جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت

نشریه شماره ۳۷۵

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
معاونت امور فنی ، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله
http://tec.mporg.ir

سازمان توانیر
دفتر بازرسی، کنترل کیفی و استانداردها
WWW.Tavanir.org.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۳۴۷۳۶
	تاریخ: ۱۳۸۶/۳/۱۲

موضوع : مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی ، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ٤٢٣٣٩/ت ٣٣٤٩٧هـ ، مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۳۷۵ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت**» از نوع گروه دوم، ابلاغ می‌شود.

شایسته است، دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را – ضمن تطبیق با شرایط کاری خود - در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

امیر منصور برقعی

معاون رییس جمهور و رییس سازمان

ویرایش شده میرحسینی ۱۳۸۶/۲/۲۵

385597

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

صندوق پستی ۴۵۴۸۱- ۱۹۹۱۷ **http://tec.mporg.ir**

بسمه‌تعالی

پیش‌گفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و به منظور تعمیم استانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقال و توزیع نیروی برق، معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله) با همکاری سازمان توانیر (دفتر استانداردها و سپس دفتر بازرسی، کنترل کیفی و استانداردها) در قالب طرح "ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق" اقدام به تهیه مجموعه‌ی کاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

در نشریه حاضر مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت مشتمل بر انواع پست‌های برقی با توجه به ظرفیت، موارد استفاده و شرایط اقلیمی ارایه شده است. تجهیزات پست ها شامل انواع ترانسفورماتورهای قدرت، ولتاژ و اندازه گیری، تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف همراه با لوازم داخلی و وسایل حفاظتی لازم، سکیونرها، برق گیرها، و کابلهای ارتباطی می‌باشد که مشخصات فنی و شرایط آزمون نصب و بهره‌برداری هر یک براساس استانداردهای کمیته بین‌المللی الکترونیک (IEC) تعریف شده است.

این نشریه مشتمل بر شش فصل می‌باشد که به ترتیب تحت عنوان‌های پست‌های هوایی توزیع، پست‌های زمینی، ترانسفورماتورهای قدرت و اندازه‌گیری، تابلوهای فشار متوسط و ضعیف، تجهیزات کلیدزنی و برقگیرهای فشار متوسط مدون شده است.

این مجموعه به وسیله پژوهشگاه نیرو (پژوهشکده برق) تحت نظارت آقای مهندس داود جلالی، مدیریت خانم مهندس حمیده قدیری و توسط آقایان مهندسین صفر فرضعلی‌زاده، پژمان خزایی و مجتبی گیلوانژاد تهیه و تدوین شده و توسط آقای مهندس مهدی رسایی مورد داوری قرار گرفته است.

مسوولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله به عهده آقایان مهندسین پرویز سید احمدی و محمدرضا طلا کوب بوده است.

معاونت امور فنی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رساندن این نشریه و همچنین سازمانها و شرکتهای مهندسی مشاور که با اظهارنظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده‌اند سپاس گذاری و قدردانی نموده و توفیق روز افزون آن را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

حبیب امین‌فر
معاون امور فنی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول پست‌های هوایی توزیع	**۱**
۱-۱- دامنه کاربرد	**۱**
۱-۲- تعاریف	**۱**
۱-۲-۱- پست	۱
۱-۲-۲- پست هوایی	۱
۱-۲-۳- ظرفیت پست	۱
۱-۲-۴- فیدر	۲
۱-۳- تجهیزات پست‌های هوایی	**۲**
۱-۳-۱- ترانسفورماتور قدرت	۲
۱-۳-۲- تابلوی فشارضعیف	۲
۱-۳-۳- برقگیر	۲
۱-۳-۴- کات اوت فیوز	۳
۱-۳-۵- کابل‌ها	۳
۱-۴- مشخصات و معیارهای فنی	**۳**
۱-۴-۱- انواع پست‌های هوایی	۳
۱-۴-۲- ظرفیت پست	۳
۱-۴-۳- ویژگی‌های محل احداث پست	۴
۱-۴-۴- ارتفاع نصب تجهیزات	۴
۱-۴-۵- سیستم زمین	۵
۱-۴-۶- نمودار تک خطی پست‌های توزیع هوایی	۵
۱-۴-۷- انتخاب مشخصات تجهیزات پست‌های هوایی	۶
۱-۵- آیین کار و روش‌های اجرایی	**۸**
۱-۵-۱- ترانسفورماتور قدرت	۸
۱-۵-۲- سکوی ترانسفورماتور	۹
۱-۵-۳- تابلوی فشار ضعیف	۱۰
۱-۵-۴- نحوه نصب کات‌اوت فیوز و برقگیر	۱۱
۱-۵-۵- نحوه اتصال کات اوت فیوز به ترانسفورماتور قدرت	۱۳
۱-۵-۶- نحوه اتصال برقگیر به زمین	۱۳
۱-۵-۷- نحوه اتصال کابل ترانسفورماتور به تابلو	۱۴
۱-۵-۸- نحوه ارتباط فیدرهای خروجی تابلو با شبکه فشار ضعیف	۱۵
۱-۵-۹- سیستم اتصال زمین الکتریکی و حفاظتی پست هوایی	۱۷

عنوان **صفحه**

فصل دوم پست‌های زمینی **۱۹**
۲-۱- دامنه کاربرد **۱۹**
۲-۲- تعاریف **۱۹**
۲-۲-۱- تجهیزات الکتریکی ۱۹
۲-۲-۲- شینه ۱۹
۲-۲-۳- زمین کردن ۱۹
۲-۲-۴- زمین شده ۲۰
۲-۲-۵- جریان زمین ۲۰
۲-۲-۶- الکترود زمین ۲۰
۲-۲-۷- هادی زمین ۲۰
۲-۲-۸- شبکه زمین ۲۰
۲-۲-۹- مقاومت زمین ۲۰
۲-۲-۱۰- افزایش پتانسیل زمین(EPR) ۲۱
۲-۲-۱۱- ولتاژ تماس ۲۱
۲-۲-۱۲- ولتاژ گام ۲۱
۲-۲-۱۳- زمین مستقیم ۲۱
۲-۲-۱۴- سیستم زمین نشده ۲۱
۲-۲-۱۵- شدت روشنایی ۲۱
۲-۲-۱۶- لومن ۲۱
۲-۲-۱۷- لوکس ۲۲
۲-۲-۱۸- بتون ۲۲
۲-۲-۱۹- تندان ۲۲
۲-۲-۲۰- بتون مسلح ۲۲
۲-۲-۲۱- بتون غیر مسلح ۲۲
۲-۲-۲۲- بتون ساختمانی ۲۲
۲-۲-۲۳- تنش ۲۲
۲-۲-۲۴- خاموت ۲۳
۲-۳- کلیات پست‌های توزیع زمینی **۲۳**
۲-۳-۱- پست‌های توزیع بیرونی ۲۳
۲-۳-۲- پست‌های توزیع داخلی ۲۳
۲-۴- تجهیزات الکتریکی اصلی پست‌های توزیع زمینی **۲۴**
۲-۵- انواع مختلف آب و هوایی و شرایط اقلیمی **۲۴**

عنوان **صفحه**

۲-۶- مشخصات و معیارهای فنی پست‌های توزیع زمینی **۲۵**
۲-۶-۱- زمین و محل پست ۲۵
۲-۶-۲- ساختمان پست‌های توزیع زمینی ۲۶
۲-۶-۲-۱- مشخصات دیوارها ۲۶
۲-۶-۲-۲- پنجره‌ها ۲۷
۲-۶-۲-۳- سقف ۲۷
۲-۶-۲-۴- کف ۲۷
۲-۶-۲-۵- ناحیه بهره‌برداری ۲۷
۲-۶-۲-۶- تاثیر شرایط محیطی منطقه بر ساختمان پست ۲۸
۲-۶-۲-۷- مراحل طراحی و انتخاب مشخصه‌های ساختمان پست ۲۹
۲-۶-۳ظرفیت پست ۳۶
۲-۶-۳-۱- میزان تقاضا ۳۶
۲-۶-۳-۲- پیش‌بینی بار و طراحی پست ۳۶
۲-۶-۴- تهویه پست ۳۶
۲-۶-۵- برق و روشنایی پست ۴۵
۲-۶-۶- مشخصات چاله روغن پست ۵۱
۲-۶-۷- درها و دریچه‌های فلزی ساختمان پست ۵۳
۲-۶-۸- سیستم زمین پست‌های توزیع زمینی ۵۳
۲-۶-۸-۱- مقاومت الکترود زمین ۵۳
۲-۶-۸-۲- تاثیر عوامل مختلف بر مقاومت زمین ۵۴
۲-۶-۸-۳- اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین ۵۵
۲-۶-۸-۴- اندازه‌گیری مقاومت مخصوص خاک ۵۵
۲-۶-۸-۵- الکترودهای زمین ۵۶
۲-۶-۸-۶- هادی‌های زمین و اتصالات آن ۵۷
۲-۶-۹- هادی‌های حفاظتی ۵۸
۲-۶-۹-۱- حداقل سطح مقطع مورد نیاز ۵۸
۲-۶-۹-۲- انواع هادی‌های حفاظتی ۵۹
۲-۶-۹-۳- پیوستگی الکتریکی هادی‌های حفاظتی ۶۰
۲-۶-۹-۴- هادی مشترک زمین حفاظتی و زمین اصلی ۶۱
۲-۶-۹-۵- اتصال تجهیزات به زمین حفاظتی ۶۱
۲-۶-۱۰- سیستم چاه زمین ۶۲
۲-۶-۱۱- طراحی سیستم زمین ۶۴
۲-۶-۱۱-۱- اندازه‌گیری‌ها در سیستم زمین ۶۵

عنوان **صفحه**

۲-۷- ایمنی افراد **۶۶**

۲-۸- آیین کار و روش‌های اجرایی **۶۶**

۲-۸-۱- موارد قابل توجه در نصب تجهیزات پست ۶۶

۲-۸-۱-۱- ترانسفورماتور قدرت ۶۷

۲-۸-۱-۲- ترانسفورماتور جریان ۶۷

۲-۸-۱-۳- ترانسفورماتور ولتاژ ۶۷

۲-۸-۱-۴- تجهیزات کلیدزنی ۶۷

۲-۸-۱-۵- برقگیر ۶۸

۲-۸-۱-۶- خازن ۶۸

۲-۸-۱-۷- کابل‌ها ۶۸

۲-۸-۱-۸- فیوزها ۶۹

۲-۸-۲- مراحل برقدار کردن پست ۶۹

۲-۸-۳- بررسی‌های لازم پس از اتمام ساخت پست ۶۹

۲-۸-۴- تعمیر و نگهداری ۷۰

۲-۸-۴-۱- برنامه‌ریزی و اهداف نگهداری پست ۷۰

۲-۸-۴-۲- نگهداری و بازرسی دوره‌ای سیستم زمین ۷۰

فصل سوم ترانسفورماتورهای قدرت و اندازهگیری **۷۱**

۳-۱دامنه کاربرد **۷۱**

۳-۲تعریف‌ها **۷۱**

۳-۲-۱- ترانسفورماتور قدرت ۷۱

۳-۲-۲- ترانسفورماتور اندازهگیری ۷۱

۳-۲-۳- اتو ترانسفورماتور ۷۱

۳-۲-۴- ترانسفورماتور روغنی ۷۲

۳-۲-۵- ترانسفورماتور خشک ۷۲

۳-۲-۶- ولتاژ و جریان نامی ۷۲

۳-۲-۷- ضریب ولتاژ نامی ۷۲

۳-۲-۸- توان نامی ۷۲

۳-۲-۹- نسبت تبدیل واقعی ۷۲

۳-۲-۱۰- نسبت تبدیل نامی ۷۲

۳-۲-۱۱- خطای ولتاژ ۷۳

۳-۲-۱۲- خطای جریان ۷۳

۳-۲-۱۳- جابه جایی فاز ۷۳

عنوان **صفحه**

۳-۲-۱۴- کلاس دقت ۷۴
۳-۲-۱۵- بار ۷۴
۳-۲-۱۶- سطح عایق نامی ۷۴
۳-۲-۱۷- جریان نامی حرارتی کوتاه مدت ۷۴
۳-۲-۱۸- جریان دینامیک نامی ۷۴
۳-۲-۱۹- جریان نامی پیوسته ۷۴
۳-۲-۲۰- ضریب اطمینان دستگاه (SF) ۷۴
۳-۳- ترانسفورماتورهای قدرت **۷۵**
۳-۳-۱- کلیات ۷۵
۳-۳-۲- اجزای سازنده ترانسفورماتور قدرت ۷۵
۳-۳-۲-۱- هسته ۷۵
۳-۳-۲-۲- سیم‌پیچ‌ها ۷۵
۳-۳-۲-۳- تانک ۷۶
۳-۳-۲-۴- سیستم خنککننده ۷۶
۳-۳-۲-۵- تپ چنجر ۷۶
۳-۳-۲-۶- بوشینگ‌ها ۷۶
۳-۳-۲-۷- ملحقات ۷۷
۳-۳-۳- شرایط بهره برداری ۷۷
۳-۳-۴- مشخصات و معیارهای فنی ۷۹
۳-۳-۴-۱- نوع ترانسفورماتور ۷۹
۳-۳-۴-۲- تعیین مشخصات اسمی ۸۰
۳-۳-۴-۳- سیستم خنک‌کننده ۸۰
۳-۳-۴-۴- حدود مجاز افزایش دما ۸۱
۳-۳-۴-۵- ضرایب تصحیح برای شرایط کار غیر طبیعی ترانسفورماتور ۸۲
۳-۳-۴-۶- نحوه اتصال سیم‌پیچ‌ها ۸۴
۳-۳-۴-۷- جابه جایی فاز بین سیم‌پیچ‌ها و گروه برداری ۸۴
۳-۳-۴-۸- تعیین تنظیم ولتاژ و تپ چنجر ۸۵
۳-۳-۴-۹- تعیین سطوح عایقی ۸۵
۳-۳-۴-۱۰- میزان تحمل اتصال کوتاه ترانسفورماتور ۸۷
۳-۳-۴-۱۱- تلفات ترانسفورماتور ۹۰
۳-۳-۴-۱۲- میزان مجاز صدا ۹۰
۳-۳-۴-۱۳- شرایط موازی کردن دو ترانسفورماتور ۹۱
۳-۳-۴-۱۴- روغن ترانسفورماتور ۹۲

عنوان **صفحه**

۳-۳-۴-۱۵- مقاومت در برابر زمین لرزه ۹۴
۳-۳-۴-۱۶- ضربه شوک و انحراف از شاقول ۹۴
۳-۳-۵- مراحل طراحی و انتخاب ترانسفورماتور قدرت ۹۴
۳-۳-۶- پلاک مشخصات ۹۵
۳-۳-۷- مدارک فنی ۹۶
۳-۳-۸- آزمون‌ها ۱۰۳
۳-۳-۹- آیین‌کار و روش‌های اجرایی ۱۰۴
۳-۳-۹-۱- نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتورهای روغنی ۱۰۴
۳-۳-۹-۲- تعمیر و نگهداری ترانسفورماتورهای روغنی ۱۰۷
۳-۳-۹-۳- نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتورهای خشک ۱۰۹
۳-۴- ترانسفورماتورهای ولتاژ **۱۱۰**
۳-۴-۱- کلیات ۱۱۰
۳-۴-۲- شرایط بهره‌برداری ۱۱۰
۳-۴-۳- مشخصات و معیارهای فنی ۱۱۱
۳-۴-۳-۱- نوع ترانسفورماتور ولتاژ ۱۱۱
۳-۴-۳-۲- ولتاژهای نامی اولیه ۱۱۱
۳-۴-۳-۳- ولتاژهای نامی ثانویه ۱۱۱
۳-۴-۳-۴- ظرفیت نامی خروجی ۱۱۲
۳-۴-۳-۵- حداکثر ولتاژ سیستم (UM) ۱۱۲
۳-۴-۳-۶- ضریب ولتاژ نامی ۱۱۲
۳-۴-۳-۷- حدود افزایش دما ۱۱۲
۳-۴-۳-۸- سطوح عایقبندی ۱۱۳
۳-۴-۳-۹- کلاس دقت ۱۱۵
۳-۴-۳-۱۰- محدوده‌های خطای ولتاژ و جابه جایی فاز ۱۱۵
۳-۴-۳-۱۱- طرح و ساخت ۱۱۶
۳-۴-۳-۱۲- علامتگذاری ترمینال‌ها ۱۱۷
۳-۴-۴- مراحل طراحی و انتخاب ترانسفورماتور ولتاژ ۱۱۷
۳-۴-۵- پلاک مشخصات ۱۱۸
۳-۴-۶- مدارک فنی ۱۱۸
۳-۴-۷- آزمون‌ها ۱۲۱
۳-۵- ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان **۱۲۲**
۳-۵-۱- کلیات ۱۲۲
۳-۵-۲- شرایط بهره‌برداری ۱۲۲

عنوان **صفحه**

۳-۵-۳- مشخصات و معیارهای فنی ۱۲۲
۳-۵-۳-۱- نوع ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان ۱۲۳
۳-۵-۳-۲- جریان نامی اولیه ۱۲۳
۳-۵-۳-۳- مقادیر استاندارد جریان نامی ثانویه ۱۲۳
۳-۵-۳-۴- جریان نامی حرارتی پیوسته ۱۲۳
۳-۵-۳-۵- جریان نامی حرارتی کوتاه مدت ۱۲۴
۳-۵-۳-۶- ظرفیت نامی خروجی ۱۲۴
۳-۵-۳-۷- محدودیت‌های افزایش دما ۱۲۴
۳-۵-۳-۸- سطوح عایقی ۱۲۴
۳-۵-۳-۹- کلاس دقت ترانسفورماتور جریان ۱۲۵
۳-۵-۳-۱۰- طرح و ساخت ۱۲۶
۳-۵-۳-۱۱- علامتگذاری ترمینال‌ها ۱۲۷
۳-۵-۴- مراحل طراحی و انتخاب ترانسفورماتور جریان ۱۲۷
۳-۵-۵- پلاک مشخصات ۱۲۷
۳-۵-۶مدارک فنی ۱۲۸
۳-۵-۷- آزمون‌ها ۱۲۹
۳-۵-۸- آیین کار و روش‌های اجرایی ۱۳۰
فصل چهارم تابلوهای فشار متوسط و ضعیف **۱۳۱**
۴-۱- دامنه کاربرد **۱۳۱**
۴-۲- تعاریف **۱۳۱**
۴-۲-۱- تابلوهای فشار ضعیف ۱۳۱
۴-۲-۲- تابلوهای فشار متوسط ۱۳۱
۴-۲-۳- تابلوهای قدرت و فرمان ۱۳۱
۴-۲-۴- تابلوهای قدرت ۱۳۱
۴-۲-۵- تابلوهای فرمان ۱۳۲
۴-۲-۶- تابلوهای قدرت و فرمان با محفظه فلزی ۱۳۲
۴-۲-۶-۱- تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی ۱۳۲
۴-۲-۶-۲- تابلوهای قدرت و فرمان قسمت‌بندی شده (با جداره‌های غیر فلزی) ۱۳۳
۴-۲-۶-۳- تابلوهای قدرت و فرمان سلولی ۱۳۳
۴-۲-۷- درجه حفاظتی ۱۳۳
۴-۲-۸- تابلوهای تمام بسته ۱۳۳
۴-۲-۸-۱- تابلوهای ایستاده تمام بسته ۱۳۳
۴-۲-۸-۲- تابلوی ایستاده تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو ۱۳۳

عنوان **صفحه**

۴-۲-۸-۳- تابلوی ایستاده دسترسی از پشت ۱۳۴
۴-۲-۸-۴- تابلوی ایستاده تمام بسته کشویی ۱۳۴
۴-۲-۹- محفظه ۱۳۴
۴-۲-۱۰- خانه ۱۳۴
۴-۲-۱۱- جداره ۱۳۴
۴-۲-۱۲- دریچه حفاظتی ۱۳۵
۴-۲-۱۳- مدار اصلی ۱۳۵
۴-۲-۱۴- مدار کمکی ۱۳۵
۴-۲-۱۵- شینه ۱۳۵
۴-۲-۱۶- ولتاژ نامی ۱۳۵
۴-۲-۱۷- فرکانس نامی ۱۳۵
۴-۲-۱۸- جریان نامی ۱۳۵
۴-۲-۱۹- جریان ایستادگی کوتاه مدت ۱۳۶
۴-۲-۲۰- جریان ایستادگی پیک ۱۳۶
۴-۲-۲۱- جریان نامی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه ۱۳۶
۴-۲-۲۲- اینترلاک‌ها ۱۳۶
۴-۳- کلیات **۱۳۶**
۴-۴- شرایط بهره‌برداری **۱۳۸**
۴-۴-۱- شرایط بهره‌برداری عادی ۱۳۸
۴-۴-۱-۱- دمای هوای محیط ۱۳۸
۴-۴-۱-۲- شرایط جوی ۱۳۸
۴-۴-۱-۳- درجه آلودگی ۱۳۹
۴-۴-۱-۴- ارتفاع ۱۳۹
۴-۴-۱-۵- سرعت وزش باد ۱۳۹
۴-۴-۱-۶- ضخامت یخ ۱۳۹
۴-۴-۱-۷- لرزش‌ها ۱۳۹
۴-۴-۱-۸- سایر پارامترها ۱۴۰
۴-۴-۲- شرایط بهره‌برداری ویژه ۱۴۰
۴-۵- معیارها و ضوابط فنی **۱۴۱**
۴-۵-۱- معیارها و ضوابط فنی تابلوهای فشارضعیف ۱۴۱
۴-۵-۱-۱- کلیات ۱۴۱
۴-۵-۱-۲- فاصله هوایی، فاصله خزشی و فاصله عایقی ۱۴۱
۴-۵-۱-۳- ترمینال‌های هادی‌های خارجی ۱۴۲

عنوان **صفحه**

۴-۵-۱-۴- درجه حفاظتی ۱۴۲
۴-۵-۱-۵- افزایش دما ۱۴۲
۴-۵-۱-۶- شینه‌ها ۱۴۳
۴-۵-۱-۷- دسترسی ۱۵۲
۴-۵-۱-۸- حفاظ‌ها ۱۵۲
۴-۵-۱-۹- شرایط موجود در محل نصب کلید ۱۵۲
۴-۵-۱-۱۰- خنک کنندگی ۱۵۲
۴-۵-۱-۱۱- سیم‌کشی و اتصالات درون تابلو ۱۵۲
۴-۵-۱-۱۲- اسکلت و پوشش ۱۵۳
۴-۵-۱-۱۳- حفاظت در برابر زنگزدگی ۱۵۳
۴-۵-۱-۱۴- ابعاد تابلو ۱۵۴
۴-۵-۲- معیارها و ضوابط فنی تابلوهای فشار متوسط ۱۵۴
۴-۵-۲-۱- فواصل خزشی، فواصل هوایی و فواصل عایقی ۱۵۴
۴-۵-۲-۲- ترمینال هادی‌های خروجی ۱۵۵
۴-۵-۲-۳- حفاظت و پایداری در برابر اتصال کوتاه ۱۵۵
۴-۵-۲-۴- زمین کردن تابلوی قدرت و فرمان ۱۵۶
۴-۵-۲-۵- تجهیزات اینترلاک ۱۵۶
۴-۵-۲-۶- نشان دهنده وضعیت ۱۵۷
۴-۵-۲-۷- درجه حفاظتی محفظه ۱۵۷
۴-۵-۲-۸- فاصله خزشی ۱۵۷
۴-۵-۲-۹- قابلیت اشتعال ۱۵۸
۴-۵-۲-۱۰- اجزای ثابت ۱۵۸
۴-۵-۲-۱۱- محفظه ها ۱۵۹
۴-۵-۲-۱۲- پوشش‌ها ۱۵۹
۴-۵-۲-۱۳- محل‌های تهویه و خروجی های هواکش ۱۶۰
۴-۵-۲-۱۴- گرمکن‌ها، روشنایی و دریچه ضد انفجار ۱۶۰
۴-۵-۲-۱۵- حفاظت در برابر زنگزدگی ۱۶۰
۴-۵-۲-۱۶- شینه‌ها و اتصالات ۱۶۰
۴-۵-۲-۱۷- سیم کشی ۱۶۱
۴-۵-۲-۱۸- روشنایی ۱۶۱
۴-۵-۲-۱۹- ابعاد تابلو ۱۶۲
۴-۶- پلاک مشخصات **۱۶۲**
۴-۷- مدارک فنی **۱۶۳**

عنوان **صفحه**

۴-۸- آزمون‌ها **۱۷۰**

۴-۹- آیین کار و روش‌های اجرایی **۱۷۲**

۴-۹-۱- نصب و راه‌اندازی تابلو ۱۷۲

۴-۹-۱-۱- نصب تابلو ۱۷۲

۴-۹-۱-۲- آزمون راهاندازی تابلو ۱۷۳

۴-۹-۲- تعمیر و نگهداری تابلو ۱۷۴

۴-۹-۲-۱- اقدامات حفاظتی و عایقی قبل از عملیات تعمیر و نگهداری ۱۷۴

۴-۹-۲-۲- جلوگیری از آلودگی ۱۷۵

۴-۹-۲-۳- انرژی ذخیره شده خازنی ۱۷۵

۴-۹-۲-۴- دوره‌های تعمیر و نگهداری ۱۷۵

۴-۹-۲-۵- پاکیزگی ۱۷۵

۴-۹-۲-۶- علامتگذاری پوشش‌ها و اتصالات ۱۷۶

۴-۹-۲-۷- چگونگی اتصالات ۱۷۶

۴-۹-۲-۸- ایمنی پیوستگی زمین و نگهداری آن ۱۷۶

۴-۹-۲-۹- دریچه‌های حفاظتی، وسایل قفل کننده ۱۷۶

۴-۹-۲-۱۰- اینترلاک‌ها ۱۷۶

۴-۹-۲-۱۱- کلیدهای جدا کننده (با یا بدون فیوز) ۱۷۷

۴-۹-۲-۱۲- کلیدهای قدرت ۱۷۸

۴-۹-۲-۱۳- کلید قدرت روغنی ۱۸۰

۴-۹-۲-۱۴- کلید قدرت SF۶ ۱۸۰

۴-۹-۲-۱۵- کلیدهای قدرت خلا ۱۸۱

۴-۹-۲-۱۶- فیوزها ۱۸۱

۴-۹-۲-۱۷- ترانسفورماتور ریان ۱۸۱

۴-۹-۲-۱۸- ترانسفورماتور ولتاژ ۱۸۱

۴-۹-۲-۱۹- تهویه ۱۸۲

۴-۹-۲-۲۰- تجهیزات گرمازا و روشنایی ۱۸۲

۴-۹-۲-۲۱- ابزار آزمایش‌ها ۱۸۲

۴-۹-۲-۲۲- اتمام تعمیر و نگهداری ۱۸۲

۴-۹-۲-۲۳- تهیه کارت مشخصه ۱۸۲

فصل پنجم تجهیزات کلیدزنی **۱۸۵**

۵-۱- دامنه کاربرد **۱۸۵**

۵-۲- تعریف‌ها **۱۸۵**

۵-۲-۱- کلیدخانه ۱۸۵

عنوان **صفحه**

۵-۲-۲- کلید قدرت ۱۸۵
۵-۲-۳- سکسیونر ۱۸۶
۵-۲-۴- سکسیونر زمین ۱۸۶
۵-۲-۵- کلید ۱۸۶
۵-۲-۶- سکسیونر قطع دوتایی ۱۸۶
۵-۲-۷- فیوز ۱۸۶
۵-۲-۸- قلابگیر ۱۸۶
۵-۲-۹- مقادیر نامی ۱۸۶
۵-۲-۱۰- اضافه ولتاژ ۱۸۷
۵-۲-۱۱- ضریب زمینشدگی ۱۸۷
۵-۲-۱۲- ولتاژ بازیابی گذرا (TRV) ۱۸۷
۵-۲-۱۳- ولتاژ جرقه ۱۸۷
۵-۲-۱۴- جریان اتصال کوتاه ۱۸۷
۵-۲-۱۵- جریان قطع ۱۸۷
۵-۲-۱۶- ظرفیت قطع ۱۸۷
۵-۲-۱۷- زمان وصل ۱۸۸
۵-۲-۱۸- زمان قطع ۱۸۸
۵-۲-۱۹- جریان احتمالی ۱۸۸
۵-۲-۲۰- جریان احتمالی شکست ۱۸۸
۵-۲-۲۱- ظرفیت شکست نامی ۱۸۸
۵-۲-۲۲- حداقل جریان شکست ۱۸۸
۵-۲-۲۳- توان تلفاتی فیوز ۱۸۸
۵-۲-۲۴- انتگرال ژولی T2I ۱۸۹
۵-۲-۲۵- فیوزهای انفجاری ۱۸۹
۵-۳- کلیدهای قدرت **۱۸۹**
۵-۳-۱- اجزای سازنده کلید قدرت ۱۸۹
۵-۳-۱-۱- پل ۱۸۹
۵-۳-۱-۲- مدار اصلی ۱۸۹
۵-۳-۱-۳- مدار کنترلی ۱۹۰
۵-۳-۱-۴- مدارات کمکی ۱۹۰
۵-۳-۱-۵- کنتاکت ۱۹۰
۵-۳-۱-۶- کنتاکت اصلی ۱۹۰
۵-۳-۱-۷- کنتاکت جرقه‌گیر ۱۹۰

