهری یکی از روشهای مندرج در بندهای ۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۴ تا ۶ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۳ ـ ۸ حداقل عمق‌دفن پایه چراغهای‌روشنایی در زمین باتوجه به‌نوع خاک

ارتفاع نامی (متر)	عمق دفن (سانتیمتر)		
	خاک سفت	خاک معمولی	خاک سست
< ۵	۶۰	۸۰	۱۰۰
۶	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
۸	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰
۱۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۷۰
۱۲	۱۵۰	۱۷۰	۲۰۰
۱۵	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰
۱۸	۱۵۰	۲۰۰	–
۲۰	۱۸۰	–	–

۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۴ نصب مستقیم پایه‌های فلزی روشنایی در زمین

در این روش ابتدا باید گودالی باعمق لازم در زمین حفر شود و سپس با نصب پایه در مرکز آن و قراردادن لوله‌های مخصوص ورود و خروج کابل، بتن‌ریزی با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب صورت گیرد و پس از خشک‌شدن بتن سطح آن با خاک و ماسه انباشته‌شده وکاملاً کوبیده شود. پوشش نهایی گودال مشابه سطح خیابان یا معابر موردنظر خواهد بود.

۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۵ نصب پایه‌های فلزی روشنایی با استفاده از لوله سیمانی

نصب پایه با استفاده از لوله سیمانی شامل مراحل زیر خواهد بود:

الف ـ حفر گودال با عمق لازم و قراردادن یک عدد لوله سیمانی با قطر داخلی ۶ تا ۱۰ سانتیمتر بیش از قطر خارجی پایه فلزی و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر کمتر از عمق گودال در داخل آن.

ب ـ نصب لوله‌های فلزی برای عبور کابل یا کابلهای ورودی و خروجی به‌درون پایه با ایجاد سوراخ یا سوراخهای لازم در بدنه لوله سیمانی همسطح با کف کانال کابلکشی به‌گونه‌ای که پس از بتن‌ریزی، عبور کابل از طریق لوله‌های مزبور به‌داخل پایه فلزی به‌آسانی انجام شود.

پ ـ بتن‌ریزی اطراف لوله سیمانی با بتن غیرمسلح و عیار سیمان حداقل ۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب.

ت ـ پس از خشک‌شدن بتن، قرار دادن پایهٔ فلزی دقیقاً در مرکز لولهٔ سیمانی، و پر کردن اطراف پایه با ماسهٔ نرم و مرطوب تا ارتفاع ۱۰ سانتیمتر پایین‌تر از لبهٔ فوقانی لولهٔ سیمانی و ایجاد فشردگی لازم.

ث ـ ماسه و سیمان‌کردن ۱۰ سانتیمتر فاصله باقیمانده از ارتفاع لوله سیمانی و پر کردن و تسطیح ۱۰ سانتیمتر باقیمانده گودال (از لبهٔ لوله سیمانی تا سطح زمین) با مصالحی مشابه آنچه در اطراف تیر وجود دارد (خاک، آسفالت، موزاییک، بتن و غیره).

۱۳ ـ ۴ـ۳ـ۶ نصب پایه‌های فلزی روشنایی بر روی فونداسیون بتنی پیش‌ساخته

در زمینهایی که پایه‌ها در معرض عوامل خورندگی شدید قرار می‌گیرد، استفاده از روش نصب پایه‌ها بر روی فونداسیون بتنی مسلح پیش‌ساخته به‌شرح زیر توصیه می‌شود:

الف ـ فونداسیون پیش‌ساخته باید از بتن مسلح با ابعادی متناسب با شکل، ارتفاع و وزن پایه ساخته شده و در آن مسیرهای عبور کابل و لوله‌های فلزی لازم پیش‌بینی و تعبیه شده باشد (شکلهای ۱۳ ـ ۶ و ۱۳ ـ ۷).

ب ـ در طراحی و تعیین ابعاد فونداسیون بتنی پیش‌ساخته (تعیین مقادیر a، b، c، d و e در شکلهای ۱۳ ـ ۶ و ۱۳ ـ ۷)، عوامل زیر باید در نظر گرفته شود:

- ارتفاع پایه
- مقاومت فشاری بتن
- وزن مخصوص بتن
- وزن مخصوص خاک
- تنش مجاز خاک
- تنش تسلیم آرماتورهای مصرفی
- انتخاب آرماتورهای سالم از نوع آجدار
- تناسب نوع سیمان مصرفی با نوع خاک محل نصب پایه
- میزان تراکم لازم خاک بر روی فونداسیون

پ ـ پس از دفن فونداسیون در زمین، پایه باید به‌کمک صفحه متصل به‌آن[1] و میل مهارهای مستقر در داخل بتن و یک صفحه پایه[2] بر روی آن نصب شود (شکل ۱۳ ـ ۸).

ت ـ برای اطلاع از مشخصات فنی ساخت و نصب پایه‌های فولادی روشنایی نمونه به‌فصل سیزدهم از نشریهٔ «مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری» رجوع شود.

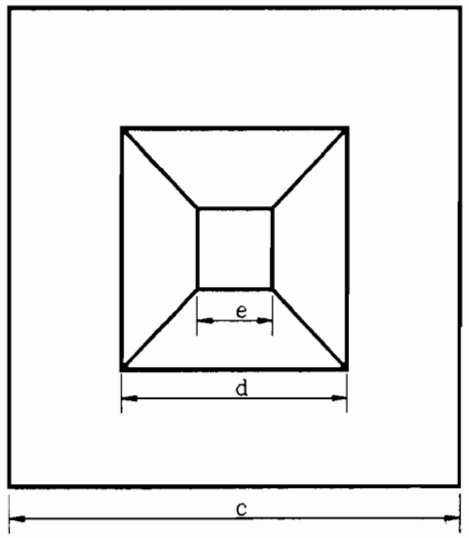
۱۳ ـ ۴ـ۴ اصول و روشهای نصب پایه‌های چوبی

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۱ گودال محل نصب پایه‌های چوبی باید دارای مقطع دایره‌ای بوده و کاملاً به‌شکل استوانه‌ای حفر و برای گودبرداری حتی‌الامکان از مته‌های مخصوص استفاده شود. در صورت عدم دسترسی به‌وسایل مذکور ممکن است از نیروی انسانی استفاده شود.

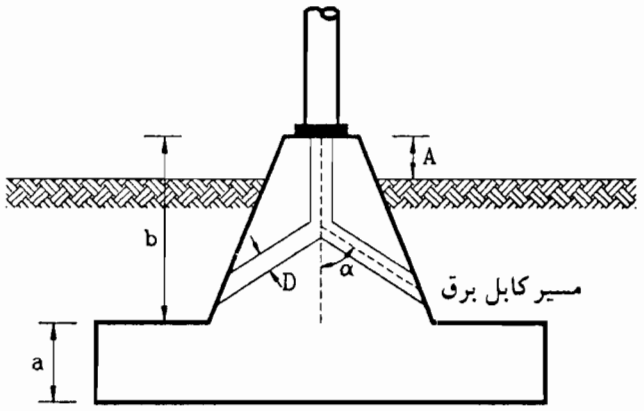
۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۲ قطر گودال باید با توجه به‌قطر انتهایی پایه به‌گونه‌ای انتخاب شود که تیر در هنگام نصب به‌آسانی در گودال قرار داده شده و عملیات سنگ‌ریزی، خاکریزی و کوبیدن آن به‌سهولت امکان‌پذیر باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۳ عمق گودال نصب پایه‌های چوبی بستگی به‌طول و وزن پایه، نوع خاک و شرایط آب و هوایی محل نصب آن دارد. حداقل عمق دفن انواع پایه‌ها با توجه به‌شرایط مذکور برابر استاندارد وزارت نیرو در جدول ۱۳ ـ ۹ ارائه شده است.

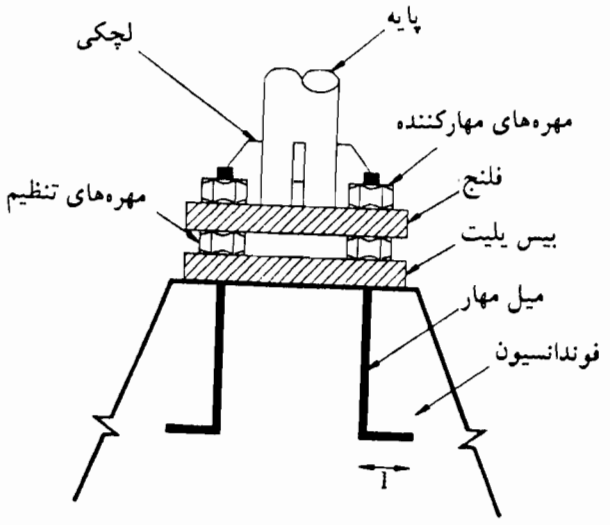
1– Flange 2– Base plate



پلان نمونه فونداسیون بتنی پیش‌ساخته
شکل ۱۳ ـ ۶



نمای نمونه فونداسیون بتنی پیش‌ساخته
شکل ۱۳ ـ ۷



جزییات نصب پایه بر روی فونداسیون بتنی پیش‌ساخته
شکل ۱۳ ـ ۸

جدول ۱۳ ـ ۹ حداقل عمق دفن پایه‌های چوبی

سنگ‌دار			خوب			سست			معمولی			نوع خاک
سنگین	معمولی	سبک	سنگین	معمولی	سبک	سنگین	معمولی	سبک	سنگین	معمولی	سبک	شرایط آب و هوایی نوع پایه (متر)
۱/۲	۱/۱	۱/۱	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۲/۰	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۱/۵	۱/۴	۸
۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۲/۱	۱/۹	۱/۷	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۹
۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۲/۲	۲/۰	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۵	۱۰
۱/۳	۱/۲	۱/۱	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۲/۲	۲/۱	۱/۸	۱/۹	۱/۷	۱/۶	۱۱
۱/۴	۱/۳	-	۱/۷	۱/۶	-	۲/۳	۲/۱	-	۱/۹	۱/۷	-	۱۲
۱/۴	۱/۳	-	۱/۷	۱/۶	-	۲/۴	۲/۲	-	۲/۰	۱/۸	-	۱۳
۱/۵	۱/۴	-	۱/۷	۱/۷	-	۲/۴	۲/۳	-	۲/۱	۱/۹	-	۱۴
۱/۵	-	-	۱/۸	-	-	۲/۵	-	-	۲/۱	-	-	۱۵
۱/۶	-	-	۱/۸	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۶
۱/۶	-	-	۱/۹	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۷
۱/۷	-	-	۱/۹	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۸
۱/۷	-	-	۲/۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۹

مشخصات انواع مختلف خاک که در جدول ۱۳ ـ ۹ ذکر گردیده به‌شرح زیر است:

خاک معمولی: عبارت است از گل خشک و سفت، شنزار خشک و سفت و شن به‌هم فشرده و سفت.

خاک سست: عبارت است از گل نرم و تَر و شن نرم و تَر، گل خشک مخلوط با ماسه نرم و طبقات گل و ماسه

خاک خوب: عبارت است از شن درشت به‌هم فشرده، سنگ و گل طبقه طبقه‌شده، سنگ سست و شن و ماسه که خوب پهن شده باشد.

خاک سنگ‌دار: عبارت است از خاکی که محتوی سنگهای با حجم متوسط و سخت باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۴ پایه‌ها باید در وسط گودال قرار گرفته و پایهٔ تیر با قلوه یا لاشه سنگهای بزرگ (به ابعادی مشابه ابعاد مقطع پایه) تا یک سوم ارتفاع گودال کاملاً مستحکم شود. در صورتی‌که زمین سفت باشد باقیمانده ارتفاع گودال را می‌توان از خاک حاصله از گودبرداری پر کرد مشروط بر آنکه خاکریزی در لایه‌های مختلف انجام شده و پس از هر لایه کاملاً کوبیده شود. چنانچه زمین سست و نرم باشد باقیمانده ارتفاع گودال باید با بتنی با نسبتهای یک قسمت سیمان، سه قسمت ماسه و سه قسمت سنگ شکسته یا شن درشت بتن‌ریزی شود.

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۵ در شرایطی که زمین محل دفن پایه سست بوده و یا به‌دلایلی نتوان عمق دفن پایه را به‌اندازه لازم پیش‌بینی کرد، پایه باید در داخل زمین کلاف‌بندی شود.

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۶ در مواردی که زمین محل دفن پایه سست باشد می‌توان با استفاده از بلوک سیمانی در کف گودال دفن پایه، استحکام لازم را برای پایه تامین نمود.

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۷ در یک مسیر مستقیم کلیه پایه‌های چوبی باید عمود برسطح افقی و در یک امتداد باشد. در صورتی که

مسیر انحنادار باشد در نقاط انحنا، پایه‌ها باید کمی در جهت خارج انحنا متمایل شود به‌نحوی که پس از نصب سیمها، در اثر کشش حاصل از آن، پایه‌ها به‌حالت عمودی در آید.

۱۳ ـ ۴ـ۴ـ۸ پایه‌های ابتدایی و انتهایی هر خط و همچنین پایه‌هایی که در نقاط انحنا با زاویه شکست کوچکتر از ۱۵۰ درجه قرار می‌گیرد باید به‌وسیلهٔ مهار کششی و یا حایل اتکایی مهار شود.

۱۳ ـ ۴ـ۵ حریم مجاز نصب تیر یا سیم

۱۳ ـ ۴ـ۵ـ۱ حریم مجاز نصب تیرهای برق تا درختهای اطراف با ولتاژ حداکثر ۲۰ کیلوولت باید براساس نقشه استاندارد شمارهٔ ۰۰۵ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۵ـ۲ فاصله آزاد سیمها از ساختمانها و اسکلتهای فلزی تا ولتاژ ۲۰ کیلوولت باید براساس نقشه استاندارد شمارهٔ ۰۰۶ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۵ـ۳ ضوابط عبور سیمهای برق تا ولتاژ ۲۰ کیلوولت از روی راه‌آهن و راههای اصلی باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰۷ ـ ۰۰ و ۰۰۸ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۵ـ۴ حداقل فاصله آزاد سیمها از یکدیگر و از زمین باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰۹ ـ ۰۰ و ۰۱۰ ـ ۰۰ و ۰۱۲ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۴ـ۵ـ۵ طرز برش و چیدن شاخه‌های درختان زیر خطوط هوایی و حفظ فاصلهٔ مجاز تا سیمهای برق با ولتاژ ۲۰ کیلوولت باید برطبق نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۰۴۱ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۵ کنسول‌ها و براکت‌ها

برای نصب انواع مختلف مقره‌ها در شبکه خطوط هوایی باید کلیه تیرها مجهز به‌کنسول یا براکت‌های مناسب با نوع مقره مربوط باشد. کنسولها و براکت‌ها با توجه به‌شرایط محیط نصب و نیز نوع شبکه انتخاب می‌شود ولی به‌طور کلی انواع آن عبارت است از:

۱۳ ـ ۵ـ۱ کنسولهای فلزی باید از پروفیل نبشی و یا ناودانی گالوانیزه ساخته شده و تسمهٔ حایل آن نیز از آهن تسمهٔ گالوانیزه باشد. مشخصات و ابعاد کنسولهای فلزی باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۲۱۲ ـ ۲۰ و ۲۱۲ ـ ۱۱ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۵ـ۲ کنسولهای چوبی باید از چوب اشباع‌شده مخصوص ساخته شده و تسمه حایل آن نیز از آهن تسمهٔ گالوانیزه باشد. مشخصات فنی کراس‌آرمهای چوبی از نظر نوع چوب، شرایط ساخت، رطوبت چوب در موقع اشباع و شرایط انتخاب چوب باید مطابق بند ۳ ـ ۲ از جلد سوم «استاندارد خطوط هوایی توزیع» باشد.

۱۳ ـ ۵ـ۳ براکت جلوبر از پروفیل نبشی گالوانیزه و به‌صورت دو، سه، چهار و پنج مقره‌ای ساخته می‌شود. بر روی براکت مذکور اتریه‌ها به‌تعداد مورد لزوم با پیچ و مهره نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد براکتهای جلوبر باید براساس نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۳۰۳ ـ ۰۴ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳-۵-۴ اتریه و جا مقره

۱۳-۵-۴-۱ اتریه که مقرهٔ چرخی در داخل آن قرار داده می‌شود، از تسمهٔ آهنی گالوانیزه به‌شکل U ساخته‌شده و مستقیماً بر روی پایه‌های بتنی و یا چوبی قابل نصب است.

۱۳-۵-۴-۲ جا مقره[1] از تعدادی پایه نگاهدارنده اتریه و خود اتریه که به‌پایهٔ مذکور جوشکاری یا پرچ شده تشکیل یافته است. جا مقره به‌طور کلی به‌صورت دو، سه و یا پنج مقره‌ای ساخته‌شده و باید از جنس آهن گالوانیزه گرم باشد. مشخصات اتریه و جامقره‌ها باید براساس نقشه استاندارد شماره ۳۰۴-۰۴ وزارت نیرو-امور برق باشد.

۱۳-۵-۵ اصول و روشهای نصب کنسولها و براکتها

اصول و روشهای نصب کنسولهای فلزی و چوبی و براکت‌ها باید براساس نقشه‌های استاندارد شماره ۳۰۳-۰۴ و ۳۰۴-۰۴ و ۲۱۱-۱۱ و ۲۱۲-۱۱ و ۲۱۱-۲۰ و ۲۱۲-۲۰ وزارت نیرو-امور برق باشد.

۱۳-۶ مقره‌ها

مقره‌ها باید با توجه به‌ولتاژ شبکه و نوع استقرار سیم انتخاب شود. مقره‌ها به‌طور کلی به‌چهار گروه به‌شرح زیر تقسیم می‌شود:

الف - مقره چرخی

ب - مقره سوزنی

پ - مقره بشقابی برای سیمکشی شبکه

ت - مقره مهار برای عایق‌کردن سیم مهار

۱۳-۶-۱ مقره چرخی برای نصب در داخل اتریه در سیستم شبکه فشار ضعیف به‌کار برده می‌شود.

۱۳-۶-۲ مقرهٔ سوزنی در شبکه‌های فشار ضعیف و فشار متوسط ۱۱ و ۲۰ و ۳۰کیلوولت به‌کار رفته و با پایهٔ مربوط در رأس تیر و یا روی کنسولهای فلزی و یا چوبی نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد این نوع مقره باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل.م-۰۰۵، ل.م-۰۰۶، ل.م-۰۰۹، ل.م-۰۱۰، ل.م-۰۱۱، ل.م-۰۱۴، و ل.م-۰۱۵ وزارت نیرو-امور برق باشد.

۱۳-۶-۳ مقرهٔ بشقابی در شبکه‌های فشار متوسط ۱۱ و ۲۰ و ۳۰کیلوولت مورد استفاده واقع شده و زیر کنسولهای چوبی و یا فلزی به‌حالت آویز نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد این نوع مقره باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل.م-۰۰۷، ل.م-۰۰۸، ل.م-۰۱۲، و ل.م-۰۱۳ وزارت نیرو-امور برق باشد.

۱۳-۶-۴ مقره مهار برای عایق‌کردن سیم مهار و پایه‌های شبکه‌های فشار متوسط ۱۱ و ۲۰ و ۳۰کیلوولت به‌کار رفته و در قسمت بالای سیم مهار نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد این مقره‌ها باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل.م-۰۲۹، و ل.م-۰۳۰ وزارت نیرو-امور برق باشد.

1- Secondary rack

۱۳ ـ ۶ ـ ۵ اصول و روشهای نصب مقره‌ها

اصول و روشهای نصب مقره‌های چرخی، سوزنی، بشقابی و مهار باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل.م ـ ۰۰۴، ل.م ـ ۰۰۵، ل.م ـ ۰۰۶، ل.م ـ ۰۰۷، ل.م ـ ۰۰۸ ، ل.م ـ ۰۰۹ ، ل.م ـ ۰۱۰، ل.م ـ ۰۱۱، ل.م ـ ۰۱۲، ل.م ـ ۰۱۳، ل.م ـ ۰۱۴، ل.م ـ ۰۱۵، ل.م ـ ۰۲۴، ل.م ـ ۰۲۵، ل.م ـ ۰۲۶، ل.م ـ ۰۲۷، ل.م ـ ۰۲۸، ل.م ـ ۰۲۹، ل.م ـ ۰۳۰، ل.م ـ ۰۳۱، ل.م ـ ۰۳۲، ل.م ـ ۰۳۳، ل.م ـ ۰۳۶، ل.م ـ ۰۳۷، ل.م ـ ۰۳۸، ل.م ـ ۰۳۹، وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۷ بست‌ها

بستهای سیمهای شبکه هوایی به‌طور کلی براساس کاربرد به‌گروههای اتصالی، انشعابی و انتهایی تقسیم می‌شود. بستهای هوایی ازنظر جنس باید دقیقاً با جنس سیمهای مربوط یکسان باشد.

۱۳ ـ ۷ ـ ۱ بستهای اتصالی

این‌گونه بستها برای اتصال دو سیم به‌یکدیگر در فاصلهٔ بین دو پایه به‌کار می‌رود و در انواع کششی پیچی، کششی مهاری خودکار، و پرسی ساخته می‌شود. در بستهای اتصالی قطر داخلی شیار بست باید کاملاً با قطر خارجی هادیها یکسان و هم‌نام باشد. در نقطهٔ اتصال دو سیم، هادیها باید کاملاً هم محور در امتداد یکدیگر قرار داده شود. از قراردادن دو سیم بر روی یکدیگر و استفاده از بستهای دو شیاره یک و یا دو پیچه و یا بستهای تیپ U ، به‌استثنای بست لوله‌ای پیچی[1] باید جداً خودداری شود.

۱۳ ـ ۷ ـ ۲ بستهای انشعابی

برای گرفتن انشعاب از خط اصلی باید از بستهای انشعابی استفاده شود. بستهای انشعابی به‌صورت یک شیاره یک پیچه، یک شیاره دو پیچه، دو شیارهٔ یک پیچه و دو شیاره دوپیچه در انواع مختلف و همچنین بست انشعابی مخصوص گرفتن انشعاب از خطوط برقدار (منظور از خط برقدار خطی است که بدون قطع جریان برق از آن انشعاب گرفته‌شده و یا هر نوع عملیات تعمیراتی و نگاهداری روی آن انجام می‌شود) می‌باشد. در مواردی که از بستهای انشعابی استفاده می‌شود باید کاملاً دقت شود که شیارهای سیم اصلی و سیم انشعابی دارای قطر کاملاً یکسان و هم نام با قطر خارجی سیم مربوط باشد. در موارد استثنایی می‌توان از بستهای انشعابی نوع فشاری متناسب با سطح مقطع سیمهای مربوط استفاده کرد.

۱۳ ـ ۷ ـ ۳ بست‌های انتهایی

در دو انتهای خط یک قطعه از شبکه، برای نگهداری و مهار سیم به‌مقره از بستهای انتهایی استفاده

1– Twist sleeves

می‌شود. در خطوط فشار ضعیف از بستهای انتهایی به‌دو صورت دو شیاره یک پیچه و دو پیچه و یا U شکل استفاده می‌شود. در شبکه فشار متوسط باید از بستهای انتهایی مخصوص سه و چهار و پنج پیچه و یا نوع حلزونی توأم با مقره استفاده شود. در موارد استثنایی در خطوط فشار ضعیف ممکن است از بستهای انتهایی نوع فشاری استفاده شود.

۱۳ ـ ۷ـ۴ اصول و روشهای نصب بستها

۱۳ ـ ۷ـ۴ـ۱ کلیهٔ بستها باید قبل از بسته شدن کاملاً تمیز شود به‌گونه‌ای که سطوح اتکاء آن با سیم فاقد هر نوع چربی و یا مواد زاید دیگر باشد.

۱۳ ـ ۷ـ۴ـ۲ پیچهای کلیه بستهای پیچی باید به‌وسیلهٔ آچار مناسب کاملاً محکم شود.

۱۳ ـ ۷ـ۴ـ۳ بستهای پرسی باید به‌وسیلهٔ انبر متناسب با مقطع و نوع بست پرس شود. برای پرس بستهای پرسی توصیه می‌شود حتی‌الامکان از انبرهای پرسی نوع هیدرولیکی استفاده شود.

۱۳ ـ ۸ هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع

در شبکه‌های برق فشار ضعیف و متوسط به‌طور کلی از هادیهای مسی لخت یا هادیهای هوایی آلومینیومی با و یا بدون مغز فولادی استفاده می‌شود.

۱۳ ـ ۸ـ۱ سیم مسی لخت مورد مصرف در شبکه‌های برق باید از مس با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد ساخته شده و تا مقطع ۱۰ میلیمتر مربع از نوع یک‌لا (مفتولی) و مقطع ۱۶ میلیمتر مربع از نوع یک‌لا (مفتولی) و یا چندلا (افشان) و از مقطع ۲۵ میلیمتر مربع به‌بالا از نوع چندلا (افشان) باشد.

۱۳ ـ ۸ـ۲ هادیهای مسی لخت باید برابر استانداردهای DIN 57001، DIN 40500، DIN 48200 و DIN 48201 یا ASTM B258 و یا جلد پنجم از استاندارد خطوط هوایی توزیع زیر عنوان «هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع» ساخته‌شده و مورد آزمون قرارگرفته باشد.

۱۳ ـ ۸ـ۳ سیم هوایی آلومینیومی با و یا بدون مغز فولادی مورد مصرف در شبکه‌های برق باید از نوع چندلا (افشان) بوده و از لحاظ ساخت و مشخصات فنی‌مطابق استانداردهای DIN 40501، DIN 57202، DIN 48200، DIN 48204 و DIN 177 یا BS215 یا ASTM B232-50T و یا جلد پنجم از استاندارد خطوط هوایی توزیع زیر عنوان «هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع» تولید شده و مورد آزمون قرارگرفته باشد.

۱۳ ـ ۸ـ۴ اصول و روشهای نصب سیمهای لخت

۱۳ ـ ۸ـ۴ـ۱ فاصلهٔ مجاز سیمها از ساختمانها، راه‌آهن، از یکدیگر و یا جاده باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰۶ ـ ۰۰ و ۰۰۷ ـ ۰۰ و ۰۰۸ ـ ۰۰ و ۰۰۹ ـ ۰۰ و ۰۱۰ ـ ۰۰ و ۰۱۲ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق رعایت شود.

۱۳ ـ ۸ـ۴ـ۲ برای محاسبهٔ فلش (Sag) خطوط با سیم مسی باید نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۹۱ ـ ۰۰ و ۰۹۳ ـ ۰۰ و ۰۹۶ ـ ۰۰ و ۰۹۸ ـ ۰۰ و ۱۰۲ ـ ۰۰ و ۱۰۳ ـ ۰۰ و ۱۱۱ ـ ۰۰ و ۱۱۳ ـ ۰۰ و ۱۱۷ ـ ۰۰ و ۱۱۸ ـ ۰۰ وزارت

نیرو ـ امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۳ برای محاسبهٔ فلش (Sag) خطوط با سیم آلومینیومی بدون مغز فولادی باید دیاگرام‌های استاندارد شماره ۱۲۱ ـ ۰۰ و ۱۲۲ ـ ۰۰ و ۱۲۳ ـ ۰۰ و ۱۲۴ ـ ۰۰ و ۱۲۵ ـ ۰۰ و ۱۲۶ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق ملاک عمل باشد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۴ برای محاسبهٔ فلش (Sag) خطوط با سیم آلومینیومی با مغز فولادی باید دیاگرام‌های استاندارد شمارهٔ ۱۴۱ ـ ۰۰ و ۱۴۲ ـ ۰۰ و ۱۴۳ ـ ۰۰ و ۱۴۴ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۵ برای محاسبهٔ حداکثر زاویه مجاز سیمکشی و استقرار سیمهای فشار ضعیف باید نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۲۰۱ ـ ۰۴ و ۲۳۱ ـ ۰۴ و ۲۴۲ ـ ۰۴ وزارت نیرو ـ امور برق ملاک عمل باشد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۶ نصب سرویس مشترکین باید برطبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۳۴۱ ـ ۰۴ و ۳۴۲ ـ ۰۴ انجام شود.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۷ طریقهٔ بستن سیمهای فشار متوسط به‌مقره‌های سوزنی باید براساس نقشه‌های استاندارد ۲۰۱a ـ ۱۱ و ۲۰۱b ـ ۱۱ و ۲۰۱a ـ ۲۰ و ۲۰۱b ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۸ برای محاسبهٔ حداکثر زاویه مجاز سیمکشی فشار متوسط باید نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۲۴۱ ـ ۱۱ و ۲۴۲ ـ ۱۱ و ۲۴۱ ـ ۲۰ و ۲۴۲ ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۹ نصب سیم روی پایه‌های ابتدایی و یا اتمام آن روی پایه‌های انتهایی، پایه‌های میانی و غیره باید براساس نقشه‌های استاندارد شدهٔ ۲۲۲ ـ ۱۱ و ۲۴۴ ـ ۱۱ و ۲۴۵ ـ ۱۱ و ۲۴۶ ـ ۱۱ و ۲۴۷ ـ ۱۱ و ۲۴۸ ـ ۱۱ و ۴۲۱a ـ ۱۱ و ۴۲۱b ـ ۱۱ و ۴۳۱ ـ ۱۱ و ۲۲۲ ـ ۲۰ و ۲۴۴ ـ ۲۰ و ۲۴۵ ـ ۲۰ و ۲۴۶ ـ ۲۰ و ۲۴۷ ـ ۲۰ و ۲۴۸ ـ ۲۰ و ۴۲۱a ـ ۲۰ و ۴۲۱b ـ ۲۰ و ۴۳۱ ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۱۰ نصب سیم به‌پایه‌های ابتدایی و یا انتهایی و اتصال سیستم‌های هوایی به‌زیر زمینی و بالعکس باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۰۱ ـ ۱۱ و ۴۰۲ ـ ۱۱ و ۴۰۳ ـ ۱۱ و ۴۰۴ ـ ۱۱ و ۴۲۱a ـ ۱۱ و ۴۲۱b ـ ۱۱ و ۴۰۱ ـ ۲۰ و ۴۰۲ ـ ۲۰ و ۴۰۳ ـ ۲۰ و ۴۰۴ ـ ۲۰ و ۴۲۱a ـ ۲۰ و ۴۲۱b ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۱۱ گرفتن انشعاب از خطوط هوایی و اتصال آن به‌خطوط هوایی باید مطابق با نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۱۱ ـ ۱۱ و ۴۳۱ ـ ۱۱ و ۴۳۲ ـ ۱۱ و ۴۳۳ ـ ۱۱ و ۴۱۱ ـ ۲۰ و ۴۳۱ ـ ۲۰ و ۴۳۲ ـ ۲۰ و ۴۳۳ ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق انجام شود.

۱۳ ـ ۸ ـ ۴ ـ ۱۲ اصول نصب سیمهای فشار متوسط و ضعیف در پستهای ترانسفورماتور روی پایه‌ها در وسط و یا آخر خط و همچنین روی زمین باید برطبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۴۲ ـ ۱۱ و ۴۴۳ ـ ۱۱ و ۴۴۴ ـ ۱۱ و ۴۴۵ ـ ۱۱ و ۴۴۲ ـ ۲۰ و ۴۴۳ ـ ۲۰ و ۴۴۴ ـ ۲۰ و ۴۴۵ ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۸ ـ ۵ شماره‌گذاری پایه‌های برق فشار ضعیف و فشار متوسط باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰۴ ـ ۰۰ و ۰۰۳ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق انجام پذیرد.