عنوان **صفحه**

۵-۳-۱-۸- کنتاکت کنترل ۱۹۱
۵-۳-۱-۹- کنتاکت کمکی ۱۹۱
۵-۳-۱-۱۰- کلید کمکی ۱۹۱
۵-۳-۱-۱۱- کنتاکت "A" ۱۹۱
۵-۳-۱-۱۲- کنتاکت "B" ۱۹۱
۵-۳-۱-۱۳- رله ۱۹۱
۵-۳-۱-۱۴- نشان دهنده وضعیت ۱۹۲
۵-۳-۱-۱۵- ترمینال ۱۹۲
۵-۳-۲- شرایط بهرهبرداری ۱۹۲
۵-۳-۳- مشخصات و معیارهای فنی ۱۹۴
۵-۳-۳-۱- انواع کلید قدرت ۱۹۴
۵-۳-۳-۲- ولتاژ نامی (UR) ۱۹۶
۵-۳-۳-۳- فرکانس نامی ۱۹۶
۵-۳-۳-۴- سطوح عایقی ۱۹۶
۵-۳-۳-۵- ولتاژ بازیابی گذرا (TRV) ۱۹۷
۵-۳-۳-۶- جریان نامی و حدود افزایش دمای اجزای کلید ۱۹۷
۵-۳-۳-۷- جریان قطع اتصال کوتاه نامی ۲۰۰
۵-۳-۳-۸- کلیدزنی جریان‌های خازنی ۲۰۰
۵-۳-۳-۹- جریان استقامت کوتاه مدت نامی (IK) ۲۰۱
۵-۳-۳-۱۰- پیک جریان استقامت کوتاه مدت (IP) ۲۰۱
۵-۳-۳-۱۱- زمان استمرار اتصال کوتاه (TK) ۲۰۱
۵-۳-۳-۱۲- سطوح ولتاژ دستگاه‌های کمکی و اجزای جانبی کلیدهای قدرت ۲۰۲
۵-۳-۳-۱۳- توالی عملکرد نامی ۲۰۲
۵-۳-۳-۱۴- تعداد عملکرد مکانیکی ۲۰۲
۵-۳-۳-۱۵- مشخصات روغن در کلیدهای روغنی ۲۰۳
۵-۳-۳-۱۶- مشخصات گاز در کلیدهای گازی ۲۰۳
۵-۳-۳-۱۷- مشخصات کلیدهای خلاء ۲۰۳
۵-۳-۳-۱۸- زمین کردن اجزای کلیدخانه ۲۰۴
۵-۳-۳-۱۹- حفاظت کلیدهای قدرت در مقابل عوامل شیمیایی ۲۰۴
۵-۳-۳-۲۰- حفاظت در مقابل تنش‌های الکتریکی ۲۰۴
۵-۳-۳-۲۱- حفاظت در مقابل خطرات آتشسوزی ۲۰۴
۵-۳-۳-۲۲- نیازمندی‌های تجهیزات کمکی و کنترلی ۲۰۵
۵-۳-۳-۲۳- عملکرد ذخیره‌سازهای انرژی ۲۰۷

عنوان **صفحه**

۵-۳-۳-۲۴- رله‌ها ۲۰۷
۵-۳-۳-۲۵- نشان دهنده و اعلام کننده افزایش یا کاهش فشار گاز ۲۰۸
۵-۳-۳-۲۶- لوازم و دستگاه‌های قفل داخلی ۲۰۸
۵-۳-۳-۲۷- نشان دهنده موقعیت ۲۰۸
۵-۳-۳-۲۸- درجه حفاظت بدنه ۲۰۸
۵-۳-۴- مراحل طراحی و انتخاب ۲۰۹
۵-۳-۵- پلاک مشخصات ۲۰۹
۵-۳-۶- مدارک فنی ۲۱۰
۵-۳-۷- آزمونها ۲۱۳
۵-۳-۸- آیین‌کار و روش‌های اجرایی ۲۱۴
۵-۳-۸-۱- شرایط حین حمل ونقل، نگهداری و نصب کلید ۲۱۴
۵-۳-۸-۲- نصب ۲۱۴
۵-۳-۸-۳- بهره برداری ۲۱۵
۵-۳-۸-۴- تعمیرات و بازرسی ۲۱۵
۵-۳-۸-۵- بازرسی عمومی ۲۱۶
۵-۴- سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت **۲۱۸**
۵-۴-۱- کلیات ۲۱۸
۵-۴-۲- اجزای سازنده سکسیونر ۲۱۹
۵-۴-۲-۱- پل ۲۱۹
۵-۴-۲-۲- مدار اصلی ۲۱۹
۵-۴-۲-۳- کنتاکت ۲۱۹
۵-۴-۲-۴- کنتاکت اصلی ۲۱۹
۵-۴-۲-۵- کنتاکت کنترل ۲۱۹
۵-۴-۲-۶- کنتاکت "A" ۲۱۹
۵-۴-۲-۷- کنتاکت "B" ۲۱۹
۵-۴-۲-۸- وسیله نشان دهنده وضعیت ۲۱۹
۵-۴-۲-۹- ترمینال ۲۲۰
۵-۴-۲-۱۰- ناحیه اتصال ۲۲۰
۵-۴-۳- شرایط بهره‌برداری ۲۲۰
۵-۴-۴- مشخصات و معیارهای فنی ۲۲۰
۵-۴-۴-۱- انواع سکسیونر ۲۲۰
۵-۴-۴-۲- ولتاژ نامی ۲۲۱
۵-۴-۴-۳- فرکانس نامی ۲۲۱

عنوان **صفحه**

۵-۴-۴-۴- سطوح عایقی ۲۲۱
۵-۴-۴-۵- جریان نامی ۲۲۱
۵-۴-۴-۶- جریان استقامت کوتاه مدت نامی ۲۲۱
۵-۴-۴-۷- حداکثر جریان استقامت کوتاه مدت ۲۲۱
۵-۴-۴-۸- زمان استمرار جریان اتصال کوتاه ۲۲۱
۵-۴-۴-۹- نیروهای مکانیکی ۲۲۲
۵-۴-۴-۱۰- تعداد عملکرد مکانیکی ۲۲۲
۵-۴-۴-۱۱- سطوح ولتاژ دستگاه‌های کمکی و اجزای جانبی ۲۲۲
۵-۴-۴-۱۲- مشخصات گاز در سکسیونرهای گازی ۲۲۲
۵-۴-۴-۱۳- زمین کردن سکسیونر ۲۲۲
۵-۴-۴-۱۴- نیازمندی‌های تجهیزات و مدارات کمکی و کنترلی ۲۲۳
۵-۴-۴-۱۵- عملکرد ذخیره‌ساز انرژی ۲۲۳
۵-۴-۴-۱۶- عملکرد رله‌ها ۲۲۳
۵-۴-۴-۱۷- نشان دهنده و اعلام کننده افزایش یا کاهش فشار گاز ۲۲۳
۵-۴-۴-۱۸- لوازم و دستگاه‌های قفل داخلی ۲۲۳
۵-۴-۴-۱۹- نشان دهنده موقعیت ۲۲۳
۵-۴-۴-۲۰- درجه حفاظت بدنه ۲۲۳
۵-۴-۴-۲۱- حداکثر نیروی لازم برای سکسیونرهای با مکانیزم دستی ۲۲۳
۵-۴-۵- مراحل طراحی و انتخاب ۲۲۴
۵-۴-۶- پلاک مشخصات ۲۲۴
۵-۴-۷- مدارک فنی ۲۲۵
۵-۴-۸- آزمون‌ها ۲۲۷
۵-۴-۹- آیین کار و روش های اجرایی ۲۲۸
۵-۴-۹-۱- شرایط حمل و نقل ۲۲۸
۵-۴-۹-۲- نصب ۲۲۸
۵-۴-۹-۳- بهره برداری ۲۲۹
۵-۴-۹-۴- تعمیرات ۲۲۹
۵-۴-۹-۵- بازرسی ۲۳۰
۵-۴-۹-۶- ۱۱نکات ایمنی ۲۳۰
۵-۵- کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط ۲۳۱
۵-۵-۱- کلیات ۲۳۱
۵-۵-۲- اجزای سازنده کات‌اوت فیوز ۲۳۱
۵-۵-۲-۱- پایه نصب ۲۳۲

عنوان **صفحه**

۵-۵-۲-۲- مقره اتکایی ۲۳۲
۵-۵-۲-۳- پایه فیوز ۲۳۲
۵-۵-۲-۴- فیوزگیر ۲۳۲
۵-۵-۲-۵- لینک فیوز ۲۳۳
۵-۵-۳- شرایط بهره‌برداری ۲۳۴
۵-۵-۴- مشخصات و معیارهای فنی ۲۳۴
۵-۵-۴-۱- نوع کات‌اوت فیوز ۲۳۴
۵-۵-۴-۲- فرکانس نامی ۲۳۸
۵-۵-۴-۳- جریان نامی ۲۳۸
۵-۵-۴-۴- منحنی مشخصه جریان-زمان ۲۳۹
۵-۵-۴-۵- ولتاژ بازیابی گذرای نامی ۲۳۹
۵-۵-۴-۶- کلاس‌بندی کات‌اوت فیوزها ۲۴۰
۵-۵-۴-۷- سطوح عایقی ۲۴۱
۵-۵-۴-۸- ضرایب تصحیح برای شرایط کاری غیر طبیعی ۲۴۲
۵-۵-۴-۹- مقادیر نامی فیوز کات‌اوت‌های ۲۰ و۳۳ کیلوولتی ۲۴۲
۵-۵-۵- مراحل طراحی و انتخاب کات‌اوت فیوزها ۲۴۵
۵-۵-۶- پلاک مشخصات ۲۴۵
۵-۵-۷- مدارک فنی ۲۴۶
۵-۵-۸- آزمون‌ها ۲۴۸
۵-۵-۹- آیین کار و روش‌های اجرایی ۲۴۸
۵-۵-۹-۱- محل نصب کات‌اوت فیوز ۲۴۸
۵-۵-۱۰- نگهداری و بازدیدهای دوره‌ای ۲۵۱
فصل ششم برقگیرهای فشار متوسط **۲۵۳**
۶-۱- دامنه کاربرد **۲۵۳**
۶-۲- تعریف‌ها **۲۵۳**
۶-۲-۱- مقاومت غیر خطی اکسید فلز ۲۵۳
۶-۲-۲- ولتاژ نامی برق‌گیر (UR) ۲۵۳
۶-۲-۳- ولتاژ کار دائم (UC) ۲۵۴
۶-۲-۴- اضافه ولتاژ موقت (TOV) ۲۵۴
۶-۲-۵- جریان تخلیه نامی (IN) ۲۵۴
۶-۲-۶- جریان دایمی برقگیر ۲۵۴
۶-۲-۷- ولتاژ مرجع (UREF) ۲۵۴
۶-۲-۸- ولتاژ پسماند (URES) ۲۵۴

عنوان **صفحه**

۶-۲-۹- جدا کننده برقگیر ۲۵۴
۶-۲-۱۰- کلاس فشار شکن ۲۵۵
۶-۲-۱۱- ضربه ۲۵۵
۶-۲-۱۲- جریان ضربه صاعقه ۲۵۵
۶-۲-۱۳- جریان ضربه دراز مدت ۲۵۵
۶-۲-۱۴- جریان ضربه شدید برقگیر ۲۵۵
۶-۳- کلیات ۲۵۶
۶-۴- شرایط بهره‌برداری ۲۵۶
۶-۵- مشخصات و معیارهای فنی ۲۵۷
۶-۵-۱- ولتاژ نامی برقگیر (UR) ۲۵۷
۶-۵-۲- ولتاژ کار دایم برقگیر ۲۵۸
۶-۵-۳- فرکانس نامی ۲۵۸
۶-۵-۴- جریان تخلیه نامی (IN) و کلاسبندی برقگیرها ۲۵۸
۶-۵-۵- کلاس تخلیه خط ۲۵۹
۶-۵-۶- ولتاژ پسماند ۲۶۰
۶-۵-۷- کلاس فشار شکن ۲۶۱
۶-۵-۸- سطح عایقی ۲۶۱
۶-۵-۸-۱- انتخاب فاصله خزشی ۲۶۱
۶-۵-۸-۲- قدرت عایقی بدنه ۲۶۱
۶-۵-۹- تعیین حاشیه حفاظت ۲۶۲
۶-۵-۱۰- قابلیت جذب انرژی ۲۶۲
۶-۵-۱۱- طراحی و ساختمان ۲۶۴
۶-۵-۱۱-۱- محفظه ۲۶۴
۶-۵-۱۱-۲- جدا کننده برقگیر ۲۶۴
۶-۵-۱۱-۳- شمارنده برقگیر ۲۶۴
۶-۶- مراحل طراحی و انتخاب برقگیر ۲۶۴
۶-۷- پلاک مشخصات برقگیر ۲۶۶
۶-۸- مدارک فنی ۲۶۶
۶-۹- آزمون‌ها ۲۷۰
۶-۱۰- آیین‌کار و روش‌های اجرایی ۲۷۲
۶-۱۰-۱- نحوه اتصال برقگیر به زمین ۲۷۲
۶-۱۰-۲- آرایش‌های مختلف نصب برقگیر ۲۷۲
۶-۱۰-۳- محل نصب برقگیر ۲۷۴

عنوان **صفحه**

۶-۱۰-۴- بازدیدهای دورهای و تعمیرات ۲۷۶
مراجع **۲۷۷**

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمودار تک خطی برای یک پست هوایی نمونه عمومی و متداول ۵
شکل ۱-۲- نمودار تک خطی برای یک پست هوایی نمونه اختصاصی ۶
شکل ۱-۳- محل نصب ترانسفورماتور قدرت بروی سکوی فلزی ۸
شکل ۱-۴- سکوی نگهدارنده ترانسفورماتور در پست‌های هوایی ۹
شکل ۱-۵- ابعاد و مشخصات سکوی تابلو بتونی ۱۰
شکل ۱-۶- نحوه اجرای سکوی تابلو از نوع زیر چینی شده از آجر ۱۱
شکل ۱-۷- نحوه نصب کات اوت فیوز و برقگیر در پست‌های هوایی نصب شده در وسط خط ۱۲
شکل ۱-۸- نحوه نصب کات اوت فیوز و برقگیر در پست‌های هوایی نصب شده در انتهای خط ۱۲
شکل ۱-۹- نحوه اتصال کات اوت فیوز و ترانسفورماتور قدرت ۱۳
شکل ۱-۱۰- نحوه اتصال نقطه نوترال برقگیر به سیستم زمین ۱۴
شکل ۱-۱۱- نحوه ارتباط کابل ترانسفورماتور به تابلوی فشار ضعیف ۱۵
شکل ۱-۱۲- نحوه اتصال فیدرهای خروجی به شبکه فشار ضعیف ۱۶
شکل ۱-۱۳- جزییات اجرایی چاه زمین حفاظتی ۱۷
شکل ۱-۱۴- جزییات چاه زمین الکتریکی ۱۸
شکل ۲-۱- نمودار مسیر تعیین مشخصه‌های پست ۳۰
شکل ۲-۲- بلوک تجهیزات اصلی پست و موقعیت استقرار آنها ۳۱
شکل ۲-۳- ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد یک طبقه ۳۲
شکل ۲-۴- ترکیبهای بلوکی پست‌های استاندارد دو طبقه ۳۳
شکل ۲-۵- برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های ویژه ۳۴
شکل ۲-۶- برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های دارای یک ترانسفورماتور ۳۵
شکل ۲-۷- مساحت دریچه‌های هوا برحسب فاصله H که در شکل (۲-۸) موجود است. ۳۷
شکل ۲-۸- وضعیت ظاهری و محل قرارگرفتن دریچه‌های هوا و ترانسفورماتور ۳۸
شکل ۲-۹- روشنایی و برق پست یک طبقه دوتایی ۴۷
شکل ۲-۱۰- روشنایی و برق پست دو طبقه با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۴۷
شکل ۲-۱۱- روشنایی و برق پست دو طبقه دوتایی با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۴۸
شکل ۲-۱۲- روشنایی و برق پست دو طبقه دوتایی با تابلوها در طبقه همکف ۴۸
شکل ۲-۱۳- روشنایی و برق پست دو طبقه تکی با تابلوها در طبقه همکف ۴۹
شکل ۲-۱۴- روشنایی و برق پست یک طبقه تکی ۵۰
شکل ۲-۱۵- نشانه‌های گرافیکی و علایم اختصاری ۵۰
شکل ۲-۱۶- نمای کلی یک چاله روغن و چاهک روغن آن ۵۲
شکل ۲-۱۷- جزییات یک چاله روغن به صورت کامل ۵۲
شکل ۲-۱۸- روش اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین ۵۵

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱۹- روش اندازهگیری مقاومت مخصوص خاک ۵۶
شکل ۲-۲۰- جزییات نحوه اتصال تجهیزات فلزی ثابت به شبکه زمین پست ۶۱
شکل ۲-۲۱- جزییات نحوه اتصال شین زمین تابلو به شبکه زمین ۶۲
شکل ۲-۲۲- جزییات اتصال درب فلزی و نرده بازشو به شبکه زمین پست ۶۲
شکل ۲-۲۳- جزییات نصب چاه زمین ۶۴
شکل ۳-۱- جزییات مربوط به اجزای تشکیل دهنده ترانسفورماتور قدرت ۷۸
شکل ۳-۲- نحوه اتصال و گروه‌های برداری متداول ترانسفورماتورهای قدرت در سطوح ولتاژ توزیع ۸۵
شکل ۳-۳- نحوه موازی کردن ترانسفورماتورها با گروه‌های برداری متفاوت و پرکاربرد ۹۲
شکل ۳-۴- نمودار برداری ترانسفورماتور اندازهگیری ولتاژ ۱۱۶
شکل ۳-۵- نمودار برداری ترانسفورماتور اندازهگیری جریان ۱۲۵
شکل ۴-۱- درصد باردهی شینه‌های مختلف (با سطح مقطعهای یکسان) ۱۴۳
شکل ۴-۲- ابعاد پروفیل U شکل ۱۴۷
شکل ۴-۳- ضریب تصحیح K برحسب دمای شینه و دمای متوسط هوا در ۲۴ ساعت ۱۵۱
شکل ۵-۱- تعیین ضریب برای تصحیح ارتفاع محل نصب کلید قدرت ۱۹۳
شکل ۵-۲- منحنی تغییرات مولفه DC برحسب درصد نسبت به زمان عملکرد ۲۰۰
شکل ۵-۳- اجزای اصلی یک کات‌اوت فیوز نمونه ۲۳۲
شکل ۵-۴- اجزای اصلی یک لینک فیوز نمونه ۲۳۳
شکل ۵-۵- ساختار نمونه یک ضربهزن ۲۳۴
شکل ۵-۶- انواع کات‌اوت فیوزها از لحاظ ساختمان ۲۳۵
شکل ۵-۷- منحنی جریان- زمان یک کات‌اوت فیوز نمونه ۲۳۹
شکل ۵-۸- شکل موج ولتاژ بازیابی گذرا برای کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط ۲۴۰
شکل ۵-۹- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در محل اتصال سیستم شبکه هوایی و کابلی زمینی ۲۴۹
شکل ۵-۱۰- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در انشعابات گرفته شده از خطوط هوایی ۲۴۹
شکل ۵-۱۱- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در پست‌های هوایی وسط خط ۲۵۰
شکل ۵-۱۲- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در پست‌های هوایی انتهای خط ۲۵۰
شکل ۵-۱۳- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در محل اتصال شبکه هوایی به پست زمینی ۲۵۱
شکل ۶-۱- رابطه بین انرژی مخصوص و نسبت ولتاژ ضربه کلیدزنی (UA) به ولتاژ نامی برقگیر ۲۶۰
شکل ۶-۲- رابطه بین پارامترهای الکتریکی برقگیر و شبکه ۲۶۳
شکل ۶-۳- فلوچارت الگوریتم انتخاب برقگیر ۲۶۵
شکل ۶-۴- حالات مختلف نصب برقگیر برروی کراس‌آرم‌های چوبی ۲۷۲
شکل ۶-۵- ابعاد و مشخصات پایه مورد استفاده جهت نصب برقگیر برروی کراس‌آرم‌های فلزی ۲۷۳
شکل ۶-۶- نصب برقگیر در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی بدون کات‌اوت فیوز ۲۷۴
شکل ۶-۷- نصب برقگیر در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی با آرایش کراس‌آرم جناقی همراه با کات‌اوت فیوز ۲۷۵

عنوان **صفحه**

شکل ۶-۸- نصب برقگیر در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی با آرایش کراس‌آرم جناقی بدون کات‌اوت فیوز ۲۷۵
شکل ۶-۹- اندازه‌گیری جریان نشتی برقگیر ۲۷۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- انتخاب مشخصات تجهیزات پست‌های هوایی ۷
جدول ۱-۲- ابعاد و مشخصات پایه‌های نگهدارنده و سکوی ترانسفورماتورهای هوایی ۹
جدول ۲-۱- تقسیم بندی نواحی آب و هوایی کشور ۲۴
جدول ۲-۲- بارگذاری مجاز (KVA)های استاندارد یک طبقه تکی ۳۹
جدول ۲-۳- بارگذاری مجاز (KVA)های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۴۰
جدول ۲-۴- بارگذاری مجاز (KVA)های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۴۱
جدول ۲-۵- بارگذاری مجاز (KVA)های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۴۲
جدول ۲-۶- بارگذاری مجاز (KVA)های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف ۴۳
جدول ۲-۷- بارگذاری مجاز (KVA)های استاندارد یک طبقه دوتایی ۴۴
جدول ۲-۸- مشخصات هواکش‌ها ۴۵
جدول ۲-۹- ضریب کاهش ظرفیت ترانسفورماتور برحسب ارتفاع نصب از سطح دریا ۴۵
جدول ۲-۱۰- مقاومت الکترود زمین برای ۱۰۰= ۵۳
جدول ۲-۱۱- اثر تغییر رطوبت خاک بر مقاومت مخصوص آن ۵۴
جدول ۲-۱۲- اثر درجه حرارت بر مقاومت الکتریکی خاک ۵۴
جدول ۲-۱۳- حداقل ابعاد مناسب برای الکترودهای زمین از دیدگاه استقامت مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی ۵۶
جدول ۲-۱۴- حداقل سطح مقطع هادی‌های مدفون در خاک ۵۷
جدول ۲-۱۵- مقادیر پارامترهای مواد مختلف ۵۸
جدول ۲-۱۶- حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی ۵۹
جدول ۲-۱۷- مشخصات چاه برای زمین‌های معمولی ۶۳
جدول ۲-۱۸- مشخصات چاه برای زمین‌های سنگلاخی ۶۳
جدول ۳-۱- پارامترهای آب و هوایی در شرایط کاری استاندارد ترانسفورماتورها ۷۸
جدول ۳-۲- حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده ۸۱
جدول ۳-۳- حدود مجاز افزایش دما برای ترانسفورماتورهای روغنی ۸۲
جدول ۳-۴- حدود مجاز افزایش دما برای ترانسفورماتورهای خشک ۸۲
جدول ۳-۵- حدود مجاز افزایش دما برحسب تغییرات ارتفاع ۸۳
جدول ۳-۶- حدود مجاز افزایش دما برحسب تغییرات دمای محیط برای ترانسفورماتور خشک ۸۳
جدول ۳-۷- سطوح عایقی برای سیم‌پیچ‌ها و بوشینگ‌های سمت فشارقوی ترانسفورماتور ۸۶
جدول ۳-۸- فاصله عایقی قسمت‌های برقدار خارجی ترانسفورماتور ۸۶
جدول ۳-۹- حداقل فاصله خزشی ۸۷
جدول ۳-۱۰- مقادیر نوعی امپدانس ولتاژ ترانسفورماتورها مطابق استاندارد IEC 60076-5 ۸۷
جدول ۳-۱۱- مقادیر توان ظاهری اتصال کوتاه شبکه توزیع ۸۸
جدول ۳-۱۲- حداکثر دمای مجاز سیم‌پیچ ( ) بعد از اتصال کوتاه ۸۹

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱۳- سطح مجاز صدا در ترانسفورماتورهای توزیع ۹۰
جدول ۳-۱۴- مشخصات روغن مورد استفاده در ترانسفورماتور ۹۳
جدول ۳-۱۵- مشخصات اصلی ترانسفورماتور قدرت از نوع روغنی (ارایه شده توسط خریدار) ۹۷
جدول ۳-۱۶- مشخصات اصلی ترانسفورماتور قدرت از نوع روغنی (ارایه شده توسط فروشنده) ۹۹
جدول ۳-۱۹- مقادیر استاندارد ضرایب ولتاژ نامی ۱۱۲
جدول ۳-۲۰-حداکثر افزایش دما برای کلاس‌های مختلف عایق بندی ۱۱۳
جدول ۳-۲۱- سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچ‌های اولیه ترانسفورماتور ولتاژ ۱۱۴
جدول ۳-۲۲- مقادیر خطای ولتاژ و جابه جایی فاز ۱۱۵
جدول ۳-۲۳- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ (ارایه شده توسط خریدار) ۱۱۹
جدول ۳-۲۴- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ (ارایه شده توسط فروشنده) ۱۲۰
جدول ۳-۲۵- حدود خطاها در ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان ۱۲۶
جدول ۳-۲۶- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری جریان (ارایه شده توسط خریدار) ۱۲۸
جدول ۳-۲۷- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ (ارایه شده توسط فروشنده) ۱۲۹
جدول ۴-۱- نوع حفاظت متناظر با اولین رقم مشخصه ۱۳۷
جدول ۴-۲- نوع حفاظت متناظر با دومین رقم مشخصه ۱۳۷
جدول ۴-۳- درجات مختلف حفاظت (رقم اول) ۱۳۷
جدول ۴-۴- درجات مختلف حفاظت (رقم دوم) ۱۳۸
جدول۴-۴- ضرایب تصحیح برحسب ارتفاع ۱۴۰
جدول ۴-۵- حداقل فاصله هوایی ۱۴۱
جدول ۴-۶- محدوده افزایش دمای اجزای مختلف تابلو ۱۴۲
جدول ۴-۷- مشخصات هادی‌های مس و آلومینیوم ۱۴۴
جدول ۴-۸- ظرفیت باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی ۱۴۵
جدول ۴-۹- ظرفیت باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع لولهای شکل ۱۴۶
جدول ۴-۱۰- ظرفیت باردهی شینه‌های مسی U شکل ۱۴۷
جدول ۴-۱۱- مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی ۱۴۸
جدول ۴-۱۲- ظرفیت باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع لولهای شکل ۱۴۹
جدول ۴-۱۳- مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی U شکل ۱۵۱
جدول ۴-۱۴- نحوه انتخاب نوع رنگ تابلوها ۱۵۴
جدول ۴-۱۵- حداکثر ابعاد تابلوها ۱۵۴
جدول ۴-۱۶- ضریب کاربرد A برای فاصله خزشی ۱۵۸
جدول ۴-۱۷- ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته ۱۶۲
جدول ۴-۱۸- ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته کشویی ۱۶۲
جدول ۴-۱۹- مشخصات فنی تابلوها (ارایه شده توسط خریدار) ۱۶۳

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۲۰- مشخصات فنی تابلوها (ارایه شده توسط فروشنده) ۱۶۸
جدول ۴-۲۱- کارت مشخصه تعمیر و نگهداری تابلو ۱۸۳
جدول ۵-۱- پارامترهای محیطی و شرایط کاری استاندارد برای کلیدخانه‌های سطوح ولتاژ متوسط ۱۹۰
جدول ۵-۲- مقایسه کلیدهای گازی، خلاء و کم روغن ۱۹۳
جدول ۵-۳- سطح ولتاژ استقامت عایقی کلیدهای قدرت ۱۹۴
جدول ۵-۴- حداقل فاصله خزشی طبق استاندارد IEC 60185 ۱۹۵
جدول ۵-۵- مقادیر استاندارد پارامترهای TRV ۱۹۵
جدول ۵-۶- حداکثر افزایش دمای مجاز اجزای کلید ۱۹۷
جدول ۵-۷- مقادیر استاندارد جریان‌های گذرای عبوری از کلید به هنگام کلیدزنی جریان‌های خازنی ۱۹۹
جدول ۵-۸- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس تعداد عملکرد مکانیکی ۲۰۱
جدول ۵-۹- کلاس‌بندی کنتاکت‌های کمکی با جریان .D.C ۲۰۳
جدول ۵-۱۰- درجه حفاظت در مقابل ورود اشیاء خارجی ۲۰۶
جدول ۵-۱۱- مشخصات اصلی کلید قدرت (ارایه شده توسط خریدار) ۲۰۸
جدول ۵-۱۲- مشخصات فنی کلید قدرت (ارایه شده توسط فروشنده) ۲۰۹
جدول ۵-۱۳- تقسیم‌بندی سکسیونرهای فشار متوسط ۲۱۸
جدول ۵-۱۴- کلاس‌بندی سکسیونرها براساس تعداد عملکرد مکانیکی ۲۲۰
جدول ۵-۱۵- مشخصات اصلی سکسیونر (ارایه شده توسط خریدار) ۲۲۳
جدول ۵-۱۶- مشخصات فنی سکسیونر (ارایه شده توسط فروشنده) ۲۲۴
جدول ۵-۱۷- مقادیر نوعی منحنی مشخصه جریان-زمان فیوز کات‌اوت‌های نوع K ۲۳۴
جدول ۵-۱۸- مقادیر نوعی مشخصه جریان-زمان فیوز کات‌اوت‌های نوع T ۲۳۵
جدول ۵-۱۹- محدوده مجاز افزایش دما برای اجزای فلزی کات‌اوت فیوز ۲۳۶
جدول ۵-۲۰- ولتاژ بازیابی گذرای کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط ۲۳۹
جدول ۵-۲۱- سطح نامی عایقی برای کات‌اوت فیوزها ۲۳۹
جدول ۵-۲۲- ضرایب تصحیح جریان نامی و افزایش دمای مجاز برحسب تغییرات ارتفاع ۲۴۰
جدول ۵-۲۳- ضریب تصحیح سطوح عایقی برحسب تغییرات ارتفاع ۲۴۰
جدول۵-۲۴- مقادیر نامی فیوز کات‌اوت‌های ۲۰ کیلوولتی ۲۴۱
جدول ۵-۲۵- مقادیر نامی، فیوز کات اوت‌های ۳۳ کیلوولتی ۲۴۲
جدول ۵-۲۶- مشخصات اصلی کات اوت فیوز (ارایه شده توسط خریدار) ۲۴۴
جدول ۵-۲۷- مشخصات اصلی کات اوت فیوز (ارایه شده توسط فروشنده) ۲۴۵
جدول ۶-۱- پارامترهای آب و هوایی و شرایط کاری استاندارد برقگیرها ۲۵۷
جدول ۶-۲- تقسیم‌بندی برقگیرهای A10000 و A20000 ۲۵۹
جدول ۶-۳- مقادیر ولتاژ پسماند برای برقگیرهای اکسید فلز برحسب پریونیت ۲۶۰
جدول ۶-۴- حداقل فاصله خزشی برحسب سطح آلودگی ۲۶۱

عنوان **صفحه**

جدول ۶-۵- مشخصات اصلی برقگیر (ارایه شده توسط خریدار) ۲۶۶
جدول ۶-۶- مشخصات اصلی برقگیر (ارایه شده توسط فروشنده) ۲۶۸
جدول ۶-۷- ابعاد و مشخصات کراس‌آرم و پایه‌های فلزی جهت نصب برقگیر ۲۷۳

فصل اول
پست‌های هوایی توزیع

مقدمه

آخرین مرحله تغییر سطح ولتاژ و تبدیل انرژی برق به سطوح ولتاژ قابل استفاده برای مصرف‌کنندگان، در پست‌های توزیع انجام می‌گیرد. این پست‌ها به دو دسته عمده زمینی و هوایی تقسیم‌بندی می‌شوند. در این فصل ضوابط و معیارهای حاکم در طراحی و بهره‌برداری از پست‌های توزیع هوایی ارایه می‌گردد.

۱-۱ دامنه کاربرد

دامنه کاربرد مطالب ارایه شده در این فصل معیارها و ویژگی‌های فنی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی را شامل می‌شود.

۱-۲ تعاریف

۱-۲-۱ پست

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

۱-۲-۲ پست هوایی

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

۱-۲-۳ ظرفیت پست

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

۱-۲-٤ فیدر

به خطوط ورودی و خروجی از پست فیدر اطلاق می‌شود.

۱-۳ تجهیزات پست‌های هوایی

۱-۳-۱ ترانسفورماتور قدرت

ظرفیت ترانسفورماتور قدرت نصب شده در پست‌های توزیع هوایی با توجه به ظرفیت پست تعیین می‌گردد. ترانسفورماتورهای روغنی با سیستم خنک کنندگی گردش طبیعی هوا و یا ترانسفورماتورهای نوع خشک با عایق رزینی انواع معمول ترانسفورماتورهای قدرت هوایی می‌باشند. انتخاب ترانسفورماتور بایستی مطابق با معیارها و ویژگی‌های فنی بخش (۱-۴) انجام پذیرد.

۱-۳-۲ تابلوی فشارضعیف

جهت حفظ تجهیزات کلیدزنی و اندازه‌گیری از عوامل محیطی و جوی، از تابلوهای فشارضعیف در پست‌های هوایی استفاده می‌شود. تابلوهای فشارضعیف پست‌های هوایی شامل بخش‌های ذیل می‌باشد.

الف- ورودی که شامل کلید اتوماتیک ورودی (یا کلید فیوز و یا فیوز) و دستگاه‌های اندازه‌گیری جریان و ولتاژ می‌باشد.

ب- روشنایی معابر

ج- خروجی

تابلوهای فشار ضعیف در ارتفاع ۶۵ سانتیمتری از سطح زمین و برروی سکوهای بتونی، آجری و یا فلزی نصب می‌گردند. ارتباط این تابلوها با ترانسفورماتور و فیدرهای خروجی پست از طریق قسمت زیرین ورودی و خروجی نصب شده در زیر تابلوها انجام می‌پذیرد. ابعاد و مشخصات این تابلوها باتوجه به نوع و ظرفیت کلیدها و تجهیزات نصب شده در داخل تابلو تعیین می‌گردد. طراحی و انتخاب تابلوهای فشار ضعیف بایستی مطابق با معیارها و ویژگی‌های فنی ارایه شده در فصل چهارم این نشریه انجام گیرد.

۱-۳-۳ برقگیر

برقگیرها در طرف فشار قوی ترانسفورماتور قدرت جهت حفاظت از ترانسفورماتور و تجهیزات پست در برابر امواج سیار ناشی از صاعقه و کلیدزنی نصب می‌گردند. انتخاب برقگیرها بایستی مطابق با معیارها و ویژگی‌های فنی ارایه شده در فصل ششم این نشریه انجام گیرد.

۱-۳-٤ کات اوت فیوز

کات اوت فیوزها در طرف فشار قوی ترانسفورماتور قدرت جهت حفاظت از ترانسفورماتور و تجهیزات پست در برابر جریان‌های خطای ناشی از اتصال کوتاه‌ها نصب می‌گردند. انتخاب کات اوت فیوزها بایستی مطابق با معیارها و ویژگی‌های فنی ارایه شده در فصل پنجم این نشریه انجام گیرد.

۱-۳-۵ کابل‌ها

از کابل‌های ارتباطی جهت ارتباط بین ترانسفورماتور و تابلوی فشار ضعیف و فیدرهای خروجی پست استفاده می‌شود. این کابل‌ها عموما از نوع کابل‌های خشک با عایق PVC انتخاب می‌شوند. سطح مقطع کابل ارتباطی بین ترانسفورماتور و تابلو باتوجه به قدرت ترانسفورماتور و مطابق با مندرجات بند (۱-۴-۷) انتخاب می‌گردد. سطح مقطع کابل ارتباطی فیدرهای خروجی باتوجه به بار متصل به فیدر تعیین می‌شود.

۱-٤مشخصات و معیارهای فنی

۱-٤-۱ انواع پست‌های هوایی

پست‌های هوایی از لحاظ محل نصب به دو دسته ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف- پست‌های هوایی نصب شده در انتهای خط

ب- پست‌های هوایی نصب شده در وسط خط

تفاوت بین این دو نوع پست در نحوه آرایش اجزای آن می‌باشد. در بند (۱-۵) نحوه آرایش اجزای این دو نوع پست تشریح شده است.

۱-٤-۲ ظرفیت پست

تعیین ظرفیت پست نیازمند برآورد بارهای متصل به آن می‌باشد.

بارهای الکتریکی از لحاظ نوع مصرف‌کننده به سه دسته ذیل تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف- بارهای مسکونی

- شهری و حومه شهری
- روستایی

ب- بارهای تجاری

- مناطق مرکز شهر

- مراکز خرید
- ساختمان های تجاری

ج- بارهای صنعتی

- کارخانجات کوچک
- کارخانجات بزرگ

این مصرف‌کننده‌ها از ظرفیت کامل تجهیزات الکتریکی خود به طور همزمان بهره نمی‌گیرند و به علاوه بار مصرفی توسط مصرف‌کننده‌های مختلف در ساعات مختلف شبانه روز متفاوت می‌باشد. بنابراین برآورد بار نیازمند مطالعه دقیق آماری بارهای متصل به پست و تغییرات آن به‌ازای ساعات مختلف شبانه روز می‌باشد. از دیگر عوامل موثر در تعیین ظرفیت پست رشد بار می‌باشد. در انتخاب ظرفیت پست بایستی توانایی پست را در تامین اضافه بارهای ناشی از گسترش‌های آینده شبکه در نظر گرفت. این آینده‌نگری با مطالعه آماری عملکرد و نیز با مطالعه و بررسی فرهنگ مصرف جامعه انجام می‌پذیرد.

در پست‌های توزیع هوایی ظرفیت پست به ظرفیت ترانسفورماتور قدرت نصب شده در آن اطلاق می‌گردد. ظرفیت ترانسفورماتور قدرت (و یا ظرفیت پست) بایستی بزرگترین مقدار نزدیک به بار برآورد شده از بین مقادیر استاندارد ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵ و ۴۰۰ کیلوولت آمپر انتخاب شود.

۱-٤-۳ ویژگی‌های محل احداث پست

محل نصب پست‌های هوایی بایستی دارای مشخصات و شرایط ذیل باشد.

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

۱-٤-٤ ارتفاع نصب تجهیزات

در پست‌های هوایی جهت ایجاد ایمنی لازم تجهیزات پست اعم از ترانسفورماتور قدرت، برقگیرها، کات اوت فیوزها و ... بالاتر از سطح زمین نصب می‌گردند. ارتفاع نصب هرکدام از این تجهیزات در بند (۱-۵) آمده است.

۱-٤-۵ سیستم زمین

برای ملزومات حفاظتی و نیز ایجاد نول جهت مصارف تک‌فاز، دو عدد چاه زمین جهت یک پست توزیع هوایی بایستی حفر گردد. چاه زمین حفاظتی کنار پست جهت اتصال بدنه ترانسفورماتور، بدنه تابلو و سیم نول برقگیرها حفر می‌گردد. چاه زمین الکتریکی نیز در پای اولین پایه شبکه فشار ضعیف هوایی اجرا می‌گردد. عمق چاه و کیفیت اجرای آن بایستی به گونه‌ای باشد که مقاومت اتصال زمین برای زمین حفاظتی و زمین الکتریکی به ترتیب کمتر از ۲ و ۵ اهم باشد.

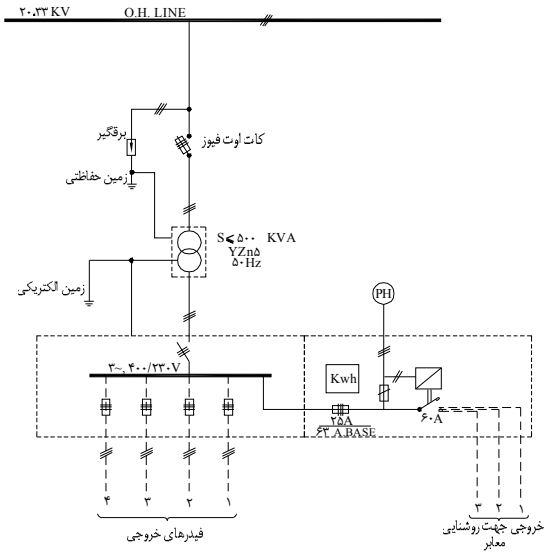
طبق استاندارد "سیستم زمین شبکه‌های توزیع" توانیر ۱۳۷۴، فاصله بین دو چاه بایستی بیشتر از ۲۰ متر درنظر گرفته شود. طبق همین استاندارد در مواردی به شرح ذیل می‌توان از یک چاه استفاده نمود.

– در صورتی که خطوط سیستم فشار متوسط از نوع کابلی با غلاف زره فلزی زمین شده، باشد.

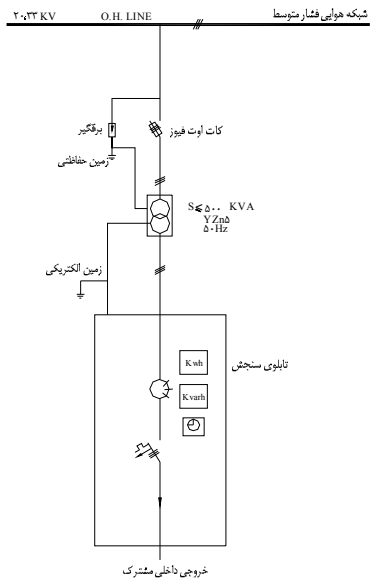
– در مواقعی که پست هوایی توسط خط کابلی زیرزمینی با غلاف زره فلزی زمین شده با حداقل طول یک کیلومتر تغذیه گردد و در محل تبدیل از برقگیر استفاده شده باشد.

۱-٤-٦ نمودار تک خطی پست‌های توزیع هوایی

به منظور سادگی و راحتی کار، اتصالات بین تجهیزات پست به صورت نمودار تک خطی ترسیم می‌گردد. در نمودار تک خطی اتصالات و جزییات مربوط به عناصر سازنده پست برروی نمودار مشخص می‌شود. نمونه‌هایی از نمودار تک خطی پست‌های هوایی عمومی و اختصاصی به ترتیب در شکل‌های (۱-۱) و (۱-۲) نشان‌داده شده است.



شکل ۱-۱- نمودار تک خطی برای یک پست هوایی نمونه عمومی و متداول



شکل ۱-۲- نمودار تک خطی برای یک پست هوایی نمونه اختصاصی

۱-٤-۷ انتخاب مشخصات تجهیزات پست‌های هوایی

در جدول (۱-۱) مشخصات تجهیزات پست‌های هوایی برحسب قدرت‌های مختلف ترانسفورماتور درج شده است. از این جدول می‌توان برای انتخاب تجهیزات مختلف پست‌های هوایی استفاده نمود.

جدول (۱-۱): انتخاب مشخصات تجهیزات پست‌های هوایی

ردیف	قدرت ترانسفورماتور (kVA)	وزن (kg)	پایه کمکی	نوع سکو×	جریان اولیه (A)	المنت فیوز			جریان ثانویه (A)	آمپراژ کلید کل	کلید کل استاندارد	سایز کابل ارتباطی با تابلو
						T	k	S.F				
۱	۵۰	۳۷۰	۹/۴۰۰	A	۱/۴۴۳	۳	۳	۱/۴	۷۰	۸۴	۱۰۰	۳×۲۵+۱۶
۲	۱۰۰	۶۴۰	۹/۴۰۰	A	۲/۸۸۷	۶	۶	۳/۱	۱۴۰	۱۶۸	۲۵۰	۳×۵۰+۲۵
۳	۱۶۰	۷۸۰	۹/۴۰۰	A	۴/۶۱۹	۸	۸	۴/۲	۲۲۴	۲۶۹	۴۰۰	۳×۹۵+۵۰
۴	۲۰۰	۸۹۰	۹/۴۰۰	A	۵/۷۷۴	۱۰	۱۰	۵/۲	۲۸۰	۳۳۶	۴۰۰	۳×۱۲۰+۷۰ یا ۲(۳×۵۰+۲۵)
۵	۲۵۰	۱۰۴۰	۹/۴۰۰	A	۷/۲۱۵	۱۰	۱۰	۷	۳۵۰	۴۲۰	۶۳۰	۳×۱۲۰+۷۰ یا ۲(۳×۷۵+۳۵)
۶	۳۱۵	۱۲۵۰	۹/۸۰۰	B	۹/۰۹۳	۱۲	۱۲	۷/۸	۴۴۱	۵۲۹	۶۳۰ یا ۱۰۰۰	۳(۳×۱۲۰+۷۰) یا ۱۲۰+ ۳(۱×۱۸۵)
۷	۴۰۰	۱۴۶۰	۹/۸۰۰	B	۱۱/۵۴۷	۱۵	۱۵	۱۰/۴	۵۶۰	۶۷۲	۱۰۰۰	۲(۳×۱۵۰+۷۰) یا ۱۸۵+ ۳(۱×۲۴۰)

× به جدول (۱-۲) مراجعه شود.

۱-۵ آیین کار و روش‌های اجرایی

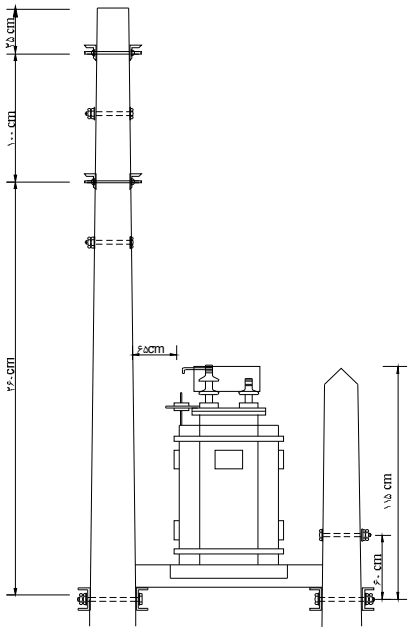
در این بخش ملاحظات عمومی و اجرایی اجزای سازنده و اصلی پست‌های هوایی تشریح می‌گردد.

۱-۵-۱ ترانسفورماتور قدرت

ترانسفورماتور قدرت بر روی سکوی فلزی طبق شکل (۱-۳) نصب می‌گردد. سکوی مذکور در فاصله ۳۸۵ سانتیمتری از راس تیر بلندتر قرارگرفته و ترانسفورماتور بر روی سکو طوری مستقر می‌گردد که ریل زیر آن برروی ناودانی قرار داشته و توسط چهار عدد پیچ و مهره محکم گردد.

ترانسفورماتور برروی سکو بایستی کاملا تراز شده و طوری نصب گردد که بوشینگ‌های طرف فشارقوی به طرف کات‌اوت فیوز و بوشینگ‌های طرف فشارضعیف به طرف پایه کمکی باشد. همچنین فاصله سمت فشارقوی ترانسفورماتور از پایه بایستی بیشتر از ۶۵ سانتیمتر باشد.

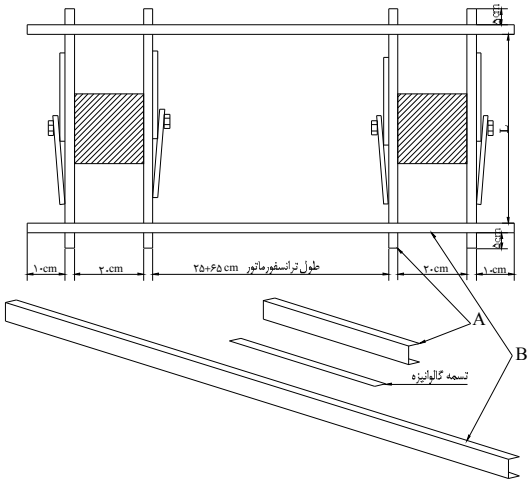
اتصال بدنه ترانسفورماتور به سیستم زمین، توسط کابل اتصال به زمین برقگیرها (چاه حفاظتی) انجام می‌پذیرد. برای این منظور بایستی کابل اتصال به زمین برقگیر را در محل سکوی ترانسفورماتور به اندازه ۱۰ سانتیمتر لخت نموده و توسط یک قطعه سیم مسی با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع و یک عدد بست مسی شیار دار به بدنه ترانسفورماتور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



شکل ۱-۳- محل نصب ترانسفورماتور قدرت بروی سکوی فلزی

۱-۵-۲ سکوی ترانسفورماتور

ترانسفورماتورهای تک‌فاز با قدرت‌های کمتر از ۱۵ کیلو ولت‌آمپر برروی پایه‌های تکی نصب می‌گردند. برای نصب ترانسفورماتورهای سنگین‌تر از سکوهای فلزی نصب شده روی جفت پایه استفاده می‌شود. در شکل (۱-۴) سکوی ترانسفورماتور نشان داده شده است. ابعاد و مشخصات سکوی ترانسفورماتور با توجه به ظرفیت ترانسفورماتور در جدول (۱-۲) آمده است.



شکل ۱-۴-سکوی نگهدارنده ترانسفورماتور در پست‌های هوایی

جدول ۱-۲- ابعاد و مشخصات پایه‌های نگهدارنده و سکوی ترانسفورماتورهای هوایی

قدرت ترانسفورماتور (kVA)	سطح ولتاژ (kV)	مشخصات سکوی ناودانی				طول تسمه * (cm)
		A		B		
		نوع	طول (cm)	نوع	طول (cm)	
۲۵-۲۰۰	۲۰	۸۰	۱۸۰	۸۰	۷۰	۷۰
	۳۳	۸۰	۱۸۲	۸۰	۷۰	۷۰
۲۵۰	۲۰	۱۰۰	۱۹۱	۸۰	۹۰	۷۰
	۳۳	۱۰۰	۱۸۴	۸۰	۹۰	۷۰
۳۱۵-۴۰۰	۲۰	۱۲۰	۲۱۲	۸۰	۹۰	۷۵
	۳۳	۱۲۰	۲۰۳	۸۰	۹۰	۷۵

A: ناودانی بلندتر که به صورت طولی در زیر ترانسفورماتور قرار می‌گیرد.

B: ناودانی کوتاه‌تر که به صورت عرضی در زیر سکو قرار گرفته و به پایه‌ها متصل می‌گردد.

* تسمه گالوانیزه با عرض ۵۰ میلیمتر از ورق با ضخامت ۵ میلیمتر ساخته می‌شود.

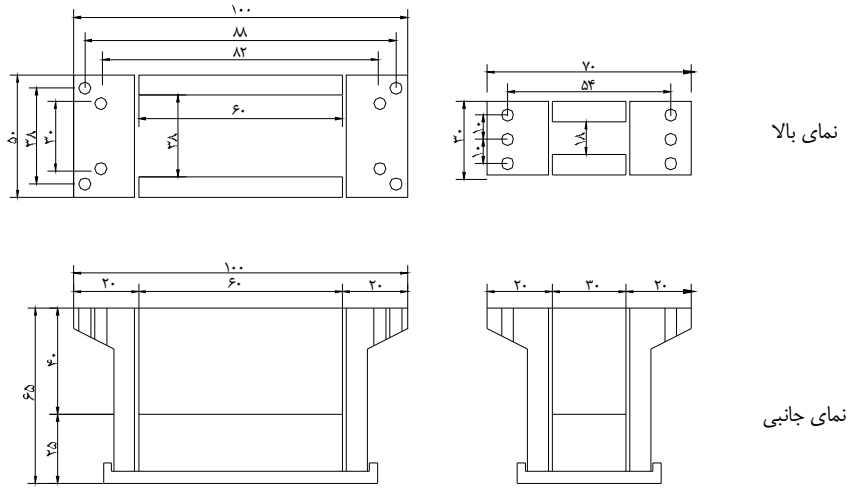
۱-۵-۳ تابلوی فشار ضعیف

تابلوهای فشارضعیف در پست‌های هوایی بر روی پایه‌های بتونی از پیش آماده، سکوهای آجرچینی شده و یا سکوهای فلزی مشابه با سکوهای ترانسفورماتورهای قدرت نصب می‌گردند. در شکل (۱-۵) ابعاد و مشخصات سکوی بتونی برای تابلوهای عمومی و اختصاصی نشان داده شده است. در سکوهای بتونی تابلوی فشار ضعیف توسط پیچ و مهره به سکو متصل می‌گردد.