۱۳ ـ ۹ مهارها و حایلها

۱۳ ـ ۹ ـ ۱ مهارها

۱۳ ـ ۹ ـ ۱ ـ ۱ مهارها به‌منظور خنثی کردن نیروهای وارده از طرف سیمهای هوایی به‌پایه‌ها به‌کار می‌رود و به‌طور کلی

براساس نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۰۸۶ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق شامل اجزاء و وسایل زیر می‌باشد:

الف ـ سیم مهار

ب ـ پیچ خمیده برای نصب سیم مهار روی پایه

پ ـ بست‌ها و گیره‌های سه پیچه و یا فشاری سیم مهار

ت ـ مقره یا عایق سیم مهار

ث ـ مهارکش

ج ـ گوشواره

چ ـ میله مهار

ح ـ کنده یا صفحه مهار

۱۳ ـ ۹ـ ۱ـ ۲ به‌طور کلی مهارها به‌انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

الف ـ مهار ساده فشار ضعیف و متوسط

ب ـ مهار پیاده‌رویی فشار ضعیف و متوسط

پ ـ مهار حایل فشار ضعیف و متوسط

ت ـ مهار مشترک فشار ضعیف و متوسط با یک لنگر

ث ـ مهار وسط خط فشار متوسط

۱۳ ـ ۹ـ ۱ـ ۳ برای شکلهای شماتیک انواع مهارها به‌نقشه‌های استاندارد ۰۵۱ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق مراجعه شود.

۱۳ ـ ۹ـ ۲ حایلها

۱۳ ـ ۹ـ ۲ـ ۱ عمده‌ترین نوع حایلها که در صورت عدم امکان استفاده از مهار به‌کار می‌رود حایل استحکام و حایل فشاری می‌باشد.

۱۳ ـ ۹ـ ۳ اصول و روشهای نصب مهارها و حایلها

۱۳ ـ ۹ـ ۳ـ ۱ اصول و روشهای نصب مهارها و همچنین مشخصات اجزا و وسایل متشکله آن باید برطبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۶۳ ـ ۰۰ الی ۰۶۸ ـ ۰۰ برای مهار خطوط فشار متوسط و مشترک، و شماره ۰۷۱ ـ ۰۰ الی ۰۷۳ ـ ۰۰ برای مهار خطوط فشار ضعیف وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۹ـ ۳ـ ۲ انتخاب ساختمان خط و مهار لازم تا ۲۰ کیلوولت باید براساس جدول مندرج در نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۰۸۱ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق انجام پذیرد.

۱۳ ـ ۹ـ ۳ـ ۳ مشخصات، اصول و روشهای نصب لنگرهای مهار باید برطبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۸۲ ـ ۰۰ الی ۰۸۵ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۹ـ ۳ـ ۴ مشخصات، اصول و روشهای نصب حایلها باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۶۱ ـ ۰۰ و ۰۶۲ ـ ۰۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۱۰ برفگیر حفاظتی

برای محافظت کابل در نقاط تبدیل شبکهٔ زیرزمینی به‌شبکهٔ هوایی و برعکس باید از برفگیرهای قابل نصب بر روی دیوار، تیر و یا از نوع آویز، متناسب با مورد مصرف استفاده شود.

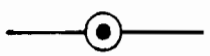
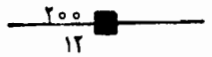
۱۳ ـ ۱۰ـ۱ برفگیرهای قابل نصب بر روی دیوار یا تیر باید دارای پایه‌ای باشد که بتوان آن را به‌آسانی روی دیوار و یا کنسول تیر و یا خود تیر نصب کرد.

۱۳ ـ ۱۰ـ۲ ساختمان برفگیر از نوع آویز باید به‌گونه‌ای باشد که بتوان آن را به‌سهولت روی خط و در مجاورت مقره به‌طور آویز نصب کرد.

۱۳ ـ ۱۰ـ۳ اصول و روشهای نصب برفگیرهای حفاظتی باید براساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۰۱ ـ ۱۱ الی ۴۰۴ ـ ۱۱ و ۴۴۲ ـ ۱۱ الی ۴۴۵ ـ ۱۱ و ۴۰۱ ـ ۲۰ الی ۴۰۴ ـ ۲۰ و ۴۴۲ ـ ۲۰ الی ۴۴۵ ـ ۲۰ وزارت نیرو ـ امور برق باشد.

۱۳ ـ ۱۱ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل شبکه در جدول ۱۳ ـ ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۳ ـ ۱۰ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل شبکه

شـــرح	علامت
پست توزیع ساختمان	
پست توزیع کیوسک	
پست توزیع هوایی	
تیر چوبی	
تیر فولادی	
تیر بتنی ۱۲ متری، قدرت کشش ۲۰۰ کیلوگرم	
برج	
مهار پیاده‌رو	
مهار کششی (ساده)	
حایل (فشاری)	
برقگیر خطوط هوایی	

فصل ۱۴
سیستم حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی)

۱-۱۴ کلیات

۱-۱-۱۴ به‌منظور حفاظت ساختمانهای بلند، بناهای تجمعی، بناهای درمانی / مراقبتی، بناهای صنعتی و سازه‌هایی از قبیل برجها، دودکشها، مناره‌ها، خطوط انتقال نیرو، پالایشگاهها و مانند آن در برابر آذرخش، باید با توجه به‌ارزیابی خطر صاعقه در طرح و اجرای کلیه بناهای مرتفع و تأسیسات مزبور سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی) متناسب با موردکاربرد پیش‌بینی و اجرا شود.

۲-۱-۱۴ ارزیابی میزان خطر آذرخش برای هر بنا یا سازه، بستگی به‌عواملی همچون نوع بنا یا سازه (برج، مسکونی، تجمعی، درمانی، صنعتی و مانند آن)، ساختار و مصالح به‌کار رفته در بنا (چوب، آجر، بتن، فولاد و مانند آن)، ارتفاع ساختمان و موقعیت نسبی آن نسبت به‌بلندی سایر بناها، موقعیت توپوگرافی محل (زمین مسطح، تپه ماهور، کوهستانی)، محتوای تصرف از نظر آتشگیری و نیز دفعات رعد و برق در منطقه موردنظر خواهد داشت.

۳-۱-۱۴ اصول محافظت ساختمانها و دیگر تأسیسات موردنظر، در برابر آذرخش براساس جذب، هدایت و دفع بار الکتریکی به‌زمین از طریق مسیر عبور جریان برق جداگانه با حداقل مقاومت و بدون این که خطری ایجاد کند استوار می‌باشد، که ممکن است شامل سیستمهای حفاظت بیرونی و درونی باشد. مسیر مذکور شامل پایانه‌های هوایی[1]، شبکه هادیها از تسمه و یا سیم مسی رابط و پایانه‌های زمینی[2] یا چاههای اتصال زمین می‌باشد. ساده‌ترین نوع برقگیر که در سال ۱۷۵۳ به‌وسیلهٔ بنجامین فرانکلین طرح و ساخته شد میله فرانکلین است.

۴-۱-۱۴ به‌طور کلی برقگیرهایی که معمولاً برای محافظت خارجی ساختمانها و دیگر تأسیسات یادشده ممکن است به‌کار برده شود به‌قرار زیر است:

الف: برقگیر قفس فاراده یا شکلی از آن

ب: برقگیر مولد برق اولیه (ESE)[3] موسوم به‌الکترونیک

۵-۱-۱۴ برقگیر قفس فاراده شامل تعدادی پایانه‌های هوایی (میله‌های برقگیر فرانکلین) می‌باشد که بر روی سطوح مرتفع پشت‌بام ساختمانهای مختلف و یا در بلندترین قسمت برج و دیگر تأسیسات مشابه نصب و به‌وسیلهٔ شبکه تسمه مسی به‌یکدیگر مرتبط و از یک و یا چند نقطه مختلف با استفاده از تسمه یا سیم مسی لخت به‌سیستم پایانه‌های زمینی (شبکه اتصال زمین) مربوط متصل می‌شود. شکل دیگر

1– Air terminals 2– Ground terminals 3– Early Streamer Emission

برقگیر قفس فاراده شامل سیستم پایانه‌های هوایی متشکل از هر ترکیبی از میله‌ها، سیمهای کشیده شده و شبکهٔ هادیها می‌باشد.

۱۴ ـ ۱ـ۶ برقگیر الکترونیک شامل یک یا تعدادی پایانه هوایی الکترونیک با ملحقات و اتصالات مربوط می‌باشد، که برحسب مورد ممکن است در مرکز بلندترین قسمت پشت‌بام، برج، دودکش و دیگر تأسیسات مشابه، و یا بر روی سطوح مرتفع ساختمان مورد حفاظت برروی پایه مربوط نصب و به‌وسیله تسمه یا سیم مسی لخت به‌یکدیگر مرتبط و سپس از یک یا چند نقطه مختلف به‌سیستم پایانه‌های زمینی (شبکه اتصال زمین) متصل شود.
شعاع فضای محافظت‌شده از مرکز هر برقگیر الکترونیک بستگی به‌مدل، ساختمان، ارتفاع نصب، و موارد کاربرد آن دارد.

۱۴ ـ ۲ تعاریف

۱۴ ـ ۲ـ۱ به‌طور کلی، سیستم حفاظت در برابر آذرخش مشتمل بر تأسیسات حفاظت بیرونی (ساختمان) و در صورت لزوم تأسیسات حفاظت درونی آن می‌باشد.

۱۴ ـ ۲ـ۲ سیستم تأسیسات حفاظت بیرونی ساختمان در برابر آذرخش شامل یک یا چند سیستم پایانه هوایی، یک یا چند هادی نزولی و یک یا چند سیستم پایانه زمینی می‌باشد.

۱۴ ـ ۲ـ۳ سیستم تأسیسات حفاظت درونی ساختمان در برابر آذرخش شامل تمامی تجهیزات و اقداماتی است که اثرات الکترو مغناطیسی جریان برق ناشی از آذرخش را درون حجم موردنظر کاهش می‌دهد.

۱۴ ـ ۲ـ۴ پایانه هوایی

فوقانی‌ترین بخش یک سیستم حفاظت در برابر آذرخش که در نوع قفس فاراده شامل میله یا لوله نوک تیز (میله و سر میله یک یا چند شاخه) با اندازه و جنس مشخص، پایه نصب و محل اتصال هادیهای ارتباطی بوده و در اشکال دیگر قفس فاراده متشکل از هر ترکیبی از میله‌ها، سیمهای کشیده‌شده و شبکه هادیها خواهد بود و در برقگیرهای الکترونیکی، که در انواع مختلف ساخته می‌شود، به‌طور کلی شامل میله برقگیر، مجموعه یونیزه‌کننده الکترونیکی، پایه نصب و محل اتصال هادیهای ارتباطی است.

۱۴ ـ ۲ـ۵ پایانهٔ زمینی

بخشی از یک سیستم تأسیسات حفاظت بیرونی در برابر آذرخش که ممکن است شامل یک یا چند الکترود میله‌ای، لوله‌ای، تسمه‌ای یا ورق مسی مدفون در زمین باشد که به‌صورت شبکه بسته یا شعاعی، عمودی یا مایل، یا جاسازی شده در پیها برای هدایت و توزیع برق ناشی از آذرخش به‌زمین به‌کار می‌رود.

۱۴ ـ ۲ـ۶ کلاس حفاظت[1]

طبقه‌بندی یک سیستم حفاظت در برابر آذرخش که مبین سطح کارایی آن است.

۱۴ ـ ۲ـ۷ هادی نزولی[2]

بخشی از سیستم تأسیسات حفاظت بیرونی ساختمان در برابر آذرخش که جریان برق آذرخش را از سیستم پایانهٔ هوایی به‌سیستم پایانه زمینی انتقال می‌دهد.

۱۴ ـ ۳ استانداردها و مشخصات فنی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش

۱۴ ـ ۳ـ۱ لوازم و تجهیزات مورد استفاده در سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی همچون IEC 1024 ، NFPA 78 ، BS 6651 و NFC 17-102 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرا گیرد. روش نصب سیستمهای مذکور نیز باید با ضوابط و معیارهای مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده مطابقت نماید.

۱۴ ـ ۳ـ۲ مشخصات سیستم برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۱ لوازم مورد مصرف در سیستم حفاظتی باید از نوع مقاوم در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی بوده و یا این که به‌نحو قابل قبولی در برابر عوامل مذکور مقاوم شده باشد. استفاده از دو نوع جنس مختلفی که ایجاد شرایط الکترولیتی نموده و در مجاورت رطوبت موجب تسریع در خوردگی می‌شود به‌هیچ وجه مجاز نخواهد بود.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۲ در مواردی که بخشی از سیستم حفاظتی از جنس مس بوده و در معرض مستقیم گازهای متصاعد از دودکش یا دیگر گازهای خورنده قرار می‌گیرد، قسمت یاد شده باید به‌وسیله یک اندود حفاظتی از جنس سرب یا ماده محافظ مشابه دیگر با روش غوطه‌وری گرم[3] پوشیده شود. در این‌گونه موارد اندود نامبرده باید حداقل تا ۶۰ سانتیمتر پایین‌تر از دهانه دودکش ادامه یابد.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۳ مشخصات پایانه‌های هوایی قفس فاراده به‌شرح زیر خواهد بود:

الف ـ میلهٔ برقگیر یک‌پارچه و سر میلهٔ تک‌شاخه و یا چند شاخه باید از جنس مس خالص (با ضریب رسانایی حدود ۹۵ درصد) ساخته شده و نوک شاخه‌ها به‌شکل مخروطی تیز بوده و صیقلی شده باشد. برای نصب سرمیله (تک شاخه و یا چند شاخه) بر روی میله برقگیر باید قسمت داخلی انتهای آن دارای دنده متناسب با دنده میله برقگیر باشد. انواع میله برقگیر در شکل ۱۴ ـ ۱ نشان داده شده است.

ب ـ میلهٔ برقگیر دو پارچه باید از میله مسی و یا لوله مسی صیقل داده شده ساخته شده و دو سر آن (یک‌سر برای سوار کردن سر میله و سر دیگر جهت نصب روی پایه) به‌طول مناسب دنده‌شده باشد.

1– Protection level 2– Down-conductor 3– Hot dip

قطر میله برقگیر دو پارچه باید حداقل $\frac{5}{8}$ اینچ و حداکثر یک اینچ بوده و طول آن نیز حداقل یک متر و حداکثر دو متر باشد. (شکل ۱۴ ـ ۱). در مواردی که ارتفاع میله برقگیر از یک‌متر متجاوز باشد باید از نقطه‌ای که از نصف ارتفاع آن کمتر نباشد حفاظت لازم از نظر ایستایی میله درنظر گرفته شود.

پ ـ میلهٔ برقگیر مخصوص تیرهای فلزی نصب پرچم مشابه سر میله تک شاخه بوده ولی باید دارای پایه مناسب برای نصب روی تیر و همچنین حفاظ باشد.

۱۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۴ شبکهٔ ارتباطی بین میله‌های برقگیر در پشت‌بام باید از تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلیمتر تشکیل شده باشد.

۱۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۵ در مواردی که از شبکه پایانه هوایی (برابر استاندارد BS 6651) استفاده می‌شود حداقل سطح مقطع هادیهای موازی رشته‌ای باید ۵۰ میلیمتر مربع درنظر گرفته شود.

۱۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ ٦ هادیهای ارتباطی (هادیهای نزولی) بین شبکه پایانه‌های هوایی در پشت‌بام و پایانه‌های زمینی باید از نوع تسمه‌مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلیمتر و یا سیم مسی لخت با حداقل سطح‌مقطع ۷۰ میلیمتر مربع باشد.

۱۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۷ سیستم پایانه‌های زمینی 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؛ لیکن در هر صورت مقاومت سیستم پایانه‌های زمینی نباید از پنج اهم تجاوز کند.

برای مشخصات و اصول و روشهای نصب انواع پایانه‌های زمینی (سیستم اتصال زمین) به‌فصل ۱۵ مراجعه شود.

۱۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ ۸ در مواردی که سیستم برقگیر برابر استاندارد IEC 1024-1 طراحی و اجرا می‌شود، حداقل طول الکترودهای پایانه‌های زمینی باید با توجه به‌کلاس حفاظت مربوط و مقاومت زمین برحسب منحنی شکل ۱۴ ـ ۲ تعیین شود.

۱۴ ـ ۳ ـ ۳ مشخصات فنی برقگیر الکترونیک (ESE) براساس استاندارد NFC 17-102

۱۴ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۱ پایانه‌های هوایی الکترونیک باید شامل یک میله نوک تیز به‌شرح بند ۱۴ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۲ ، یک دستگاه محرک[1]، و یک میله پایه مجهز به‌سیستم اتصال هادی نزولی باشد. این نوع برقگیر انرژی موجود در هوای متلاطم پیش از طوفان را جذب و به‌وسیله دستگاه محرک الکترونیکی هوای اطراف میله برقگیر را یونیزه می‌نماید.

سطح حفاظت شده به‌وسیله یک برقگیر الکترونیکی (ESE) با استفاده از یک مدل الکترو ژئومتری[2] و پیشروی زمان تخلیه[3] آن تعیین می‌شود.

۱۴ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۲ مشخصات هر دستگاه برقگیر الکترونیک باید با اندازه‌گیری پیشروی زمان تخلیه صاعقه آن در مقایسه با یک میله برقگیر ساده، که در آزمونهای ارزیابی برقگیر تعیین می‌شود، مشخص گردد.

۱۴ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۳ لوازم و تجهیزاتی که جریان برق صاعقه از آن عبور می‌نماید باید از جنس مس، آلیاژ مس یا فولاد ضدزنگ باشد. میله و سرمیله پایانه‌های هوایی باید دارای حداقل ۱۲۰ میلیمتر مربع سطح مقطع رسانا باشد.

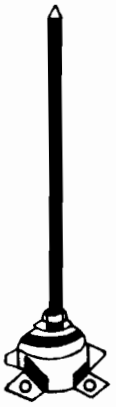
1– Triggering device

2– Electro-geometrical model

3– Triggering advance (ΔT)

انواع میله برقگیر و سر میله برقگیر

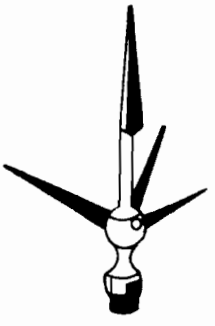
(الف) میله برقگیر یکپارچه
جنس: مس
قطر: $\frac{5}{8}$ الی ۱ اینچ
طول: ۳۰ الی ۲۰۰ سانتیمتر



(ب) میله برقگیر یکپارچه
جنس: مس
قطر: $\frac{1}{2}$ الی $\frac{5}{8}$ اینچ
طول: ۳۰ الی ۵۰ سانتیمتر

(پ) میله برقگیر تیر پرچم
جنس: مس

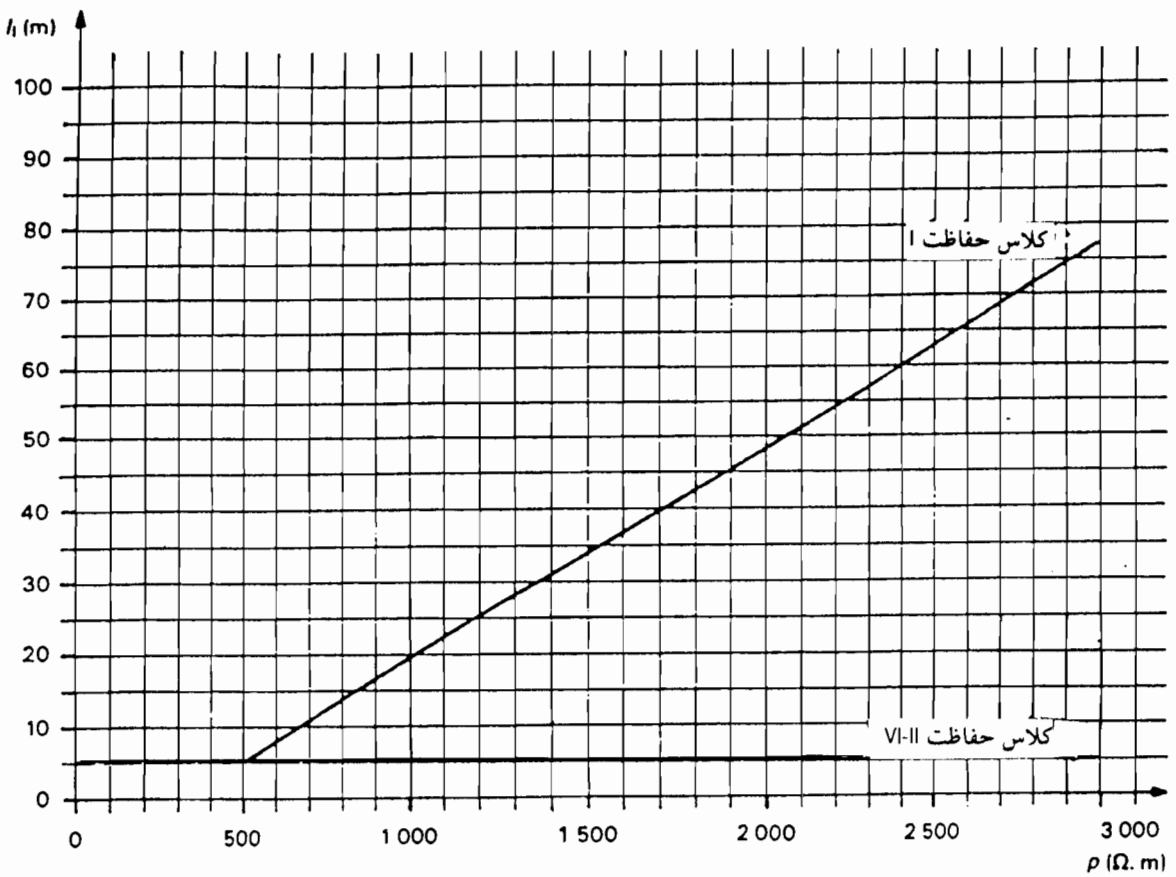
(ت) سرمیله تک‌شاخه
جنس: مس



(ث) سرمیله چندشاخه
جنس: مس

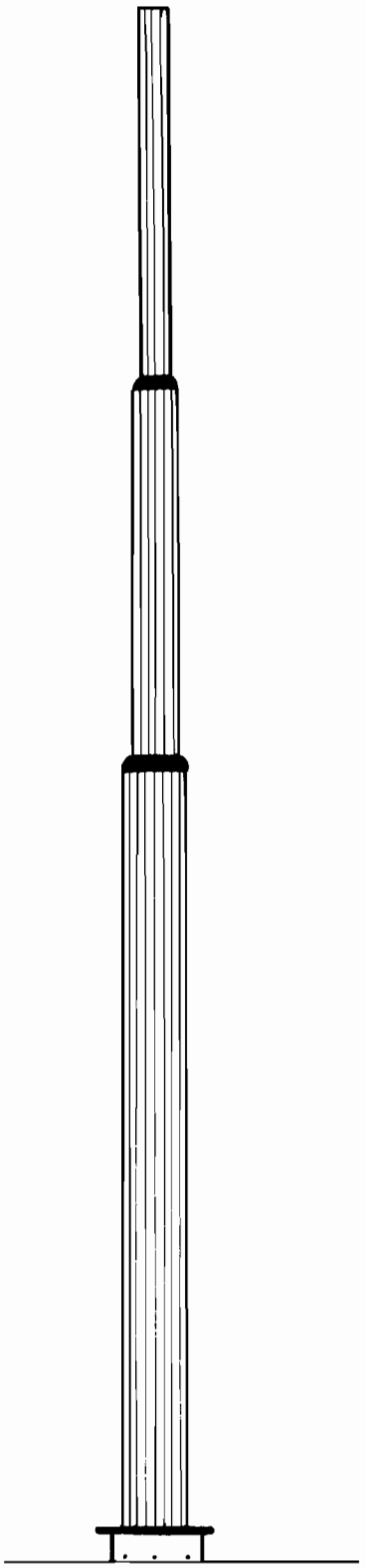
(ج) میله برقگیر برای سرمیله‌های تکی و یا چندشاخه
جنس: مس
قطر: $\frac{5}{8}$ الی ۱ اینچ
طول: ۱۰۰ الی ۲۰۰ سانتیمتر

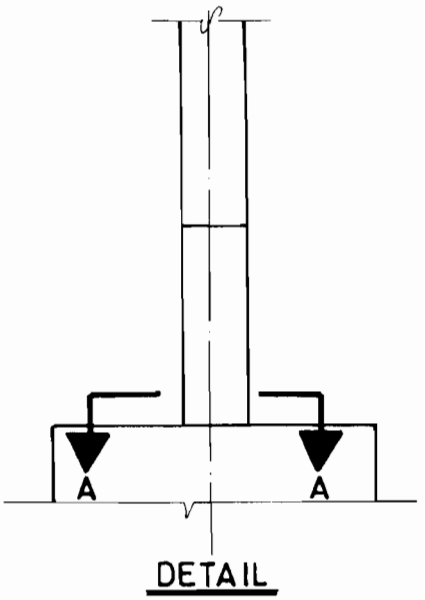
شکل ۱۴ ـ ۱



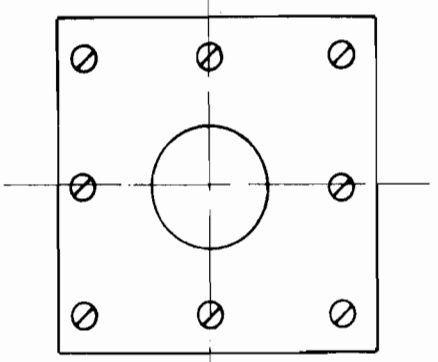
شکل ۱۴ ـ ۲ حداقل طول الکترودهای پایانهٔ زمینی برحسب کلاس حفاظت و میزان مقاومت زمین برابر استاندارد IEC 1024-1.

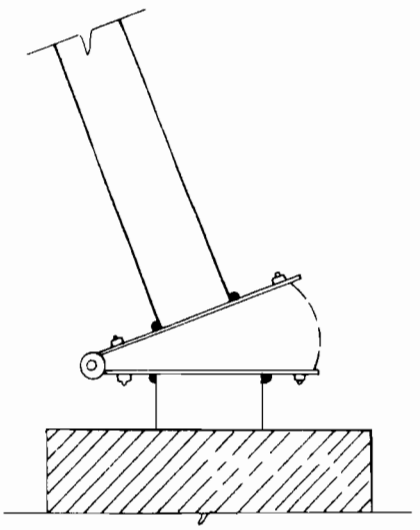
دکل حامل برقگیر الکترونیک نوع تیر فلزی تلسکوپی





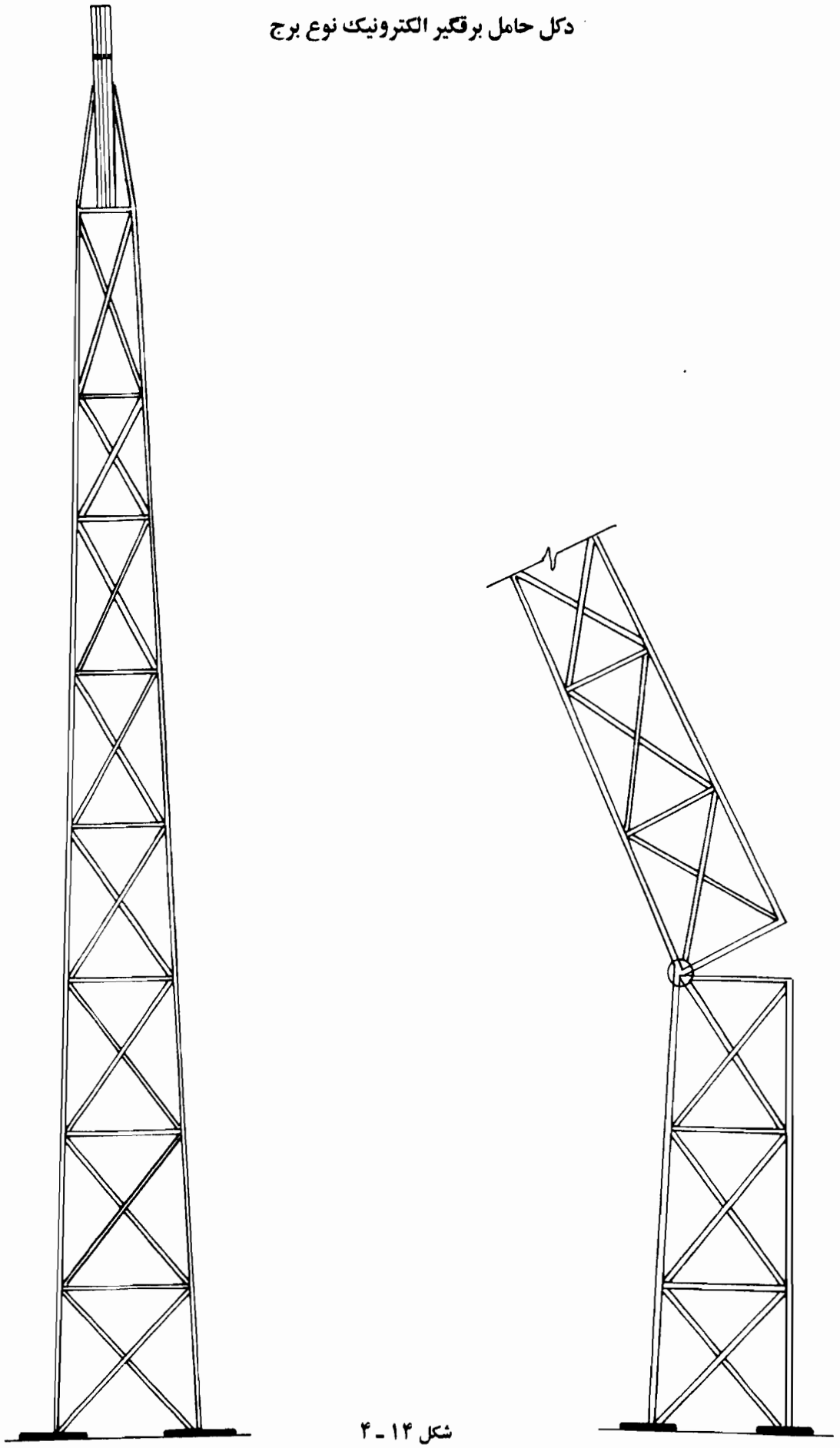
DETAIL





شکل ۱۴ ـ ۳

دکل حامل برقگیر الکترونیک نوع برج



شکل ۱۴ ـ ۴

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۴ در مواردی که از برقگیرهای الکترونیک برای حفاظت دودکش کارخانه‌ها استفاده می‌شود جنس قسمت فوقانی برقگیرهای نامبرده باید برای گازهای خورنده اطراف دودکش و حرارت خروجی آن مناسب باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۵ در مواردی که تأسیسات بیرونی حفاظت در برابر آذرخش مورد استفاده برای یک ساختمان شامل چند برقگیر الکترونیکی باشد، شبکه ارتباطی برقگیرها باید با استفاده از تسمه مسی لخت با حداقل ابعاد ۲×۳۰ میلیمتر (یا مطابق بند ۴ـ۳ـ۲ از استاندارد NFC 17-102) به‌یکدیگر متصل شود، مگر این که مسیر شبکه دارای موانعی با اختلاف سطح بیش از ۱/۵ متر باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۶ به‌منظور هدایت جریان برق حاصل از آذرخش از سیستم پایانه‌های هوایی به‌سیستم پایانه‌های زمینی باید از هادیهای نزولی از نوع سیم یا تسمه مسی لخت با حداقل سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع به‌شرح جدول ۴ـ۳ـ۲ از استاندارد NFC 17-102 استفاده شود.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۷ ارتفاع نصب برقگیر الکترونیک ممکن است با استفاده از یک دکل، افزایش یابد. دکل حامل این‌گونه برقگیرها ممکن است از نوع برج و یا تیر فلزی نوع تلسکوپی بوده و حتی‌الامکان خوداتکا[1] باشد، لیکن در مواردی که برقگیرهای مذکور به‌وسیله مهارهای هادی استحکام می‌یابد، انتهای آن باید به‌وسیلهٔ هادیهایی همانند هادیهای مندرج در بند ۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۶ به‌هادیهای نزولی متصل شود. دو نوع دکل حامل سیستم برقگیر الکترونیک در شکلهای ۱۴ ـ ۳ و ۱۴ ـ ۴ ارائه شده است.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۸ هر هادی نزولی باید به‌یک سیستم پایانه زمینی که دارای همان جنس و سطح مقطع باشد متصل شود. سیستم پایانه‌های زمینی 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؛ لیکن در هر صورت مقاومت سیستم پایانه‌های زمینی باید از پنج اهم تجاوز نکند.

۱۴ ـ ۴ موارد استفاده و ضوابط محاسباتی برقگیرها:

۱۴ ـ ۴ـ۱ برقگیرهای قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۱ این‌گونه برقگیرها، که ممکن است متشکل از تعدادی میله برقگیر فرانکلین[2] یا ترکیبی از میله‌ها، سیمهای کشیده شده و شبکه هادیها باشد، برای محافظت ساختمانها و دیگر تأسیسات نامبرده زیر در برابر آذرخش مناسب و قابل استفاده می‌باشد:

الف ـ مناره‌ها و برجها

ب ـ بناهای گنبدی شکل

پ ـ دودکشهای بلند کارخانه‌ها. (فلزی و یا ساخته‌شده با مصالح ساختمانی)

ت ـ مجموعه ساختمانهای کارخانه‌های سیمان، گچ و آهک و پالایشگاهها.

ث ـ دکل‌های خطوط انتقال نیروی برق.

ج ـ دکل‌های فلزی ویژه نصب پرچم

چ ـ مجموعه ساختمانها و ابنیه مختلف.

1– Self supporting 2– Franklin rod

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۲ طول میله برقگیر فرانکلین برای انبیه مختلف به‌شرح زیر خواهد بود:

الف ـ مناره‌ها و برجها، و دودکشهای کارخانه‌ها و دکل‌های خطوط انتقال نیرو، حدود ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح مورد حفاظت.

ب ـ بناهای گنبدی شکل بستگی به‌شعاع مقطع قسمت پایین گنبد داشته و طول میله برقگیر باید طوری محاسبه و انتخاب شود که بعد از نصب بر روی گنبد، ارتفاع از سر برقگیر تا مقطع قسمت پایین گنبد بزرگتر از شعاع قسمت پایین گنبد باشد ولی در هر صورت نباید ارتفاع برقگیر از بالاترین بخش گنبد کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد.

پ ـ برج سیلوهای مختلف، ساختمان کارخانه‌ها و ابنیه گوناگون، حداقل یک‌متر و حداکثر دومتر بالاتر از سطح مورد حفاظت. در این‌گونه موارد باید تمهیدات لازم در برابر واژگونی میله‌ها پیش‌بینی شود (به‌بند ۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۳ ـ ب رجوع شود.)

ت ـ دکل‌های فلزی مخصوص نصب پرچم، میله برقگیر مخصوص مطابق شکل ۱۴ ـ ۱ خواهد بود.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۳ تعداد پایانه‌های هوایی موردنیاز برای محافظت ساختمانها با سیستم حفاظتی قفس فاراده بستگی به‌سطح پشت‌بام ساختمان مربوط، ارتفاع و فواصل نصب پایانه‌ها دارد که برحسب استاندارد مورد مراجعه مختلف است. فواصل نصب پایانه‌های مزبور براساس استاندارد NFPA 78 به‌قرار زیر است:

الف ـ فواصل پیرامونی سقفهای مسطح یا با شیب ملایم و سقفهای شیبدار:

درمواردی که ارتفاع نوک پایانه هوایی از سطح مورد حفاظت از ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلیمتر) کمتر نباشد، فواصل نصب بر روی نقاط پیرامونی سقفهای مسطح یا با شیب ملایم و نیز فواصل نصب بر روی خط الرأس سقفهای شیبدار، باید حداکثر ۲۰ فوت (۶ متر) درنظر گرفته شود و در صورتی که ارتفاع مزبور حداقل ۲۴ اینچ (۶۰ سانتیمتر) یا بیشتر باشد فواصل نصب باید حداکثر ۲۵ فوت (۷/۶ متر) انتخاب شود. در این‌گونه موارد فواصل نصب پایانه‌های هوایی از کناره‌ها و گوشه‌های سطوح نامبرده باید حداکثر ۶۰ سانتیمتر باشد. (شکل ۱۴ ـ ۵ الف و ب)

ب ـ فواصل میانی نصب پایانه‌های هوایی در سقفهای مسطح یا با شیب ملایم:

در مواردی که سقفهای مسطح یا با شیب ملایم، دارای ابعادی متجاوز از ۱۵ متر باشد، فواصل میانی نصب پایانه‌های هوایی باید حداکثر ۱۵ متر درنظر گرفته شود (شکل ۱۴ ـ ۵ پ و ت).

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۴ حداقل ابعاد تسمه مسی شبکه مشبک اتصال پایانه‌های هوایی در پشت‌بام برای سطح تا ۱۸۰۰ متر مربع باید ۳×۲۰ میلیمتر و بیشتر از ۱۸۰۰ متر مربع ۳×۲۵ میلیمتر یا بیشتر باشد.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۵ حداقل ابعاد تسمه‌های مسی هادیهای ارتباطی (هادیهای نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های زمینی برای سطح تا ۹۰ متر مربع و ارتفاع حداکثر ۱۸ متر باید ۳×۲۰ میلیمتر و بیشتر از ۹۰ متر ۳×۲۵ میلیمتر یا بیشتر باشد.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۶ برای تعیین تعداد هادیهای ارتباطی (هادیهای نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های زمینی باید یکی از دو روش زیر ملاک محاسبه قرار گیرد:

الف ـ احتساب پیرامون: به‌طور کلی برای هر ۳۰ متر محیط (پیرامون) تحت محافظت برقگیر باید یک نزولی درنظر گرفته شود لیکن حداقل تعداد نزولیها برای هر نوع ساختمان دو عدد خواهد بود. (شکل ۱۴ ـ ۶)

ب ـ **احتساب مساحت:** برای سطوح تحت محافظت برقگیر تا ۳۶۰ مترمربع مساحت دو نزولی و برای هر ۲۷۰ متر مربع مازاد یک نزولی اضافی باید درنظر گرفته شود.

به‌طور مثال: تا ۳۶۰ متر مربع دو نزولی، ۶۳۰ متر مربع ۳ نزولی، ۹۰۰ متر مربع ۴ نزولی، ۱۱۷۰ الی ۱۲۰۰ متر مربع ۵ نزولی، و به‌همین ترتیب ادامه می‌یابد.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۷ در مواردی که طراحی پایانه‌های هوایی براساس شکلی از قفس فاراده برابر استاندارد IEC 1024 - 1 انجام می‌شود، ترتیب استقرار سیستم پایانه‌های هوایی باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط مندرج در جدول ۱۴ ـ ۱ تأمین شود. در این‌گونه موارد ممکن است یکی از روشهای زیر به‌طور مستقل یا با ترکیبی از روشهای دیگر مورد استفاده قرار گیرد:

الف ـ زاویهٔ حفاظتی

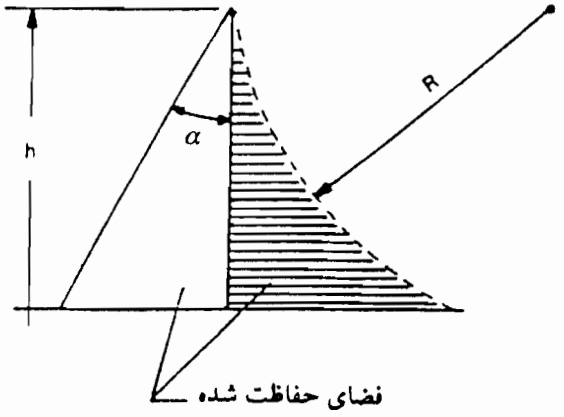
ب ـ گوی غلطان

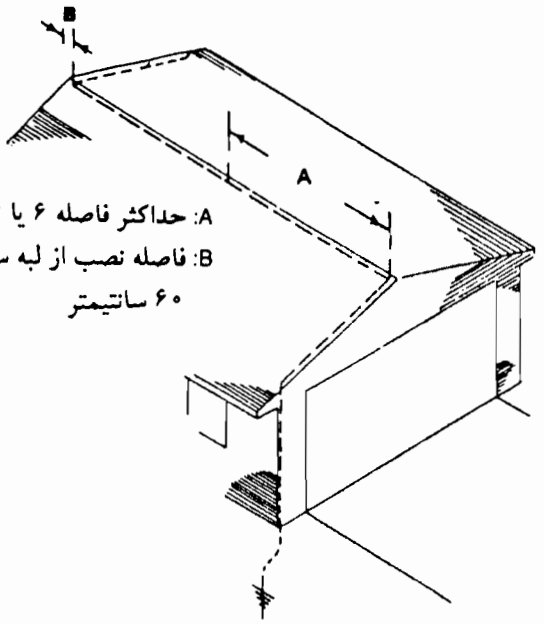
پ ـ شبکه‌بندی

جدول ۱۴ ـ ۱ استقرار پایانه‌های هوایی برابر کلاس حفاظت

کلاس حفاظت	h (متر) / R (متر)	۲۰	۳۰	۴۵	۶۰	پهنای شبکه (متر)
		$\alpha^{(\circ)}$	$\alpha^{(\circ)}$	$\alpha^{(\circ)}$	$\alpha^{(\circ)}$	
I	۲۰	۲۵	*	*	*	۵
II	۳۰	۳۵	۲۵	*	*	۱۰
III	۴۵	۴۵	۳۵	۲۵	*	۱۰
IV	۶۰	۵۵	۴۵	۳۵	۲۵	۲۰

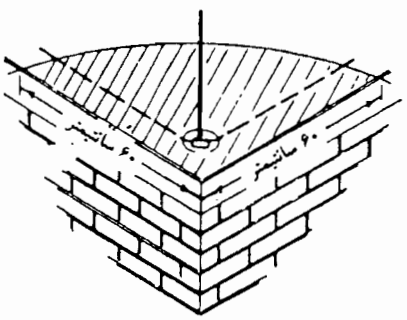
* روشهای گوی غلطان و شبکه فقط در این موارد به‌کار می‌رود



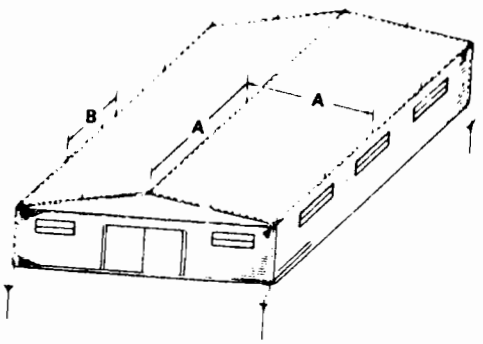


A: حداکثر فاصله ۶ یا ۷/۶ متر
B: فاصله نصب از لبه سقف حداکثر ۶۰ سانتیمتر

(الف) فواصل نصب بر روی خط الرأس سقفهای شیبدار

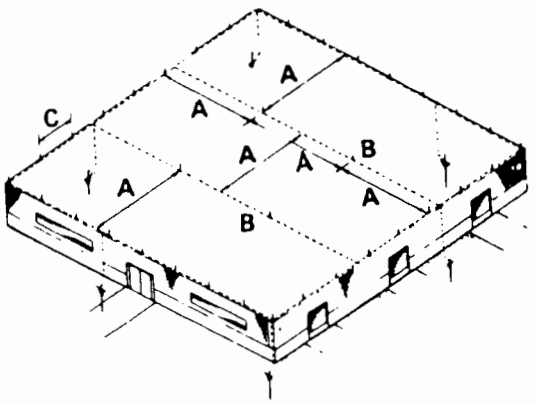


(ب) محل نصب در گوشه‌ها



A: حداکثر فاصله ۱۵ متر
B: حداکثر فاصله ۶ متر یا ۷/۶ متر

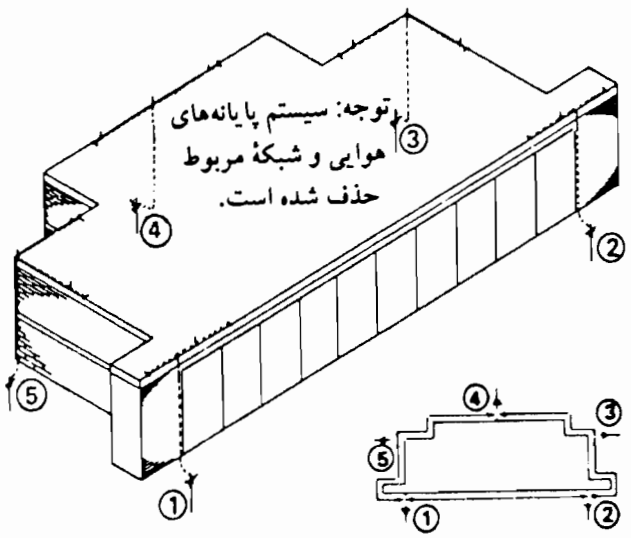
(پ) فواصل نصب پیرامونی و میانی برای سقفهای با شیب ملایم



A: حداکثر فاصله ۱۵ متر
B: در صورتی‌که مسیر این‌گونه هادیها از ۴۵ متر متجاوز باشد باید در ۴۵ متری به هادی اصلی پیرامونی یا هادی نزولی متصل شود
C: حداکثر فاصله ۶ متر یا ۷/۶ متر

(ت) فواصل نصب پیرامونی و میانی برای سقفهای مسطح

شکل ۱۴ ـ ۵ فواصل نصب پایانه‌های هوایی قفس فاراده.



فواصل نصب هادیهای نزولی

۱ تا ۲	۴۰ متر
۲ تا ۳	۲۶ متر
۳ تا ۴	۲۶ متر
۴ تا ۵	۲۶ متر
۵ تا ۱	۲۶ متر
کل پیرامون	۱۴۴ متر
تعداد هادیهای نزولی لازم	۵

شکل ۱۴ ـ ٦ نمونه توزیع و تعداد هادیهای نزولی با روش احتساب پیرامونی برای ساختمان مورد حفاظت.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۸ متوسط فاصلهٔ بین هادیهای نزولی با توجه به‌کلاس حفاظت برابر استاندارد IEC 1024-1 به‌قرار جدول ۱۴ ـ ۲ خواهد بود و در تمامی موارد حداقل باید دو هادی نزولی درنظر گرفته شود.

جدول ۱۴ ـ ۲ متوسط فاصله بین هادیهای نزولی براساس کلاس حفاظت

کلاس حفاظت	متوسط فاصله (متر)
I	۱۰
II	۱۵
III	۲۰
IV	۲۵

۱۴ ـ ۴ـ۲ سیستم برقگیر مولد برق اولیه (ESE) موسوم به‌الکترونیک

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۱ سیستم برقگیر الکترونیکی (ESE) براساس استاندارد NFC 17-102 برای محافظت ساختمانهای عادی با ارتفاع کمتر از ۶۰ متر و فضاهای باز در موارد زیر ممکن است مورد استفاده قرار گیرد:

الف ـ مجموعه‌های مسکونی

ب ـ ساختمانهای مختلف مجموعه فرهنگی و آموزشی و مانند آن

پ ـ مجموعه ساختمانهای تجاری، اداری، ورزشی و مانند آن

ت ـ ساختمانهای درمانی و مراقبتی همچون بیمارستانها و درمانگاهها

ث ـ کارخانه‌های مختلف و پالایشگاهها

ج ـ ساختمانهای تکی بلند

چ ـ موزه‌ها و آثار باستانی

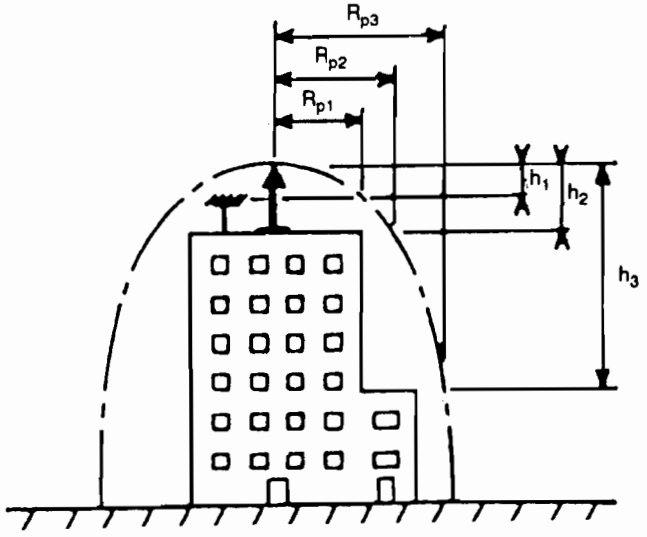
ح ـ برجها و دودکشهای کارخانه ها

خ ـ فضاهای باز شامل انبارها و محوطه‌های تفریحی و رفاهی

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۲ محدوده حفاظتی هر برقگیر الکترونیک، از گردش شعاعهای حفاظتی (R_{pn}) حاصل از ارتفاعهای مختلف (h_n) حول محور آن به‌وجود می‌آید. (شکل ۱۴ ـ ۷)

h_n : ارتفاع نوک برقگیر نسبت به‌صفحه افقی که از بالای عنصر موردنظر عبور می‌نماید.

R_{pn} : شعاع حفاظتی برقگیر در ارتفاع موردنظر.



شکل ۱۴ ـ ۷ محدوده و شعاعهای حفاظت برقگیر الکترونیک.

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۳ شعاع حفاظت هر برقگیر الکترونیک (R_p) بستگی به‌ارتفاع نوک آن نسبت به‌سطح مورد حفاظت (h)، پیشروی زمان تخلیه (ΔT)، و انتخاب کلاس حفاظت[۱] موردنیاز دارد که به‌شرح زیر محاسبه و تعیین می‌شود:

الف ـ در مواردی که $h \geq 5$ m باشد، شعاع حفاظت با توجه به‌کلاس حفاظت موردنظر ممکن است از فرمول [۱] یا منحنیها و جداول مندرج در شکلهای ۱۴ ـ ۸ الف، ب و پ به‌دست آید.

ب ـ در مواردی که $h < 5$ m باشد، شعاع حفاظت باید با استفاده از منحنیهای مندرج در شکلهای ۱۴ ـ ۸ الف، ب و پ تعیین شود.

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \qquad [1]$$

R_p: شعاع حفاظت برقگیر

h: ارتفاع نوک میله برقگیر از سطح مورد حفاظت

D: قطر کره فرضی با توجه به‌کلاس حفاظت یا فاصله برخورد صاعقه

ΔL: فاصله‌ای که برقگیر نقطه دریافت آذرخش را برابر نظریه گوی فرضی[۲] از نوک پایانه هوایی دور می‌کند.

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۴ کلاس حفاظت، که طبقه‌بندی سیستم حفاظتی برقگیر الکترونیک در برابر آذرخش است و سطح کارایی آن را بیان می‌کند، در این استاندارد به‌سه طبقه به‌شرح زیر تقسیم شده است:

کلاس I، D=20 m، حداکثر حفاظت

کلاس II، D=45 m، حفاظت متوسط

کلاس III، D=60 m، حفاظت استاندارد

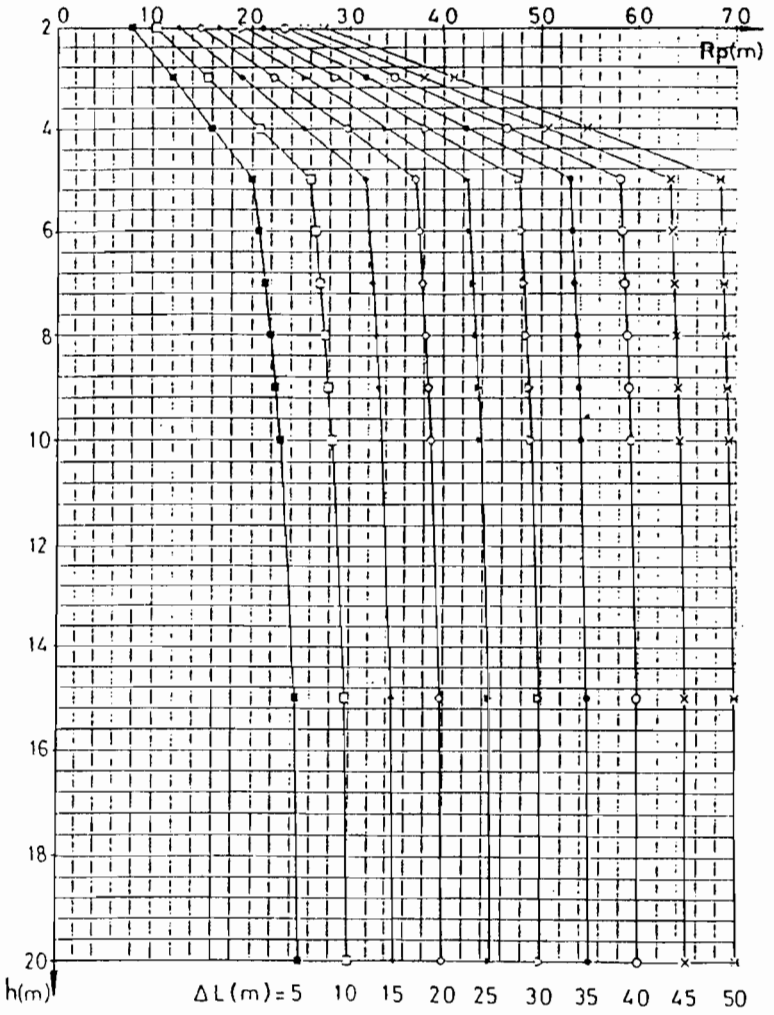
۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۵ محاسبهٔ نوع و تعداد برقگیر نوع الکترونیک لازم برای محافظت کامل هر ساختمان و یا مجموعه ساختمانها در یک فضا بستگی به‌سطح ساختمان و یا فضای تحت محافظت در برابر آذرخش دارد.

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۶ برای محاسبه نوع و تعداد برقگیر نوع الکترونیک لازم و حداقل ارتفاع آن از بالاترین نقطه سطح پشت‌بام ساختمان باید یک بررسی مقدماتی به‌منظور تعیین کلاس حفاظت لازم با توجه به‌ضریب تناوب آذرخش، شرایط محیطی، نوع و محتوای ساختمان، نوع تصرف و مخاطرات ناشی از آذرخش مطابق ضوابط مندرج در بند ۲ ـ ۱ـ۲ و ضمیمه B از استاندارد NFC 17-102 به‌عمل آید و سپس شعاع حفاظت مورد لزوم برابر ضوابط محاسباتی بندهای ۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۳ و ۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۴ این فصل تعیین شود. (برای تسهیل در ارزیابی مخاطرات آذرخش و انتخاب کلاس حفاظت مورد لزوم برابر ضوابط مندرج در پیوست B از استاندارد NFC 17-102 نرم‌افزارهای مناسبی از طرف سازندگان این نوع تجهیزات ارائه شده است که ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.)

---

۱ ـ برای ارزیابی میزان ریسک و انتخاب کلاس حفاظت مورد لزوم به‌پیوست B از استاندارد NFC 17-102 مراجعه شود.

۲ ـ برای شرح نظریه گوی فرضی Fictitious sphere به‌پیوست A از استاندارد NFC 17-102 رجوع شود.



D (m)										
20										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	Rp (m)									
20	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
25	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
30	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
35	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
40	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
45	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
50	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
55	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
60	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00

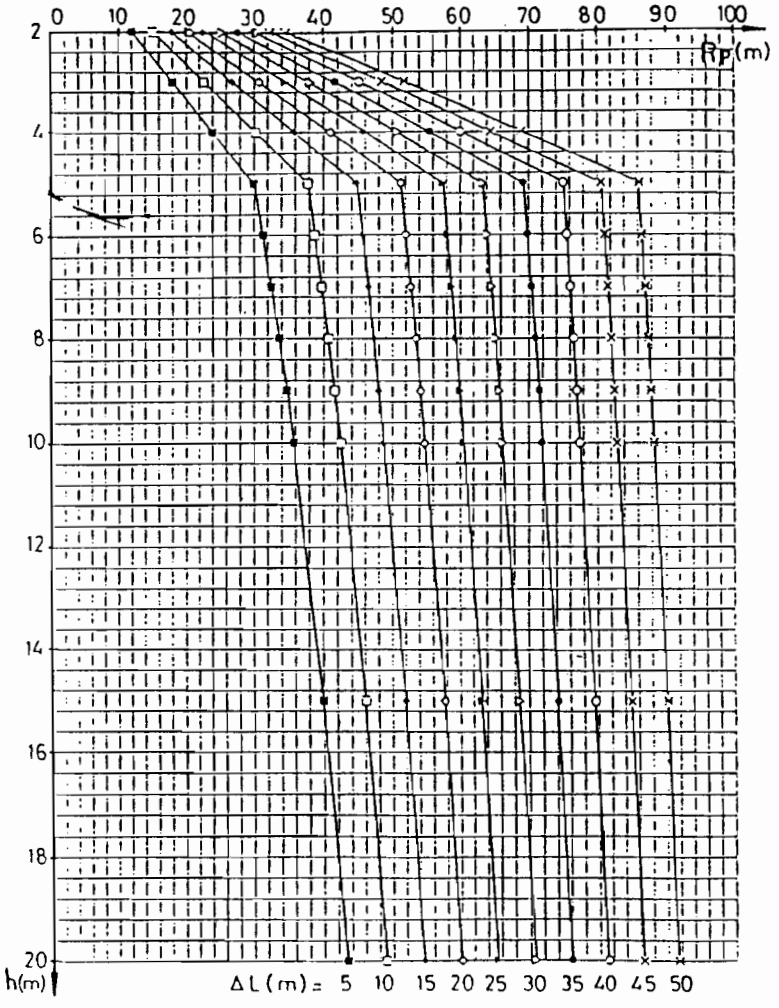
D(m) : فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان برحسب متر

ΔL(m) : فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود برحسب متر

h(m) : اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر برحسب متر

R_p(m) : شعاع حفاظت در سطح افقی موردنظر برحسب متر

شکل ۱۴ ـ ۸ الف شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس I (D= ۲۰m)



D (m)										
45										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	Rp (m)									
20	43.30	48.99	54.54	60.00	65.38	70.71	75.99	81.24	86.46	91.65
25	45.83	51.23	56.57	61.85	67.08	72.28	77.46	82.61	87.75	92.87
30	47.70	52.92	58.09	63.25	68.37	73.48	78.58	83.67	88.74	93.81
35	48.99	54.08	59.16	64.23	69.28	74.33	79.37	84.41	89.44	94.47
40	49.75	54.77	59.79	64.81	69.82	74.83	79.84	84.85	89.88	94.87
45	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
50	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
55	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
60	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00

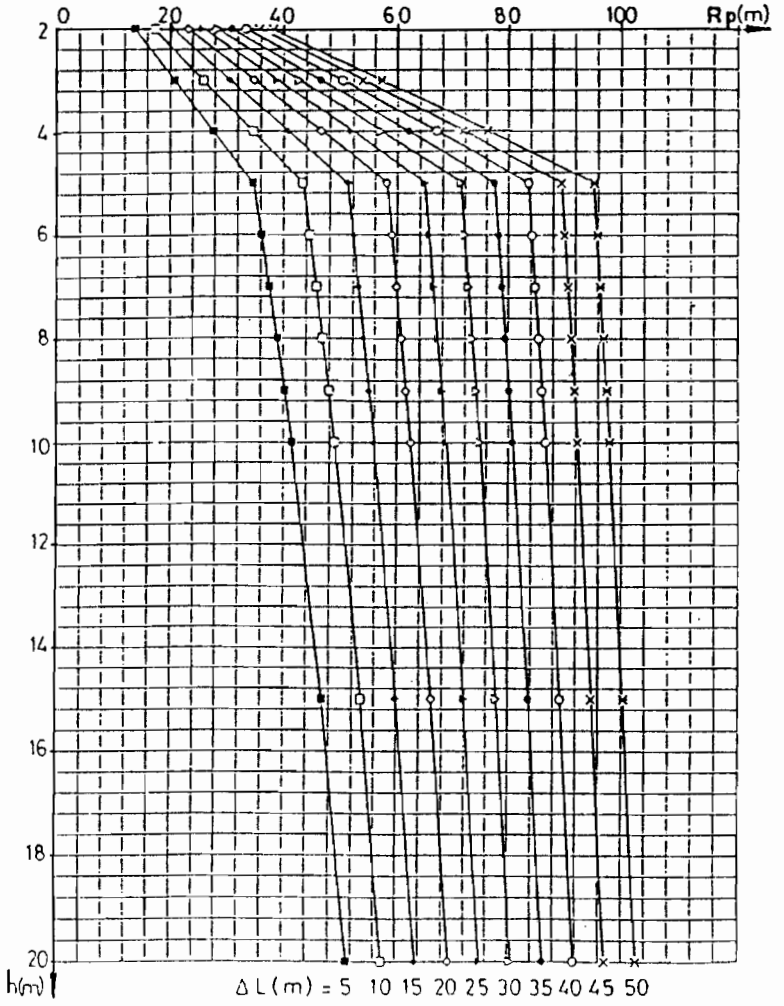
D(m): فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان برحسب متر

ΔL(m): فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود برحسب متر

h(m): اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر برحسب متر

R_p(m): شعاع حفاظت در سطح افقی موردنظر برحسب متر

شکل ۱۴ ـ ۸ ب شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت II (D= ۴۵ m)



D (m)										
60										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	Rp (m)									
20	51.23	57.45	63.44	69.28	75.00	80.62	86.17	91.65	97.08	102.47
25	54.77	60.62	66.33	71.94	77.48	82.92	88.32	93.67	98.99	104.28
30	57.66	63.25	68.74	74.15	79.53	84.85	90.14	95.39	100.62	105.83
35	60.00	65.38	70.71	75.99	81.24	86.48	91.65	96.82	101.98	107.12
40	61.85	67.08	72.28	77.46	82.61	87.75	92.87	97.98	103.08	108.17
45	63.25	68.37	73.48	78.58	83.67	88.74	93.81	98.87	103.92	108.97
50	64.23	69.28	74.33	79.37	84.41	89.44	94.47	99.50	104.52	109.54
55	64.81	69.82	74.83	79.84	84.85	89.86	94.87	99.87	104.88	109.89
60	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00	105.00	110.00

D(m) : فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان برحسب متر

ΔL(m) : فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود برحسب متر

h(m) : اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر برحسب متر

R_p(m) : شعاع حفاظت در سطح افقی موردنظر برحسب متر

شکل ۱۴ ـ ۸ پ شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت III (D= ٦٠ m)

۱۴-۵ اصول و روشهای نصب سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش

۱۴-۵-۱ برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴-۵-۱-۱ در انواع مختلف ساختمانها و بناها ممکن است از سر میله برقگیر تک‌شاخه یا چند شاخه استفاده شود. (شکل ۱۴-۱)

۱۴-۵-۱-۲ ارتفاع میله برقگیر از سر میله تا سطح محل نصب باید حداقل ۵۰ سانتیمتر یا بیشتر باشد.