در صورتی که تهیه سکوی بتونی از پیش آماده ممکن نباشد از سکوی آجرچینی شده طبق شکل (۱-۶) استفاده می‌گردد. در این حالت تابلو توسط پشت‌بند نیز به پایه‌ها متصل می‌شود.

در صورت استفاده از سکوهای فلزی جهت نصب تابلوی فشار ضعیف، ابعاد و مشخصات سکو بایستی طبق وزن تابلو محاسبه و انتخاب گردد. در این حالت تابلو مشابه ترانسفورماتور قدرت توسط پیچ و مهره برروی سکو نصب می‌شود.

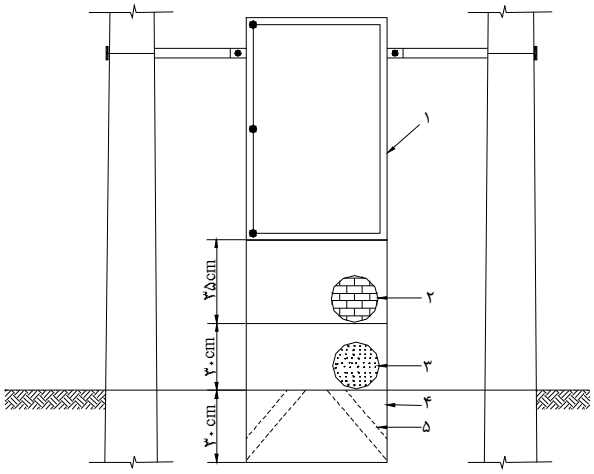
بدنه تابلو و تجهیزات فشار ضعیف توسط کابلی با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع (جز در موارد مندرج در بند (۱-۴-۵) به سیم‌زمین الکتریکی متصل می‌گردد.



کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

الف- سکوی بتونی تابلوهای عمومی ب- سکوی بتونی تابلوی اختصاصی

شکل ۱-۵- ابعاد و مشخصات سکوی بتونی تابلو



کد تجهیز	شرح
۱	تابلو
۲	آجر سفال ۴ سانتی
۳	سنگ دو تیشه داغون
۴	بتون با عیار ۳۰۰
۵	لوله پولیکا نمره ۱۰

شکل ۱-۶- نحوه اجرای سکوی تابلو از نوع زیر چینی شده از آجر

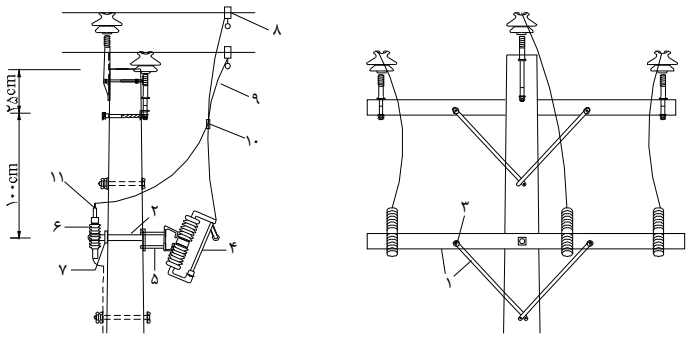
۱-۵-٤ نحوه نصب کات‌اوت فیوز و برقگیر

الف – پست هوایی نصب شده در وسط خط هوایی

کات اوت فیوز و برقگیر بر روی دو عدد کنسول ۲/۴۴ متری نمره ۷ و بر روی پایه ۱۲ متری طبق شکل (۱-۷) نصب می‌شوند. برای افزایش استقامت کنسول از دو تسمه فلزی استفاده می‌شود. کات اوت فیوز بر روی کنسول به طرف ترانسفورماتور و برقگیر در سمت بیرونی کنسول نصب می‌گردد. استقرار کات اوت فیوز و برقگیر بر روی کنسول با استفاده از براکت‌های مخصوص انجام می‌گیرد. جهت تسهیل در نصب و جداسازی لینک‌فیوز، کات اوت فیوزها با زاویه ۲۰ درجه نسبت به امتداد قایم نصب می‌گردند. فاصله محل نصب برقگیر و کات اوت فیوز از مقره‌ها و انتهای پایه خط بایستی به ترتیب ۱ و ۱/۲۵ متر در نظر گرفته شود.

در شکل (۱-۷) نحوه اتصال خط اصلی به کات اوت فیوز و برقگیر در پست‌های هوایی وسط خط نشان داده شده است. ارتباط خط با کات اوت فیوز و برقگیر توسط سیم ACSR-۳۵ و گیره قابل قطع تحت ولتاژ (گیره هات لاین) آلومینیمی در طرف خط برقرار می گردد. جهت تقویت محل اتصال به هادی خط برروی گیره هات لاین و هادی خط یک رشته سیم آرمورد یا آلومینیم پیچانده می‌شود.

سیم برقگیر نیز توسط یک کلمپ پیچی شکافدار از سیم کات اوت فیوز منشعب شده و با کابلشوی ۵۰ به برقگیر وصل می‌گردد.

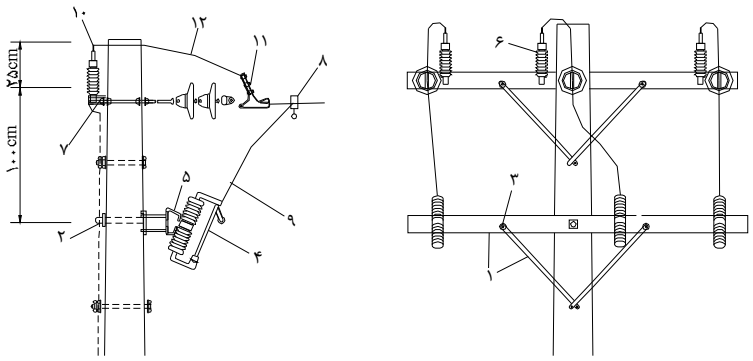


کد تجهیز	شرح
۱	کنسول ۲/۴۴ متری نمره ۷ با تسمه
۲	پیچ و مهره ۳۵۰ × ۱۴
۳	پیچ و مهره ۱۰ × ۴۰
۴	کات‌اوت فیوز
۵	براکت کات‌اوت فیوز
۶	برقگیر
۷	براکت برقگیر
۸	گیره هات‌لاین آلومینیومی
۹	سیم ACSR-۳۵
۱۰	کلمپ پیچی شکاف‌دار
۱۱	کابلشوی بی‌متال ۵۰

شکل ۱-۷- نحوه نصب کات اوت فیوز و برقگیر در پست‌های هوایی نصب شده در وسط خط

ب- پست‌های هوایی نصب شده در انتهای خط هوایی

در این پست‌ها محل استقرار برقگیر در امتداد خط می‌باشد و از کلمپ انتهایی موجود جهت اتصال سیم خط به برقگیر استفاده می‌شود. جزییات نصب کات‌اوت فیوزها در این حالت مشابه حالت الف بوده و برای استقرار کات‌اوت فیوز از یک عدد کنسول که با فاصله یک متری زیر کنسول خط نصب می‌گردد استفاده می‌شود. در شکل (۱-۸) جزییات مربوط به نحوه اتصال خط اصلی به کات‌اوت فیوز و برقگیر نشان داده شده است.

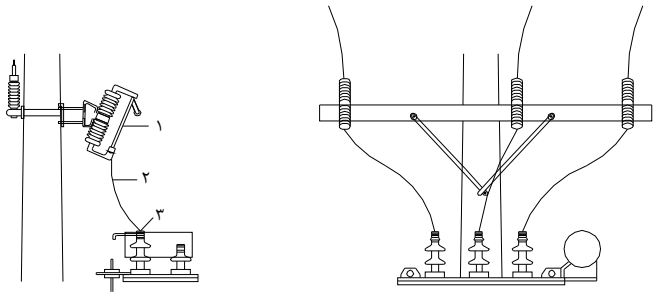


کد تجهیز	شرح
۱	کنسول ۲/۴۴ متری نمره ۷ با تسمه
۲	پیچ و مهره ۳۵۰ × ۱۴
۳	پیچ و مهره ۱۰ × ۴۰
۴	کات‌اوت فیوز
۵	براکت کات‌اوت فیوز
۶	برقگیر
۷	براکت برقگیر
۸	گیره هات‌لاین آلومینیمی
۹	سیم ACSR-۳۵
۱۰	کابلشوی بی‌متال ۵۰
۱۱	کلمپ انتهایی
۱۲	سیم اصلی خط

شکل ۱-۸- نحوه نصب کات اوت فیوز و برقگیر در پست‌های هوایی نصب شده در انتهای خط

۱-۵-۵ نحوه اتصال کات اوت فیوز به ترانسفورماتور قدرت

کات اوت فیوز طبق شکل (۱-۹) به ترانسفورماتور قدرت وصل می‌گردد. ارتباط بین کات اوت فیوز و ترانسفورماتور با استفاده از سیم مسی با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع و کابلشوی مسی نمره ۵۰ برقرار می‌شود.

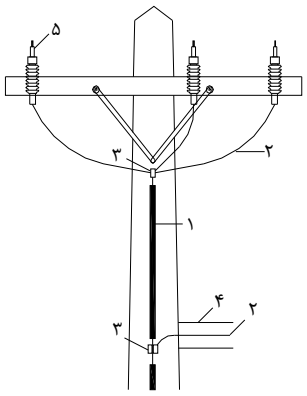


کد تجهیز	شرح
۱	کات‌اوت فیوز
۲	سیم نمره ۵۰
۳	کابلشوی ۵۰

شکل ۱-۹- نحوه اتصال کات اوت فیوز و ترانسفورماتور قدرت

۱-۵-۶ نحوه اتصال برقگیر به زمین

جهت اتصال نقطه نوترال برقگیر به زمین از کابل مسی تک رشته با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع استفاده می‌شود. این کابل به فاصله ۳۰ الی ۳۵ سانتیمتری از برقگیر فاز وسط، لخت شده و به طور مستقیم به آن وصل می‌گردد. برقگیرهای کناری نیز توسط سیم مسی لخت با سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع به یکدیگر متصل و در عین حال توسط بست شکافدار و دوپیچه مسی به قسمت لخت شده کابل اتصال داده می‌شوند. در شکل (۱-۱۰) نحوه اتصال نقطه نوترال برقگیر به زمین نشان داده شده است.



کد تجهیز	شرح
۱	کابل تک‌رشته با مقطع ۵۰
۲	سیم مسی اتصال بدنه ترانسفورماتور با مقطع ۵۰ میلیمتر
۳	بست مسی شکاف‌دار دو پیچه
۴	سکوی ترانسفورماتور
۵	برقگیر

شکل ۱-۱۰- نحوه اتصال نقطه نوترال برقگیر به سیستم زمین

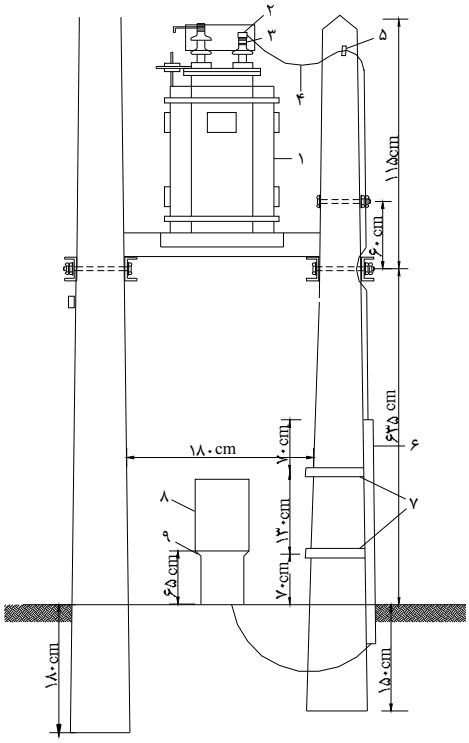
۱-۵-۷ نحوه اتصال کابل ترانسفورماتور به تابلو

در شکل (۱-۱۱) نحوه ارتباط کابل ترانسفورماتور به تابلو نشان داده شده است. کابل متناسب با قدرت ترانسفورماتور طبق جدول (۱-۱) به طول ۱۲ متر انتخاب می‌گردد. جهت اتصال کابل به ترانسفورماتور پوسته کابل به اندازه ۳۰ سانیتمتر برداشته شده و به اندازه عمق کابلشو لخت می‌گردد. پس از پرس کابلشوی مسی و آرایش رشته‌های کابل توسط شمش مسی، اتصال بین کابل و بوشینگ‌های ترانسفورماتور برقرار می‌شود.

نحوه اتصال کابل در قسمت بالای پایه باید به گونه‌ای باشد که از وارد شدن وزن کابل بر روی بوشینگ ترانسفورماتور نیز جلوگیری کند. بدین منظور بهتر است که کابل حدود ۲۰ سانتیمتر بالاتر از سطح بوشینگ، بر روی پایه‌ها توسط راک تک خانه مستقر گردد. کابل مذکور پس از عبور از لوله گالوانیزه ۳متری که ۳۰ سانتیمتر آن داخل زمین می‌باشد از زیر زمین وارد سکوی بتونی شده و با رعایت ترتیب فازها و آرایش مناسب بوسیله کابلشو روی کلید اصلی و شینه نول محکم می‌گردد. برای جلوگیری از ورود نیرو و فشار به کلید و شینه نول، بایستی کابل توسط بست‌های مناسب به تابلو محکم گردد.

در صورتی که تابلو برروی سکوی فلزی (همانند سکوی ترانسفورماتور) مستقر شده باشد، کابل از محل سکو و توسط دریچه‌های تعبیه شده برروی تابلو به داخل تابلو برده می‌شود. در این حالت کابل بایستی در چند نقطه قبل از ورود به تابلو به سکوی تابلو محکم شده تا وزن آن به کلید اصلی وارد نشود.

کد تجهیز	شرح
۱	ترانسفورماتور هوایی
۲	شمش مسی به طول ۵ سانتیمتر
۳	کابلشو مسی
۴	کابل
۵	راک تک‌خانه
۶	لوله گالوانیزه ۳-۵ اینچ به طول ۳ متر
۷	بست یا کربی
۸	تابلو
۹	سکوی تابلو



شکل ۱-۱۱- نحوه ارتباط کابل ترانسفورماتور به تابلوی فشار ضعیف

۱-۵-۸ نحوه ارتباط فیدرهای خروجی تابلو با شبکه فشار ضعیف

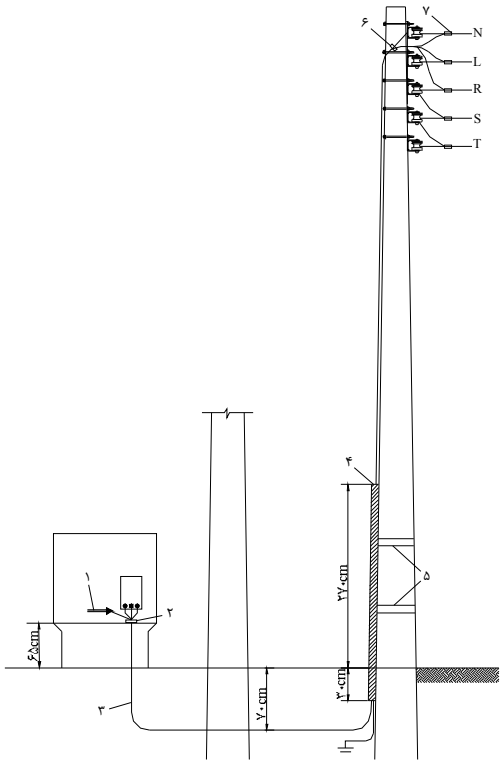
ارتباط بین پست هوایی و شبکه فشار ضعیف توسط کابل مناسب که از تابلو تا اولین پایه شبکه فشار ضعیف هوایی کشیده شده برقرار می‌گردد.

جهت اتصال فیدر به کلیدهای قدرت در داخل تابلو، ابتدا پوسته کابل را به اندازه ۲۵ الی ۳۰ سانتیمتر برداشته و هر کدام از رشته‌های کابل متناسب با عمق کابلشو لخت می‌شود. کابل بعد از پرس نمودن کابلشو به کلیدهای خروجی داخل تابلو بسته می‌شود. برای جلوگیری از اعمال نیرو به کلید، کابل در درون تابلو توسط بست‌های مناسب به بدنه تابلو محکم می‌گردد.

کابل در فاصله بین تابلو تا اولین پایه فشار ضعیف، در عمق ۷۰ سانیتمتری زمین دفن می‌شود. بعد از عبور کابل از داخل لوله گالوانیزه ۲ یا ۴ اینچی به طول ۳ متر که ۳۰ سانتیمتر آن در زمین فرورفته در اولین پایه از شبکه فشار ضعیف به شبکه هوایی متصل می‌گردد. این لوله توسط بست‌های مناسب به پایه محکم می‌شود. کابل بعد از خروج از لوله تا ۳۰ الی ۶۰ سانتیمتری راس تیر بالا برده شده و با عبور از سر کابل مناسب که در پهلوی تیر و مقابل فاز روشنایی معابر نصب می‌گردد، آماده اتصال به شبکه فشار ضعیف می‌شود.

برای اتصال کابل به شبکه فشار ضعیف، ابتدا پوسته کابل به اندازه ۹۰ سانیتمتر برداشته و روکش هر رشته به اندازه ۱۰ سانتیمتر لخت شده و سپس با رعایت آرایش فازها، توسط کلمپ دوپیچه مسی متناسب با کابل به شبکه فشار ضعیف متصل می‌گردد. در شکل (۱-۱۲) نحوه برقراری ارتباط تابلوی فشار ضعیف پست هوایی با شبکه فشار ضعیف نشان داده شده است.

لازم به ذکر است تنها در صورتی که اجرای حفاری جهت تعبیه کابل امکان‌پذیر نباشد استفاده از کابل هوایی جهت اتصال به شبکه هوایی مجاز می‌باشد. جهت ارتباط هوایی بایستی از براکت‌های نصب شده برروی پایه‌های پست هوایی و یا از کابل خود نگهدار استفاده نمود.



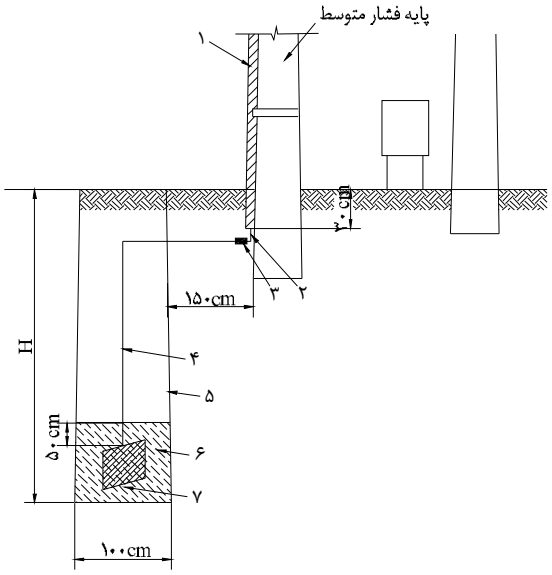
کد تجهیز	شرح
۱	کابلشو مسی متناسب با کابل
۲	بست یا گلند
۳	کابل خشک با عایق PVC
۴	لوله گالوانیزه ۳-۴ اینچی سه متری
۵	بست یا کربی
۶	راک تک‌خانه
۷	کلمپ مسی دو پیچه

شکل ۱-۱۲- نحوه اتصال فیدرهای خروجی به شبکه فشار ضعیف

۱-۵-۹ سیستم اتصال زمین الکتریکی و حفاظتی پست هوایی

الف- مشخصات سیستم زمین حفاظتی

کابل اتصال نقطه نوترال برقگیرها و بدنه ترانسفورماتور و تجهیزات فشار متوسط به زمین حفاظتی متصل می‌شود. سیستم زمین حفاظتی در شکل (۱-۱۳) نشان داده شده‌است. عمق چاله متناسب با شرایط زمین طوری انتخاب می‌گردد که مقاومت اتصال زمین حفاظتی کمتر از ۲ اهم باشد.

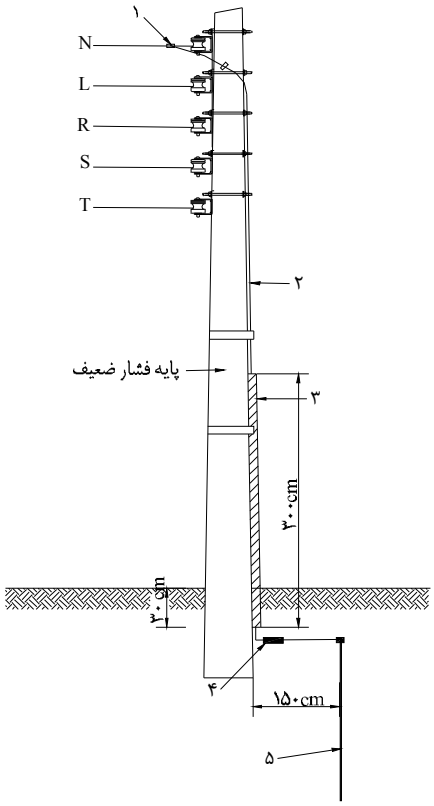


کد تجهیز	شرح
۱	لوله گالوانیزه ۱/۵ اینچ سه متری
۲	کابل $۱\times ۵۰\ mm^۲$
۳	کلمپ مسی دوپیچه
۴	سیم مسی $۵۰\ mm^۲$
۵	چاه زمین $H\times ۱۰۰\times ۱۰۰$
۶	مخلوط خاک – ذغال-نمک
۷	صفحه مسی $۵۰\times ۵۰\ cm^۲$

شکل ۱-۱۳- جزییات اجرایی چاه زمین حفاظتی

ب- مشخصات سیستم زمین الکتریکی

جهت اتصال نقطه نوترال به زمین در شبکه هوایی فشار ضعیف از سیستم زمین میله‌ای طبق شکل (۱-۱۴) استفاده می‌شود. طول این میله میبایست بیشتر از ۲/۵۴ متر و قطر آن از ۱۶ میلیمتر کمتر نباشد. در برخی از مواقع به جای میله کوبیده شده در زمین میتوان از سیم لخت با قطر حداقل ۴ میلیمتر که در عمق ۰/۴۵ متری زمین به طول ۳۰ متر دفن شده باشد استفاده نمود.
در صورتی که قطر لوله فلزی کابل فشار ضعیف بزرگتر در نظر گرفته شود می‌توان از آن جهت عبور کابل اتصال زمین الکتریکی نیز استفاده نمود. کیفیت اجرا و عمق چاه متناسب با شرایط زمین بایستی به گونه‌ای باشد که مقاومت اتصال زمین الکتریکی کمتر از ۵ اهم گردد. این میله‌ها در طول خط فشار ضعیف و در فواصل ۴۰۰ متری نصب می‌شوند. در صورتیکه طول خط کمتر از ۴۰۰ متر باشد حداقل دو میله در ابتدا و انتهای خط می‌بایست نصب گردد.



کد تجهیز	شرح
۱	گیره هات لاین
۲	کابل $۱\times ۵۰\ mm^۲$
۳	لوله گالوانیزه ۱/۵ اینچ سه متری
۴	کلمپ مسی دوپیچه
۵	میله ارت

شکل ۱-۱۴- جزییات چاه زمین الکتریکی

فصل دوم
پست‌های زمینی

مقدمه

در این فصل، کلیات طراحی و ساخت و همچنین معماری، تاسیسات و سیستم زمین پست‌های زمینی مورد بررسی قرار می‌گیرد و دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری از آنها تشریح می‌گردد.

۲-۱ دامنه کاربرد

دامنه کاربرد مباحث این فصل، پست‌های توزیع زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می‌باشد.

۲-۲ تعاریف

۲-۲-۱ تجهیزات الکتریکی

تجهیزاتی که برای مقاصدی از قبیل تولید، تبدیل، انتقال، توزیع و مصرف انرژی الکتریکی به کار می‌روند، تجهیزات الکتریکی نامیده می‌شوند.

۲-۲-۲ شینه[1]

در یک پست، شینه قطعه‌ای فلزی می‌باشد که به منظور ایجاد یک اتصال مشترک برای چند مدار نصب می‌گردد.

۲-۲-۳ زمین کردن

عبارت است از اتصال عمدی یا اتفاقی یک مدار الکتریکی یا تجهیز به زمین یا یک بدنه فلزی به اندازه کافی بزرگ که می‌تواند به صورت زمین فرض شود.

---

[1] - Bus Bar

۲-۲-٤ زمین شده

یـک سیـستم یا مدار یا وسیله‌ای که به منظور ایجاد یک مدار برگشت زمین و همچنین نگهداشتن پتانسیل آن در حدود پتانسیل زمین، به زمین متصل شده است.

۲-۲-٥ جریان زمین

جریانی که به زمین وارد و یا از زمین خارج می‌گردد.

۲-۲-٦ الکترود زمین

بـه هـادی کـه در یـک محـیط هـادی خاص مانند بتون یا ذغال دفن شده و دارای تماس الکتریکی با زمین باشد الکترود زمین اطلاق گردد.

۲-۲-۷ هادی زمین

هـادی اسـت کـه یـک مسیر رسانا یا قسمتی از یک مسیر رسانا را بین یک نقطه خاص از یک سیستم یا دستگاه و یک الکترود زمین فراهم می‌کند.

۲-۲-۸ شبکه زمین

یـک سیـستم متـشکل از الکتـرودهای زمـین بـا اتـصالات به هم پیوسته و زمین شده است که یک زمین مشترک برای اجزای الکتریکی و اسکلت‌های فلزی بوجود می‌آورد.

۲-۲-۹ مقاومت زمین

مقاومت الکتریکی موجود بین الکترود زمین و زمین، مقاومت زمین نامیده می‌شود.

۲-۲-۱۰ افزایش پتانسیل زمین [1] (EPR)

حداکثر ولتاژی است که شبکه زمین یک پست نسبت به نقطه‌ای که به عنوان پتانسیل صفر در نظر گرفته می‌شود پیدا می‌کند.

۲-۲-۱۱ ولتاژ تماس

به اختلاف پتانسیل بین یک سازه فلزی زمین شده و یک نقطه از سطح زمین که در فاصله‌ای حدود یک متر از هم (برابر حداکثر فاصله دسترسی افقی است) قرار دارند، ولتاژ تماس اطلاق می‌گردد.

۲-۲-۱۲ ولتاژ گام

به اختلاف پتانسیل دو نقطه روی سطح زمین با فاصله یک گام (حدود یک متر فرض می‌شود) از یکدیگرگویند.

۲-۲-۱۳ زمین مستقیم

زمین کردن از طریق یک اتصال زمین مناسب که هیچ گونه امپدانسی در مسیر آن قرار نگرفته باشد را زمین مستقیم گویند.

۲-۲-۱٤ سیستم زمین نشده

سیستمی که هیچ گونه اتصال تعمدی به زمین (جز از طریق وسایل اندازه‌گیری ولتاژ یا وسایل امپدانس بالای دیگر) نداشته باشد را سیستم زمین نشده گویند.

۲-۲-۱۵ شدت روشنایی

چگالی شار نوری که روی یک سطح پراکنده شده است را شدت روشنایی گویند.

۲-۲-۱٦ لومن

لومن واحد بین‌المللی شارنوری است.

---

[1] - Earth Potential Rise

۲-۲-۱۷ لوکس

یـک لوکس برابر با روشنایی به میزان یک لومن که برروی سطحی به مساحت یک متر مربع گسترده شده است می‌باشد. لوکس واحد شدت روشنایی است.

۲-۲-۱۸ بتون

مخلوط سیمان با سنگدانه‌های ریز، سنگدانه‌های درشت و آب، با و یا بدون مواد افزودنی را بتون گویند.

۲-۲-۱۹ تندان

بـه عناصـر فولادی نظیر سیم، کابل، میلگرد، میله یا رشته، یا یک گروه از چنین عناصری که جهت انتقال پیش تنش به بتون به کار می‌رود تندان اطلاق می‌گردد.

۲-۲-۲۰ بتون مسلح

بـتون سـاختمانی مـسلح با تندان‌های پیش‌تنیده یا آرماتور غیر پیش‌تنیده به مقداری حداقل برابر با مقادیر از پیش تعیین شده را گویند.

۲-۲-۲۱ بتون غیر مسلح

بتون ساختمانی بدون آرماتور یا دارای آرماتوری کمتر از حداقل مقدار مشخص شده برای بتون مسلح را بتون غیر مسلح گویند.

۲-۲-۲۲ بتون ساختمانی

کلیه بتون‌های مورد استفاده برای اهداف سازه‌ای از جمله بتون مسلح و غیر مسلح را بتون ساختمانی گویند.

۲-۲-۲۳ تنش

شدت نیرو بر واحد سطح را تنش گویند.

۲-۲-۲٤ خاموت

آرماتوری که جهت مقاومت در برابر تنش‌های برشی و پیچشی در یک عضو ساختمانی به کار می‌رود، خاموت نامیده می‌شود.

۲-۳ کلیات پست‌های توزیع زمینی

پست‌های توزیع زمینی براساس مکان استقرار تجهیزات آنها و همچنین نوع طراحی به دو دسته بیرونی[1] و داخلی[2] تقسیم‌بندی می‌شوند.

۲-۳-۱ پست‌های توزیع بیرونی

در پست‌های توزیع بیرونی تاسیسات الکتریکی در محیط باز قرار دارند و به طور کلی به دو دسته به شرح ذیل تقسیم می‌شوند.

الف- پست‌های توزیع بیرونی با طراحی باز

تاسیساتی که تجهیزات آن در برابر تماس مستقیم به طور کامل حفاظت نشده‌اند و مستقیما در معرض هوا قرار دارند.

ب- پست‌های توزیع بیرونی با طراحی بسته

تاسیساتی که در برابر تماس مستقیم دارای حفاظت کامل می‌باشند و نیز از تماس مستقیم با هوا محافظت شده‌اند.

۲-۳-۲ پست‌های توزیع داخلی

در پست‌های توزیع داخلی، تاسیسات الکتریکی درون یک ساختمان یا اتاق قرار داشته و تجهیزات آنها در برابر آب و هوا محافظت می‌گردند. به طور کلی این پست‌ها به دو دسته به شرح ذیل تقسیم می‌شوند.

الف- پست‌های توزیع داخلی با طراحی باز

تاسیساتی که تجهیزات آنها در برابر تماس مستقیم به طور کامل حفاظت نشده‌اند.

ب- پست‌های توزیع داخلی با طراحی بسته

تاسیساتی که تجهیزات آنها در برابر تماس مستقیم دارای حفاظت کامل می‌باشند.

---

[1] - Outdoor

[2] - Indoor

۲-٤ تجهیزات الکتریکی اصلی پست‌های توزیع زمینی

الف- ترانسفورماتور (رجوع شود به فصل ۳)

ب- تابلوهای فشار متوسط (رجوع شود به فصل ۴)

ج- تابلوهای فشار ضعیف (رجوع شود به فصل ۴)

د- کابل و متعلقات آن (رجوع شود به فصل ۷ نشریه مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت)

۲-۵ انواع مختلف آب و هوایی و شرایط اقلیمی

وضعیت آب و هوایی و شرایط اقلیمی ناحیه مورد نظر، به ویژه درجه حرارت محیط و میزان بارش برف و باران، از دو نقطه نظر معماری و مشخصات فنی ساختمان پست، تهویه و خنک‌سازی فضای داخل آن حایز اهمیت می‌باشد. در جدول (۲-۱) تقسیم بندی نواحی مختلف کشور با انواع آب و هوای مربوطه درج شده است.

جدول ۲-۱- تقسیم بندی نواحی آب و هوایی کشور

نوع آب و هوایی	نواحی از کشور	توضیحات
گرم و خشک	بخش قابل توجهی از نواحی مرکزی و جنوبی	میزان کم بارندگی سالیانه و حداکثر دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در تابستان
گرم و مرطوب	بخش وسیعی از نواحی جنوب و جنوب غربی به ویژه مناطق مجاور دریا	آب و هوای گرم و مرطوب (شرجی) همراه با بارندگی‌های موسمی سیل‌آسا در برخی از ایام سال
معتدل	بخشی از نواحی کشور	متوسط بارندگی سالیانه حداکثر ۵۰۰ میلیمتر و حداکثر ارتفاع بارش برف ۰/۵ متر
معتدل و مرطوب	نواحی شمالی ایران و استان‌های ساحلی مجاور دریای خزر	متوسط بارندگی سالیانه بالاتر از ۱۰۰۰ میلیمتر
سرد و برفخیز	بخش‌های عمده‌ای از نواحی مرتفع شمال غربی، شمال شرقی و مناطق کوهستانی یا شهرهای مرتفع واقع بر دامنه رشته کوه‌های مرکزی و غربی	زمستان‌های طولانی با ارتفاع برف بیشتر از ۰/۵ متر

۲-٦ مشخصات و معیارهای فنی پست‌های توزیع زمینی

۲-٦-۱ زمین و محل پست

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

- حتی‌الامکان در نزدیکی مراکز مصرف باشد (البته تامین این نیاز بنا به مسایلی از قبیل بهینه‌سازی، مسایل اقتصادی و اجرایی اغلب مشکل است. احتمال دارد در این محل‌ها ممنوعیت‌های الکتریکی و یا فیزیکی وجود داشته باشد که نصب پست را غیرممکن ساخته و یا در طراحی آن تاثیرگذار باشد).
- از نظر شیب و حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی مناسب باشد.
- حتی‌الامکان به جاده‌های اصلی جهت دسترسی به تجهیزات و پرسنل مورد نیاز تعمیرات و نگهداری نزدیک باشد.

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

الف- طرح‌های استاندارد یک طبقه

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

ب- طرح‌های استاندارد دو طبقه

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

ج- پست‌های ویژه

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

پارامترهای متعددی در انتخاب محل پست موثر می‌باشند. پارامترهایی که اثر عمده‌ای بر انتخاب محل پست دارند عبارت از مواردی به شرح ذیل می‌باشند.

- اثر عوامل خارجی مثل آلودگی‌ها و شرایط جوی
- وضعیت پست از نظر استقرار ساختمان‌های جانبی
- سطح آب‌های زیرزمینی

- شرایط محیطی (درجه حرارت، ارتفاع، باد، باران و ....)
- قیمت زمین
- جاده‌های دسترسی و راه‌های ارتباطی منتهی به پست

۲-۶-۲ ساختمان پست‌های توزیع زمینی

بـه طـور کلی معماری، بنا و سازه ساختمان پست می‌بایست مطابق با استاندارد "معیارها و ضوابط فنی پست‌های توزیع ۲۰ و ۳۳ کـیلوولت زمینی توانیر- ۱۳۸۲" طراحی گردد. در پست‌های توزیع زمینی ناحیه بهره‌برداری الکتریکی باید به گونه‌ای طراحی شود که ورود آب و میـزان مـیعان به حداقل برسد. مواد مورد استفاده برای دیوارها، سقف و کف، در صورت امکان باید به گونه‌ای باشد که در اثـر نفوذ یا نشت آب آسیب نبیند. چنانچه این امر امکان‌پذیر نباشد، باید اقدامات لازم برای جلوگیری از اثرات نشت یا میعانات که بر ایمنی بهره‌برداری تاثیرگذار است صورت گیرد.

در طراحـی ساختمان باید بارگذاری مکانیکی مورد نظر و فشار داخلی ایجاد شده توسط یک قوس الکتریکی ناشی از خطا در نظر گـرفته شـود. در صـورتی کـه در پـست خطـوط لـوله و تجهیزات دیگر موجود باشند، این تجهیزات باید به گونه‌ای طراحی گردند تا تاسیسات الکتریکی را حتی در مواقع خرابی تحت تاثیر قرار ندهند.

ساختمان پست‌ها باید به گونه‌ای طراحی گردد که از نظر درجه حرارت محیط برای تهویه طبیعی در شرایط عادی مناسب باشد و در عـین حـال بـرای تهـویه بهتـر در شرایط آب و هوایی گرم، استفاده از هواکش برقی نیز در آنها پیش‌بینی شده باشد. با این وجود میـزان ریزش برف و باران عامل موثرتری در تعیین مشخصات اقلیمی ساختمان به شمار می‌رود، به طوری که ساختمان پست از این جهـت بایـد از یـک طـرف در مقابل نفوذ آب باران و برف با هر شدت و مقداری مقاوم باشد و از طرف دیگر مجاری عبور هوای آن همـواره بـرای تهـویه طبیعـی پست گشوده باشد. ملاحظاتی که در طراحی قسمت‌های مختلف پست می‌بایست مد نظر قرار گیرد به شرح ذیل می‌باشد.

۲-۶-۲-۱ مشخصات دیوارها

دیـوارهای سـاختمان بایـد دارای استقامت مکانیکی کافی در برابر شرایط محیطی باشند. همچنین ساختمان باید دارای استقامت کافـی در برابـر تمـام بارهـای اسـتاتیکی و دینامیکی ناشی از بهره‌برداری عادی تاسیسات را داشته باشد. عبور لوله‌ها یا سیستم‌های سیم‌کشی نباید سلامت سازه دیوارها را تحت تاثیر قرار دهد.

۲-۶-۲-۲ پنجره‌ها

پنجـره‌هـا باید به گونه‌ای طراحی گردد که ورود اشیاء و حیوانات موذی به سختی صورت گیرد. این ویژگی با رعایت یک یا چند مورد از موارد زیر محقق می‌گردد.

- پنجره از مواد نشکن ساخته شود.
- پنجره با تور پوشانده شود.
- لبه پایینی پنجره حداقل ۱/۸ متر بالاتر از سطح دسترسی قرار داده شود.
- ساختمان به وسیله یک حصار خارجی که دارای حداقل ارتفاع ۱/۸ متر است احاطه گردد.

۲-٦-۲-۳ سقف

سقف ساختمان باید دارای استقامت مکانیکی کافی برای تحمل شرایط محیطی باشد.

۲-٦-۲-٤ کف

کف باید مسطح و محکم بوده و قابلیت تحمل بارهای استاتیکی و دینامیکی را داشته باشد.

۲-٦-۲-٥ ناحیه بهره‌برداری

ناحیه بهره‌برداری شامل راهروها، نواحی دسترسی و مسیرهای فرار است. در طراحی این ناحیه بایستی نکات به شرح ذیل رعایت گردد.

- راهروها و نواحی دسترسی باید دارای ابعاد مناسب برای انجام کار، عملکرد تابلوهای قدرت و جابه جایی تجهیزات باشند.
- عرض راهروها باید حداقل ۰/۸ متر باشد.
- درب قسمت‌های متحرک که به درون راهروها باز می‌شوند، بایستی در جهت فرار بسته شوند.
- عرض راه‌های دسترسی به پشت تاسیسات بسته باید حداقل ۰/۵ متر باشد.
- دسترسی ایمن و آسان برای پرسنل باید فراهم گردد.
- خروجی‌ها باید به گونه‌ای قرار داده شوند که طول مسیر فرار تا در از ۲۰ متر بیشتر نشود.
- درصورتی که طول راهرو از ۱۰ متر بیشتر نشود، تعبیه یک خروجی کافی می‌باشد.
- تعبیه نردبان دایمی یا تجهیزات مشابه به عنوان خروجی‌های اضطراری در مسیرهای فرار مجاز است.
- درهای دسترسی بایستی به قفل مجهز باشند. درهای دسترسی داخلی نیازی به تجهیز توسط قفل ندارند.
- طراحی درهای اضطراری بایستی به گونه‌ای باشد که امکان باز کردن درها از داخل پست حتی با قفل بودن آن توسط ضامن یا وسیله مشابه امکان پذیر باشد. حداقل ارتفاع و عرض درهای اضطراری بایستی به ترتیب ۲ و ۰/۷۵ متر باشد.

۲-٦-۲-٦ تاثیر شرایط محیطی منطقه بر ساختمان پست

بـرای تعیـین مشخصه‌های ساختمانی یک پست توجه به شرایط آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر برای احداث پست ضروری است. برای شرایط اقلیمی مختلف می‌توان پارامترهای مختلفی را به شرح زیر در طراحی بنای پست مد نظر قرار داد.

الف- برای آب و هوای گرم و خشک

- طراحی و ساخت سقف بنا به صورت مسطح یا گنبدی
- افزایش ضخامت دیوارها تا حد امکان
- طراحی روزنه‌ها و پنجره‌های اطراف تا حد امکان کوچک و همراه با سایبان
- استفاده از مصالح دارای درجه جذب ضعیف حرارت
- جهت‌گیری ساختمان به منظور حداقل نمودن تابش نور خورشید بر روی بنا

ب- برای آب و هوای گرم و مرطوب

- طراحی سقف بنا از نوع شیب‌دار یا عادی متناسب با بافت معماری شهر
- کاهش ضخامت دیوارها
- به کارگیری سایبان و پنجره‌های مشبک در ورودی‌ها
- سادگی پلان تا حد امکان جهت تهویه و گردش مناسب هوا
- استفاده از ایوان‌های سرپوشیده و سایه ساز در اطراف ساختمان

ج- برای آب و هوای معتدل و مرطوب

- طراحی سقف به صورت شیب‌دار به منظور دفع سریع آب ناشی از ریزش برف و باران
- طراحی پنجره‌ها تا حد امکان بزرگ و سرتاسری
- عایق‌کاری مناسب در مقابل رطوبت زمین
- استفاده از مصالح سبک و بومی همچون سفال و حصیر در پوشش سقف و تیغه‌های جداکننده تا حد امکان

د- برای آب و هوای سرد و خشک

- طراحی سقف ساختمان از نوع شیبدار
- جهت گیری ساختمان به منظور حداکثر نمودن تابش نور خورشید به بدنه ساختمان
- افزایش ضخامت دیوارها تا حد امکان

۲-۶-۲-۷ مراحل طراحی و انتخاب مشخصه‌های ساختمان پست

با توجه به مطالب مقدماتی ارایه شده در بخش‌های قبلی، مشخصه اصلی پست به ترتیب زیر تعیین می‌شود.

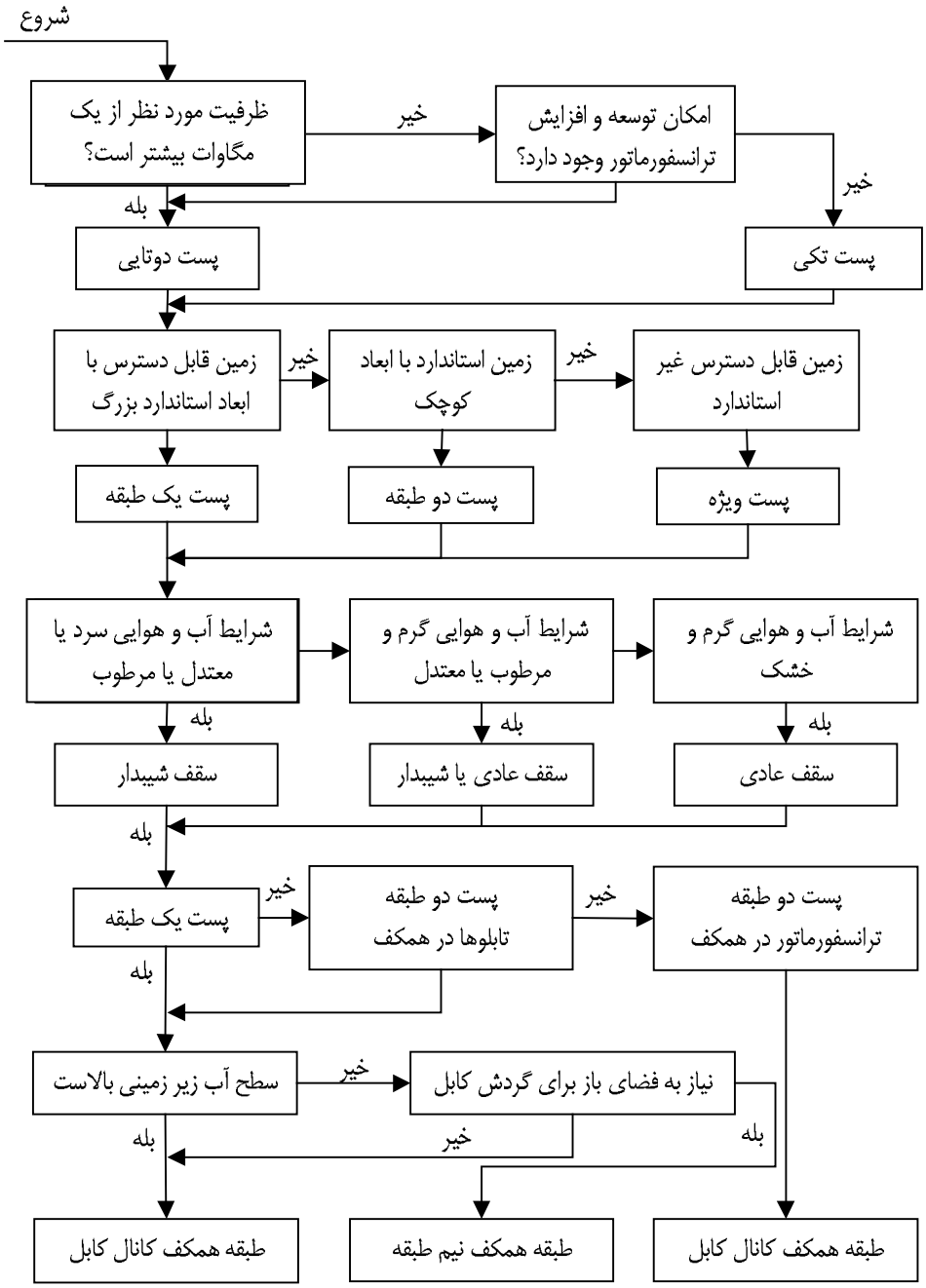
الف- از نظر ظرفیت تکی یا دوتایی

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

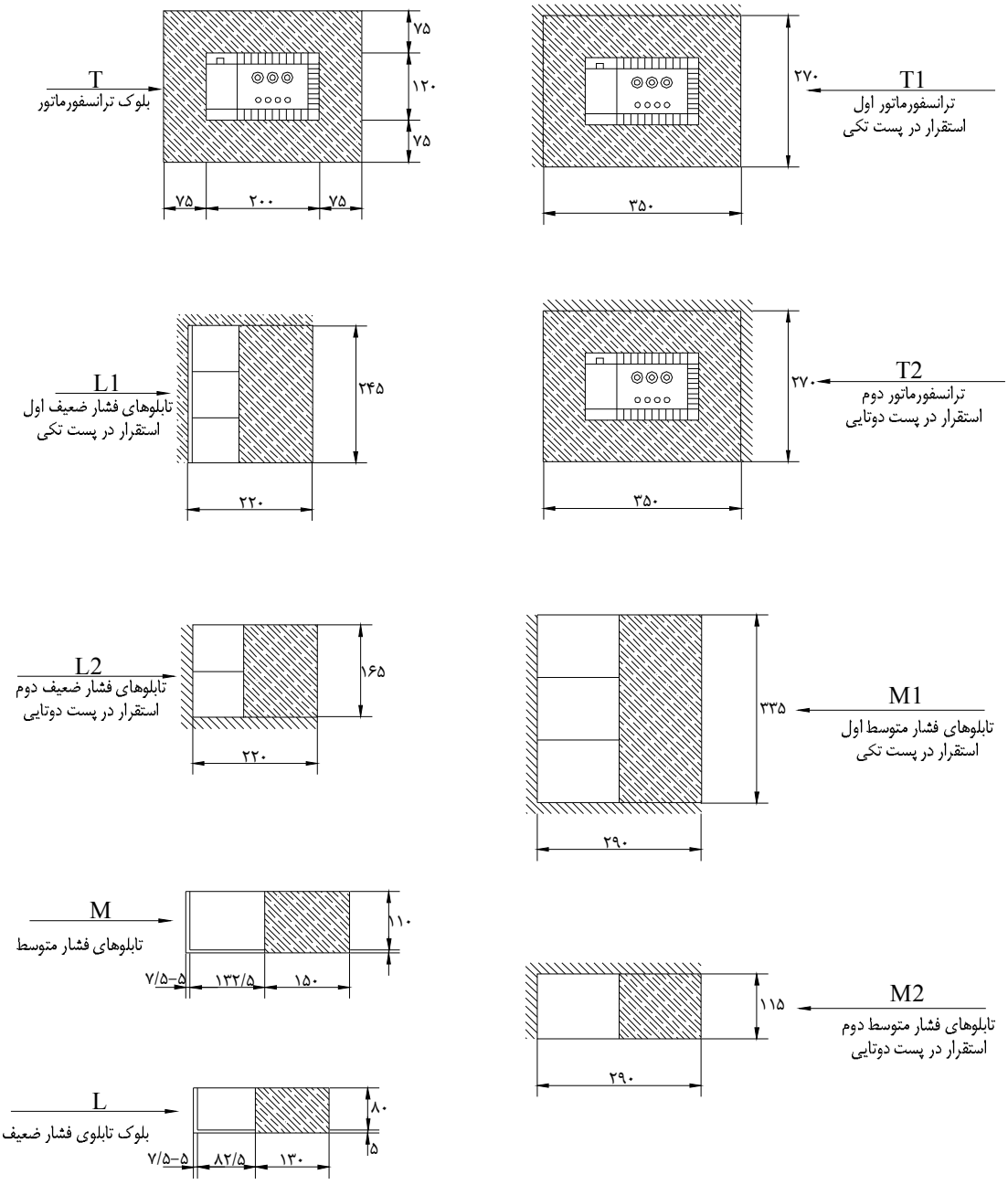
ج- از نظر شرایط اقلیمی (سقف عادی یا سقف شیب‌دار)

د- از نظر فضای کابل کشی کف کانال یا کف نیم طبقه

پس از تعیین مشخصه‌های اصلی در صورتی که پست مورد نظر از نوع استاندارد باشد با انتخاب گزینه مورد نظر برای پست، بایستی نقشه‌های اجرایی مربوط به آن مطابق با نقشه‌های استاندارد جلد دوم استاندارد اجرایی پست‌های توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت توانیر پیاده‌سازی شود. در صورتی که پست مورد نظر به دلایلی از جمله مشخصات زمین قابل دسترس از نوع ویژه باشد، باید پلان جانمایی تجهیزات و نوع کف و سقف آن و نیز جزییات اجرایی ساختمانی آماده گردیده و طرح ساختمان توسط مهندسین سازه و معماری مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور می‌توان از نمودار تعیین مشخصه‌های پست شکل (۲-۱) استفاده نمود. به منظور سهولت در جانمایی تجهیزات در داخل پست‌های زمینی، می‌توان از بلوک‌های استانداردی که برای این تجهیزات در نظر گرفته شده است استفاده نمود. این بلوک‌ها و ترکیب‌های مختلف قرار گرفتن آنها در طرح‌های استاندارد یک طبقه، دو طبقه و طرح‌های ویژه در شکل‌های (۲-۲) الی (۲-۶) آمده است.