۱۴-۵-۱-۳ فواصل نصب میله‌های برقگیر و شبکه هادیها برحسب استاندارد مورد مراجعه، طول میله‌ها و نوع سقف متفاوت است؛ در مواردی که از استاندارد NFPA 78 استفاده می‌شود برابر ضوابط مندرج در بند ۱۴-۴-۱-۳ و در مواردی که استاندارد IEC 1024-1 به‌کار می‌رود برابر معیارهای تعیین شده در بند ۱۴-۴-۱-۷ خواهد بود.

۱۴-۵-۱-۴ کلیه گوشه‌های خارجی ساختمان باید دارای میله برقگیر باشد حتی اگر فواصل آن خیلی کم باشد (شکل ۱۴-۱۴).

۱۴-۵-۱-۵ کلیه میله‌های برقگیر نصب شده در یک ساختمان باید به‌وسیله تسمه مسی به‌یکدیگر متصل شده و یک شبکه مشبک بسته را تشکیل دهد. (شکل ۱۴-۱۴)

۱۴-۵-۱-۶ اسکلت فلزی ساختمانهای اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمانهای بتن آرمه در چندین نقطه در پشت‌بام و بالای پی ساختمان باید به‌شبکه برقگیر همبندی همپانسیل شود. برای این منظور باید در هنگام ساختن اسکلت فلزی و یا بستن آرماتورها پیش‌بینی لازم به‌عمل آید تا در زمان نصب سیستم برقگیر هیچ‌گونه اشکالی به‌وجود نیاید.

۱۴-۵-۱-۷ کلیهٔ قسمتهای فلزی موجود در پشت‌بام از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی و مانند آن باید به‌شبکه برقگیر همبندی همپتانسیل شود.

۱۴-۵-۱-۸ در نقاط اتصال اسکلت فلزی، آرماتور یا دیگر قسمتهای فلزی ساختمان به‌شبکه برقگیر باید از به‌کار بردن وسایل، قطعات و بستهای قابل زنگ زدن جداً خودداری شود.

۱۴-۵-۱-۹ میله‌های برقگیر دور ساختمان باید روی دست‌اندازهای پشت‌بام نصب شود.

۱۴-۵-۱-۱۰ حلقه[1] اتصال میله‌های برقگیر دور ساختمان نیز باید روی دست‌انداز پشت‌بام نصب شود.

۱۴-۵-۱-۱۱ کلیه تسمه‌های ارتباطی (نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های اتصال زمین باید حتی‌الامکان با فواصل یکسان و از روی بدنه خارجی ساختمان و در خط مستقیم کشیده شود.

۱۴-۵-۱-۱۲ تسمه‌های ارتباطی به‌هیچ وجه نباید از داخل لوله‌های فلزی عبور داده شود.

۱۴-۵-۱-۱۳ تسمه‌های مورد مصرف برای نصب شبکه مشبک و همچنین به‌عنوان هادیهای نزولی سیستم برقگیر باید از نوع حلقه‌ای بوده و از مصرف تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی به‌وجود می‌آورد، خودداری شود.

۱۴-۵-۱-۱۴ میله‌های برقگیر باید با پایه متناسب با محل استقرار، نصب و به تسمه مشبک متصل شود. انواع پایه‌های مختلف برای نصب میله برقگیر در شکلهای (۱۴-۹ و ۱۴-۱۰) نشان داده شده است.

۱۴-۵-۱-۱۵ کلیهٔ تسمه‌های تشکیل‌دهنده شبکهٔ مشبک در نقاط تقاطع باید با اتصالات متناسب

1- Loop

به‌یکدیگر متصل شود. انواع مختلف اتصالات در شکل (۱۴ ـ ۱۱) نشان داده شده است.

۱۴ ـ ۵ ـ ۱ ـ ۱۶ تمامی تسمه‌ها باید با بستهای مناسب به‌کف یا دیوار دست‌انداز بام و مانند آن کاملاً مستحکم شود. انواع بستها در شکل (۱۴ ـ ۱۲) رسم شده است.

۱۴ ـ ۵ ـ ۱ ـ ۱۷ اتصال پایانه‌های زمینی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش به‌سیستم اتصال زمین سایر تأسیسات برقی ساختمان در آیین‌نامه‌ها و استانداردها مشروط بر رعایت موارد زیر توصیه شده است:

الف ـ طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید با ضوابط و مقررات مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده در بند ۱۴ ـ ۳ـ۱ دقیقاً مطابقت نماید.

ب ـ سیستم همچنین باید با ضوابط و استانداردهای سایر تأسیسات مربوط نیز مطابقت نماید.

پ ـ سیستم اتصال زمین عمومی باید متشکل از یک شبکهٔ گسترده‌ای[1] باشد که حداکثر مقاومت الکتریکی کل آن برابر با کمترین مقدار تعیین شده برای هر یک از سیستمهای موردنظر باشد.

ت ـ لوازم فلزی به‌کار رفته در سیستمهای مختلف باید از یک جنس باشد.

ث ـ در مواردی که اتصال بین سیستمها در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، مسیر هادی اتصال‌دهنده باید به‌گونه‌ای تعیین شود که موجب القاء جریان برق در کابلها و تأسیسات مجاور آن نشود.

ج ـ اتصال سیستمهای پایانه زمینی حفاظت در برابر آذرخش به‌مدار زمین پی ساختمان باید درست در برابر هر هادی نزولی با استفاده از یک وسیله قابل قطع و یک محفظهٔ بازرسی که با علامت مخصوص اتصال زمین ⏚ نشانه‌گذاری شده باشد، انجام شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ اصول و روشهای نصب سیستم برقگیر الکترونیک (ESE)

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱ دستگاه برقگیر نوع الکترونیک باید حدوداً در مرکز سطح مورد حفاظت و در بالاترین قسمت ساختمان روی دکل مناسب نصب شود.

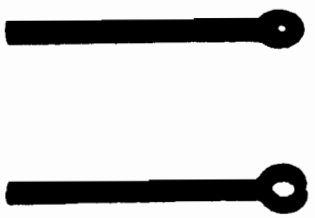
۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۲ در تعیین ارتفاع دکل برقگیر الکترونیکی، علاوه بر رعایت ضوابط مندرج در بندهای ۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۳ تا ۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۶ این فصل، باید دقت کافی به‌عمل آید که نوک میله مرکزی پایانه هوایی حداقل دو متر بالاتر از وسایل نصب شده یا موجود در سطح مورد حفاظت اطراف برقگیر مانند دودکش موتورخانه، برج خنک‌کننده، کلاهک هواکش، آنتن‌های گیرنده یا فرستنده رادیو یا تلویزیون، چراغهای هشداردهنده هوایی و غیره قرار گرفته باشد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۳ در ساختمانهای مرتفع برای اعلام خطر باید در بالاترین نقطه دکل (زیر دستگاه برقگیر الکترونیک) و در روی بازوی جداگانه چراغ هشدار دهنده هوایی نصب شود.

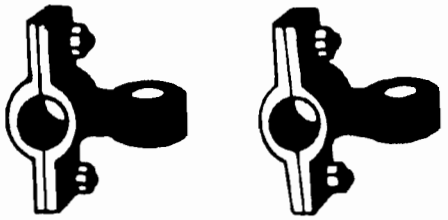
۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۴ برقگیرهای الکترونیکی مورد استفاده برای حفاظت فضاهای باز همچون زمین بازی، استخر شنا، اردوگاه و مانند آن باید بر روی تکیه‌گاههای مناسب مانند دکل ویژه نصب برقگیر یا سازه مناسب دیگری که پوشش حفاظتی موردنیاز فضای موردنظر را تامین کند نصب شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۵ هادیهای نزولی که برای انتقال جریان برق ناشی از آذرخش از سیستمهای پایانه هوایی به‌سیستم پایانه زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در سطوح خارجی سازه موردنظر نصب شود. در مواردی که

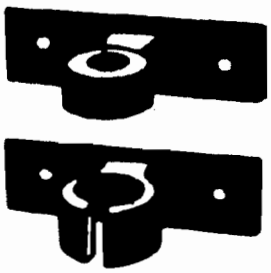
1– Grounding pad/grid



۱ ـ پایه مخصوص نصب در دیوار

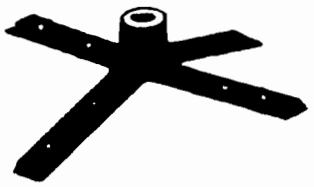


۲ ـ پایه مخصوص نصب روی نرده با مقطع گرد



۳ ـ پایه‌مخصوص‌نصب‌روی‌دیوار و یا نرده با مقطع چهارگوش

۴ ـ پایه مخصوص‌نصب دربالای پشت‌بامهای شیبدار



۵ ـ پایه مخصوص‌نصب دربالای پشت‌بامهای شیبدار

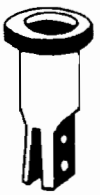
۶ ـ پایه مخصوص‌نصب دربالای پشت‌بامهای شیبدار

۷ ـ پایه مخصوص نصب روی پشت‌بامهای شیبدار

۸ ـ پایه مخصوص نصب روی ساختمانهای سوله

۹ ـ پایه مخصوص نصب روی دست‌انداز و یا کف پشت‌بام

۱۰ ـ پایه مخصوص نصب روی دودکش

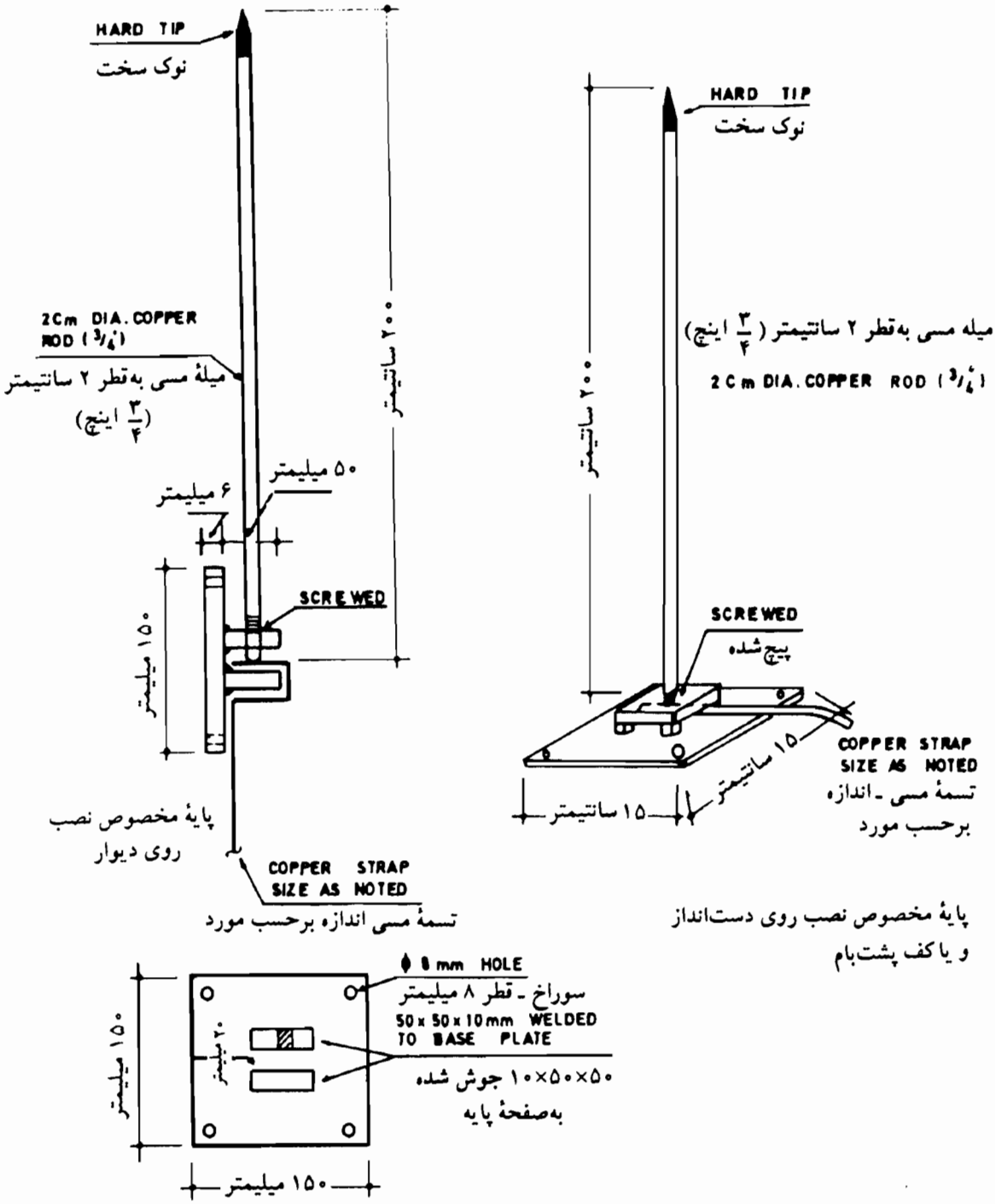


۱۱ ـ پایه مخصوص اتصال میله برقگیر به‌تسمه

۱۲ ـ پایه مخصوص نصب در داخل‌ستون و یا دست‌انداز

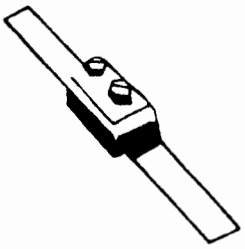
پایانه‌های مختلف برای نصب میله برقگیر

شکل ۱۴ ـ ۹

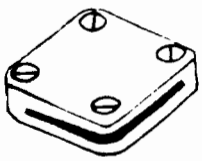

HARD TIP
نوک سخت
2Cm DIA. COPPER ROD (3/4")
میلهٔ مسی به‌قطر ۲ سانتیمتر
(۳/۴ اینچ)
۲۰۰ سانتیمتر
۵۰ میلیمتر
۶ میلیمتر
SCREWED
۱۵۰ میلیمتر
پایهٔ مخصوص نصب
روی دیوار
COPPER STRAP
SIZE AS NOTED
تسمهٔ مسی اندازه برحسب مورد
HARD TIP
نوک سخت
میله مسی به‌قطر ۲ سانتیمتر (۳/۴ اینچ)
2 C m DIA. COPPER ROD (3/4")
۲۰۰ سانتیمتر
SCREWED
پیچ شده
۱۵ سانتیمتر
۱۵ سانتیمتر
COPPER STRAP
SIZE AS NOTED
تسمهٔ مسی ـ اندازه
برحسب مورد
پایهٔ مخصوص نصب روی دست‌انداز
و یا کف پشت‌بام
Ø 8 mm HOLE
سوراخ ـ قطر ۸ میلیمتر
50 x 50 x 10 mm WELDED
TO BASE PLATE
۵۰×۵۰×۱۰ جوش شده
به‌صفحهٔ پایه
۱۵۰ میلیمتر
۲۰ میلیمتر
۱۵۰ میلیمتر

شکل ۱۴ ـ ۱۰

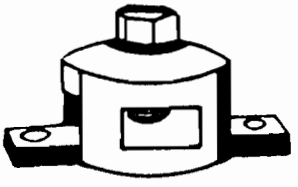
۱ ـ بست اتصال چهارراه



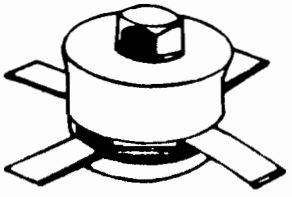
۲ ـ بست اتصال مستقیم



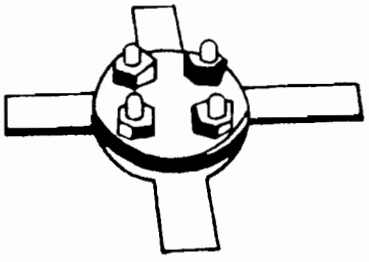
۳ ـ بست اتصال دوراه و چهارراه



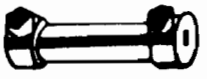
۴ ـ بست آزمایشی دوراه



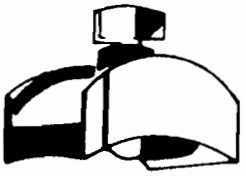
۵ ـ بست آزمایشی چهارراه



۶ ـ بست‌آزمایشی‌دوراه و چهارراه

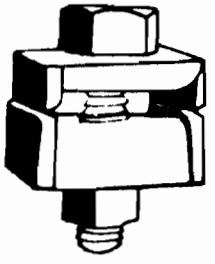


۷ ـ بست اتصال سیم

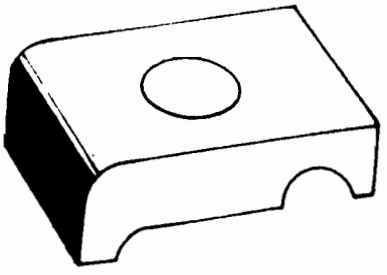


۸ ـ بست تسمه به‌لوله

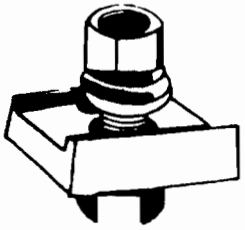
۹ ـ پایه و پیچ‌ومهره نصب‌در بتن



۱۰ ـ بست متفرقه



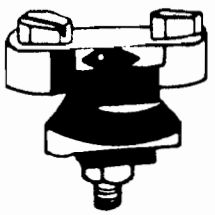
۱۱ ـ بست انشعاب از تسمه به‌سیم



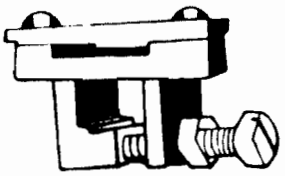
۱۲ ـ بست تسمه به‌فلز (ورق و یا پروفیل)

اتصالات و وسایل مختلف تسمه‌کشی

شکل ۱۴ ـ ۱۱



۱ ـ بست تسمه‌مخصوص نصب روی ورق موجدار

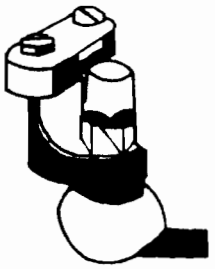


۲ ـ بست تسمه مخصوص‌نصب روی نرده

۳ ـ تسمه مسی ۳×۲۰ میلیمتر و یا ۳×۲۵ میلیمتر

۴ ـ بست‌تسمه‌مخصوص‌نصب‌روی دیوار و یا دست‌انداز پشت‌بام

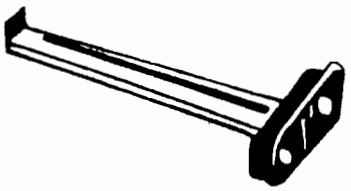
۵ ـ بست تسمه مخصوص نصب روی خرپا



۶ ـ بست تسمه مخصوص نصب روی دیوار

۷ ـ بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

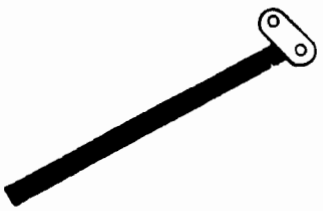
۸ ـ بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار



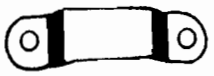
۹ ـ بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