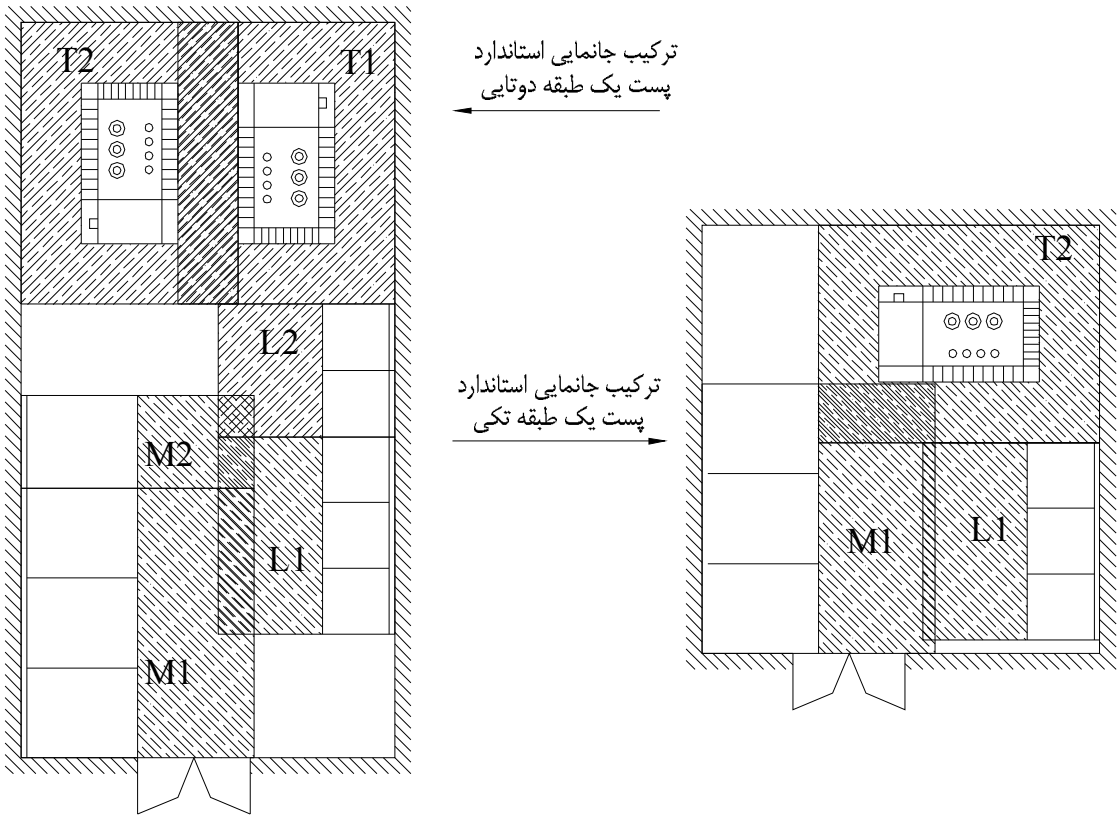


شکل ۲-۱- نمودار مسیر تعیین مشخصه‌های پست

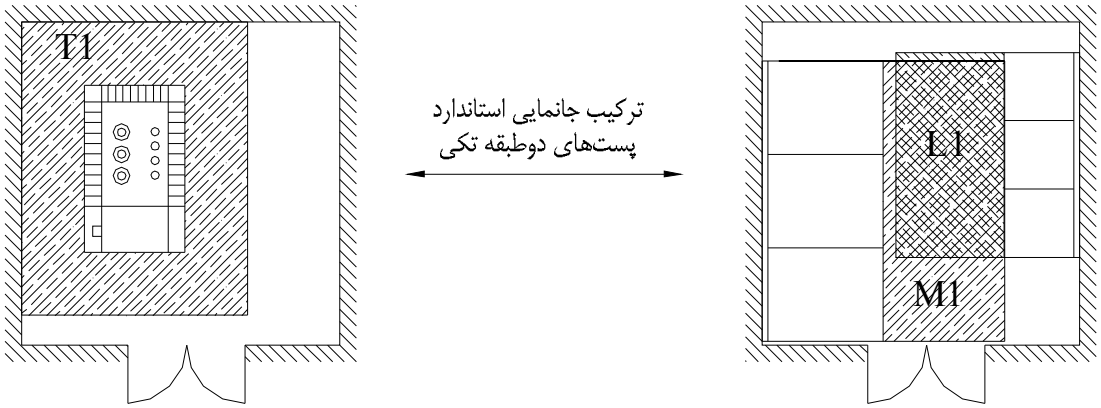


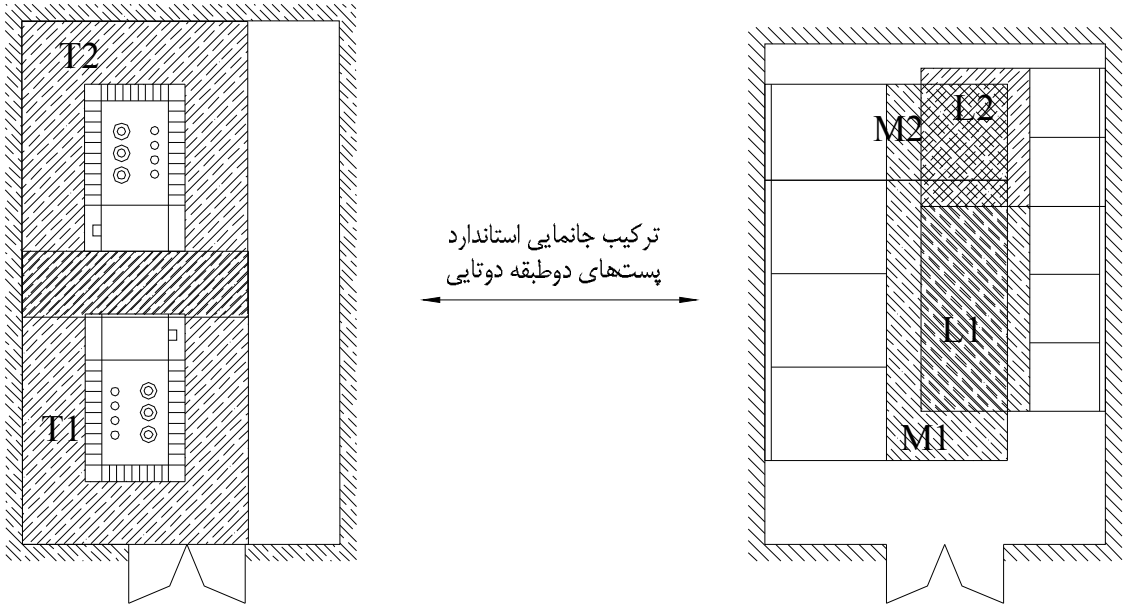
کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

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

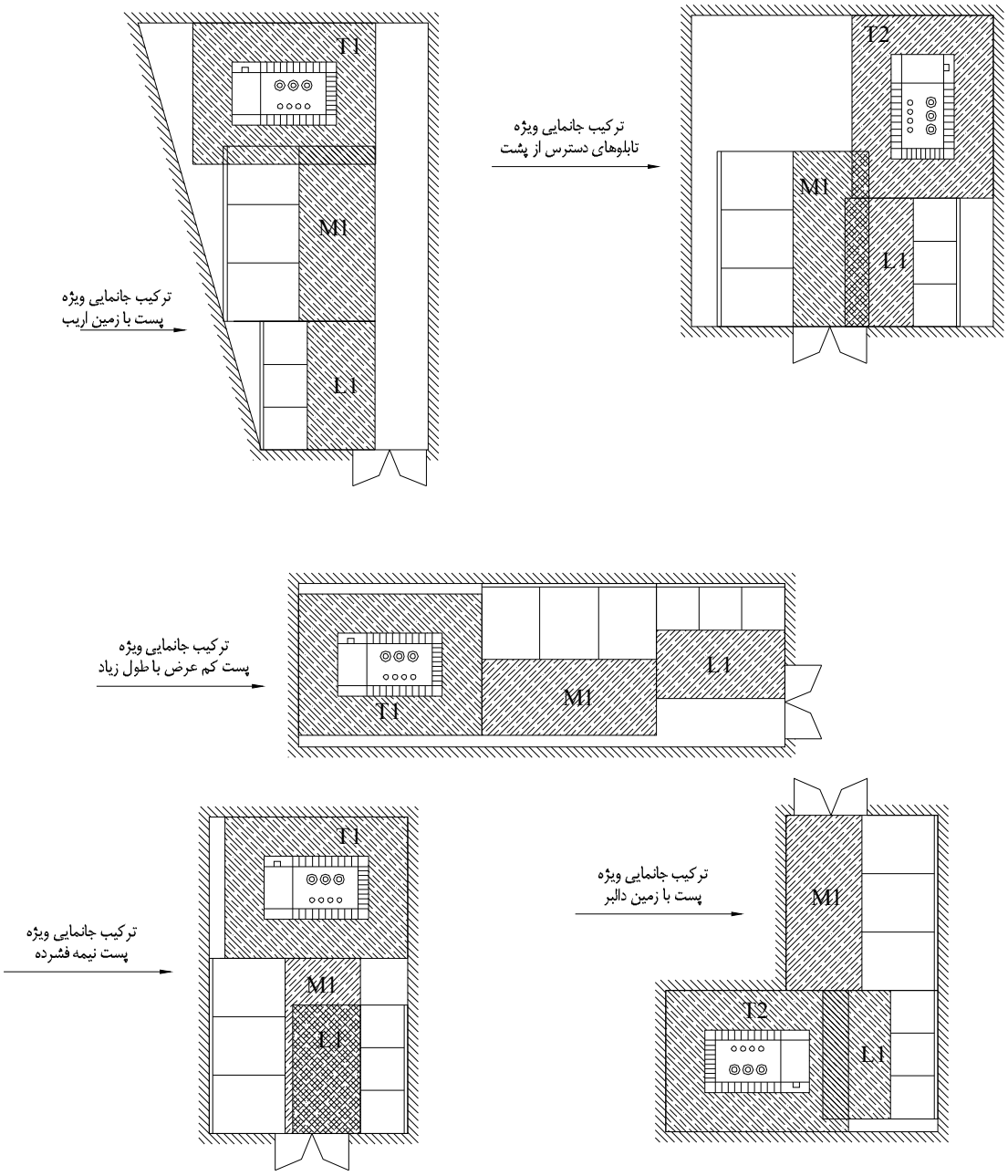


شکل ۲-۳- ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد یک طبقه

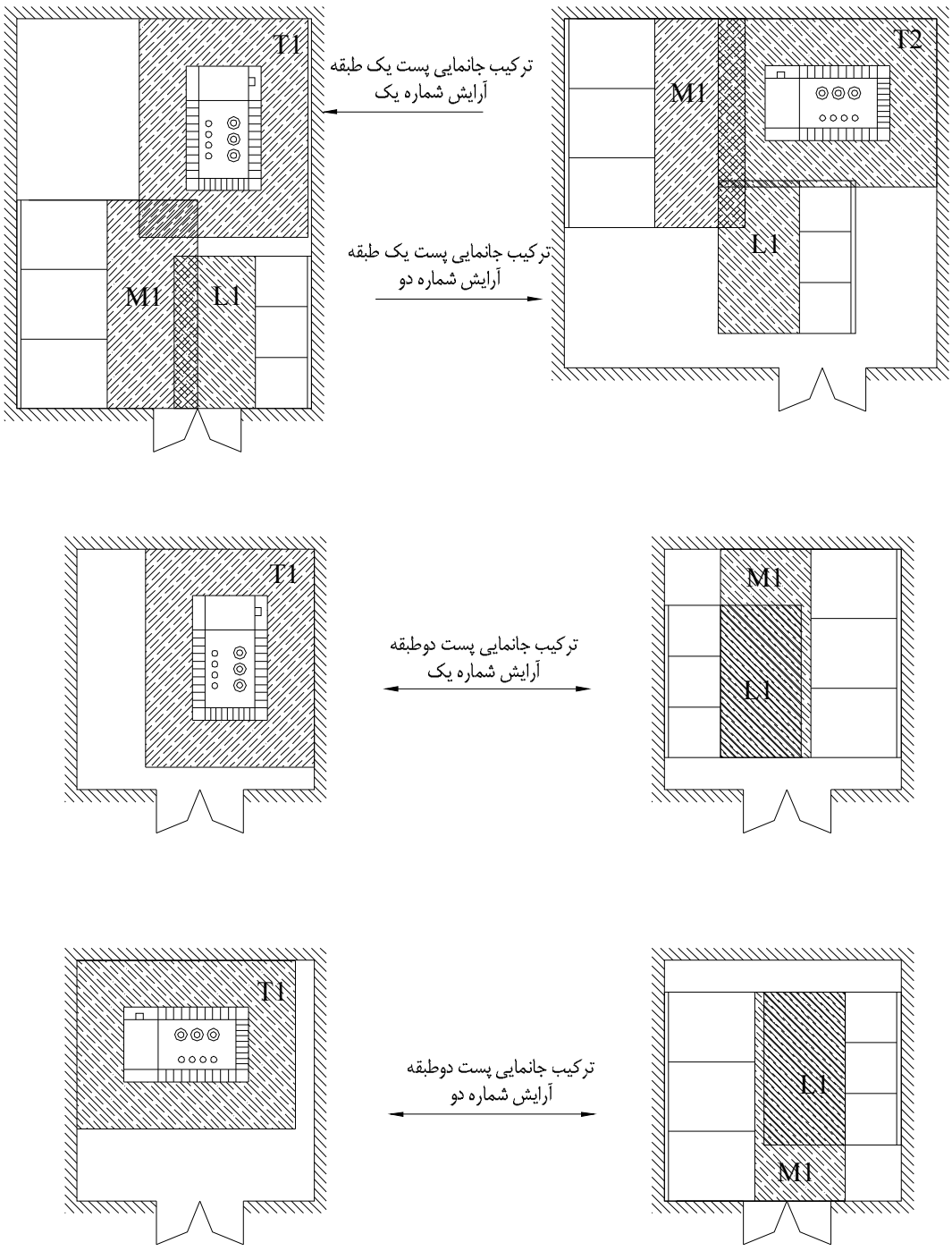




شکل ۲-٤- ترکیب‌های بلوکی پست‌های استاندارد دو طبقه



شکل ۲-۵- برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های ویژه



شکل ۲-٦- برخی ترکیب‌های بلوکی پست‌های دارای یک ترانسفورماتور

در رابطه با شکل‌های (۲-۲) الی (۲-۶) ذکر چند نکته به شرح ذیل ضروری است.

- اندازه‌ها برحسب میلیمتر است.
- تداخل بلوک تجهیزات تا حد نزدیکی حریم یکی به بدنه دیگری مجاز است (همپوشانی هاشورها مجاز ولی همپوشانی هاشور یک تجهیز با بدنه تجهیز دیگر غیر مجاز است).
- فاصله ترانسفورماتور تا دیوار در صورت لزوم می‌تواند به ۵۰۰ میلیمتر برسد.
- ابعاد ترانسفورماتور مربوط به ظرفیت حداکثر ۱۲۵۰ کیلوولت آمپر است.

۲-۶-۳ ظرفیت پست

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

۲-۶-۳-۱ میزان تقاضا

مجموع مقادیر نامی ظرفیت الکتریکی تجهیزات متصل به شبکه برابر مقدار کلی بار غیر همزمان شبکه می‌باشد. از آنجایی که بعضی تجهیزات در ظرفیتی کمتر از ظرفیت نامی خود بهره‌برداری می‌شوند و پاره‌ای دیگر به صورت متناوب مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، میزان تقاضای منتجه از منبع انرژی الکتریکی همیشه کمتر از کل بار متصل به شبکه می‌باشد و لذا ملاحظات مربوط به تنوع بار باید در تحلیل‌ها مورد نظر قرار گیرند. به طور کلی بازه تنوع تداوم بارها از اندکی کمتر از ۱۰۰ درصد برای یک فرآیند دایم تا ۲ الی ۵ درصد برای انواع فرآیندهای خاص مانند پرس و جوشکاری تغییر می‌کند.

۲-۶-۳-۲ پیش‌بینی بار و طراحی پست

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

الف- اثر رشد مقادیر نامی در طول زمان

نوعا رشد اندکی در میزان تقاضای کیلووات در طول زمان مشاهده می‌گردد. این رشد ممکن است از ۰/۵ تا ۱ درصد در سال باشد.

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

ج- اثر تبدیل منابع حرارتی نفتی/گازی به منابع حرارتی الکتریکی

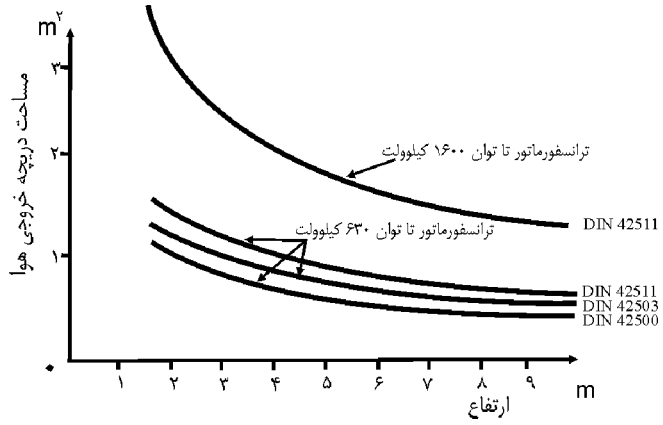
این تبدیل هنگامی که تولید حرارت الکتریکی در اثر افزایش کارآیی ذاتی سیستم، اقتصادی‌تر باشد صورت می‌گیرد.

د- انواع دیگر تغییرات که به آسانی قابل دسته‌بندی نیستند مانند افزایش چگالی بار شبکه و غیره

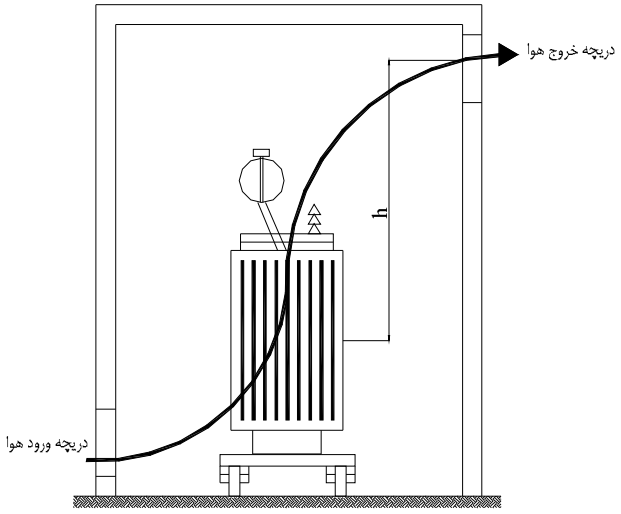
۲-٦-٤ تهویه پست

تهویه پست باید به گونه‌ای صورت گیرد که دمای هوای درون آن از ۴۰ درجه سانتیگراد فراتر نرود. ترانسفورماتور بزرگترین منبع تولید گرما در پست توزیع به شمار می‌رود که گرمای ناشی از تلفات حرارتی آن باید از فضای داخل پست دفع گردد. تجهیزات باید به گونه‌ای درون پست قرار گیرند که بدون نیاز به استفاده از لوله‌ها و کانال‌های تهویه، عمل تهویه آنها به طور مطلوب صورت گیرد. تهویه طبیعی قابل اطمینان‌ترین نوع تهویه می‌باشد. کل مساحت مفید هواکش نباید از ۲۰ سانتیمتر مربع به ازای هر کیلوولت آمپر از ظرفیت ترانسفورماتور کمتر باشد. در مناطقی که پیک بار در تابستان اتفاق می‌افتد و وقتی که متوسط دمای بیرون در طی دوره ۲۴ ساعته در تابستان از ۳۰ درجه سانتیگراد فراتر رود، مساحت هواکش‌ها باید افزایش یابد و یا باید وسایل کمکی انتقال حرارت نظیر فن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در صورت استفاده از تهویه اجباری، تهویه باید توانایی جابه جایی حداقل ۳ فوت مکعب (تقریبا برابر ۰/۰۸ متر مکعب) هوا در هر دقیقه به ازای یک کیلوولت آمپر از ظرفیت ترانسفورماتور را داشته باشد. هنگامی که از کانال‌های عمودی به منظور تهویه هوا از یک تجهیز به بالای ساختمان استفاده می‌گردد، لازم است که مساحت این کانال‌ها به منظور غلبه بر مقاومت جاری شدن هوا، بیشتر از مقادیر فوق در نظر گرفته شود. برای کانال‌هایی که دارای دریچه ورودی /خروجی هوا هستند به منظور غلبه بر اصطکاک هوا باید یک فن با تخلیه به سمت خارج نصب گردد. این کار موجب افزایش سرعت هوا در کانال تخلیه می‌گردد. فن که برحسب نیاز تک‌فاز یا سه‌فاز است باید دارای کابل و دو شاخه جهت تسهیل تعویض آن باشد.

به منظور جلوگیری از ورود پرندگان، حشرات، جانوران موذی یا جونده به درون کانال‌ها باید از توری‌های مناسب در ورودی آنها استفاده نمود. نکته قابل توجه این است که فاصله دریچه خروجی هوا در سقف پست تا بالای ترانسفورماتور باید برطبق توان نامی ترانسفورماتور مقداری مشخص باشد. در نمودار شکل (۲-۷) تغییرات مساحت دریچه هوا برحسب مقدار فاصله بین مرکز دریچه هوا در قسمت فوقانی پست تا نصف ارتفاع ترانسفورماتور از کف پست (محور Xها) رسم گردیده است. در این نمودار چند منحنی براساس توان نامی ترانسفورماتور برطبق استانداردهای DIN 42511، DIN 42503 و DIN 42500 رسم شده است. برای درک بهتر مطلب به شکل (۲-۸) مراجعه شود.



شکل ۲-۷- مساحت دریچه‌های هوا برحسب فاصله h که در شکل (۲-۸) موجود است.



شکل ۲-۸- وضعیت ظاهری و محل قرارگرفتن دریچه‌های هوا و ترانسفورماتور

میـزان بارگـذاری مجـاز پـست در حالـت‌هـای تهـویه طبیعـی و تهـویه با استفاده از هواکش‌های برقی همراه با تعداد و ظرفیت هواکش‌های برقی در جداول (۲-۲) تا (۲-۷) مشخص گردیده است.

با مشخص بودن ظرفیت ترانسفورماتور و شرایط اقلیمی بهره برداری آن می‌توان ضرورت استفاده از هواکش برقی و تعداد مورد نیاز آن را برحسب مقادیر بارگذاری از روی جداول (۲-۲) تا (۲-۷) مشخص نمود. لازم به ذکر است که مشخصات هواکش‌ها در جدول (۲-۸) ارایه گردیده است. همچنین برای ترانسفورماتورهای نصب شده در ارتفاعات بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا نیز بایستی مطابق جدول (۲-۹) به ازای هر ۲۰۰ متر ارتفاع اضافی یک درصد از ظرفیت نامی ترانسفورماتورها کاسته شود.

کنترل و قطع و وصل هواکش‌ها به کمک ترموستات نصب شده در مجاورت ترانسفورماتور انجام می‌گیرد. در این حالت ترموستات باید حدود ۵ درجه سانتیگراد بالاتر از حداکثر درجه حرارت محیط تنظیم شده باشد.

در عین حال برای اطمینان از عملکرد به موقع هواکش‌ها در هنگام بالا رفتن درجه حرارت بهتر است که در صورت امکان با استفاده از کنتاکت‌های اضافی ترمومتر ترانسفورماتور، این ترمومتر را به صورت موازی در مسیر قطع و وصل هواکش‌ها قرار داد.

تغذیه هواکش‌های برقی از طریق تابلوی روشنایی داخلی پست انجام می‌گیرد. در این حالت چنانچه کنتاکت ترموستات یا ترمومتر ترانسفورماتور برای قطع و وصل موتور هواکش مناسب نباشد، مدار تغذیه هواکش‌ها در تابلوی روشنایی داخلی باید از نوع کنتاکتوری بوده و مدار کنترل آن با ترموستات مرتبط باشد.

جدول ۲-۲- بارگذاری مجاز (kVA) پست‌های استاندارد یک طبقه تکی

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

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

جدول ۲-۳- بارگذاری مجاز (kVA) پست‌های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفوماتور (n×kVA)	حداکثر دمای محیط (°C)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیب‌دار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۱×۵۰۰	۳۵	۴۷۰	۴۷۰	۴۹۰	۵۰۰
	۴۰	۴۳۰	۴۳۰	۴۵۰	۴۶۰
	۴۵	۳۹۰	۳۹۰	۴۱۰	۴۲۰
	۵۰	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۳۸۰
۱×۶۳۰	۳۵	۵۸۰	۵۸۰	۶۱۰	۶۳۰
	۴۰	۵۳۰	۵۳۰	۵۵۰	۵۷۰
	۴۵	۴۹۰	۴۹۰	۵۱۰	۵۲۰
	۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۷۰	۴۸۰
۱×۸۰۰	۳۵	۷۳۰	۷۳۰	۷۶۰	۷۸۰
	۴۰	۶۶۰	۶۷۰	۶۹۰	۷۱۰
	۴۵	۶۱۰	۶۱۰	۶۳۰	۶۵۰
	۵۰	۵۶۰	۵۶۰	۵۸۰	*۶۱۰
۱×۱۰۰۰	۳۵	۸۹۰	۸۹۰	۹۲۰	۹۵۰
	۴۰	۸۱۰	۸۱۰	۸۴۰	۸۷۰
	۴۵	۷۵۰	۷۵۰	۷۸۰	۸۰۰
	۵۰	۶۹۰	۶۹۰	۷۲۰	*۷۵۰
۱×۱۲۵۰	۳۵	۱۰۸۰	۱۰۸۰	۱۱۲۰	۱۱۶۰
	۴۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۳۰	۱۰۶۰
	۴۵	۹۲۰	۹۲۰	۹۵۰	*۱۰۱۰
	۵۰	۸۵۰	۸۵۰	۸۸۰	*۹۳۰

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

جدول ٢-٤- بارگذاری مجاز (kVA) پست‌های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفوماتور (n ×kVA)	حداکثر دمای محیط (°C)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیب‌دار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
٢×٥٠٠	٣٥	٨٧٠	٨٨٠	٩٠٠	٩٣٠
	٤٠	٨٠٠	٨١٠	٨٣٠	٨٥٠
	٤٥	٧٤٠	٧٤٠	٧٧٠	٧٩٠
	٥٠	٦٧٠	٦٧٠	٧١٠	*٧٥٠
٢×٦٣٠	٣٥	١٠٧٠	١٠٨٠	١١٠٠	١١٥٠
	٤٠	٩٩٠	١٠٠٠	١٠٢٠	١٠٥٠
	٤٥	٩٢٠	٩٢٠	٩٥٠	٩٧٠
	٥٠	٨٥٠	٨٥٠	٨٨٠	*٩٣٠
٢×٨٠٠	٣٥	١٣٣٠	١٣٤٠	١٣٦٠	١٤٢٠
	٤٠	١٢٣٠	١٢٤٠	١٢٦٠	١٣١٠
	٤٥	١١٤٠	١١٥٠	١١٧٠	*١٢٦٠
	٥٠	١٠٦٠	١٠٧٠	١٠٩٠	*١١٦٠
٢×١٠٠٠	٣٥	١٦٢٠	١٦٣٠	*١٧٦٠	*١٨٣٠
	٤٠	١٥٠٠	١٥١٠	*١٦٣٠	*١٦٨٠
	٤٥	١٤٠٠	١٤٠٠	*١٥١٠	*١٥٥٠
	٥٠	١٣٠٠	١٣١٠	*١٤٠٠	*١٤٣٠
٢×١٢٥٠	٣٥	١٩٦٠	١٩٨٠	*٢١٣٠	*٢٢٢٠
	٤٠	١٨٢٠	١٨٤٠	*١٩٨٠	*٢٠٥٠
	٤٥	١٧٠٠	١٧١٠	*١٨٤٠	*١٨٩٠
	٥٠	١٥٩٠	١٦٠٠	*١٧١٠	*١٧٦٠

* تعداد هواکش نوع a یا نوع b در جایی که با علامت * مشخص گردیده است ٣ عدد و در سایر موارد ٢ عدد می‌باشد.