۱۰ ـ میخ سرکج مسی

۱۱ ـ میخ مسی



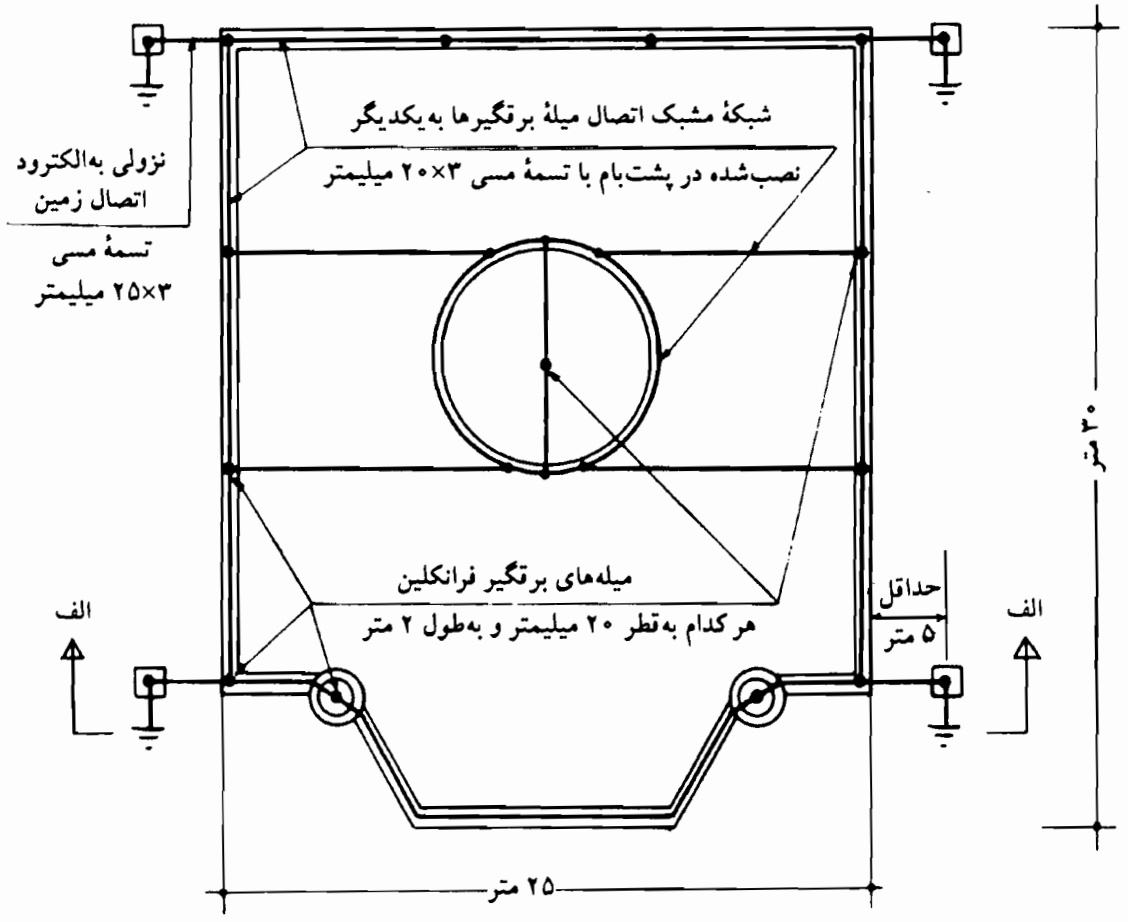
۱۲ ـ بست یکپارچه ساده

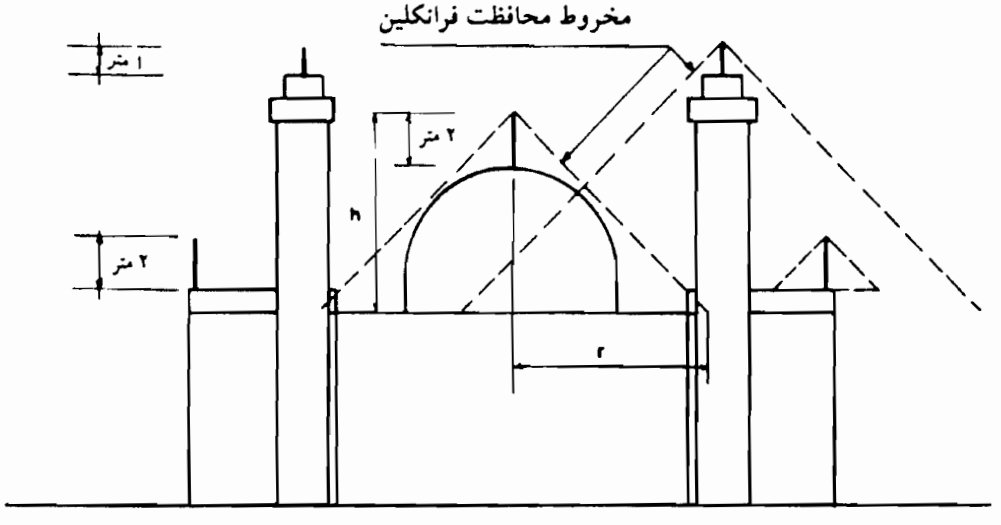


۱۳ ـ بست یکپارچه ساده

بستها و نگهدارنده‌های مختلف تسمه

شکل ۱۴ ـ ۱۲

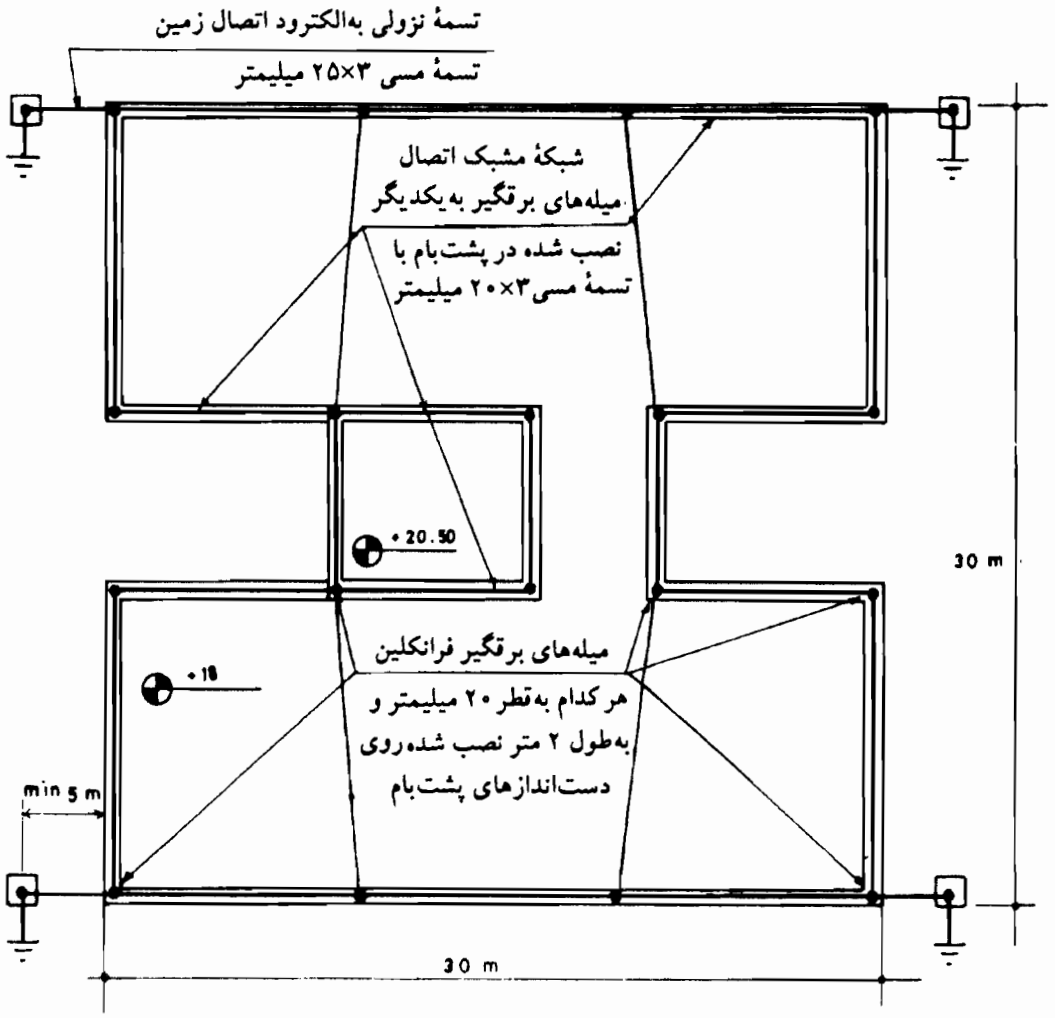


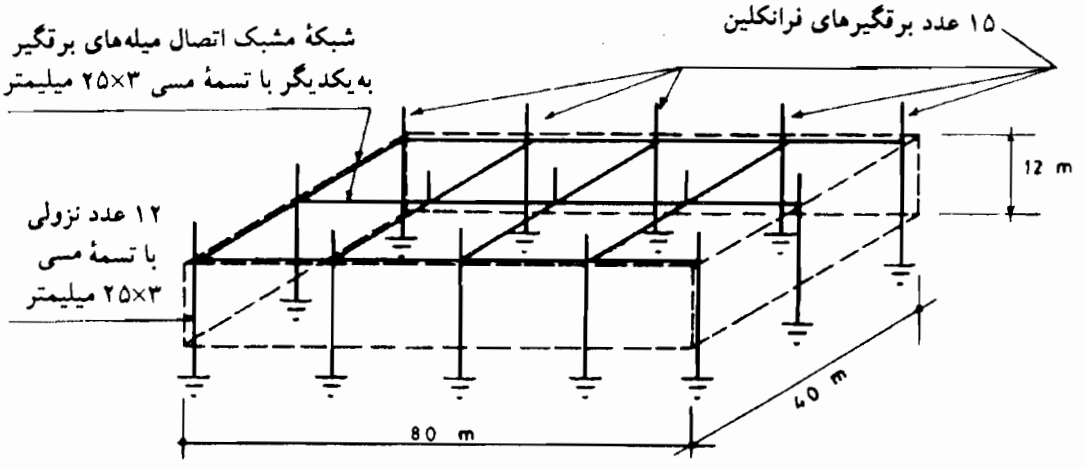


برش الف ـ الف

نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده برای ساختمان مسجد

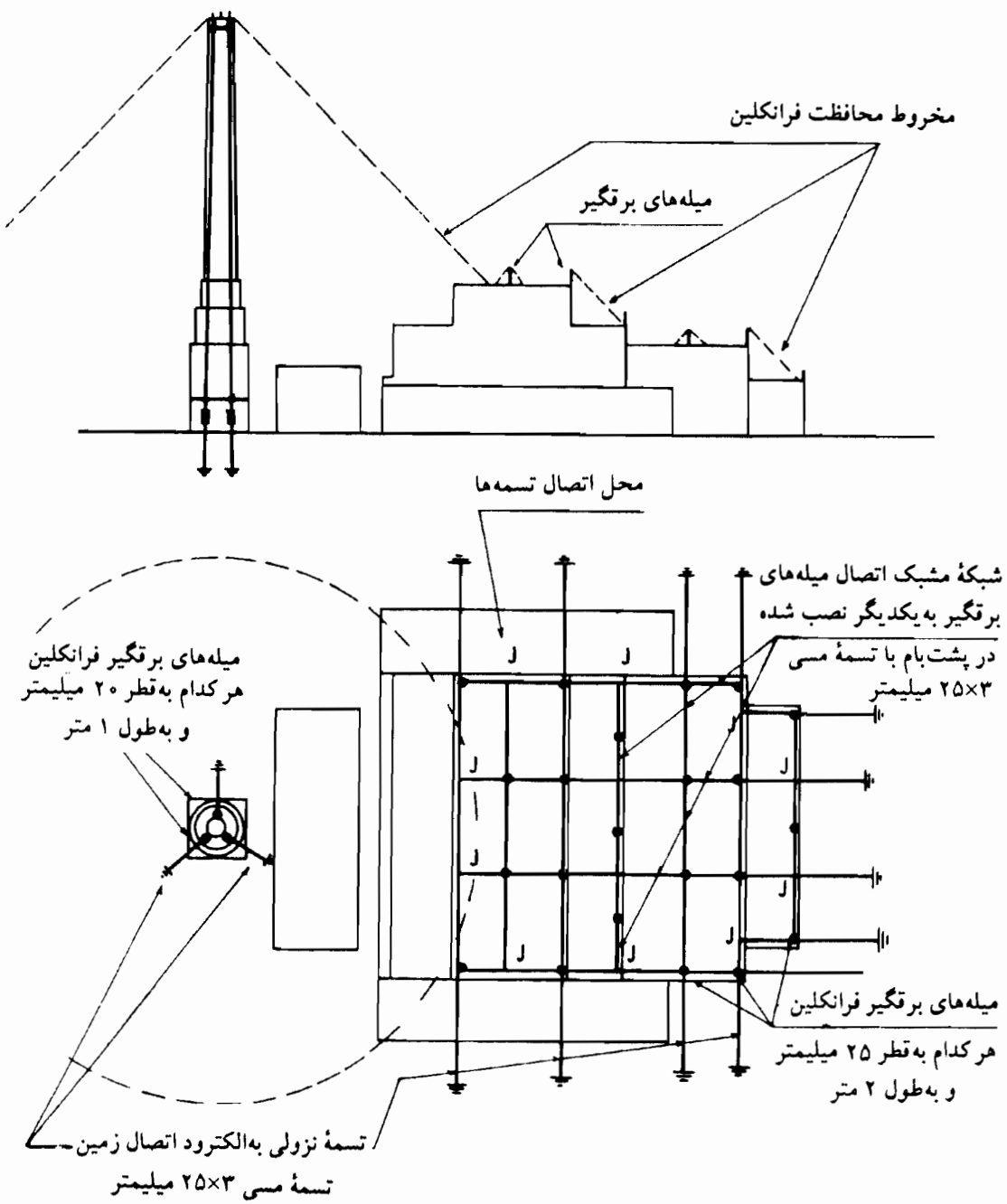
شکل ۱۴ ـ ۱۳





نمونه و روش کلی نصب سیستم برقگیر قفس فاراده

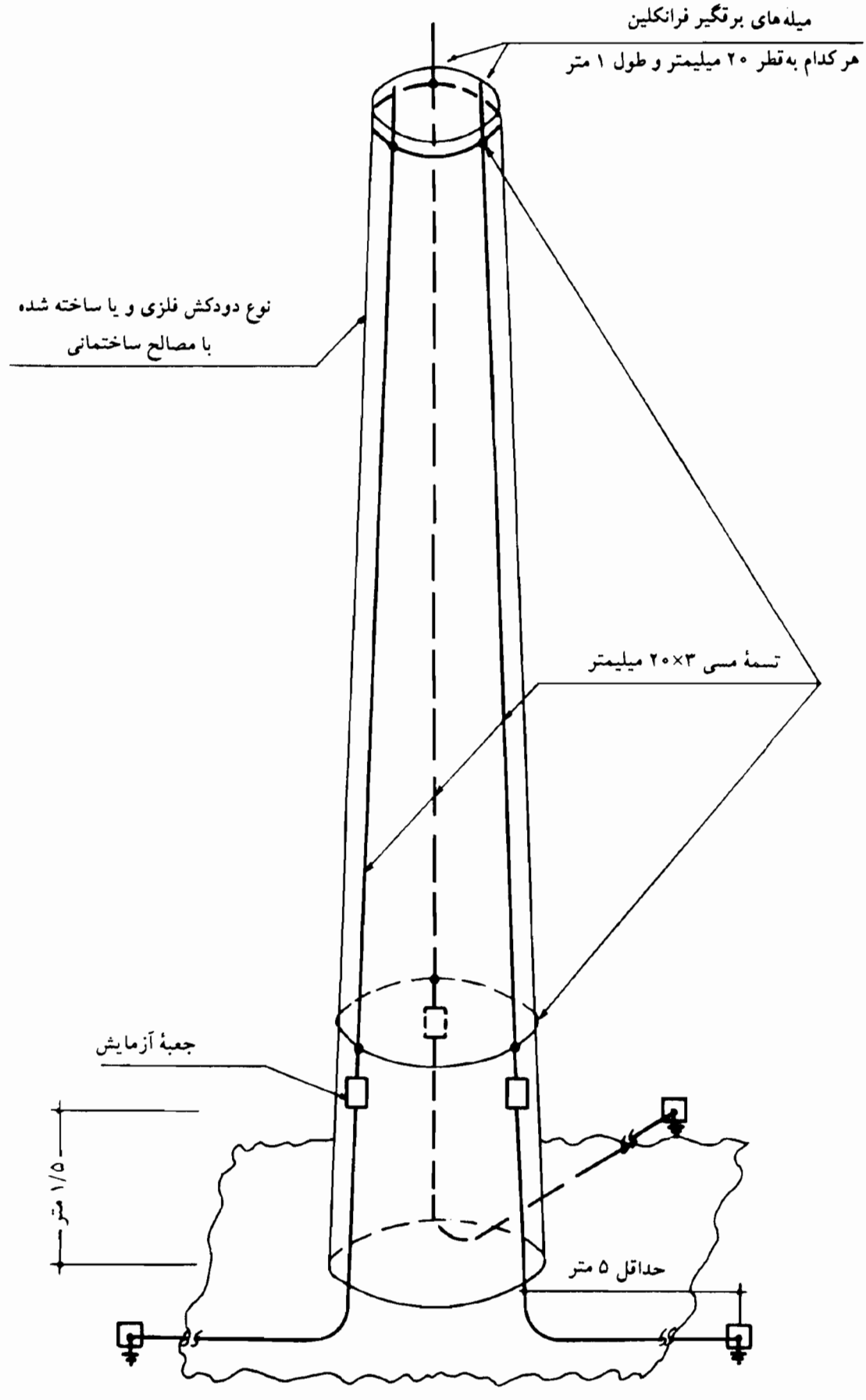
شکل ۱۴ ـ ۱۴



مقیاس ۱:۱۰۰

نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده در یک کارخانه

شکل ۱۴ ـ ۱۵



نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده روی دودکش کارخانه

شکل ۱۴ـ۱۶

استفاده از مسیر خارجی ساختمان عملی نباشد، هادیهای نزولی ممکن است از درون مجاری داخلی ویژه‌ای که دارای طولی برابر با ارتفاع ساختمان یا بخشی از آن باشد عبور نماید. این‌گونه مجاری باید عایق، غیرقابل اشتعال و دارای سطح مقطعی حداقل برابر با ۲۰۰۰ میلیمتر مربع یا بیشتر بوده و در اجرای آن شرایط مربوط به‌هادیهای نزولی رعایت شود. مجری سیستم تأسیسات برقی، هنگام استفاده از مجاری داخلی باید نسبت به‌کاهش کارایی سیستم حفاظتی مربوط و مشگلات بازرسی و نگهداری آن و همچنین مخاطرات ناشی از ورود موج ولتاژ بالا به‌درون سازه آگاه باشد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۶ در مواردی که سطح خارجی ساختمان یا سازه به‌وسیله دیوار پرده‌ای[1] فلزی، سنگی، یا شیشه‌ای پوشیده شده باشد، هادی نزولی ممکن است در پشت پوشش نامبرده به‌دیوار بتنی یا سازه باربر نصب شود. در این‌گونه موارد اجزاء پوششی هادی و سازه نگهدار باید از بالا و پایین به‌هادی نزولی پیوند[2] یابد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۷ هر برقگیر الکترونیکی باید به‌وسیله حداقل یک هادی نزولی به‌سیستم پایانه زمینی متصل شود. در موارد زیر دو هادی نزولی یا بیشتر موردنیاز خواهد بود:

الف ـ تصویر هادی نزولی افقی بزرگتر از تصویر هادی نزولی عمودی باشد (شکل ۱۴ ـ ۱۷).

ب ـ در صورتی‌که سیستم تأسیسات حفاظت خارجی ساختمان در برابر آذرخش بر روی سازه‌های بلندتر از ۲۸ متر نصب شود.

در مواردی که بیش از یک هادی نزولی مورد استفاده قرار گیرد هادیها باید با فواصل مساوی از یکدیگر استقرار یابد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۸ حداقل سطح مقطع هادیهای نزولی، درصورتی‌که از سیم مسی با مقطع گرد باشد ۵۰ میلیمترمربع، درصورتی‌که از تسمه مسی باشد (۲×۳۰) میلیمتر و چنانچه از سیم‌مسی بافته انتخاب شود (۲/۵×۳۰) میلیمتر خواهد بود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۹ تسمه‌های مورد مصرف برای هادیهای نزولی باید از نوع حلقه‌ای بوده و از مصرف تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی به‌وجود می‌آورد، خودداری شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۰ کلیه تسمه‌ها یا سیمها باید با بستهای مناسب و به‌صورت سه عدد در هر متر به‌کف بام یا دیوار ساختمان و مانند آن با درنظر گرفتن میزان انبساط حرارتی کاملاً محکم شود. انواع بستها در شکل ۱۴ ـ ۱۱ نشان داده شده است.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۱ هادیهای نزولی باید با توجه به‌محل پایانه زمینی در کوتاهترین و مستقیم‌ترین مسیر ممکن و بدون خمهای تند یا برگشت به‌بالا نصب شود. شعاع خمها نباید از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد (شکل ۱۴ ـ ۱۸)

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۲ هادیهای نزولی نباید به‌موازات لوله‌های برق یا به‌صورت متقاطع با آن نصب شود، لیکن در مواردی که عبور لوله‌های برق از روی هادیهای نزولی غیرقابل اجتناب باشد، لوله برق باید در داخل یک حفاظ فلزی به‌طول یک متر از نقطه تقاطع به‌هر طرف قرار داده شده و حفاظ مزبور به‌هادی نزولی متصل شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۳ هادیهای نزولی باید در برابر ضربه و آسیب به‌وسیله حفاظ مناسب به‌ارتفاع دو متر از سطح زمین محافظت شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۴ به‌منظور قطع سیستم پایانه زمینی و اندازه‌گیری میزان مقاومت اتصال زمین، هر هادی نزولی باید

1– Curtain - wall 2– Bond

به‌یک جعبه اتصال آزمون همراه با تیغه و سایر تجهیزات مربوط مجهز شود (به‌بندهای ۱۵ ـ ۲ـ۵ و ۱۵ ـ ۴ـ۲ فصل ۱۵ و شکل ۱۵ ـ ۷ رجوع شود). این‌گونه جعبه‌ها باید در ارتفاع حداقل ۱/۵ متر از سطح زمین نصب و عبارت «هادی برقگیر» همراه با نشانه ⏚ بر روی آن به‌صورت دایمی نوشته شود.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۵ در مواردی که از آذرخش شمار استفاده می‌شود، دستگاه نامبرده باید بر روی مستقیم‌ترین هادی نزولی و در ارتفاع حدود دو متری از سطح زمین و در بالای جعبه اتصال آزمون نصب شود.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۶ به‌منظور جلوگیری از ایجاد جرقه‌های خطرناک بین هادیهای حامل جریان آذرخش و قسمتهای فلزی نزدیک آن (در مواردی که فاصله ایمن موجود نباشد) کلیه بخشهای مزبور باید به‌سیستم هادیهای نزولی همبندی همپتانسیل شود. بنابراین تمامی قسمتهای فلزی موجود در پشت‌بام از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی، درب و پنجره فلزی و مانند آن که فواصل آن از هادیهای نزولی (d) کمتر از فاصلهٔ ایمنی (s) باشد، باید به‌سیستم هادیهای نزولی همبندی شود. (برای چگونگی محاسبه فاصلهٔ ایمن به‌بند ۲ـ۱ـ۳ از استاندارد NFC 17-102 رجوع شود).

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۷ اسکلت فلزی ساختمانهای اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمانهای بتن‌آرمه در چندین نقطه در پشت‌بام و بالای پی ساختمان باید به‌هادیهای نزولی اتصال داده شود. برای این منظور باید در هنگام ساختن اسکلت فلزی و یا بستن آرماتورها پیش‌بینی لازم به‌عمل آید تا در زمان نصب سیستم برقگیر هیچ‌گونه اشکالی به‌وجود نیاید.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۸ در مواردی که سیستم تأسیسات حفاظت داخلی ساختمان در برابر آذرخش مورد نیاز است، باید بخشهای فلزی‌داخلی ساختمان به‌وسیلهٔ هادیهای مسی همپتانسیل با حداقل سطح مقطع ۱۶ میلیمترمربع به‌یک شمش یا میله مسی همپتانسیل با حداقل سطح مقطع ۷۵ میلیمتر مربع همبندی و سپس شمش مزبور به‌نزدیکترین نقطه مدار اتصال زمین متصل شود. برای ساختمانهای بزرگ ممکن است از چندین شمش همبندی همپتانسیل متصل به‌هم استفاده گردد.

در مواردی که سیستمهای تأسیسات برقی یا مخابراتی با استفاده از هادیهای حفاظ‌دار، یا در لوله‌های فلزی اجرا می‌شود، اتصال حفاظ هادیها یا لوله‌های فلزی به‌سیستم اتصال زمین معمولاً حفاظت لازم را تأمین می‌کند، در این‌گونه موارد در صورت عدم تأمین حفاظت لازم، هادیهای فعال باید از طریق برقگیرهای حفاظتی[1] به‌سیستم حفاظت در برابر آذرخش همبندی شود.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۹ اتصال پایانه‌های زمینی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش به‌شبکه اتصال زمین سایر تأسیسات برقی ساختمان در آیین‌نامه‌ها و استانداردها مشروط بر رعایت موارد زیر توصیه شده است:

الف ـ سیستم اتصال زمین عمومی باید متشکل از یک شبکه گسترده‌ای[2] باشد که حداکثر مقاومت الکتریکی کل آن برابر با کمترین مقدار تعیین شده برای هر یک از سیستمهای موردنظر باشد.

ب ـ طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید با ضوابط و مقررات مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده در بند ۱۴ ـ ۳ ـ ۱ دقیقاً مطابقت کند.

پ ـ سیستم اتصال زمین عمومی همچنین باید با ضوابط و استانداردهای سایر تأسیسات مربوط نیز مطابقت نماید.

ت ـ لوازم فلزی به‌کار رفته در سیستمهای مختلف باید از یک جنس باشد.

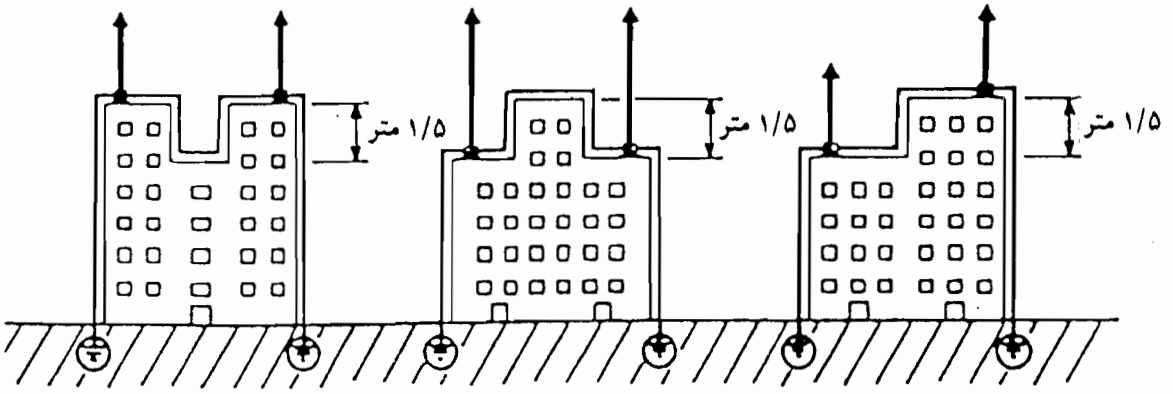
ث ـ در مواردی که اتصال بین سیستمها در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، مسیر هادی

1– Surge protective devices 2– Grounding pad / grid

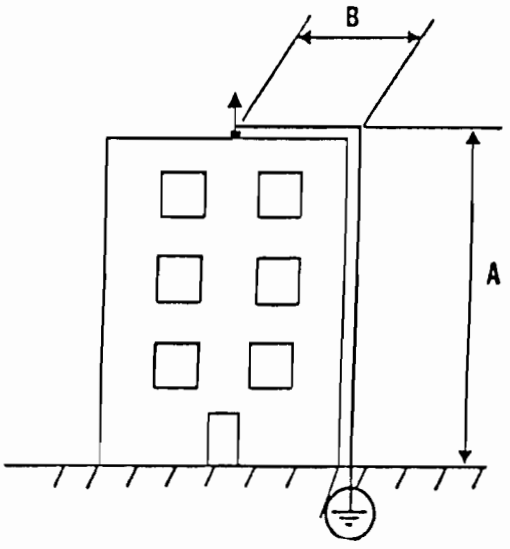
اتصال‌دهنده باید به‌گونه‌ای تعیین شود که موجب القاء جریان برق در کابلها و تأسیسات مجاور آن نشود.

ج - اتصال سیستمهای پایانه زمینی حفاظت در برابر آذرخش به‌مدار زمین پی ساختمان باید درست در برابر هر هادی نزولی با استفاده از یک وسیله قابل قطع و یک محفظه بازرسی که با علامت مخصوص اتصال زمین ⏚ نشانه‌گذاری شده باشد، انجام شود.

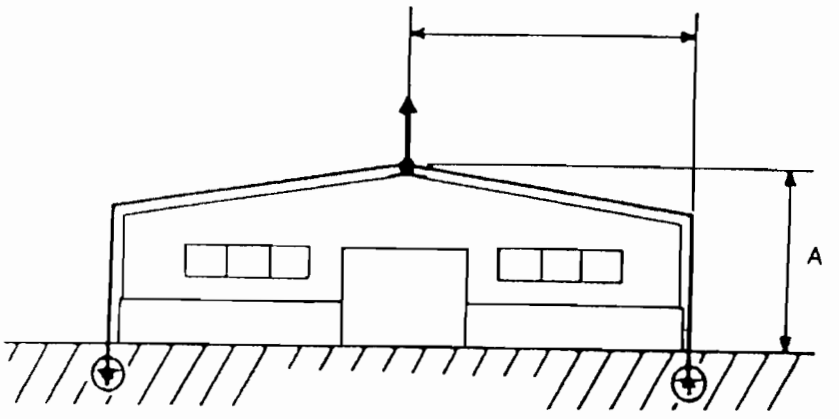
چ - در مواردی که حجم مورد حفاظت شامل چند سازه جداگانه باشد، سیستم پایانه زمینی برقگیر (ESE) باید به‌سیستم زمین همپتانسیل مجموعه سازه‌ها، که به‌صورت شبکه به‌هم پیوسته مدفون خواهد بود، متصل شود.



(الف) اتصال پایانه‌های هوایی الکترونیک به‌یکدیگر با اختلاف سطح حداکثر ۱/۵ متر



(ب) A > ۲۸ متر و B < A : یک هادی نزولی

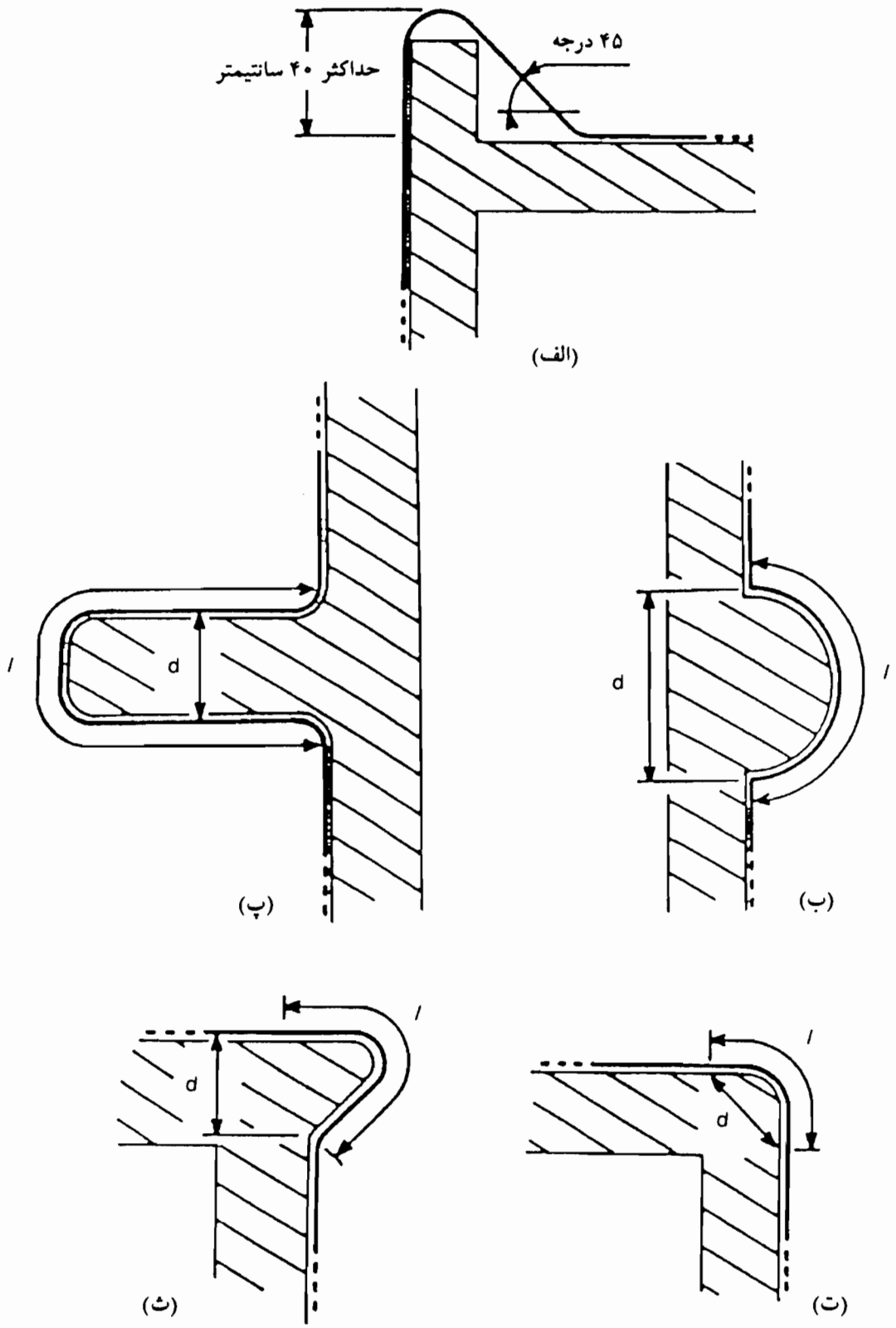


(پ) A < ۲۸ متر یا B > A : دو هادی نزولی

A : تصویر هادی نزولی عمودی

B : تصویر هادی نزولی افقی

شکل ۱۴ ـ ۱۷ اتصال پایانه‌های هوایی الکترونیک به‌یکدیگر و تعداد هادیهای نزولی.



l: درازای خمیدگی (متر)

d: پهنای خمیدگی (متر)

در صورتی که شرط $d>l/20$ رعایت شود خطر شکست دی‌الکتریک منتفی است

شکل ۱۴ ـ ۱۸ اشکال مختلف خمیدگیها در هادیهای نزولی.

فصل ۱۵
سیستم اتصال زمین

۱-۱۵ کلیات و تعاریف

۱-۱-۱۵ تعاریف

۱-۱-۱-۱۵ الکترود زمین
یک یا چند قطعه هادی است که به‌منظور برقراری ارتباط الکتریکی با جرم کلی زمین در خاک مدفون شود. الکترودهای زمین مستقل از نظر الکتریکی، الکترودهایی است که فواصل آن از یکدیگر به‌قدری است که در صورت عبور حداکثر جریان ممکن از یکی، ولتاژ الکترودهای دیگر به‌مقدار قابل ملاحظه تحت تأثیر قرار نگیرد.

۲-۱-۱-۱۵ جرم کلی زمین
مفهومی است که ویژگیهای آن با عبارات زیر قابل توجیه است:
- جرم کلی زمین را می‌توان مشابه شینه‌ای با سطح مقطع بزرگ فرض کرد، که مقاومت بین هر دو نقطه آن عملاً نزدیک صفر است؛
- اتصال به‌جرم کلی زمین تنها از راه نوعی الکترود زمین امکان‌پذیر است؛
- اتصال الکترود زمین به‌جرم کلی زمین همواره با مقاومتی همراه است که همان مقاومت اتصال زمین یا مقاومت الکترود زمین است.

۳-۱-۱-۱۵ مقاومت اتصال زمین یا مقاومت زمین
مقاومت الکتریکی بین سرآزاد الکترود زمین مستقل از نظر الکتریکی و جرم کلی زمین است.

۴-۱-۱-۱۵ تأسیسات الکتریکی
هر نوع ترکیبی از وسایل و مصالح به‌هم پیوسته الکتریکی در یک محل یا فضای معین.

۵-۱-۱-۱۵ تجهیزات الکتریکی
مصالح و تجهیزاتی است که برای تولید، تبدیل یا مصرف انرژی الکتریکی به‌کار رود، مانند مولدها، موتورهای برق، ترانسفورماتورها، دستگاههای برقی، دستگاههای اندازه‌گیری، وسایل حفاظتی و امثال آن.

۱۵ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۶ بدنه هادی

بدنه یا اسکلت هادی دردسترس مربوط به‌تجهیزات الکتریکی که در وضعیت عادی برقدار نمی‌باشد ولی ممکن است در اثر بروز نقص در دستگاه یا ایجاد اتصالی داخلی در آن، برقدار شود.

۱۵ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۷ هادی بیگانه

قسمتی است هادی که جزیی از تأسیسات الکتریکی نباشد. (مانند اسکلت و قسمتهای فلزی ساختمانها، لوله‌کشیهای آب و گاز و وسایل متصل به‌آن، بدنه‌های هادی سیستمهای غیربرقی و غیره) و می‌تواند ولتاژی را که معمولاً ولتاژ زمین است دارا باشد.

۱۵ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۸ برقدار

هر سیم یا هادی دیگری است که در شرایط عادی تحت ولتاژ الکتریکی باشد.

۱۵ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۹ هادی خنثی (نول)

هادیی است که به‌نقطه خنثی وصل باشد و به‌منظور انتقال انرژی الکتریکی از آن استفاده شود.

یادآوری:

در پاره‌ای موارد و در شرایطی معین، یک هادی واحد می‌تواند وظایف هادی خنثی و هادی حفاظتی را توأماً انجام دهد.

۱۵ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۱۰ هادی حفاظتی (هادی اتصال زمین)

هادیی است که در اقدامات حفاظتی در برابر برقگرفتگی، هنگام بروز اتصالی، از آن استفاده می‌شود و بدنه‌های هادی را به‌قسمتهای زیر وصل می‌کند:

ـ بدنه‌های هادی دیگر؛

ـ قسمتهای هادی بیگانه؛

ـ الکترود زمین، هادی زمین‌شده یا قسمت برقدار زمین شده.

۱۵ ـ ۱ ـ ۲ کلیات

۱۵ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۱ سیستم توزیع نیرو و اتصال زمین مورد استفاده عموماً سیستم TN از نوع TN–C–S و یا در صورت لزوم TN–S خواهد بود[1]. (بند ۲ ـ ۵ ـ ۱ نیز ملاحظه شود)

۱۵ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۲ به‌منظور ایجاد ایمنی و حفاظت لازم در برابر برقگرفتگی برای افراد و کارکنانی که از وسایل، ابزارها و دستگاههای برقی استفاده می‌کنند و همچنین کار صحیح سیستم تأسیسات برقی، اقدامات زیر باید انجام شود:

الف: نقطهٔ نول سیم پیچ مولدهای برق در نیروگاههای برق و همچنین نقطه نول سیم‌پیچ

---

۱ ـ برای شرح انواع سیستمهای توزیع نیرو و اتصال زمین به‌استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۳۷ یا استاندارد IEC 364–3 رجوع شود.

ترانسفورماتور در پستهای برق و سیم نول شبکه خطوط هوایی در ابتدا و انتهای خطوط به‌طول تا ۲۰۰ متر و در خطوطی به‌طول بیش از ۲۰۰ متر علاوه بر ابتدا، و انتهای خط در هر فاصله ۲۰۰ متری، نول خطوط مذکور باید به‌الکترود سیستم اتصال زمین مربوط متصل شود. این سیستم به‌طور کلی اتصال زمین سیستم[1] نامیده می‌شود.

ب: بدنه یا محفظه فلزی کلیه وسایل، ابزارها، دستگاهها، ماشین‌آلات و تابلوهای برقی و همچنین اسکلت و اجزای فلزی داخلی هر یک، که حامل جریان برق نمی‌باشد، باید به‌سیستم اتصال زمین ساختمان مربوط متصل شود. این سیستم به‌طور کلی اتصال زمین وسایل[2] (حفاظتی) نامیده می‌شود.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۲ در نیروگاهها و پستهای برق سیستم اتصال زمین سیستم و سیستم اتصال زمین وسایل و همچنین سیستم اتصال زمین بدنه تابلوهای فشار قوی باید کلاً از یکدیگر جدا بوده و استفاده از یک سیستم اتصال زمین با الکترود مشترک مجاز نمی‌باشد.

(برای شرایط و موارد استفاده از یک یا دو الکترود زمین برای حفاظت سیستم و ایمنی در یک پست ترانسفورماتور به‌بند پ ۱ـ۹ـ۷ از مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمانی ایران رجوع شود).

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۳ در نیروگاهها و پستهای برق سیستم اتصال زمین‌سیستم و سیستم اتصال زمین‌وسایل و همچنین سیستم اتصال زمین بدنه تابلوهای فشار متوسط، در صورتی که حائز شرایط استفاده از یک الکترود اتصال زمین نباشد باید دارای هادیها و الکترود جداگانه باشد. در این‌گونه موارد الکترودهای زمین باید به‌گونه‌ای استقرار یابد که در حوزه اثر ولتاژ یکدیگر واقع نشود. (برای شرایط و موارد استفاده از یک یا دو الکترود زمین برای حفاظت سیستم و ایمنی در یک پست ترانسفورماتور به‌بند پ ۱ ـ ۹ ـ ۷ از مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمانی ایران رجوع شود).

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۴ در ساختمانهایی که مجهز به‌سیستم حفاظت در برابر آذرخش (قفس فاراده یا الکترونیک) می‌باشد و ساختمان فاقد یک شبکه اتصال زمین عمومی باشد (بند ۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۹، فصل ۱۴، دیده شود)، سیستم اتصال زمین حفاظت در برابر آذرخش باید از سیستمهای اتصال زمین تأسیسات برقی فشار ضعیف یا فشار متوسط ساختمان کاملاً جدا باشد. در این‌گونه موارد چنانچه امکان انتقال ولتاژ فشار قوی (به‌ویژه ناشی از آذرخش) به‌تجهیزات فشار ضعیف وجود داشته باشد فاصله الکترودها از یکدیگر، در نزدیکترین فاصله نباید از ۲۰ متر کمتر باشد و در مورد الکترودهای قائم این فاصله نباید از ۲۰ متر یا دو برابر عمق الکترودها ـ هر کدام که بیشتر باشد ـ نزدیکتر باشد.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۵ هادیهای اتصال بین الکترودها و یا شبکه اصلی سیستم اتصال زمین باید در صورت امکان از تسمه مسی حلقه‌ای با ابعاد لازم باشد ولی در صورت عدم امکان تهیه آن استفاده از سیم مسی لخت نیز بلامانع است.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۶ در صورتی که سیم اتصال زمین (هادی حفاظتی) با سیمهای فاز و نول کلاً در یک لوله کشیده شود مانند سیمکشی سیستم روشنایی و یا پریزهای برق یک فاز و نول یا سه‌فاز و نول و مانند آن، سطح مقطع سیم اتصال زمین باید مساوی با سطح مقطع سیمهای فاز و نول باشد.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۷ در صورتی که سیم اتصال زمین با سیمهای فاز و نول کلاً در یک پوشش قرار گرفته باشد مانند کابلهای

1– System grounding 2– Equipment grounding

معمولی و یا سیمهای چند رشته قابل انعطاف ارتباطی مانند سیم اطوی برقی، کتری برقی، سماور برقی، توستر برقی، یخچال، ماشین لباسشویی و مانند آن، سطح مقطع سیم اتصال زمین باید مساوی با سطح مقطع سیمهای فاز و نول باشد.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۸ درکابلهایی که سطح مقطع سیم نول نصف سطح مقطع هر سیم فاز می‌باشد، سطح مقطع سیم اتصال زمین و سیم نول باید یکسان باشد.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۹ درصورتی‌که برای اتصال زمین وسایل و ماشین‌آلات برقی و همچنین تابلوهای فرعی و اصلی و غیره از سیم یا شینه جداگانه‌ای استفاده شود، سطح مقطع آن باید با سطح مقطع نول کابل اصلی دستگاههای مربوط یکسان باشد، مشروط بر این‌که سطح مقطع سیم نول از ۱۶ میلیمتر مربع کمتر نباشد.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۱۰ برای کابلهایی با سیم نول به‌مقطع کمتر از ۱۶ میلیمتر مربع باید سطح مقطع سیم اتصال زمین ۱۶ میلیمترمربع منظور شود.

۱۵ ـ ۱ـ۲ـ۱۱ سیستم اتصال زمین شامل چاه اتصال زمین با الکترودهای مختلف و جعبه اتصال آزمون، و سیم یا تسمه رابط بین شبکه اتصال زمین و چاه اتصال زمین می‌باشد.

۱۵ ـ ۲ استانداردها و مشخصات فنی سیستم اتصال زمین

۱۵ ـ ۲ـ۱ سیستم اتصال زمین شبکه‌های تأسیسات توزیع نیروی برق و خطوط مخابرات باید برابر مشخصات و ضوابط مندرج در نشریه «استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع»، که به‌وسیله وزارت نیرو ـ امور برق تهیه شده است، طراحی و اجرا شود.

۱۵ ـ ۲ـ۲ استاندارد ساخت و کاربرد انواع مختلف الکترودهای سیستم اتصال زمین باید براساس یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی همچون IEC 60364-5-54 ، BS 1013 ، NEC و VDE ، یا مشابه آن باشد.

۱۵ ـ ۲ـ۳ در طراحی و اجرای سیستم اتصال زمین تأسیسات برقی ساختمانها علاوه بر ضوابط تصریح شده در این فصل سایر مقررات مندرج در مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران نیز باید رعایت شود.

۱۵ ـ ۲ـ۴ مشخصات انواع الکترودهای اتصال زمین

۱۵ ـ ۲ـ۴ـ۱ الکترود اتصال زمین نوع میله مسی مغز فولادی، به‌قطرهای ۱۶ ، ۲۰ و ۲۵ میلیمتر و به‌طول ۱/۲۰ متر، قابل کوبیدن مستقیم در زمین به‌کمک کلاهک مخصوص و قابل امتداد به‌وسیله سرهم کردن دو، سه و چهار میله با استفاده از بوشن مخصوص. شکل ۱۵ ـ ۱ چند نوع الکترود اتصال زمین همراه با بستهای مربوط، و شکل ۱۵ ـ ۲ جزییات نصب الکترود میله مسی مغز فولادی را نشان می‌دهد.

۱۵ ـ ۲ـ۴ـ۲ الکترود اتصال زمین نوع لوله‌ای با لوله فولادی گالوانیزه یا سیاه، با قطر داخلی حدود ده سانتیمتر و به‌طولهای ۲ ، ۳ ، ۴ و یا ۶ متر مجهز به‌محل اتصال تسمه یا سیم مسی ساخته شده به‌شکل (U) از تسمه فولادی ۵×۴۰ میلیمتر، جوش داده شده در بالای الکترود روی بدنه لوله، با پیش‌بینی سوراخ لازم برای نصب تسمه و یا کابلشو یا پیچ و مهره حداقل شماره ۱۲. جزییات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود لوله‌ای در شکل ۱۵ ـ ۳ نشان داده شده است.

۱۵ ـ ۲ـ۴ـ۳ الکترود اتصال زمین نوع صفحه مسی تخت از ورق مسی با ابعاد ۳×۷۰۰×۷۰۰ میلیمتر و یا مشبک با ابعاد ۷۰۰×۷۰۰ میلیمتر ساخته شده از تسمه مسی ۳×۲۵ میلیمتر (شکلهای ۱۵ ـ ۱ و ۱۵ ـ ۴).

۱۵ ـ ۲ـ۴ـ۴ الکترود اتصال زمین نوع لوله‌ای پرسی با لوله مخصوص پرس‌شده[1] به‌قطر ۳۸ میلیمتر و به‌طول ۲/۵متر به‌انضمام لوله امتداد و کلیه اتصالات مربوط (شکل ۱۵ ـ ۵).

۱۵ ـ ۲ـ۴ـ۵ الکترود اتصال زمین نوع لوله‌ای با قطرهای ۳ و ۴ و یا ۵ سانتیمتر و به‌طول تقریبی ۱/۵ متر، قابل کوبیدن مستقیم در زمین به‌کمک کلاهک مخصوص و قابل امتداد به‌وسیله لوله‌های مخصوص امتداد با ابعاد فوق به‌انضمام کلیه اتصالات و ملحقات مربوط. شکل ۱۵ ـ ۶ این نوع الکترود اتصال زمین را نشان می‌دهد.

۱۵ ـ ۲ـ۴ـ۶ میلگردهای فولادی بتن مسلح در پی‌ها و شالوده‌هایی که نسبت به‌زمین عایقبندی نشده و حداقل عمق آن از سطح زمین یک متر باشد، ممکن است به‌عنوان الکترود زمین مورد استفاده قرار گیرد. در این‌گونه موارد سازه‌های فولادی سوار بر این نوع پی‌ها باید از طریق اتصال بولتهای نگهدارسازه یا با استفاده از کابل به‌میلگردهای بتن همبندی شود. استفاده از سازه‌های فولادی ساختمانها به‌عنوان هادی اتصال زمین باید برنامه‌ریزی شده بوده و اتصالات مربوط با هم‌آهنگی و نظارت مجریان تأسیسات برقی پروژه صورت گیرد.

۱۵ ـ ۲ـ۵ مشخصات جعبه اتصال آزمون

جعبه اتصال آزمون متشکل از جعبه فلزی با درب به‌ابعاد ۱۶۰×۱۰۰×۷۰ میلیمتر به‌انضمام صفحه فیبری با دو عدد پیچ و مهره خروسکی مسی یا برنجی و تیغه اتصال مسی خواهد بود. شکل ۱۵ ـ ۷ جزییات یک جعبه اتصال آزمون را نشان می‌دهد.

۱۵ ـ ۲ـ۶ مشخصات هادیهای سیستم اتصال زمین

۱۵ ـ ۲ـ۶ـ۱ کلیهٔ هادیهای مورد مصرف در سیستم اتصال زمین و همچنین تمامی اتصالات و ملحقات مربوط به‌آن، باید از آلیاژ مسی، ویژه کاربرد در تأسیسات برق ساخته شده باشد.

۱۵ ـ ۲ـ۶ـ۲ هادیهای خطوط و شبکه اصلی سیستم اتصال زمین و همچنین خطوط انشعابات اصلی ممکن است از نوع تسمه مسی حلقه‌ای و یا سیم مسی لخت باشد.

۱۵ ـ ۲ـ۶ـ۳ هادیهای انشعابی فرعی از خطوط اصلی، که برای اتصال به‌دستگاهها به‌کار می‌رود، باید از نوع سیم مسی لخت باشد.

۱۵ ـ ۲ـ۶ـ۴ در مواردی که در سیستم اتصال زمین از سیم مسی لخت به‌طور جداگانه استفاده شده و با سایر هادیهای الکتریکی در یک پوشش یا حفاظ قرار نمی‌گیرد، به‌منظور ازدیاد مقاومت مکانیکی، حداقل سطح مقطع آن باید ۱۶ میلیمتر مربع باشد.

۱۵ ـ ۲ـ۶ـ۵ استفاده از سیم مسی روپوش‌دار به‌عنوان هادی اتصال زمین و عبور آن از لوله فلزی به‌صورت منفرد (در صورتی که با هادیهای فاز و نول در یک پوشش یا در یک حفاظ قرار نگرفته باشد) مجاز نمی‌باشد.

۱۵ ـ ۲ـ۶ـ۶ حداکثر مقاومت مجاز اتصال زمین سیستمهای مختلف باید به‌شرح زیر باشد:

1– GI pipe

الف ـ سیستم حفاظت در برابر آذرخش: پنج اهم

ب ـ نقطه نول مولد برق، ترانسفورماتور قدرت و سیم نول شبکه فشار ضعیف: در سیستم TN کل مقاومت الکتریکی مجاز نسبت به‌جرم کلی زمین نباید از دو (۲) اهم متجاوز باشد، که ممکن است علاوه بر اتصال زمین پست یا نیروگاه، با احداث اتصال زمینهای مکرر در طول خطوط توزیع یا تقسیم یک سیستم، و وصل هادی نول خطوط یادشده به‌زمین، تأمین شود. در مواردی که امکان اتصال زمینهای مکرر وجود ندارد مانند ساختمانهای بلند باید از روش همبندی اضافی برای هم‌ولتاژ کردن کلیهٔ بدنه‌های هادی، قسمتهای هادی بیگانه و هادیهای حفاظتی تجهیزاتی که به‌طور همزمان در دسترس قرار می‌گیرد، استفاده شود. در مناطق خشک، صخره‌ای و سنگلاخی که مقاومت اتصال اتفاقی بین یک هادی فاز و جرم کلی زمین (یا هادیهای بیگانه که به‌هادی خنثی یا حفاظتی متصل نمی‌باشد) از ۷ اهم بیشتر است، حداکثر کل مقاومت مجاز نسبت به‌جرم کلی زمین در آن منطقه از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$R_B \leq R_E \frac{۵۰}{U_o - ۵۰}$$

R_B = مقاومت کل مجاز جدید (به‌جای دو اهم) برحسب اهم

R_E = مقاومت اتفاقی اتصال فاز به‌زمین (مقدار تجربی آماری)، برحسب اهم

U_0 = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثای سیستم (۲۲۰ ولت در موارد عادی)، برحسب ولت

۵۰ = ولتاژ مجاز تماس، برحسب ولت

پ ـ بدنه تابلوها و وسایل و ابزار برقی فشار ضعیف:

I– در صورتی‌که نول شبکه و بدنه هر کدام از وسایل و دستگاههای برقی به‌طور مستقل و جداگانه زمین شده باشد مقاومت مجاز اتصال زمین (R_S) باید از $\frac{۶۵}{I_A}$ کوچکتر یا مساوی باشد:

$$R_s(\Omega) \leq \frac{۶۵(V)}{I_A(A)}$$

به‌طوری که I_A جریان عملکرد دستگاه حفاظت اضافه جریان برای تأسیسات زمین شده می‌باشد.

II– در صورتی‌که نول شبکه و سیم هادی بدنه هر کدام از وسایل و دستگاهها از طریق شبکه (LOOP) اتصال زمین به‌یکدیگر مرتبط باشد مقاومت مجاز اتصال زمین (R_L) باید از $\frac{U_E}{I_A}$ کوچکتر یا مساوی باشد.

$$R_L(\Omega) \leq \frac{U_E(V)}{I_A(A)}$$

به‌طوری‌که U_E ولتاژ بین فاز و نول و جریان I_A همان جریان تعریف‌شده در بند قبلی می‌باشد.

ت ـ بدنه وسایل و دستگاههای فشار متوسط

روشهای اتصال زمین وسایل و دستگاههای فشار متوسط در شکل ۱۵ ـ ۸ ارائه شده است.

روش I- مقاومت اتصال زمین در این حالت باید از رابطهٔ زیر تعیین شود.

$$R_S(\Omega) \leq \frac{۱۲۵(V)}{(A)\text{ (جریان باقیمانده نشت زمین + جریان سیم‌پیچ)}}$$

روش II- مقاومت اتصال زمین در این حالت باید از رابطهٔ زیر تعیین شود.

$$R_S(\Omega) \leq \frac{۱۲۵(V)}{(A)\text{ جریان باقیمانده نشت زمین}}$$

روش III- مقاومت اتصال زمین در این حالت باید از رابطهٔ زیر تعیین شود.

$$R_S(\Omega) \leq \frac{۱۲۵(V)}{(A)\text{ جریان نشت زمین}}$$

۱۵-۳ محاسبهٔ تعداد چاه اتصال زمین لازم

۱۵-۳-۱ برای محاسبهٔ تعداد چاههای اتصال زمین لازم به‌منظور به‌دست آوردن مقاومت حداکثر مجاز سیستم اتصال زمین با الکترود مشخص ممکن است از رابطهٔ زیر استفاده شود.

$$R = \frac{۰/۳۶۷\rho}{L} \times \log_{۱۰} \frac{۴L}{D}$$

R= مقاومت هر چاه اتصال زمین بر حسب اهم

ρ= مقاومت مخصوص الکتریکی زمین برحسب اهم سانتیمتر

D= قطر الکترود موردنظر برحسب سانتیمتر

L= طول الکترود موردنظر برحسب سانتیمتر

مثال:

در صورتی که: اهم ـ سانتیمتر ρ=۲۵۰

سانتیمتر D=۱/۶

و سانتیمتر L=۲۴۴ باشد

$$R = \frac{۰/۳۶۷\times۲۵۰}{۲۴۴} \times \text{Log}_{۱۰} \frac{۴\times۲۴۴}{۱/۶}$$

$$= \frac{۹۱/۷۵}{۲۴۴} \times \text{Log}_{۱۰} \frac{۹۷۶}{۱/۶}$$

$$= ۰/۳۷۶ \times \text{Log}_{۱۰} ۶۱۰$$

$$= ۰/۳۷۶\times۲/۷۸۵۳ = ۱/۰۴۷ \quad \text{اهم}$$

در صورتی‌که مقاومت مجاز سیستم اتصال زمین موردنظر ۰/۱ اهم باشد با نصب تعداد ۱۰ عدد الکترود به‌فواصل ۲/۵ متر از یکدیگر و اتصال الکترودها به‌هم مقاومت موردنظر به‌دست خواهد آمد:

$$\frac{۱}{R} = \frac{۱}{۱/۰۴۷} \times ۱۰ = \frac{۱۰}{۱/۰۴۷}$$

$$\frac{R}{۱} = \frac{۱/۰۴۷}{۱۰} = ۰/۱۰۴۷ \qquad \text{اهم}$$

۱۵ ـ ۳ ـ ۲ برای محاسبهٔ ابعاد و تعداد الکترودهای اتصال زمین مختلف به‌جدول ۱۵ ـ ۳ مراجعه شود.

۱۵ ـ ۳ ـ ۳ برای محاسبهٔ تعداد چاههای اتصال زمین لازم به‌منظور به‌دست آوردن مقاومت حداکثر مجاز سیستم اتصال زمین با الکترود مشخص ممکن است علاوه بر استفاده از روش مندرج در بند ۱۵ ـ ۳ـ۱ ، از منحنیهای ترسیم شده در شکلهای ۱۵ ـ ۹ ، ۱۵ ـ ۱۰ و ۱۵ ـ ۱۱ نیز استفاده شود.

۱۵ ـ ۴ اصول و روشهای نصب سیستم اتصال زمین

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ نصب الکترودهای اتصال زمین

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱ الکترودهای اتصال زمین باید در زمین بکر کوبیده یا دفن شود و عمق آن به‌قدری باشد که خشک‌شدن یا یخ‌زدگی در فصلهای مختلف سال اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان مقاومت آن نداشته باشد.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۲ حداقل عمق کوبیدن یا دفن الکترود اتصال زمین نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

ـ الکترودهایی که به‌صورت عمودی دفن یا کوبیده می‌شود: ۲ متر

ـ الکترودهای تسمه‌ای یا هادی مسی که به‌صورت افقی نصب می‌شود: ۰/۸ متر

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۳ الکترودهای نوع میله مسی مغز فولادی و یا لوله‌ای قابل کوبیدن، به‌طوری که در شکل ۱۵ ـ ۲ جزییات آن نشان داده شده است، باید به‌کمک کلاهک مخصوص مستقیماً در زمین کوبیده شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۴ در صورت نیاز به‌ازدیاد طول الکترود باید پس از کوبیدن طول کامل میله یا لوله اولیه، که دارای نوک فولادی تیز است، در زمین، یک سر میله یا لوله دوم به‌وسیله بوشن مخصوص به‌انتهای میله یا لوله اول متصل و سپس با کمک کلاهک مخصوص کوبیدن، که به‌سر دیگر میله یا لوله دوم وصل می‌شود، بقیه طول الکترود نیز در زمین کوبیده شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۵ برای نصب الکترودهای نوع لوله‌ای ساده، لوله‌ای پرسی، و یا صفحه مسی تخت و مشبک باید، چاهی با عمق لازم تا رسیدن به‌رطوبت طبیعی زمین حفر و سپس تـه آن تـا ارتـفاع ۱۵ الی ۲۰ سـانتیمتر بـا مخلوطی از نمک سنگ خرد و سرند شده و خاکه زغال انباشته و تسطیح شود، آنگاه الکترود در داخل چاه قرار داده شده و در اطراف و روی آن تا ارتفاع حدود دو متر بالایه‌هایی از نمک مزبور و خاکه زغال هر یک به‌ضخامت ۱۵ سانتیمتر انباشته و فشرده گردد و سپس ارتـفاع بـاقیمانده چـاه نـیز بـا خـاک سرندشده لایه به‌لایه خاکریزی، فشرده و پر شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ٦ چاه حفرشده برای سیستم اتصال زمین باید ویژه نصب الکترود اتصال زمین بوده و برای هیچ منظور دیگری مورد استفاده قرار نگیرد و به‌همین ترتیب نیز استفاده از دیگر چاهها (مانند آب، فاضلاب و غیره) برای نصب الکترود اتصال زمین مجاز نخواهد بود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۷ جزییات نصب الکترودهای لوله‌ای ساده، لوله‌ای پرسی، و صفحه‌ای در شکلهای ۱۵ ـ ۳ و ۱۵ ـ ۴ و ۱۵ ـ ۵ نشان داده شده است.

در مواردی که برای اتصال هادی زمین به‌صفحه مسی از کابلشو مسی پرسی (بـا پـرس هـیدرولیک)

استفاده می‌شود، کابلشو باید به‌وسیله دو عدد پیچ مسی همراه بامهره‌های اصلی و قفل‌کننده به‌صفحه مسی محکم شود و در صورتی‌که اتصالات به‌وسیله جوش اکسیژن (لحیم سخت) صورت می‌گیرد باید دقت لازم مبذول گردد تا هادی به‌کابلشو و نیز کابلشو به‌صفحهٔ مسی در تمامی سطح تماس به‌یکدیگر جوشکاری شود و صرفاً به‌جوشکاری پیرامون کابلشو اکتفا نشود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۸ در مواردی که با نصب یک الکترود مقاومت موردنظر حاصل نشده و احتیاج به‌نصب چندین الکترود باشد اولاً فاصله نصب بین هر دو الکترود نباید کمتر از دو برابر طول الکترود (میله‌ای یا لوله‌ای) ، یا عمق چاه باشد و ثانیاً کلیه الکترودها باید با تسمه مسی ۳×۲۵ میلیمتر به‌یکدیگر متصل شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۹ برای سهولت در امر نگهداری و بازرسی سیستم اتصال زمین بعد از نصب و جلوگیری از پوشیده و مفقود شدن محل نصب الکترود، باید در بالای هر الکترود حوضچه‌ای با درپوش مناسب مطابق شکلهای ۱۵ ـ ۲ ، ۱۵ ـ ۳ ، ۱۵ ـ ۴ و ۱۵ ـ ۵ ساخته و نصب شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۲ نصب جعبه اتصال آزمون

۱۵ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۱ برای تسهیل در امر آزمون اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی هر الکترود اتصال زمین به‌طور جداگانه، باید یک جعبه اتصال آزمون برای هر الکترود اتصال زمین پیش‌بینی و نصب شود تا پس از نصب سیستم یا در زمان بهره‌برداری میزان مقاومت آن نسبت به‌جرم کلی زمین اندازه‌گیری و کنترل شود. (شکلهای ۱۵ ـ ۲ ، ۱۵ ـ ۳ ، ۱۵ ـ ۴ ، ۱۵ ـ ۵ و ۱۵ ـ ۷)

۱۵ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۲ جعبه اتصال آزمون باید در روی سطح نزدیکترین دیوار به‌الکترود مربوط و در ارتفاع حداقل ۱/۵ متر از کف تمام شده زمین نصب و عبارت «هادی برقگیر» همراه با نشانه ⏚ به‌صورت دایمی بر روی آن حک شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۳ گرفتن هرگونه انشعاب از هادیهای اتصالی بین الکترود و جعبه اتصال آزمون به‌هیچ وجه جایز نبوده و کلیهٔ انشعابات و تشکیل حلقه شبکه سیستم اتصال زمین[1] و مانند آن باید پس از جعبه اتصال آزمون انجام شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۳ نصب هادیهای اتصال زمین

۱۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۱ برای اتصال تسمه مسی و یا سیم مسی لخت به‌الکترود اتصال زمین باید از بستها و کابلشوهای متناسب با نوع الکترود مطابق شکل ۱۵ ـ ۱ استفاده شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۲ هادیهای شبکه سیستم اتصال زمین اعم از تسمه مسی یا سیم مسی لخت باید حتی‌المقدور به‌صورت روکار و قابل رویت و دسترسی نصب شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۳ برای نصب هادیهای شبکه سیستم اتصال زمین به‌دیوار، سقف و کف ساختمان و یا در کانال، باید از بستهای مخصوص از جنس مس یا برنج، که در شکل ۱۴ ـ ۱۲ نشان داده شده است، استفاده شود.

۱۵ ـ ۴ ـ ۳ ـ ۴ در مواردی که به‌علت سنگلاخی بودن زمین کوبیدن الکترود یا حفر چاه امکانپذیر نمی‌باشد، ممکن است با نصب تسمه مسی ۳×۲۵ میلیمتر در عمق ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتری زمین به‌صورت حلقه یا شبکه و به‌طول لازم تا حد حصول به‌حداکثر مقاومت مجاز موردنظر، سیستم اتصال زمین لازم ایجاد شود.

1- Grounding loop

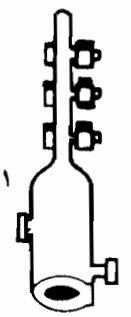
۱۵ ـ ۴ـ۴ آزمون سیستم اتصال زمین

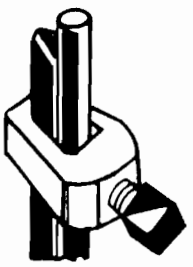
۱۵ ـ ۴ـ۴ـ۱ برای حصول اطمینان از عدم تجاوز میزان مقاومت الکترودها نسبت به‌جرم کلی زمین از حداکثر مجاز، مقاومت الکتریکی تمامی الکترودها باید پس از نصب با دستگاههای اندازه‌گیری مخصوص و به‌وسیلهٔ افراد کارآزموده دقیقاً اندازه‌گیری شود.

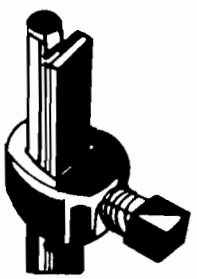
۱۵ ـ ۴ـ۴ـ۲ به‌منظور حصول اطمینان از ممتد و متصل بودن کابلهای شبکهٔ سیستم اتصال زمین و نیز کنترل میزان مقاومت مجاز کل آن، تمامی شبکه سیستم مزبور باید پس از اتمام عملیات نصب به‌وسیله دستگاههای ویژه به‌دقت مورد آزمون و اندازه‌گیری مقاومت قرار گیرد.

۱۵ ـ ۴ـ۴ـ۳ هر الکترود یا سیستم اتصال زمین باید دارای شناسنامه‌ای حاوی مشخصات کامل آن شامل نوع و جنس الکترود یا الکترودها و ابعاد لازم، تاریخ احداث، محل استقرار، جنس خاک، مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده اولیه و دوره‌های متعاقب، و دیگر اطلاعات ضروری باشد. در اندازه‌گیریهای دوره‌ای علاوه بر میزان مقاومت و تاریخ باید ساعت اندازه‌گیری، دمای هوا (درجه سلسیوس)، رطوبت نسبی، مقدار بارندگی ۴۸ ساعت گذشته به‌میلیمتر نیز ثبت شود. این شناسنامه باید در اختیار فرد یا افراد و یا تشکیلات بهره‌بردار از سیستم بوده و برای بازرسی در دسترس باشد.

۱۵ ـ ۵ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیستمهای برقگیر و اتصال زمین در جدول ۱۵ ـ ۲ ارائه شده است.

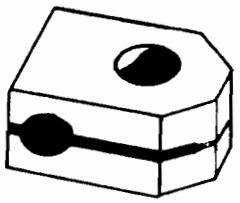




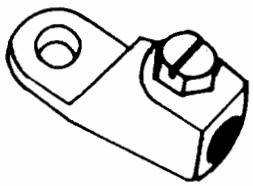


۱ و ۲ و ۳ ـ بست‌های مختلف تسمه به‌الکترود

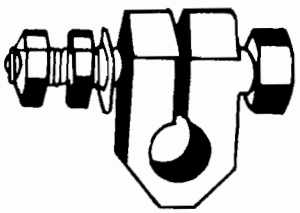
۸ ـ الکترود اتصال زمین
میلهٔ مسی مغز فولادی