جدول ۲-۵- بارگذاری مجاز (kVA) پست‌های استاندارد دو طبقه تکی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفوماتور (n ×kVA)	حداکثر دمای محیط (°C)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیب‌دار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۱×۵۰۰	۳۵	۴۶۰	۴۷۰	۴۹۰	۵۰۰
	۴۰	۴۲۰	۴۲۰	۴۵۰	۴۶۰
	۴۵	۳۹۰	۳۹۰	۴۱۰	۴۲۰
	۵۰	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۳۸۰
۱×۶۳۰	۳۵	۵۷۰	۵۷۰	۶۱۰	۶۳۰
	۴۰	۵۲۰	۵۳۰	۵۵۰	۵۷۰
	۴۵	۴۸۰	۴۸۰	۵۱۰	۵۲۰
	۵۰	۴۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۴۸۰
۱×۸۰۰	۳۵	۷۱۰	۷۱۰	۷۶۰	۷۸۰
	۴۰	۶۵۰	۶۶۰	۶۹۰	۷۱۰
	۴۵	۶۰۰	۶۰۰	۶۳۰	۶۵۰
	۵۰	۵۶۰	۵۶۰	۵۸۰	*۶۱۰
۱×۱۰۰۰	۳۵	۸۷۰	۸۷۰	۹۲۰	۹۵۰
	۴۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۴۰	۸۷۰
	۴۵	۷۴۰	۷۴۰	۷۸۰	۸۰۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۲۰	*۷۵۰
۱×۱۲۵۰	۳۵	۱۰۵۰	۱۰۶۰	۱۱۲۰	۱۱۶۰
	۴۰	۹۷۰	۹۸۰	۱۰۳۰	۱۰۶۰
	۴۵	۹۰۰	۹۰۰	۹۵۰	*۱۰۱۰
	۵۰	۸۴۰	۸۴۰	۸۸۰	*۹۳۰

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

جدول ۲-٦- بارگذاری مجاز (kVA) پست‌های استاندارد دو طبقه دوتایی، با ترانسفورماتور در طبقه همکف

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفوماتور (n ×kV)A	حداکثر دمای محیط (°C)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیب‌دار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۲×۵۰۰	۳۵	۸۵۰	۸۶۰	۹۰۰	۹۳۰
	۴۰	۷۸۰	۸۰۰	۸۳۰	۸۵۰
	۴۵	۷۳۰	۷۴۰	۷۷۰	۷۹۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۱۰	*۷۵۰
۲×۶۳۰	۳۵	۱۰۵۰	۱۰۶۰	۱۱۰۰	۱۱۵۰
	۴۰	۹۷۰	۹۸۰	۱۰۲۰	۱۰۵۰
	۴۵	۹۰۰	۹۱۰	۹۵۰	۹۷۰
	۵۰	۸۴۰	۸۴۰	۸۸۰	*۹۳۰
۲×۸۰۰	۳۵	۱۳۰۰	۱۳۲۰	۱۳۶۰	۱۴۲۰
	۴۰	۱۲۱۰	۱۲۲۰	۱۲۶۰	۱۳۱۰
	۴۵	۱۱۲۰	۱۱۳۰	۱۱۷۰	*۱۲۶۰
	۵۰	۱۰۴۰	۱۰۵۰	۱۰۹۰	*۱۱۶۰
۲×۱۰۰۰	۳۵	۱۵۷۰	۱۶۰۰	*۱۷۶۰	*۱۸۳۰
	۴۰	۱۴۶۰	۱۴۸۰	*۱۶۳۰	*۱۶۸۰
	۴۵	۱۳۷۰	۱۳۸۰	*۱۵۱۰	*۱۵۵۰
	۵۰	۱۲۸۰	۱۲۹۰	*۱۴۰۰	*۱۴۳۰
۲×۱۲۵۰	۳۵	۱۹۰۰	۱۹۳۰	*۲۱۳۰	*۲۲۲۰
	۴۰	۱۷۸۰	۱۸۰۰	*۱۹۸۰	*۲۰۵۰
	۴۵	۱۶۶۰	۱۶۸۰	*۱۸۴۰	*۱۸۹۰
	۵۰	۱۵۶۰	۱۵۸۰	*۱۷۱۰	*۱۷۶۰

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

جدول ۲-۷- بارگذاری مجاز (kVA) پست‌های استاندارد یک طبقه دوتایی

تعداد و ظرفیت نامی ترانسفوماتور (n ×kVA)	حداکثر دمای محیط (°C)	تهویه طبیعی		تهویه با هواکش برقی	
		در پست با سقف عادی	در پست با سقف شیب‌دار	هواکش نوع a	هواکش نوع b
۲×۵۰۰	۳۵	۸۵۰	۸۷۰	۹۰۰	۹۳۰
	۴۰	۷۸۰	۸۰۰	۸۳۰	۸۵۰
	۴۵	۷۳۰	۷۴۰	۷۷۰	۷۹۰
	۵۰	۶۸۰	۶۸۰	۷۱۰	*۷۵۰
۲×۶۳۰	۳۵	۱۰۴۰	۱۰۷۰	۱۱۰۰	۱۱۵۰
	۴۰	۹۶۰	۹۸۰	۱۰۲۰	۱۰۵۰
	۴۵	۹۰۰	۹۱۰	۹۵۰	۹۷۰
	۵۰	۸۳۰	۸۵۰	۸۸۰	*۹۳۰
۲×۸۰۰	۳۵	۱۲۹۰	۱۳۲۰	۱۳۶۰	۱۴۲۰
	۴۰	۱۲۰۰	۱۲۲۰	۱۲۶۰	۱۳۱۰
	۴۵	۱۱۱۰	۱۱۳۰	۱۱۷۰	*۱۲۶۰
	۵۰	۱۰۴۰	۱۰۶۰	۱۰۹۰	*۱۱۶۰
۲×۱۰۰۰	۳۵	۱۵۶۰	۱۶۰۰	*۱۷۶۰	*۱۸۳۰
	۴۰	۱۴۵۰	۱۴۹۰	*۱۶۳۰	*۱۶۸۰
	۴۵	۱۳۶۰	۱۳۸۰	*۱۵۱۰	*۱۵۵۰
	۵۰	۱۲۷۰	۱۲۹۰	*۱۴۰۰	*۱۴۳۰
۲×۱۲۵۰	۳۵	۱۸۹۰	۱۹۴۰	*۲۱۳۰	*۲۲۲۰
	۴۰	۱۷۶۰	۱۸۱۰	*۱۹۸۰	*۲۰۵۰
	۴۵	۱۶۵۰	۱۶۹۰	*۱۸۴۰	*۱۸۹۰
	۵۰	۱۵۵۰	۱۵۸۰	*۱۷۱۰	*۱۷۶۰

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

جدول ۲-۸- مشخصات هواکش‌ها

شرح مختصات	هواکش نوع a	هواکش نوع b
دور در دقیقه (rpm)	۱۴۰۰	۹۰۰
قدرت الکتریکی (W)	۸۰	۸۰
دبی هوا (m^3/h) در فشار استاتیک ۵ kgf/m^2	۲۵۰۰	۳۲۰۰
حداکثر نویز (dB)	۶۴	۶۶
قطر تقریبی (mm)	۳۵۰	۴۵۰
ولتاژ نامی (V)	۲۲۰	۲۲۰

جدول ۲-۹- ضریب کاهش ظرفیت ترانسفورماتور برحسب ارتفاع نصب از سطح دریا

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

۲-٦-۵ برق و روشنایی پست

روشنایی پست‌های توزیع به منظور انجام تعمیرات و بازرسی‌های ادواری آن باید به نحو مطلوبی تامین گردد که این مقدار مطلوب بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ لوکس می‌باشد. روشنایی داخل پست باید در زوایای مختلف و فضاهای مجاری آن با استفاده از چراغ‌های سقفی فلورسنت (یا رشته‌ای) و چراغ‌های دیواری تونلی فراهم گردد و روشنایی سردر ورودی پست نیز با یک چراغ حباب‌دار تامین شود. همچنین تعدادی پریز تک فاز برای استفاده در مواقع نصب یا تعمیرات باید در نقاط مختلف روی دیوارها تعبیه شود.

لامپ‌های فلورسنت باید دارای ۲ تا ۳ لامپ ۲۲۰ ولت بوده و دارای چوک و راه‌انداز و خازن‌های تصحیح ضریب قدرت و ضد پارازیت باشند.

رنگ لامپ‌های فلورسنت باید از نوع سفید مهتابی بوده و از لامپ‌های نور گرم نباید استفاده شود. چراغ‌های تونلی باید از نوع صنعتی مرغوب و با لامپ رشته‌ای نوع پیچی باشند. در سیم‌کشی این چراغ‌ها باید دقت شود که سیم فاز به پولک انتهایی و سیم نول به قسمت پیچی سرپیچ وصل شده باشد و سیم اتصال زمین نیز به ترمینال مربوطه وصل گردد.

پریزهای مورد استفاده باید از نوع روکار ۱۵ آمپری تک فاز مجهز به اتصال زمین باشند. تغذیه مدارهای پریز و روشنایی پست به علاوه هواکش برقی باید از تابلوی تغذیه روشنایی انجام گیرد. این تابلو از نوع دیواری بوده و دارای ۴ الی ۶ مدار تک فاز با حفاظت فیوز یا کلید مینیاتوری می‌باشد. ظرفیت فیوز یا کلید محافظ مدار روشنایی از ۱۰ آمپر و در مورد مدار پریزها از ۱۶ آمپر بیشتر نشود.

تابلـوی روشـنایی باید در نزدیک‌ترین نقطه قابل دسترسی در مجاورت درب ورودی پست نصب شود و مدار روی آن باید به طور مستقیم به شینه اصلی تابلوی توزیع فشار ضعیف متصل گردد.

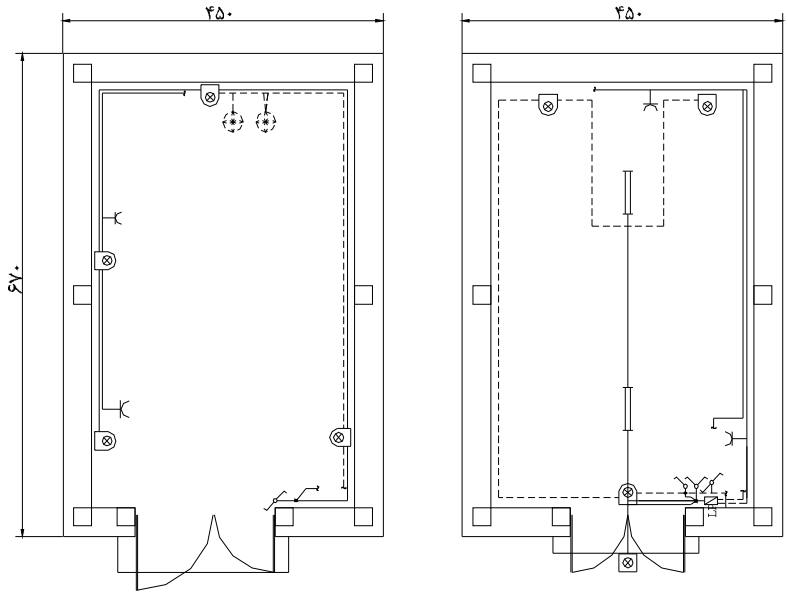
سیم‌کشی مدارهای روشنایی و پریزها باید به صورت روکار و با استفاده از کابل سه رشته‌ای (یا سیم عبور داده شده از داخل لوله برق) به سطح مقطع ۱/۵ میلیمتر مربع برای روشنایی و سطح مقطع ۲/۵ میلیمتر مربع برای پریز و مدار هواکش‌های برقی انجام گردد.

برای عبور کابل‌های روشنایی و پریز از داخل کف یا دیواره‌ها باید در مرحله اجرای عملیات ساختمانی لوله‌گذاری لازم در نقاط مربوطه انجام گردد.

لوله‌هایی که محل عبور سیم زمین یا کابل‌های روشنایی هستند باید دارای قطر ۵ سانتیمتر باشند. ارتفاع نصب تابلوی روشنایی و ارتفاع نصب کلید و پریزها بایستی به ترتیب برابر با ۱۸۰ و ۱۲۰ سانتیمتر از کف پست باشد. کلیه کابل‌کشی‌ها بین تابلو و تجهیزات روشنایی باید به‌صورت روکار انجام پذیرد.

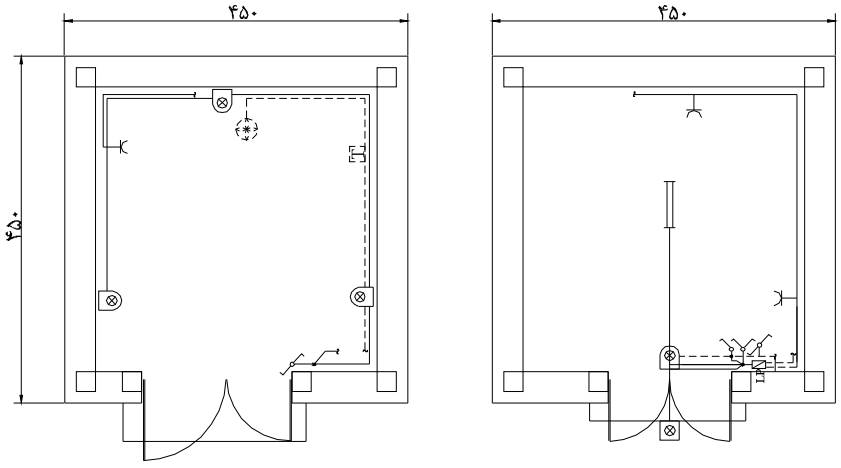
محل نصب کلید و پریزها طبق نقشه باید در مجاورت درهای ورودی یا دریچه‌های عبوری در نظر گرفته شود. این تجهیزات نباید در نقاط غیر دسترسی مانند پشت تابلوها و غیره نصب گردند.

عبور کابل‌های روشنایی و پریز روی دیوار باید در ارتفاع حداقل ۳ متر از کف پست انجام گیرد. جزییات روشنایی و کابل‌کشی برای پست‌های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت به صورت کامل در نقشه‌های مربوطه درج گردیده است (شکل‌های ۲-۹ الی ۲-۱۴).



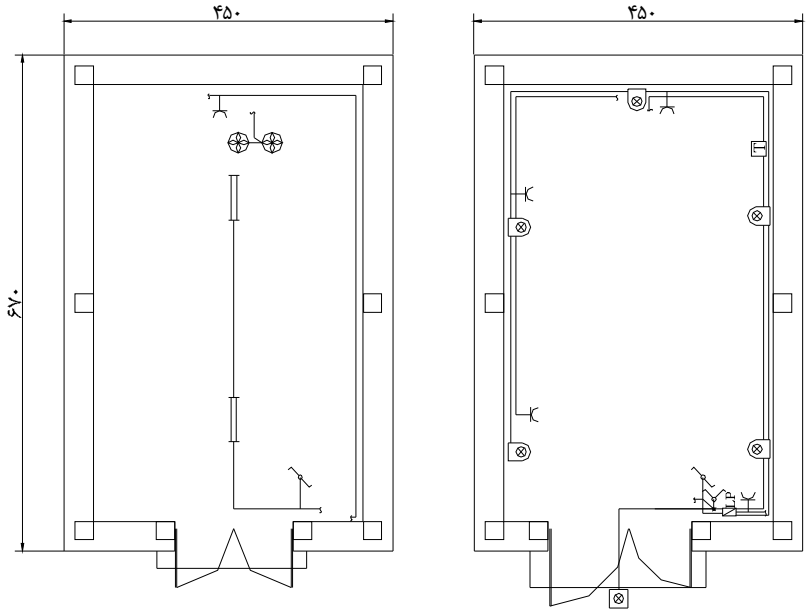
کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

شکل ۲-۹- روشنایی و برق پست یک طبقه دوتایی



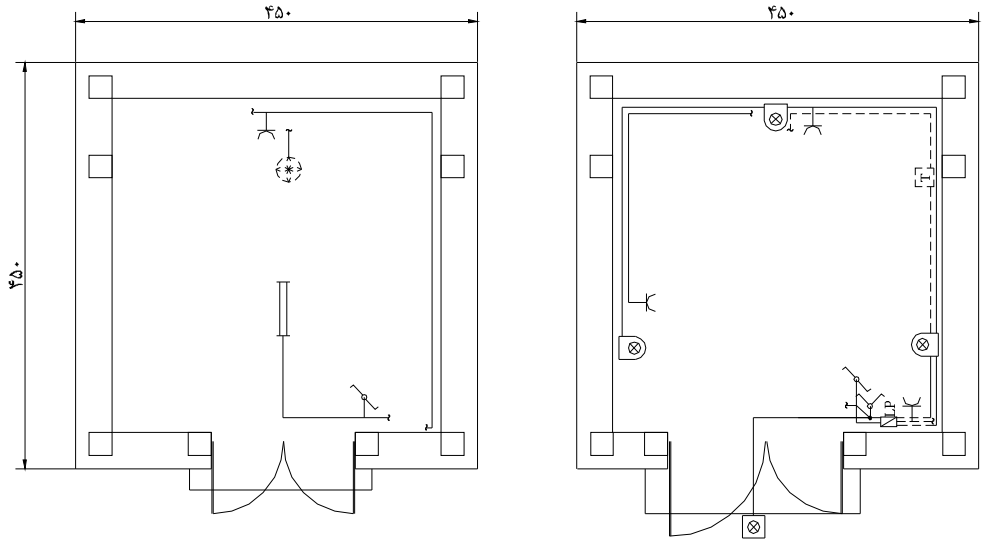
کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

شکل ۲-۱۰-روشنایی و برق پست دو طبقه با ترانسفورماتور در طبقه همکف



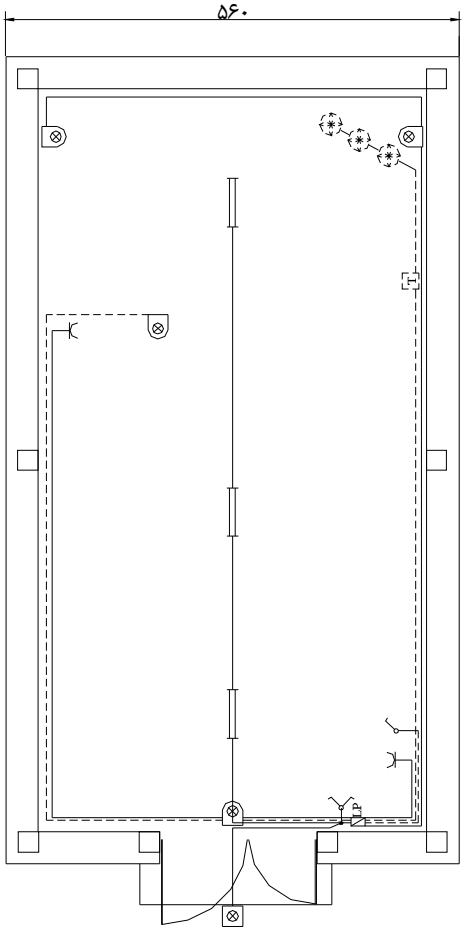
کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

شکل ۲-۱۱- روشنایی و برق پست دو طبقه دوتایی با ترانسفورماتور در طبقه همکف



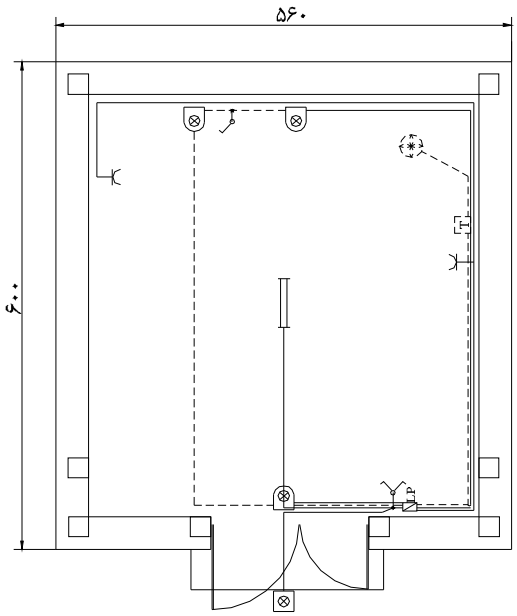
کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

شکل ۲-۱۲- روشنایی و برق پست دو طبقه دوتایی با تابلوها در طبقه همکف



کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

شکل ۲-۱۳-روشنایی و برق پست دو طبقه تکی با تابلوها در طبقه همکف



کلیه اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر است

شکل ۲-۱۴- روشنایی و برق پست یک طبقه تکی

کلید تک پل		چراغ فلورسنت رفلکتوری ۴۰ ×۳ وات	
کلید دو پل		چراغ تونلی با لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات	
کلید تبدیل		چراغ سر در با لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات	
سیم زمین		پریز روکار تکی تک‌فاز، ۱۵ آمپر، ۲۲۰ ولت با ترمینال زمین	
سیم یا کابل ادامه در پلان مقابل		به طرف چاه ارت	EW
تابلوی روشنایی	LP	ترموستات و کلید کنترل هواکش	T
هواکش			

شکل ۲-۱۵- نشانه‌های گرافیکی و علایم اختصاری

۲-۶-۶ مشخصات چاله روغن پست

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

- وسعت چاله روغن باید حداقل دربرگیرنده طول و عرض بیرونی ترانسفورماتور باشد به صورتی که هر گونه نشتی یا سرریز روغن از بالای ترانسفورماتور به داخل آن سرازیر شود.
- داخل چاله به ارتفاع معین از قلوه سنگ پرشده باشد تا خطر آتش گرفتن روغن داغ در اثر مجاورت با هوا به حداقل برسد.
- حجم مفید داخل چاله روغن حداقل برابر حجم روغن ترانسفورماتور باشد.
- لوله تخلیه یا امکانات دیگری برای جمع‌آوری و تخلیه روغن در ساختمان آن منظور شده باشد.
- با استفاده از مواد فایبرگلاس در ساخت چاله روغن از نشست روغن پیشگیری گردد.

برای ترانسفورماتورهایی با توان بیشتر از ۶۳۰ کیلوولت آمپر باید در زیر ترانسفورماتور یک چاله روغن به حجم تقریبی ۰/۷ متر مکعب ایجاد شود.

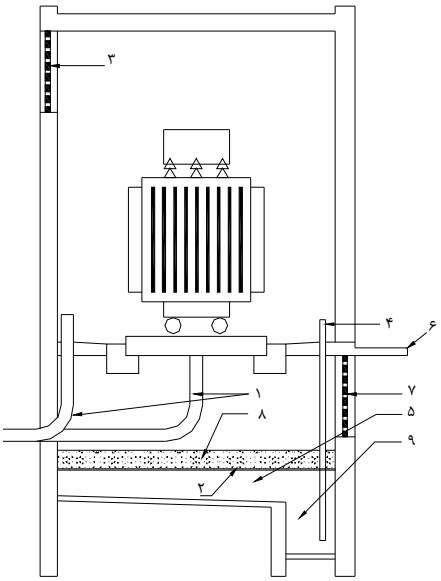
اگر چند ترانسفورماتور که هریک حداقل دارای توان ۶۳۰ کیلوولت آمپر باشند کنار هم در یک پست قرار گیرند، باید برای هر ترانسفورماتور یک چاله روغن به حجم تقریبی ۰/۷ متر مکعب در نظر گرفته شود. همچنین می‌توان یک چاله روغن برای کل ترانسفورماتورهای پست در نظر گرفت که توانایی جمع‌آوری حجم کل روغن‌های ترانسفورماتورهای پست را دارا باشد در این صورت بایستی حجم آن در حدود ۰/۷×n (n تعداد ترانسفورماتورها)متر مکعب باشد.

برای ترانسفورماتورهایی با توان تقریبی بین ۸۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلوولت‌آمپر حجم چاله روغن باید در حدود ۲ متر مکعب باشد.

اگر در یک پست چند ترانسفورماتور با ظرفیت بین ۸۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلوولت‌آمپر وجود داشته باشد می‌توان تعدادی چاله روغن کوچک با ظرفیت متجاوز از ۲ متر مکعب در بیرون از اتاق پست ساخت که از طریق مجراهایی به هم ارتباط داشته باشند.

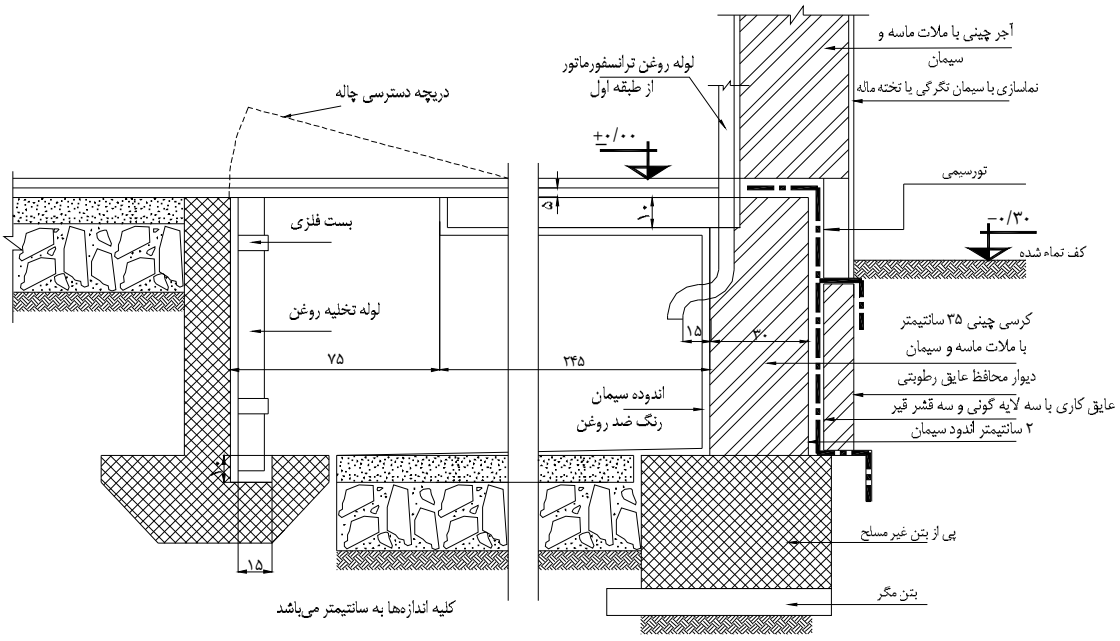
برای هر چاله روغن باید یک چاهک در ته آن تعبیه شود تا پمپ کردن و تخلیه روغن به آسانی انجام گیرد. مجموعه چاله روغن و چاهک روغن باید توسط یک لایه به ضخامت ۲۰ سانتیمتر از سنگریزه یا خرده‌های گرانیت پوشیده شده و در زیر آن یک لایه آهن گالوانیزه قرار داده شود. وجود این لایه آهن و سنگریزه‌ها باعث کاهش احتمال آتش‌سوزی می‌شود.

در شکل (۲-۱۶) نمای کلی یک چاله روغن و چاهک مربوط به آن مشخص گردیده است. در شکل (۲-۱۷) جزییات یک چاله روغن به صورت کامل نشان داده شده است.



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

شکل ۲-۱۶- نمای کلی یک چاله روغن و چاهک روغن آن



شکل ۲-۱۷- جزییات یک چاله روغن به صورت کامل

۲-٦-۷ درها و دریچه‌های فلزی ساختمان پست

یال‌ها در خصوص درها، دریچه‌ها، نرده‌ها و کلیه کارهای فلزی باید کاملا گونیا بوده و سطوح آنها کاملا مستوی و بدون اعوجاج باشد.

زایـده‌هـای (گیـرداری) در یا دریچه به وسیله شاخ یا پیچ و جوش و غیره تامین می‌شود. در یا دریچه باید زایده‌های کافی داشته باشد تا در محل خود در دیوار یا ستون به نحو اطمینان بخشی استقرار یابد.

اتصال زایده‌ها باید کامل، محکم و بدون ترک باشد و برآمدگی جوش در نمای دریچه باید صاف گردد. یراق‌های درها و دریچه‌ها بایـد متناسـب بـا ابعـاد آنها بوده و در برابر زنگ زدگی مقاوم باشند. در یراقی که نیاز به روغن‌کاری دارد باید محل ورود روغن تعبیه شده باشد تا هنگام روغن کاری نیازی به باز کردن اجزای آن نباشد.

نـصب یراق نباید از مقاومت دریچه به خصوص در گوشه‌ها بکاهد. استقرار یراق به دریچه باید به نحوی محکم و مقاوم باشد که به مرور زمان نیز از استحکام آن کاسته نشود.