۴ ـ بست فشاری

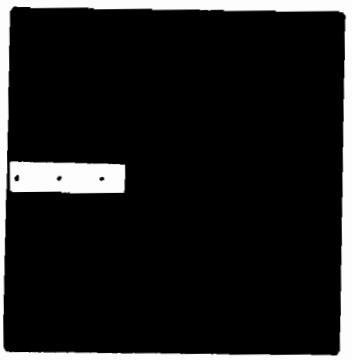


۵ ـ کابلشو پیچی



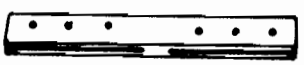
۶ ـ بست تسمه به‌الکترود

۷ ـ کابلشو فشاری

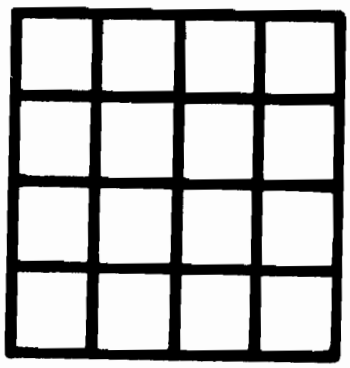


۹ ـ الکترود اتصال زمین از ورق مس
۳×۷۰۰×۷۰۰ میلیمتر

۱۱ ـ اتصال صفحهٔ الکترود
به‌سیم لخت مسی

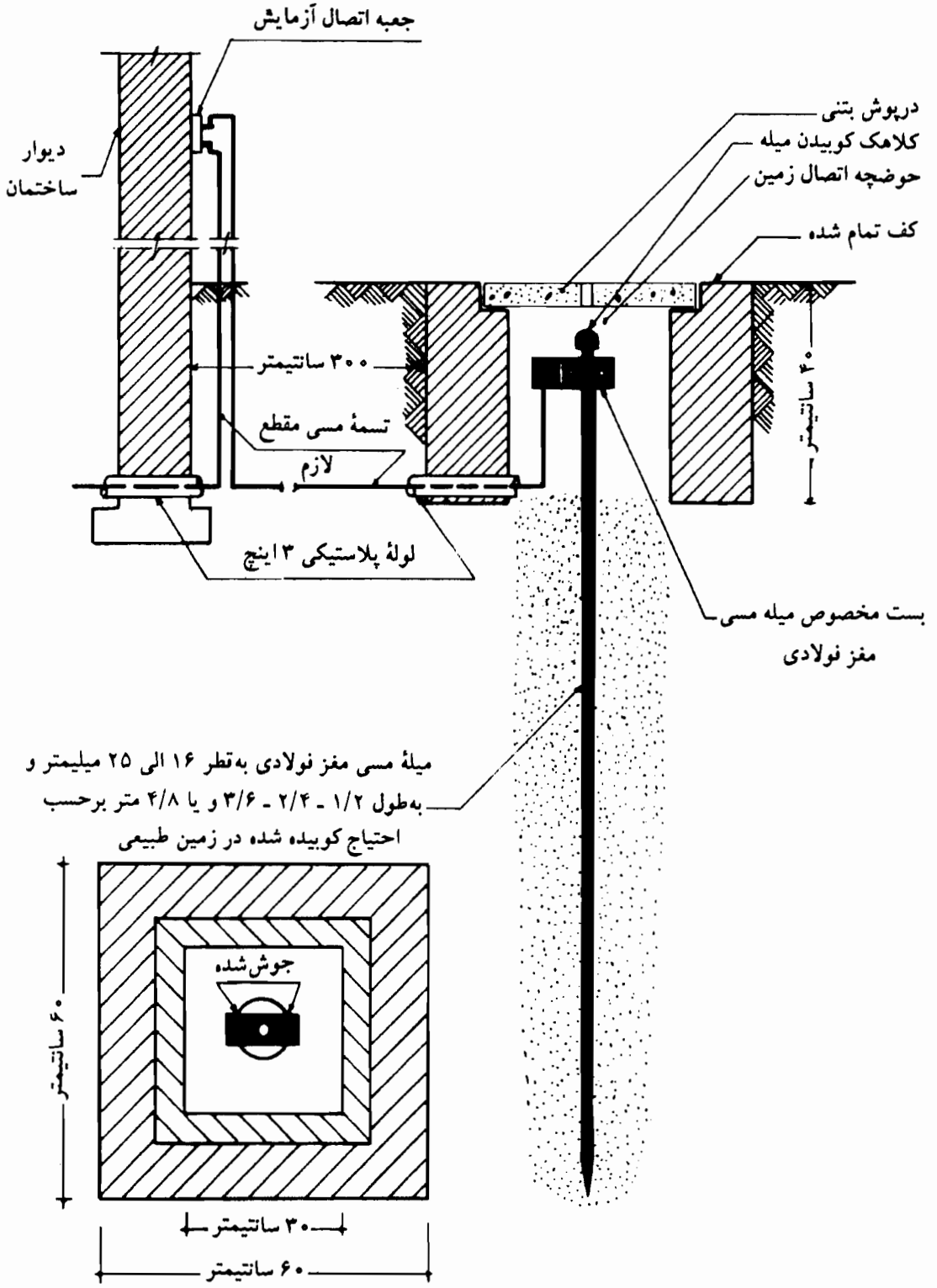


۱۲ ـ اتصال صفحهٔ الکترود
به‌تسمهٔ مسی

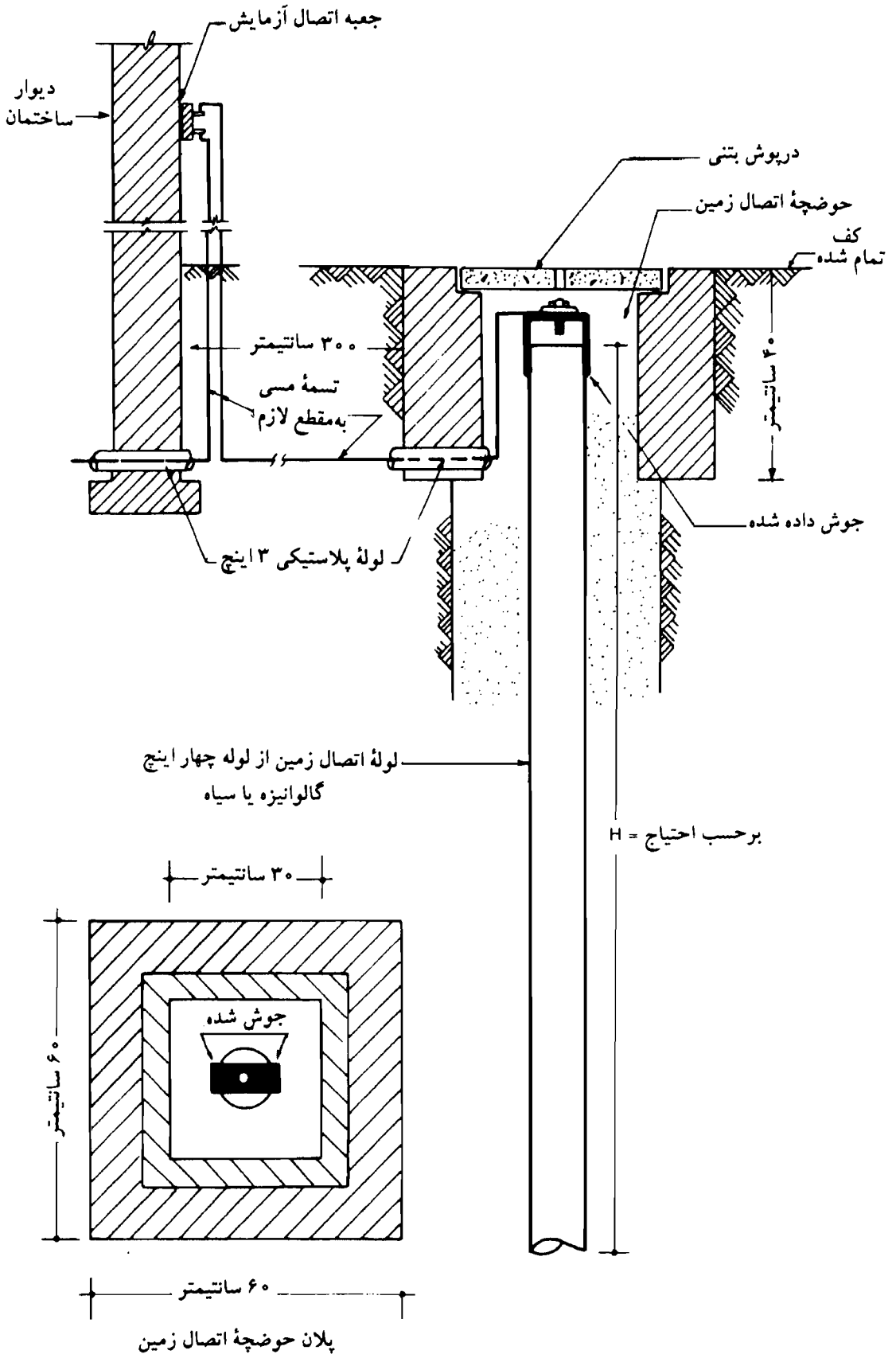


۱۰ ـ الکترود اتصال زمین مشبک
۷۰۰×۷۰۰ میلیمتر از تسمهٔ مسی
۳×۲۵ میلیمتر

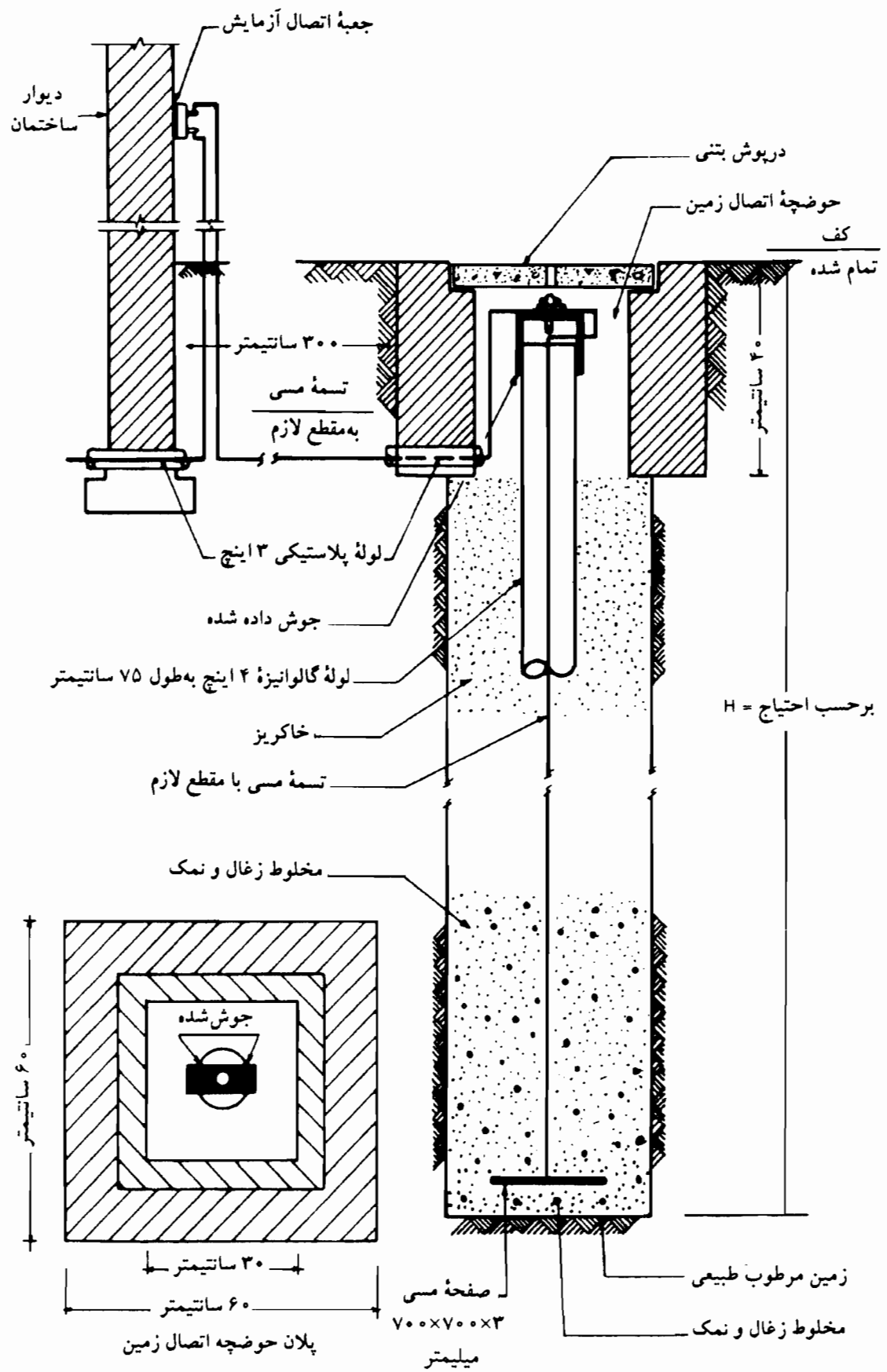
شکل ۱۵ ـ ۱ انواع الکترودهای اتصال زمین و بستهای مربوطه.



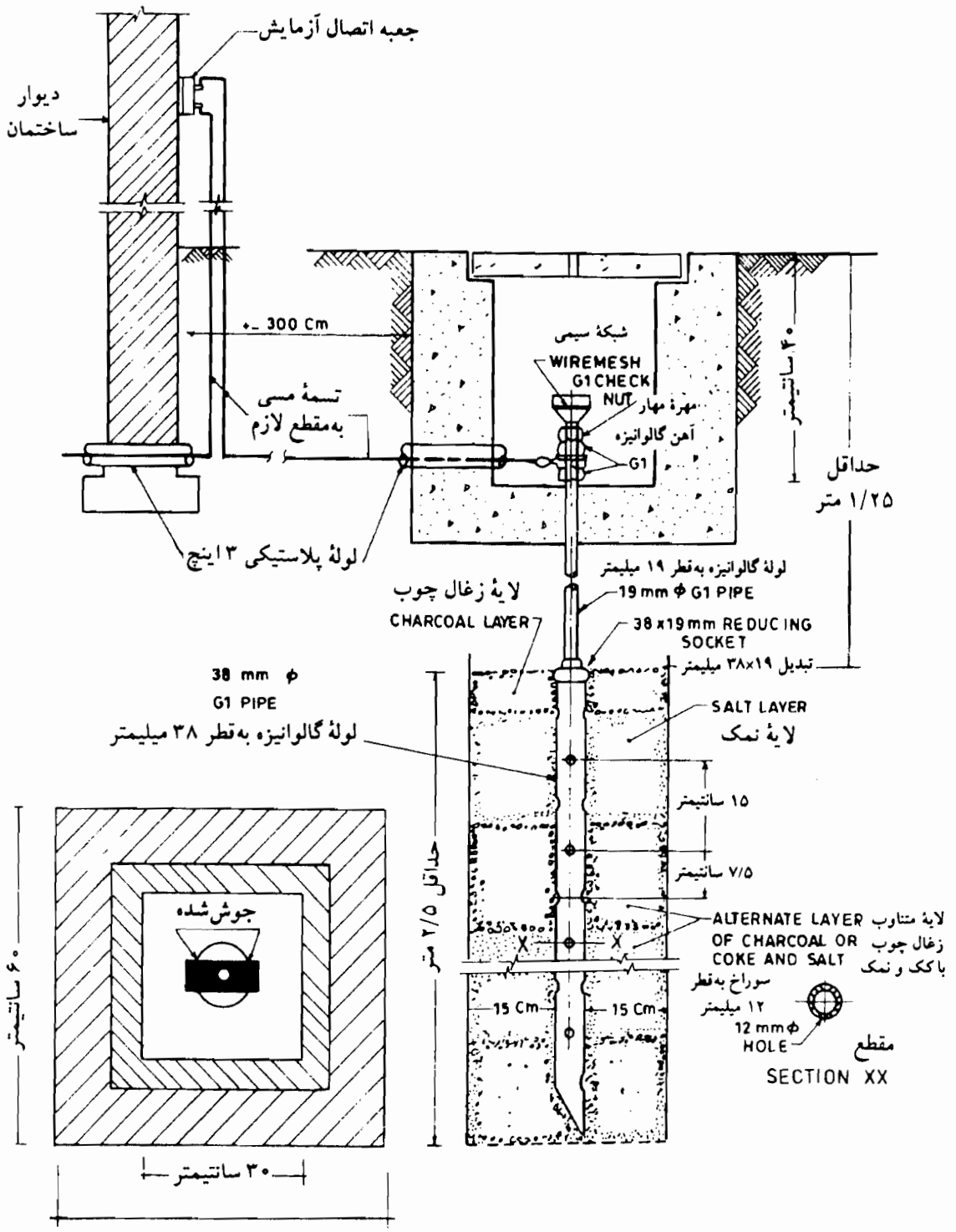
شکل ۱۵ ـ ۲ جزییات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود میله مسی مغز فولادی.



شکل ۱۵ ـ ۳ جزییات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود لوله‌ای.

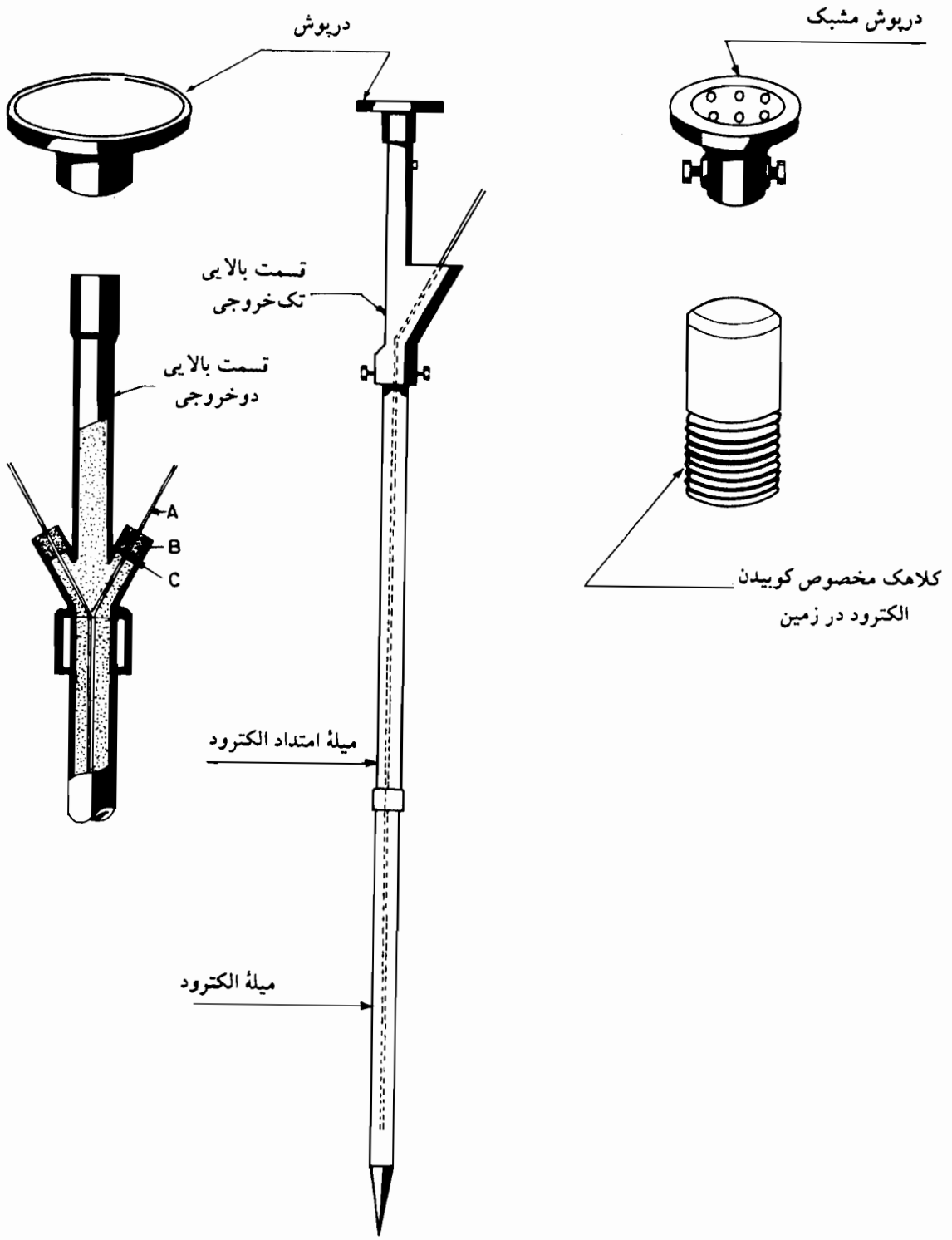


شکل ۱۵ ـ ۴ جزییات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود صفحه مسی تخت یا مشبک.

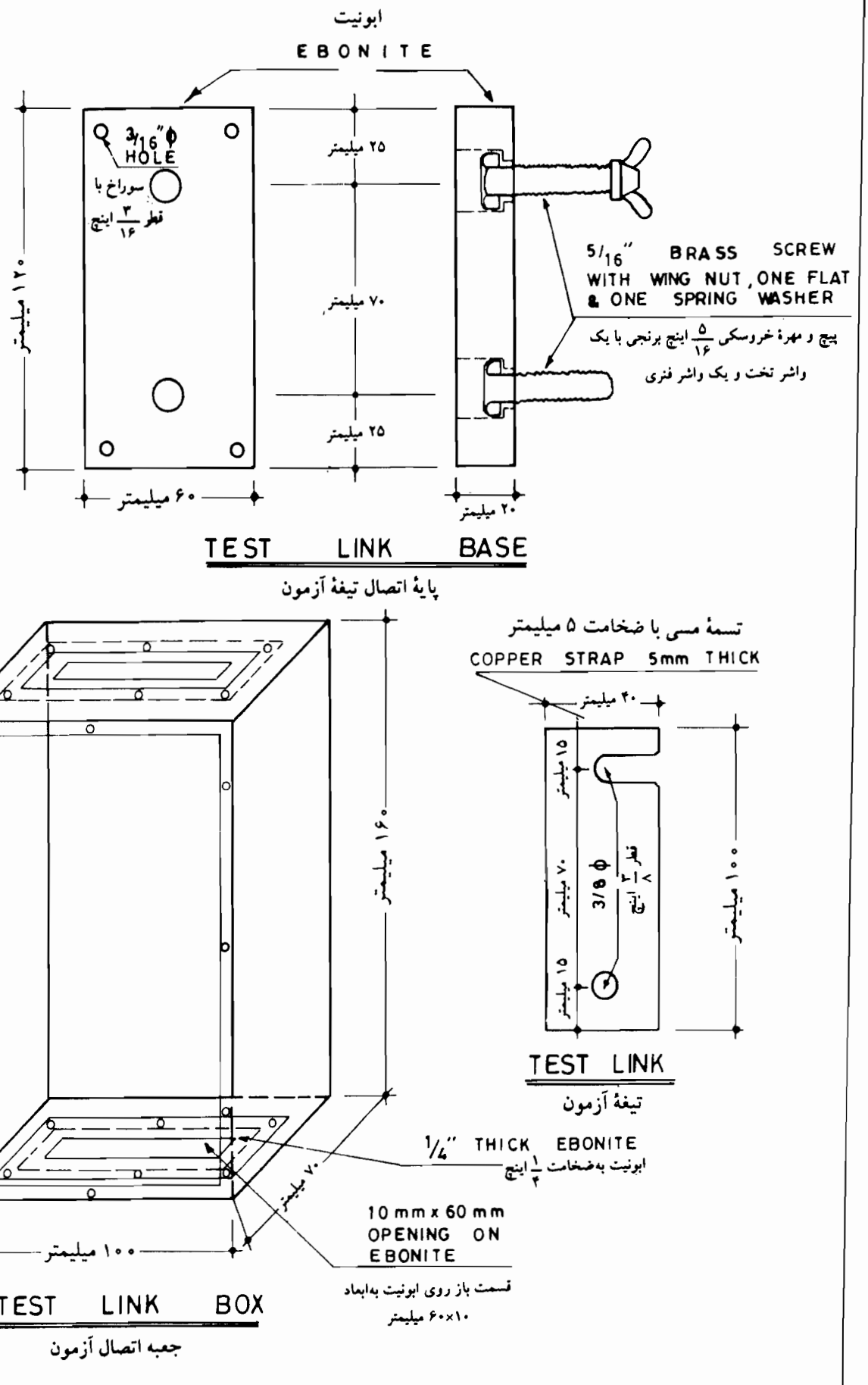


پلان حوضچهٔ اتصال زمین

شکل ۱۵ ـ ۵ جزییات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود نوع لوله‌ای پرسی.

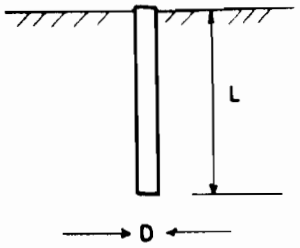
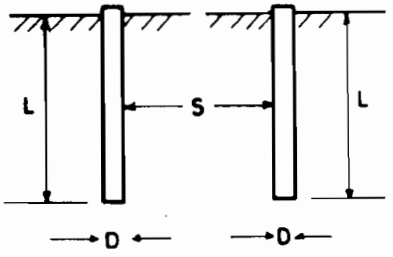
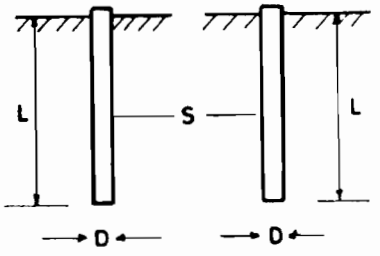
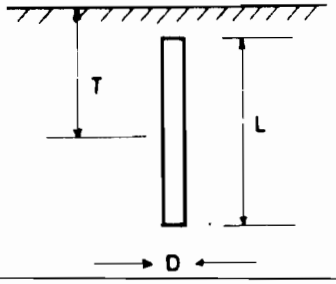
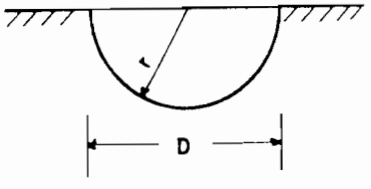
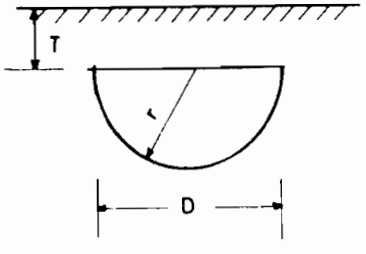


شکل ۱۵ ـ ٦ الکترود اتصال زمین ـ نوع لوله‌ای قابل کوبیدن در زمین.

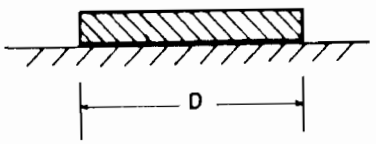
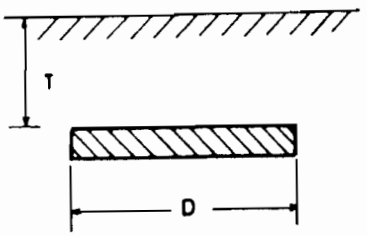
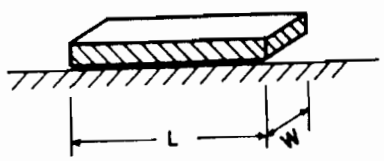
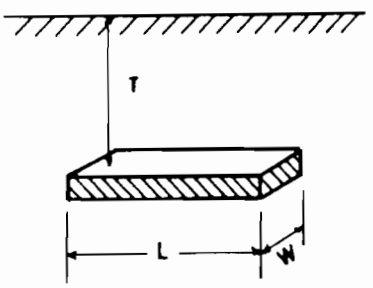
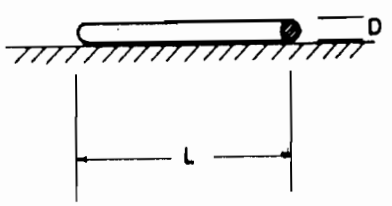
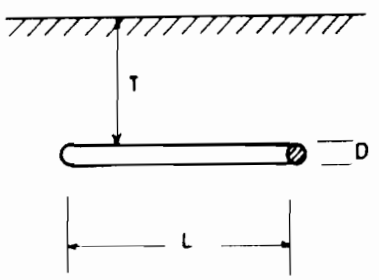


شکل ۱۵ ـ ۷ جزییات جعبه آزمون سیستم اتصال زمین.

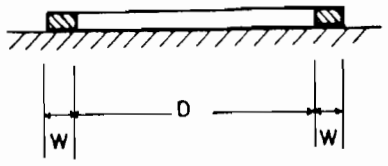
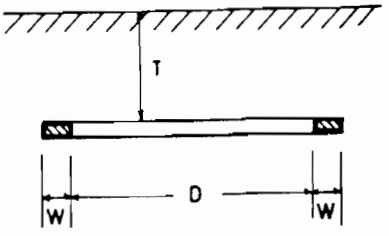
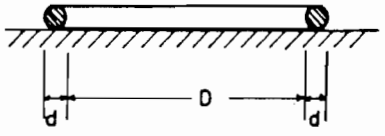
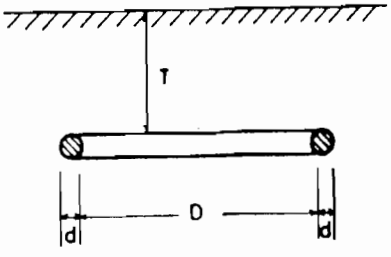
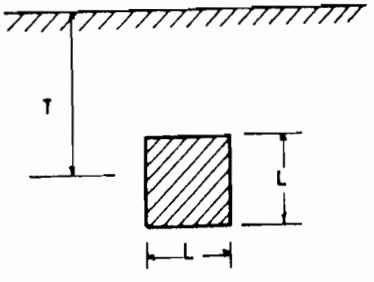
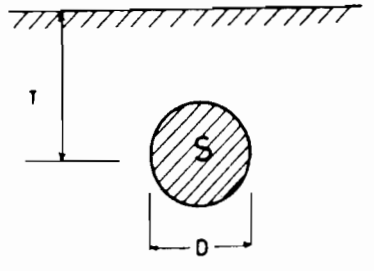
جدول ۱۵ ـ ۱ ـ الف فرمول محاسبهٔ مقاومت الکترودهای مختلف زمینی

الکترود تک‌میله‌ای یا تک‌لوله‌ای که انتهای آن در سطح زمین قرار گرفته باشد $R=\frac{\rho}{2\pi L}\ln\frac{4L}{D}\qquad L>>\frac{D}{2}$	
الکترود دومیله‌ای یا دو لوله‌ای که انتهای آن در سطح زمین قرار گرفته و فاصلهٔ بین آن دو بیشتر از طول الکترود باشد $S>L$ $R=\frac{\rho}{4\pi L}\left[\ln\left(\frac{8L}{D}\right)-1\right]+\frac{\rho}{4\pi S}\left(1-\frac{L^2}{3S^2}+\frac{2L^4}{5S^4}+\ldots\right)$	
الکترود دومیله‌ای یا دو لوله‌ای که انتهای آن در سطح زمین قرار گرفته و فاصلهٔ بین آن دو بیشتر از طول الکترود باشد $S<L$ $R=\frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{8L}{D}+\ln\frac{4L}{S}-2+\frac{S}{2L}-\frac{S^2}{16L^2}+\frac{S^4}{512L^4}+\ldots\right)$	
الکترود تک‌میله‌ای یا یک لوله‌ای که انتهای آن از سطح زمین پایین‌تر قرار گرفته باشد $L>>\frac{D}{2}\qquad T<<\frac{L}{4}$ $R=\frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{2L}{D}+\frac{1}{2}\ln\frac{4T+L}{4T-L}\right)$	
الکترود نیم‌کره، نصب شده همسطح با زمین $R=\frac{\rho}{\pi D}\qquad R=\frac{\rho}{2\pi r}$	
الکترود نیم‌کره، نصب شده پایین‌تر از سطح زمین $T>>r$ $R=\frac{\rho}{2\pi D}\left(1+\frac{D}{4T}\right)\qquad R=\frac{\rho}{4\pi r}\left(1+\frac{D}{4T}\right)$	

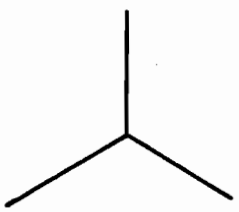
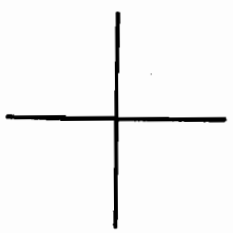
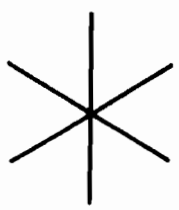
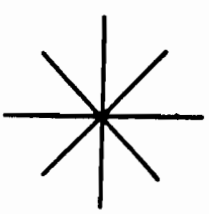
جدول ۱۵ ـ ۱ ـ ب فرمول محاسبهٔ مقاومت الکترودهای مختلف زمین

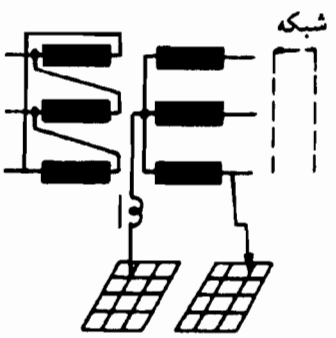
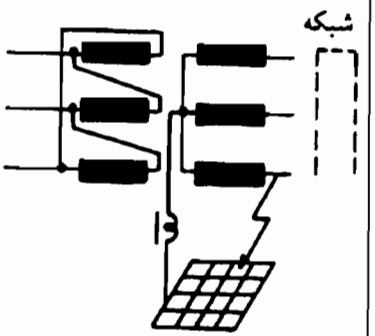
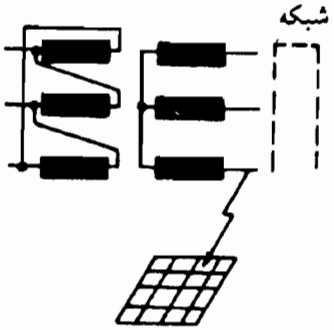
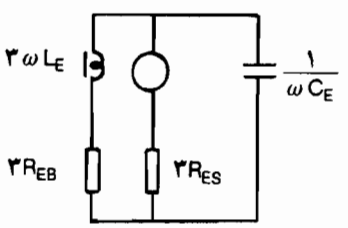
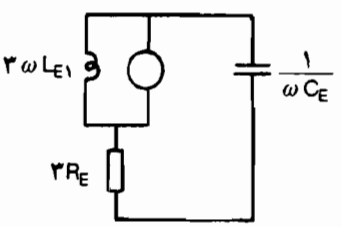
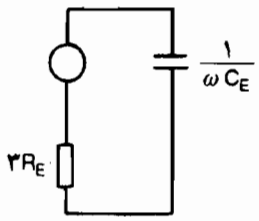
الکترود صفحه دایره‌ای نصب شده در سطح خاک $R=\frac{\rho}{۲D}$	
الکترود صفحه دایره‌ای، نصب شده در زیر خاک $T>>D/۲$ $R=\frac{\rho}{۴D}\left(۱+\frac{۲}{\pi}\arcsin\frac{D}{\sqrt{۱۶T^{۲}+D^{۲}}}\right)$	
الکترود تسمه‌ای، نصب شده در سطح خاک در خط مستقیم $L>>W$ $R=\frac{\rho}{\pi L}\left(\ln\frac{۴L}{W}\right)$	
الکترود تسمه‌ای، نصب شده در زیر خاک در خط مستقیم $L>>W$ $R=\frac{\rho}{۲\pi L}\left(\ln\frac{۲L^{۲}}{WT}\right)\qquad T>>\frac{L}{۴}$	
الکترود سیم مسی، نصب شده در سطح خاک در خط مستقیم $L>>D$ $R=\frac{\rho}{\pi L}\left(\ln\frac{۲L}{D}\right)$	
الکترود سیم مسی، نصب شده در زیر خاک در خط مستقیم $L>>D\qquad T<<\frac{L}{۴}$ $R=\frac{\rho}{۲\pi L}\left(\ln\frac{L^{۲}}{DT}\right)$	

جدول ۱۵ ـ ۱ ـ پ فرمول محاسبهٔ مقاومت الکترودهای مختلف زمین

الکترود تسمه‌ای به‌شکل حلقه، نصب شده در سطح خاک $D>>W$ $R=\frac{\rho}{\pi^{2}D}\left(\ln\frac{16D}{W}\right)$	
الکترود تسمه‌ای به‌شکل حلقه، نصب شده در زیر خاک $D>>W$ $T<<\frac{D}{2}$ $R=\frac{\rho}{2\pi^{2}D}\left(\ln\frac{8\pi D^{2}}{WT}\right)$	
الکترود سیم مسی به‌شکل حلقه، نصب شده در سطح خاک $D>>d$ $R=\frac{\rho}{\pi^{2}D}\left(\ln\frac{8D}{d}\right)$	
الکترود سیم مسی به‌شکل حلقه، نصب شده در زیر خاک $D>>d$ $T<<\frac{D}{2}$ $R=\frac{\rho}{2\pi^{2}D}\left(\ln\frac{4\pi D^{2}}{dT}\right)$	
الکترود صفحه مربعی، نصب شده به‌حالت عمودی در زیر خاک $T>\sqrt{L^{2}/\pi}$ $R=\frac{\rho}{4\sqrt{\pi L^{2}}}\left(\frac{\pi}{2}+\sin^{-1}\sqrt{\frac{L^{2}}{4T^{2}\pi+L^{2}}}\right)$	
الکترود صفحه دایره‌ای، نصب‌شده به‌حالت عمودی در زیر خاک $T>\sqrt{S/\pi}$ $S=\frac{D^{2}\pi}{4}$ $\frac{\rho}{4\sqrt{\pi S}}\left(\frac{\pi}{2}+\sin^{-1}\sqrt{\frac{S}{4T^{2}\pi+S}}\right)$	

جدول ۱۵ ـ ۱ ـ ت فرمول محاسبهٔ مقاومت الکترودهای مختلف زمین

الکترود میله‌ای، به‌شکل راست‌گوشه، به‌طول بازوی L و شعاع r، نصب شده در زیر خاک به‌عمق T $R=\frac{\rho}{۴\pi L}\left(\ln\frac{۲L}{r}+\ln\frac{۲L}{۲T}-۰/۲۳۷۳+۰/۲۱۴۶\frac{۲T}{L}+\right.$ $\left.۰/۱۰۳۵\frac{(۲T)^۲}{L^۲}+\ldots\right)$	
الکترود به شکل ستاره با سه بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب شده در زیر خاک به‌عمق T $R=\frac{\rho}{۶\pi L}\left(\ln\frac{۲L}{r}+\ln\frac{۲L}{۲T}+۱/۰۷۱-۰/۲۰۹\frac{۲T}{L}+\right.$ $\left.۰/۲۳۷\frac{(۲T)^۲}{L^۲}-۰/۰۵۴\frac{(۲T)^۴}{L^۴}+\ldots\right)$	
الکترود به شکل ستاره با چهار بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب شده در زیر خاک به‌عمق T $R=\frac{\rho}{۸\pi L}\left(\ln\frac{۲L}{r}+\ln\frac{۲L}{۲T}+۲/۹۱۲-۱/۰۷۱\frac{۲T}{L}+\right.$ $\left.۰/۶۴۵\frac{(۲T)^۲}{L^۲}-۰/۱۴۵\frac{(۲T)^۴}{L^۴}+\ldots\right)$	
الکترود به شکل ستاره با شش بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب شده در زیر خاک به‌عمق T $R=\frac{\rho}{۱۲\pi L}\left(\ln\frac{۲L}{r}+\ln\frac{۲L}{۲T}+۶/۳۵۱-۳/۱۲۳\frac{۲T}{L}+\right.$ $\left.۱/۷۵۸\frac{(۲T)^۲}{L^۲}-۰/۴۹\frac{(۲T)^۴}{L^۴}+\ldots\right)$	
الکترود به شکل ستاره با هشت بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب شده در زیر خاک به‌عمق T $R=\frac{\rho}{۱۶\pi L}\left(\ln\frac{۲L}{r}+\ln\frac{۲L}{۲T}+۱۰/۹۸-۸/۵۱\frac{۲T}{L}+\right.$ $\left.۳/۲۶\frac{(۲T)^۲}{L^۲}-۱/۱۷\frac{(۲T)^۴}{L^۴}+\ldots\right)$	

با اتصال زمین تشدیدی (RESONANCE)		با نقطه نول ایزوله شده
سیستم اتصال زمین مجزا	سیستم اتصال زمین مشترک	
۱	۲	۳
		
		
مدار معادل ساده شده		

R_E= مقاومت الکترود اتصال زمین پست

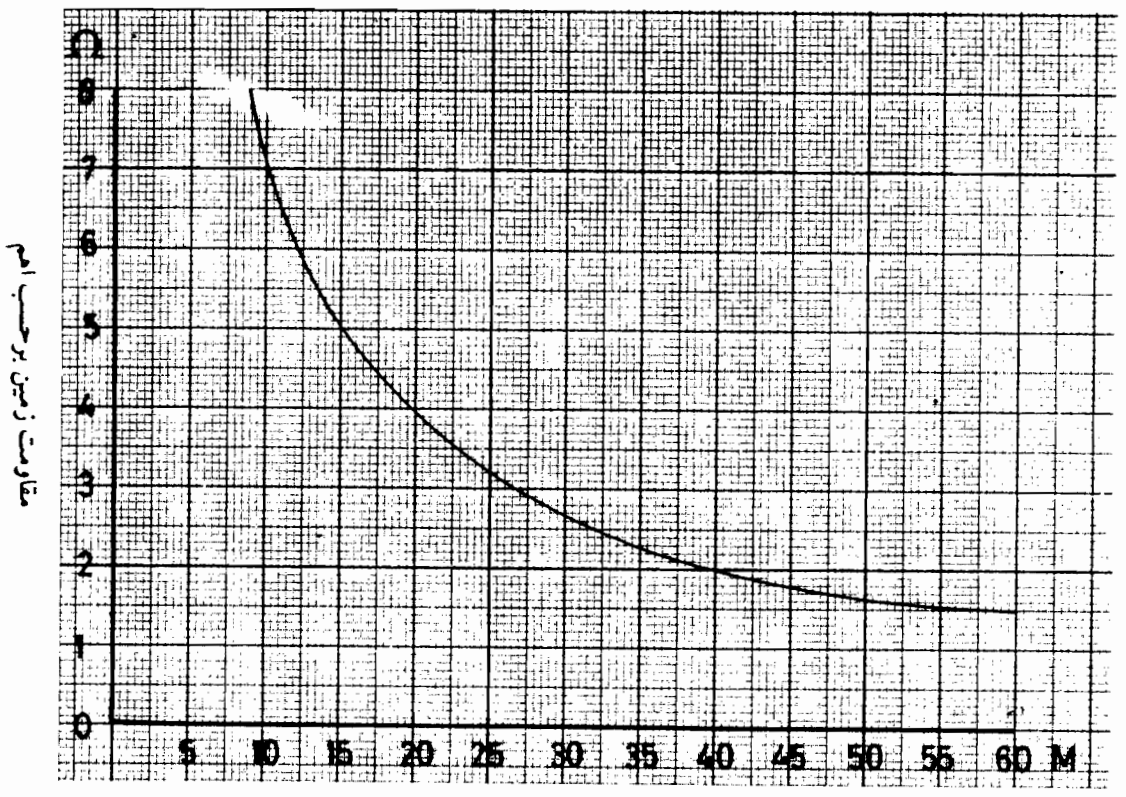
R_{ES}= مقاومت الکترود اتصال زمین حفاظتی پست (PROTECTIVE EARTHING)

R_{EB}= مقاومت الکترود اتصال زمین سیستم (SYSTEM EARTHING)

L_E= اندوکتانس سیم‌پیچ دستگاه نشت زمین (EARTH LEAKAGE COIL)

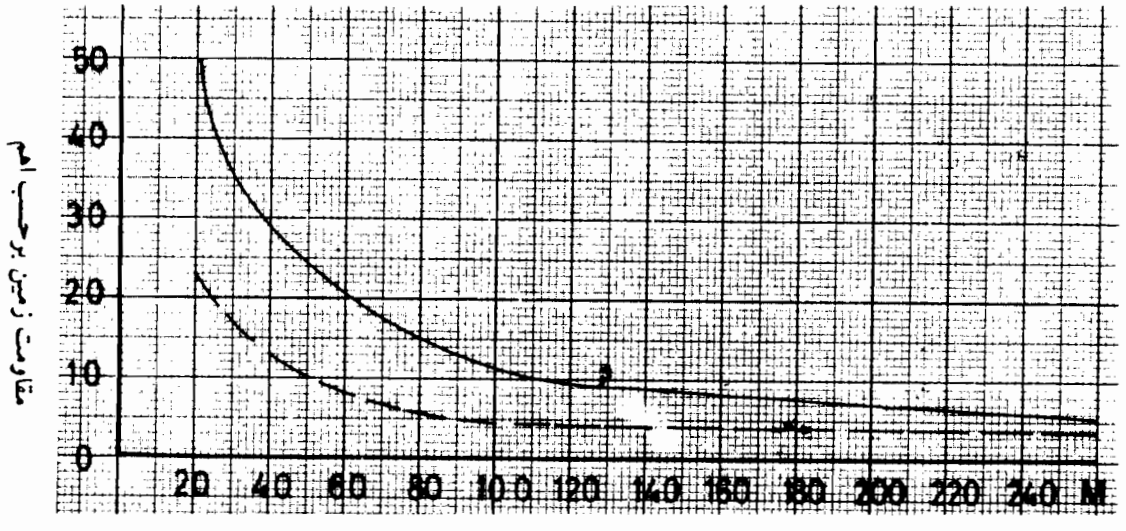
C_E= ظرفیت خازنی نسبت به‌زمین شبکه

شکل ۱۵ ـ ۸ روشهای اتصال زمین وسایل و دستگاههای فشار متوسط.



طول هر الکترود برحسب متر

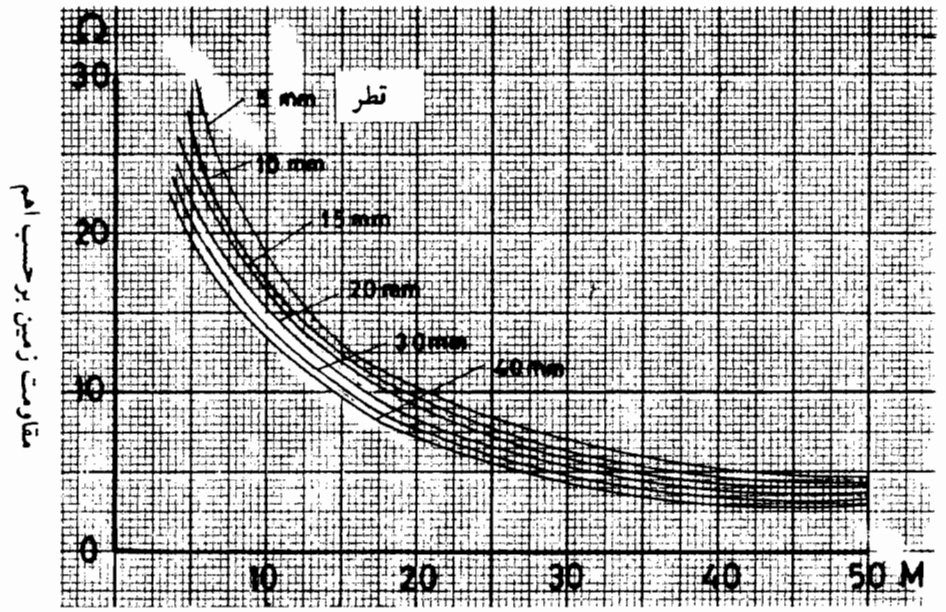
منحنی مقاومت زمین با چهارعدد الکترود به‌قطر ۲ سانتیمتر نصب شده به‌حالت ستاره در زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر



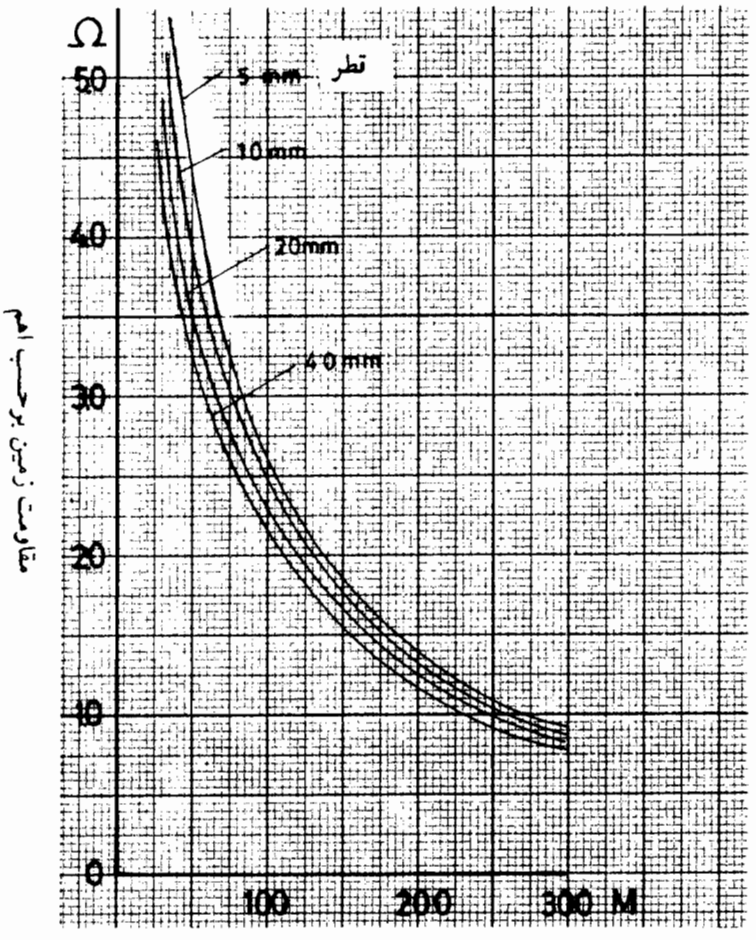
قطر دایره برحسب متر

منحنی مقاومت زمین با الکترودی از تسمه مسی لخت به‌مقطع ۵۰ میلیمتر مربع نصب شده به‌شکل دایره در زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر

شکل ۱۵ ـ ۹



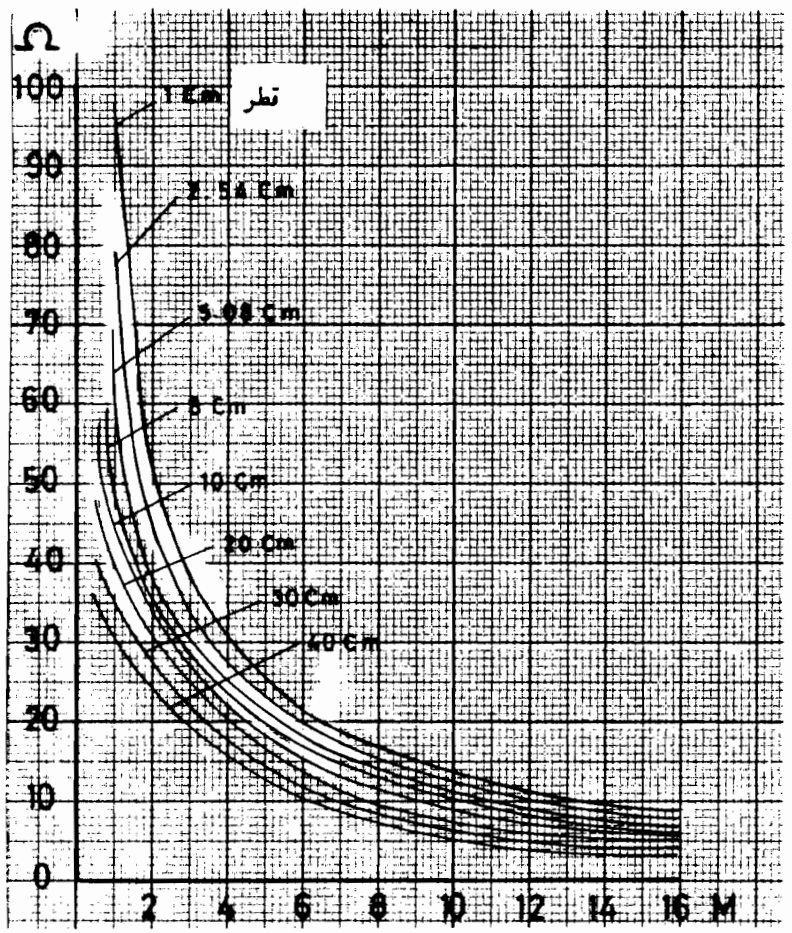
منحنی مقاومت زمین با الکترودی از میله گرد مسی لخت با قطرهای مختلف نصب شده در عمق ۵۰ سانتیمتری زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر



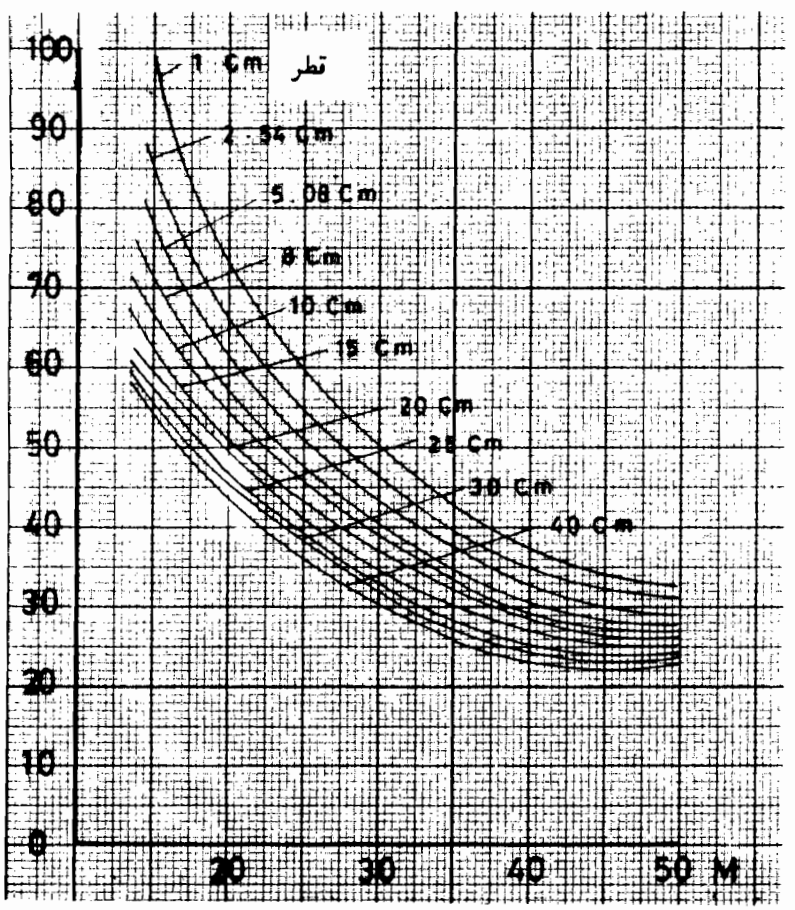
توجه:
به‌جای میله‌گرد مسی لخت می‌توان از تسمه مسی لخت با همان سطح مقطع نیز استفاده نمود.

منحنی مقاومت زمین با الکترودی از میله‌گرد مسی لخت با قطرهای مختلف نصب شده در عمق ۵۰ سانتیمتری زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر

شکل ۱۵ ـ ۱۰



منحنی‌های مقاومت زمین با الکترودی از میله‌مسی مغـز فولادی و یا لوله با قطرهای مختلف کوبیده‌شده درزمینی با مقاومت مخصـوص ۱۰۰ اهم متر



شکل ۱۵ ـ ۱۱

جدول ۱۵ ـ ۲ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیستمهای برقگیر و اتصال زمین

شـــرح	نشانه
برقگیر، نوع فرانکلین	
برقگیر، نوع الکترونیک	
اتصال زمین	

فهرست منابع و استانداردها

الف: فارسی

۱ــ استانداردهای ملی ایران

۱۱۵ لامپهای رشته‌ای تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی

۲۸۳ لوله‌های خرطومی پلاستیکی

۲۹۴ لوله‌های فولادی و لوازم مربوط به آنها برای تأسیسات الکتریکی

۲۹۶ درجات حفاظت پوششهای تابلوهای فرمان و کنترل فشار ضعیف

۴۶۲ کلیدهای برقی برای مصارف خانگی و مشابه

۶۰۷-۱ سیمها و کابلهای با عایق پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تاوخود ۷۵۰/۴۵۰ ولت، قسمت ۱، مقررات عمومی

۶۰۷-۲ سیمها و کابلهای با عایق پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تاوخود ۷۵۰/۴۵۰ ولت، قسمت ۲، روشهای آزمون

۶۰۷-۳ سیمها و کابلهای با عایق پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تاوخود ۷۵۰/۴۵۰ ولت، قسمت ۳، سیمها برای سیمکشی نصب ثابت

۶۰۷-۴ سیمها و کابلهای با عایق پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تاوخود ۷۵۰/۴۵۰ ولت، قسمت ۴، کابلها برای سیمکشی نصب ثابت

۶۰۷-۵ سیمها و کابلهای با عایق پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تاوخود ۷۵۰/۴۵۰ ولت، قسمت ۵، کابلها و بندهای قابل انعطاف

۶۳۵ پریز و دو شاخه برای مصارف خانگی و مشابه آن

۶۸۷ لامپهای فلورسنت لوله‌ای برای مصارف روشنایی عمومی

۷۰۰ بالاست لامپهای فلورسنت

۱۵۶۰ راه‌اندازهای لامپهای فلورسنت

۱۹۲۶ سیمها، کابلها و بندهای قابل انعطاف با عایقبندی لاستیکی و هادیهای گرد با ولتاژ نامی تا ۷۵۰ ولت

۱۹۲۸ تابلوهای فرمان و کنترل فشار ضعیف سوارشده در کارخانه (فابریکی)

۱۹۲۹ تابلوهای فرمان و کنترل فشار ضعیف سوارشده در کارخانه، مقررات مخصوص برای سیستم مجرای شینه‌کشی

۱۹۳۶ جریان مجاز هادیها برای تأسیسات الکتریکی ساختمانها

۱۹۳۷ آیین‌نامه ایمنی تأسیسات الکتریکی ساختمانها

۲۴۸۴ روشهای آزمون کابلهای با عایق PVC با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت

۲۶۱۰ سرپیچ لامپهای فلورسنت لوله‌ای و نگهدارنده راه‌اندازها

۲۶۲۰ ترانسفورماتورهای قدرت، کلیات

۲۶۲۱ ترانسفورماتورهای قدرت، افزایش دما

۲۶۲۲ ترانسفورماتورهای قدرت، سطحهای عایقبندی و آزمونهای دی الکتریک

۲۶۲۳ ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت چهارم، انشعابات و اتصالات

۲۶۲۴ ترانسفورماتورهای قدرت، قسمت پنجم، استقامت در مقابل اتصال کوتاه

۲۷۰۲ لامپهای بخار جیوه با فشار زیاد

۲۷۸۱ خازنهای قدرت

۲۸۶۸ طبقه‌بندی درجات حفاظت پوششها در لوازم الکتریکی

۲۹۱۰ مقررات ایمنی و تعویض‌پذیری لامپهای رشته‌ای تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی و مشابه

۳۰۸۳ طبقه‌بندی و علایم مشخصه حباب لامپهای روشنایی

۳۰۸۴ روشهای آزمون هادیهای سیم و کابل

۱-۳۱۰۹ فیوزهای ولتاژ ضعیف، قسمت ۱، مقررات عمومی

۲-۳۱۰۹ فیوزهای ولتاژ ضعیف، قسمت ۲، مقررات تکمیلی

۳-۳۱۰۹ فیوزهای ولتاژ ضعیف، قسمت ۳،

۳۱۷۹ کنتاکتورهای فشار ضعیف

۳۱۸۰ مقررات تکمیلی برای کنتاکتورهای الکترومغناطیسی فشار ضعیف

۳۱۸۱ روشهای علامتگذاری و شناسایی ترمینالهای کنتاکتورهای فشار ضعیف و رله‌های اضافه بار همراه آنها

۲ــ مقررات ملی ساختمانی ایران، مبحث ۱۳: طرح و اجرای تأسیسات برقی ساختمانها، وزارت مسکن و شهرسازی ـ دفتر نظامات مهندسی.

۳ــ استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع، جلد اول، دوم و سوم؛ وزارت نیرو، شرکت توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، دفتر استانداردها، فروردین ۱۳۷۵.

۴ــ استاندارد خازنهای مورد استفاده در شبکه‌های توزیع، وزارت نیرو، شرکت توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، دفتر استانداردها، مهر ۱۳۷۴.

۵ــ دیزل ژنراتور، جلد ۱۲۱۶ ، وزارت نیرو، شرکت توانیر، معاونت تحقیقات و تکنولوژی، دفتر استانداردها.

۶ــ استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت، جلدهای اول، دوم و سوم؛ وزارت نیرو، شرکت توانیر، دفتر استانداردها، خرداد ۱۳۷۴.

۷ــ مشخصات فنی پستهای ترانسفورماتور بیست کیلوولت (هوایی)، نشریه شماره ۱۰، وزارت نیرو ـ امور برق.

۸ــ استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای روغنی توزیع، وزارت نیرو، شرکت توانیر، دفتر استانداردها، دی ۱۳۷۴

۹ــ استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع، وزارت نیرو، شرکت توانیر، دفتر استانداردها، بهمن ۱۳۷۴.

۱۰ــ استاندارد کابلهای مورد استفاده در شبکه توزیع جلدهای اول تا پنجم، وزارت نیرو، شرکت توانیر، دفتر استانداردها، تیرماه ۱۳۷۵

۱۱ــ تجهیزات نیروگاه، انتشارات دانشگاه تهران، مسعود سلطانی

۱۲ــ اتصال زمین، دفتر سازندگی و آموزش، وزارت نیرو و جهاد دانشگاهی صنعتی و کار اصفهان، ۱۳۵۹.

ب: خارجی

13– International Electrotechnical Commission (IEC) standard publication numbers:

34- Rotating electrical machines.

56 High-voltage alternating-current circuit-breakers.

56-1 Part 1. General and definitions.

56-2 Part 2. Rating.

56-3 Part 3. Design and construction.

56-4 Part 4. Type tests and routine tests.

56-4A First supplement: Appendix E-Methods of determining prospective transient recovery voltage waves.

56-5 Part 5. Rules for the selection of circuit-breakers for service.

56-6 Part 6. Information to be given with enquires, tenders and orders and rules for transport, erection and maintenance.

70 Power capacitors.

70A First supplement : self-healing metallized power capacitors.

76-1 Power transformers, Part 1. General.

76-2 Power transformers, Part 2. Temperature rise.

76-3 Power transformers, Part 3. Insulation levels and dielectric tests.

76-4 Power transformers, Part 4. Tappings and connections.

76-5 Power transformers, Part 5. Ability to withstand short circuit.

119 Recommendations for polycrystalline semiconductor rectifier stacks and equipment.

129 Alternating current disconnectors (isolators) and earthing switches.

146 Semiconductor convertors.

157-1 Low-voltage switchgear and controlgear Part 1. Circuit-breakers.

158 Low-voltage controlgear.

158-1 Part 1. Contactors.

158-1C Third supplement.

185 Current transformers.

186 Voltage transformers.

186B Second supplement : Short-circuit behaviour.

192 Low pressure sodium vapour lamps.

227 Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450 / 750 V.

227-1 Part 1: General requirements.

227-3 Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring.

245 Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450 / 750 V.

245-1 Part 1: General requirements.

245-2 Part 2: Test methods.

245-3 Part 3: Heat resistant silicone insulated cables.

245-4 Part 4: Cords and flexible cables.

262 Ballasts for high pressure mercury vapour lamps.

269 Low-Voltage fuses.

269-1 Part 1. General requirements.

269-2 Part 2. Supplimentary requirements for fuses for industrial applications.

269-2A First supplement : Appendix A : Examples of standardized fuses for industrial applications.

269-3 Part 3: Supplementary requirements for fuses for domostic and similar applications.

269-3A First supplement : Appendix A : Examples of standardized fuses for domestic and similar applications.

298 A.C. metal-enclosed switchgear and contolgear for rated voltages above 1 KV and up to and including 72.5 KV.

364-5-54 Chapter 54 : Earthing arragements and protective conductors.

439 Factory-built assemblies of low-voltage switchgear and controlgear.

448 Current-carrying capacities for electrical installations of buildings.

466 High-voltage insulation-enclosed switchgear and controlgear.

502 Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltages from 1 KV up to 30 KV.

523 Direct-current potentiometers.

529 Classification of degrees of protection provided by enclosures.

598 Luminaires.

598-1 Part 1: General requirements and tests.

598-2-1 Section One–fixed general purpose luminaires.

598-2-2 Section Two–Recessed luminaires.

598-2-3 Section Three–Luminaires for road and street lighting.

598-2-5 Section Five–Floodlights.

598-2-6 Section Six–Luminaires with built-in transformers for filament lamps.

598-2-7 Section Seven–Portable luminaires for garden use.

598-2-8 Section Eight–Handlamps.

598-2-19 Section Nineteen–Air-handling luminaires.

598-2-22 Section Twenty-two–luminaires for emergency lighting.

662 High pressure sodium vapour lamps.

694 Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards.

1024-1 Protection of structures against lightning, Part 1: General principles.

14– **NFPA 70** National Electrical code, 1984

15– **NFPA 78** Lightning protection code, 1983

16– **NFC 17-102** Lightning protection, protection of structures and open areas against lightning using early stramer emission air terminals, july 1995.

17– **ISO 3046** Standard specification for the manufacturing and performance of diesel engines.

18– **VDE 0530** Rotating electric machines.

19– **BS 6651** Protection of structures against lightning, 1992.

20– **BS 4999** General requirements for rotating electric machines.

21– **BS 5000** Rotating electric machines of particular types or for particular applications.

22– **BS 5514** Reciprocating ignitional combustion engines performance.

23– **IPS-M-EL-174(0)** Material and equipment standard for battery chargers.

24– **ANSI/NEMA PE5** 1985 Utility type battery chargers.

25– **ANSI/NEMA PE7** 1985 Communication type battery chargers.

Islamic Republic of Iran
Management and Planning Organization

General Technical Specification and Execution Procedures for Electrical Installation of Buildings

Part 1: Low and Medium Voltage Electrical Installations

(Revision 1)

No: 110-1

Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

2001/2002