پیچ‌هایی که در درها و دریچه‌ها به کار برده می‌شوند باید گالوانیزه بوده و در برابر رطوبت هوا زنگ نزنند. میله داخل لولا نیز باید فـولادی باشـد. مشخـصات فنـی پروفیل‌های آهنی باید طبق استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا استانداردهای بین‌المللی مشابه باشد. کلیه چهارچوب‌ها و اجزای دیگر در و دریچه باید دو قشر رنگ ضد زنگ زده شوند.

۲-٦-۸ سیستم زمین پست‌های توزیع زمینی

۲-٦-۸-۱ مقاومت الکترود زمین

جـدول (۲-۱۰) حـد متوسـط مقاومـت الکتـرود زمـین را برای الکترودهای معمول و مقاومت مخصوص $\rho = ۱۰۰\Omega.m$ نشان مـی‌دهـد. در صـورتی که مقاومت مخصوص زمین ρ باشد می‌توان مقاومت الکترود زمین را با ضرب کردن اعداد جدول (۲-۱۰) در نسبت مقاومت مخصوص $\frac{\rho}{۱۰۰}$ بدست آورد.

جدول ۲-۱۰-مقاومت الکترود زمین برای ρ =۱۰۰ $\Omega.m$

نوع میل	رشته‌ای				میله‌ای و لوله‌ای				صفحه عمودی در عمق یک متر	
ابعاد (m)	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۱	۲	۳	۵	۰/۵×۱	۱×۱
مقاومت الکترود زمین (Ω)	۲۰	۱۰	۵	۳	۷۰	۴۰	۳۰	۲۰	۳۵	۲۵

۲-۶-۸-۲ تاثیر عوامل مختلف بر مقاومت زمین

عـوامل مختلفـی بـر مقاومـت زمین تاثیر گذار هستند. مقاومت الکتریکی زمین با توجه به میزان سنگلاخی بودن آن و نیز میزان رطـوبت موجـود در آن، از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌کند. با افزایش رطوبت موجود در خاک، خاصیت الکترولیتی آن افزایش و مقاومت مخصوص آن کاهش می‌یابد. تاثیر رطوبت موجود در خاک بر مقاومت ویژه آن در جدول (۲-۱۱) نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۱- اثر تغییر رطوبت خاک بر مقاومت مخصوص آن

میزان رطوبت %	مقاومت مخصوص $(\Omega.m)$
۰	بیش از $۱۰^۷$
۲/۵	۱۵۰۰
۵	۴۳۰
۱۰	۱۸۵
۱۵	۱۰۵
۲۰	۶۳
۳۰	۴۲

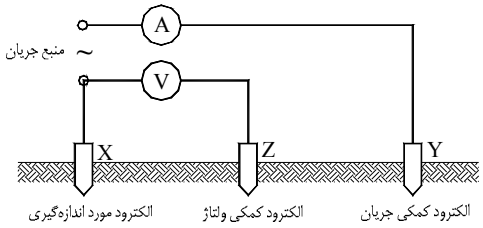
مقاومـت الکتریکـی زمـین بـا کـاهش درجـه حرارت خاک افزایش می‌یابد. البته نرخ افزایش مقاومت در دماهای زیر صفر درجه سانتیگراد بسیار بیشتر است. وابستگی مقاومت الکتریکی خاک به درجه حرارت در جدول (۲-۱۲) نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۲- اثر درجه حرارت بر مقاومت الکتریکی خاک

درجه حرارت $(^\circ C)$	مقاومت مخصوص $(\Omega.m)$
-۱۵	۳۳۰۰
-۵	۷۹۰
۰ (یخ)	۳۰۰
۰ (آب)	۱۳۸
+۱۰	۹۹
+۲۰	۷۵

۲-۶-۸-۳ اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

در شکل (۲-۱۸) الکترود X الکترودی است که اندازه‌گیری مقاومت آن مورد نظر است. Y الکترود کمکی جریان و Z الکترود ولتاژ نامیده می‌شود. مقاومت الکترود X نسبت به زمین، از تقسیم ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط ولت‌متر بر شدت جریان اندازه‌گیری شده توسط آمپرمتر، مطابق شکل (۲-۱۸) بدست می‌آید.



شکل ۲-۱۸- روش اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

۲-۶-۸-۴ اندازه‌گیری مقاومت مخصوص خاک

اندازه‌گیری مقاومت مخصوص خاک مشابه با شیوه‌ای که در بند (۲-۶-۸-۳) در خصوص اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین ارایه گردیده است، انجام می‌پذیرد با این تفاوت که در مورد اخیر از چهار الکترود به جای سه الکترود اندازه‌گیری استفاده می‌شود (شکل ۲-۱۹). برای انجام این آزمون چهار الکترود تا عمقی در حدود یک متر در زمین کوبیده می‌شوند به طوری که عمق فرورفتن الکترودها در زمین بایستی کمتر از یک بیستم فاصله بین آنها باشد. با فرض همگن بودن خاک، مقاومت مخصوص آن از رابطه (۲-۲) بدست می‌آید.

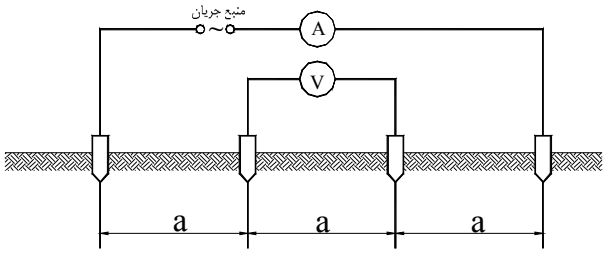
$$\rho = 2\pi aR \qquad [\Omega m] \qquad (۲-۲)$$

که در رابطه بالا:

ρ: مقاومت مخصوص $[\Omega m]$

R: مقاومت اندازه‌گیری شده $[\Omega]$

a : فاصله الکترودها از یکدیگر $[m]$



شکل ۲-۱۹- روش اندازه‌گیری مقاومت مخصوص خاک

۲-۶-۸-۵ الکترودهای زمین

مـواد و ابعـاد الکتـرودهای زمین باید به گونه‌ای انتخاب گردند که در برابر خوردگی استقامت کافی داشته و از استحکام مکانیکی مناسـب نیز برخوردار باشند. در جدول (۲-۱۳) حداقل ابعاد مناسب برای الکترودهای زمین از نقطه نظر خوردگی و استقامت مکانیکی درج گردیده است.

جدول ۲-۱۳- حداقل ابعاد مناسب برای الکترودهای زمین از دیدگاه استقامت مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی

ماده	سطح	شکل	حداقل ابعاد				
			قطر (mm)	سطح مقطع (mm^2)	ضخامت (mm)	ضخامت پوششی	
						حداقل مقدار (µm)	مقدار متوسط (µm)
فولاد	گالوانیزه یا ضد زنگ	نواری	–	۹۰	۳	۶۳	۷۰
		گروهی	–	۹۰	۳	۶۳	۷۰
		میل‌گرد برای الکترودهای زمین عمقی	۱۶	–	–	۶۳	۷۰
		سیم‌گرد برای الکترود سطحی	۱۰	–	–	–	۵۰
		لوله	۲۵	–	۲	۴۷	۵۵
	پوشش مسی	میل‌گرد برای الکترود زمین عمقی	۱۵	–	–	۲۰۰۰	–
	آبکاری با پوشش مسی	میل‌گرد برای الکترود زمین عمقی	۱۴	–	–	۹۰	۱۰۰
مس	لخت	نواری	–	۵۰	۲	–	–
		سیم‌گرد برای الکترود سطحی	–	۲۵	–	–	–
		رشته‌ای	۱/۸ برای هر رشته سیم	۲۵	–	–	–
		لوله	۲۰	–	۲	–	–
	پوشش قلع	رشته‌ای	۱/۸ برای هر رشته سیم	۲۵	–	۱	۵
	پوشش روی	نواری	–	۵۰	۲	۲۰	۴۰

به طور کلی انواع الکترودهای زمین که در تاسیسات الکتریکی به کار برده می‌شوند به شرح ذیل می‌باشند.

- شبکه فلزی زیرزمینی که در زیر پی و شالوده تاسیسات قرار می‌گیرد.
- صفحات هادی که در عمق زمین مدفون می‌گردند.
- تقویت کننده‌های فلزی بتون (به جز بتون پیش تنیده) که در زمین دفن شده‌اند.
- میله‌ها یا لوله‌های موجود در تاسیسات که دارای اتصال الکتریکی با زمین هستند.
- نوارها یا سیم‌های هادی که دارای اتصال الکتریکی با زمین هستند.
- پوشش فلزی کابل‌ها که به سیستم زمین متصل می‌باشند.
-سایر فلزکاری‌های مناسب زیرزمینی که دارای اتصال الکتریکی با زمین هستند.

در هنگام انتخاب عمق فرورفتن الکترود در زمین باید به شرایط محلی از قبیل خشکی یا یخزدگی خاک که موجب افزایش مقاومت الکترود زمین می‌گردند توجه نمود.

۲-٦-۸-٦ هادی‌های زمین و اتصالات آن

سطح مقطع هادی‌های زمین باید مطابق با بند (۲-۶-۹-۱) انتخاب گردند. در صورت مدفون شدن در خاک، سطح مقطع آنها نباید از مقادیر مندرج در جدول (۲-۱۴) کمتر شود.

جدول ۲-١٤- حداقل سطح مقطع هادی‌های مدفون در خاک (mm^2)

نوع هادی	دارای محافظ مکانیکی		عدم وجود محافظ مکانیکی	
	دارای محافظ در برابر خوردگی	عدم وجود محافظ در برابر خوردگی	دارای محافظ در برابر خوردگی	عدم وجود محافظ در برابر خوردگی
مس	۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵
آهن	۱۰	۵۰	۱۶	۵۰

اتصال هادی زمین به الکترود زمین باید با دقت و به گونه‌ای صورت گیرد که در محل اتصال آنها هدایت الکتریکی به طور کامل برقرار گردد. اتصالات باید با استفاده از جوش حرارتی، اتصال دهنده‌های فشاری، بست و یا سایر اتصال دهنده‌های مکانیکی استاندارد انجام پذیرد. اتصال دهنده‌های مکانیکی باید مطابق دستورالعمل‌های سازنده نصب گردند. در صورت استفاده از بست در هنگام نصب باید دقت شود تا الکترودهای زمین آسیبی نبینند.

۲-۶-۹ هادی‌های حفاظتی

۲-۶-۹-۱ حداقل سطح مقطع مورد نیاز

سطح مقطع هادی حفاظتی باید به اندازه‌ای باشد که هنگام وقوع خطا، ولتاژ تماسی در حالت متناوب از ۵۰ ولت موثر و در حالت مستقیم از ۱۲۰ ولت بیشتر نشود. این هادی همچنین باید تحمل عبور جریان‌های خطا را نیز داشته باشد. به طور کلی سطح مقطع هادی حفاظتی را می‌توان از دو طریق تعیین نمود.

در روش اول سطح مقطع هادی حفاظتی (S)، نباید از مقدار محاسبه شده در رابطه (۲-۳) کمتر باشد.

$$S=\frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \qquad [mm^2] \qquad (۳-۲)$$

در رابطه بالا:

I : مقدار (موثر) جریان خطا با یک امپدانس قابل چشم‌پوشی که از تجهیزات حفاظتی عبور می‌کند. [A]

t : زمان عملکرد تجهیزات حفاظتی برای قطع خودکار جریان خطا که نباید از ۵ ثانیه بیشتر شود. [s]

k: ضریب وابسته به نوع ماده هادی حفاظتی و دمای اولیه و نهایی هادی است که با استفاده از رابطه (۲-۴) محاسبه می‌گردد.

$$K=\sqrt{\frac{Q_c\,(\beta+20)^\circ C}{\rho_{20}}\ \ln\left(1+\frac{\vartheta_f-\vartheta_i}{\beta+\vartheta_i}\right)} \qquad (۴-۲)$$

که در رابطه بالا:

Q_c: ظرفیت حرارتی واحد حجم هادی در ۲۰ °C $[j/^\circ C\ mm^3]$

β: عکس ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی هادی در ۰ °C $[^\circ C]$

ρ_{20}: مقاومت مخصوص هادی در ۲۰ °C $[\Omega mm]$

ϑ_i : دمای اولیه هادی (دمای هادی قبل از بروز خطا) $[^\circ C]$

ϑ_f : دمای نهایی هادی (حداکثر دمای قابل تحمل برای هادی) $[^\circ C]$

برای محاسبه k از رابطه (۲-۴) می‌توان از اطلاعات جدول (۲-۱۵) استفاده نمود.

جدول ۲-۱۵- مقادیر پارامترهای مواد مختلف

جنس هادی	β $(^\circ C)$	$\sqrt{\frac{Q_c\,(\beta+20)^\circ C}{\rho_{20}}}$
مس	۲۳۴/۵	۲۲۶
آلومینیوم	۲۲۸	۱۴۸
سرب	۲۳۰	۴۱
فولاد	۲۰۲	۷۸

در روش دوم سطح مقطع هادی حفاظتی را می‌توان با استفاده از جدول (۲-۱۶) تعیین کرد.

جدول ۲-۱۶- حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی

سطح مقطع هادی خط S (mm^2)	حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی (mm^2)	
	اگر جنس هادی حفاظتی با جنس هادی خط یکی باشد.	اگر جنس هادی حفاظتی با جنس هادی خط یکی نباشد.
$S \leq ۱۶$	$\frac{k_۱}{k_۲} \times S$	$\frac{k_۱}{k_۲} \times S$
$۱۶ < S \leq ۳۵$	۱۶	$\frac{k_۱}{k_۲} \times ۱۶$
$S > ۳۵$	$\frac{S}{۲}$	$\frac{k_۱}{k_۲} \times \frac{S}{۲}$

در جدول (۲-۱۶) مقدار $k_۱$ برای هادی خط و $k_۲$ مقدار k برای هادی حفاظتی می‌باشد.

سطح مقطع هر هادی حفاظتی که جزیی از یک کابل نباشد یا با هادی خط در یک محفظه قرار نگرفته باشد، نباید کمتر از مقادیر ذیل باشد.

- ۱۶ mm^2 AL/۲/۵ mm^2 Cu در صورتی که محافظت در برابر آسیب مکانیکی فراهم شده باشد.
- ۱۶ mm^2 AL/۴ mm^2 Cu در صورتی که محافظت در برابر آسیب مکانیکی فراهم نشده باشد.

هنگامی که دو یا چند مدار دارای یک هادی حفاظتی مشترک هستند، سطح مقطع هادی حفاظتی باید توسط یکی از روش‌های زیر تعیین گردد.

- سطح مقطع برای بدترین شرایط خطا در مدار مربوطه مطابق رابطه (۲-۳) محاسبه گردد.
- با توجه به جدول (۲-۱۶)، سطح مقطع هادی حفاظتی با استفاده از سطح مقطع بزرگترین هادی موجود در مدار محاسبه گردد.

در صورت محاسبه سطح مقطع از هر دو روش فوق، سطح مقطع بزرگتر باید در نظر گرفته شود.

۲-۶-۹-۲ انواع هادی‌های حفاظتی

هادی‌های حفاظتی ممکن است از یک یا چند مورد از موارد زیر تشکیل شده باشد.

- هادی‌های درون کابل‌های چند رشته
- هادی‌های عایق‌بندی شده یا لخت در یک محفظه مشترک با هادی‌های برقدار
- پوشش فلزی کابل، غلاف کابل، زره کابل، کانال فلزی

چـنانچه تاسیـسات الکتریکی مانند تابلوهای قدرت و فرمان فشار ضعیف دارای محفظه‌های فلزی باشند و در صورتی که به طور همزمان سه شرط ذیل برقرار باشد می‌توان از این محفظه به عنوان هادی‌های حفاظتی استفاده نمود.

الف- از پیوستگی الکتریکی آنها اطمینان حاصل شده باشد به طوری که در برابر آسیب‌های مکانیکی، شیمیایی یا الکترو شیمیایی مقاوم باشند.

ب-ولتاژ تماسی آنها هنگام وقوع خطا در حالت .A.C از ۵۰ ولت موثر و در حالت .D.C از ۱۲۰ ولت بیشتر نشود.

ج- امکان اتصال هادی‌های حفاظتی دیگر به نقاط از پیش تعیین شده‌ای برروی این تاسیسات میسر باشد.

استفاده از قسمت‌های فلزی ذیل به عنوان هادی حفاظتی مجاز نمی‌باشد.

- لوله‌های فلزی آب
- لوله‌های حاوی مایعات یا گازهای قابل اشتعال
- قسمت‌هایی که در هنگام بهره‌برداری عادی با تنش‌های مکانیکی مواجه هستند.
- کانال‌های فلزی قابل انعطاف، مگر اینکه با اهداف حفاظتی طراحی شده باشند.
- قسمت‌های قابل انعطاف فلزی
- هادی‌های مهار

۲-۶-۹-۳ پیوستگی الکتریکی هادی‌های حفاظتی

هـادی‌هـای حفاظتـی باید در برابر آسیب‌های مکانیکی، شیمیایی یا الکتروشیمیایی، نیروهای الکترودینامیکی و ترمودینامیکی به شیوه مناسبی طبق استاندارد IEC 60364-5-54 محافظت گردند.

جز در موارد ذیل به منظور بازرسی و آزمون هادی‌های حفاظتی، اتصالات آنها باید در دسترس باشند.

- اتصالات پر شده با مواد ترکیبی[1]
- اتصالات کپسولی[2]
- اتصالات درون کانال‌های فلزی
- اتصالاتی که جزیی از یک تجهیز به شمار رفته و منطبق بر استاندارد آن تجهیز می‌باشند.

جز کلیدهایی که در محل اتصالات به منظور آزمون هادی‌های حفاظتی قرار داده شده‌اند و تنها با یک ابزار مشخص باز می‌شوند، هیچ گونه کلیدی نباید در مسیر هادی‌های حفاظتی قرار گیرد.

قـسمت‌های هادی بدون عایق دستگاهها جز در مواردی که در بند (۲-۶-۹-۲) ذکر گردیده است نباید به عنوان بخشی از هادی حفاظتی برای تجهیزات دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

---

[1] - Compound-Filled Joints

[2] - Encapsulated Joints

۲-۶-۹-۴ هادی مشترک زمین حفاظتی و زمین اصلی

هنگامی که برای زمین حفاظتی و زمین اصلی از یک هادی مشترک استفاده می‌شود، هادی مشترک بایستی شرایط لازم برای هادی حفاظتی و هادی اصلی زمین را دارا باشد.

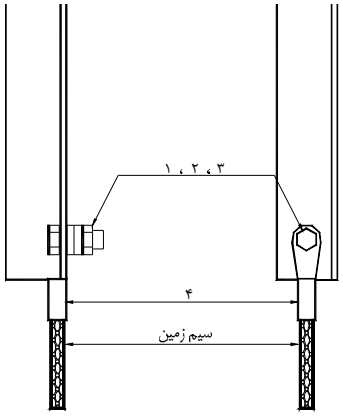
۲-۶-۹-۵ اتصال تجهیزات به زمین حفاظتی

تمامی اجزای داخل پست برای ایمنی بیشتر تا حد ممکن زمین می‌شوند. در داخل پست بدنه تجهیزات الکتریکی که روی مقره‌های عایق قرار گرفته‌اند به طور مستقیم به سیم هادی زمین وصل می‌شوند. در حالی که تجهیزات واقع بر روی پایه‌های فلزی را می‌توان از طریق این پایه به زمین متصل نمود. سیم زمین توسط پیچ و مهره به تجهیزات یا به پایه فلزی آن وصل می‌شود. در تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف، زمین کردن بدنه فلزی کلیدهای قدرت و سکسیونرها عموما به طور مستقیم با اتصال بدنه (یا ترمینال زمین) این تجهیزات به شینه زمین داخل تابلو و اتصال این شینه به شبکه زمین پست انجام می‌گیرد. تابلوها به طور عموم به پایه یا قاب فلزی زمین شده‌ای که روی آن قرار می‌گیرند توسط جوش متصل و ثابت می‌گردند. در این حالت بدنه تابلوها باید از طریق شینه زمین داخل تابلو و یا به طور مستقیم به شبکه زمین متصل گردد.

اتصال زمین بدنه ترانسفورماتور نیز از طریق پیچ مخصوص اتصال زمین واقع بر بدنه تانک اصلی انجام می‌گیرد. اتصال زمین نوترال ترانسفورماتور در طرف فشار ضعیف به طور مستقیم انجام می‌شود. در ضمن برای اینکه ترانسفورماتور قابل جابه جایی روی چرخ و ریل باشد اتصال زمین آن باید توسط یک هادی انعطاف پذیر با طول کافی صورت گیرد.

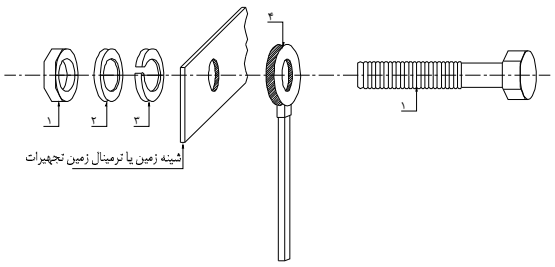
درب فلزی و نرده‌های اطراف ترانسفورماتور هم باید به سیستم زمین حفاظتی متصل باشد. جزییات نحوه اتصال تجهیزات فلزی ثابت به شبکه زمین پست در شکل (۲-۲۰) نشان داده شده است.

همچنین جزییات نحوه اتصال شینه زمین تابلو به شبکه زمین پست در شکل (۲-۲۱) مشخص گردیده است. نحوه اتصال درب فلزی قرقره بازشو به شبکه زمین پست نیز در شکل (۲-۲۲) نشان داده شده است.



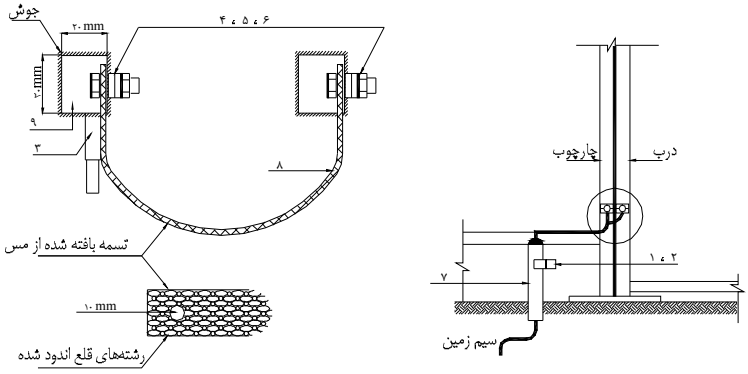
ردیف	شرح	تعداد
۱	پیچ و مهره برنجی نمره M ۱۰ × ۵۰	۱
۲	واشر تخت برنجی نمره M ۱۰	۱
۳	واشر فنری فسفر برنز نمره M ۱۰	۱
۴	کابلشو	۱

شکل ۲-۲۰- جزییات نحوه اتصال تجهیزات فلزی ثابت به شبکه زمین پست



ردیف	شرح	تعداد
۱	پیچ و مهره برنجی نمره ۵۰ × M ۱۰	۱
۲	واشر تخت برنجی نمره M ۱۰	۱
۳	واشر فنری فسفر برنز نمره M ۱۰	۱
۴	کابلشو	۱

شکل ۲-۲۱- جزییات نحوه اتصال شین زمین تابلو به شبکه زمین



ردیف	شرح	تعداد
۱	بست لوله (کاندوییت) تک سوراخه نمره ۲۵ میلیمتر	۱
۲	پیچ‌خود باز شو (رول بولت)	۱
۳	کابلشو	۱
۴	پیچ و مهره برنجی نمره ۵۰ × M ۱۰	۲
۵	واشر تخت برنجی نمره M ۱۰	۲
۶	واشر فنری فسفر برنز نمره M ۱۰	۲
۷	لوله (کاندوییت) نمره ۲۵ میلیمتر	۳۰۰ میلیمتر
۸	تسمه بافته شده از مس	به اندازه لازم
۹	ورق فـولادی گالوانیـزه ۴ × ۳۰ × ۵۰ میلیمتر مکعب که به شکل L خم شده است	۲

شکل ۲-۲۲- جزییات اتصال درب فلزی و نرده بازشو به شبکه زمین پست

۲-۶-۱۰ سیستم چاه زمین

در پست‌های کوچک شهری به علت محدودیت مکانی، زمین پست تنها با احداث چاه زمین ایجاد می‌شود. در ایجاد چاه زمین بنا به نوع زمین که می‌تواند معمولی یا سنگلاخی باشد باید دو شیوه متفاوت به شرح زیر مورد استفاده قرار گیرد.

الف- در زمین‌های معمولی حفر چاه، قرار دادن الکترود زمین در آن و سپس پر کردن چاه با استفاده از مواد مناسب برای کاهش مقاومت زمین

ب- در زمین‌های سنگلاخی حفر چاه، قرار دادن یک لوله گالوانیزه در داخل چاه، قرار دادن الکترود زمین درون چاه و سپس پرکردن چاه با استفاده از مواد مناسب

مشخصات چاه و مواد پرکننده آن برای زمین‌های معمولی و سنگلاخی به ترتیب در جداول (۲-۱۷) و (۲-۱۸) درج شده است.

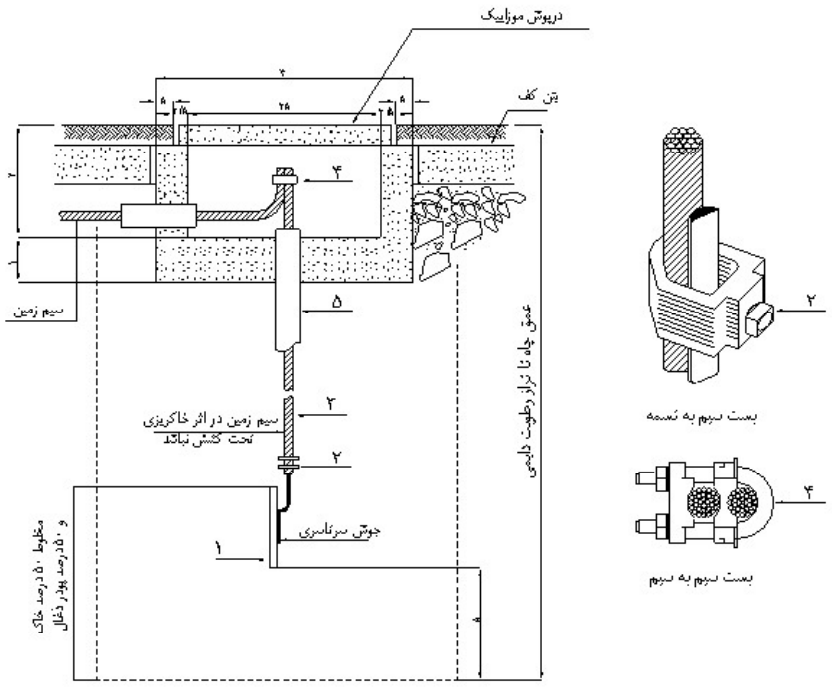
جدول ۲-۱۷- مشخصات چاه برای زمین‌های معمولی

مقاومت زمین	کمتر از ۵ اهم
عمق چاه	بیش از ۱۲ متر و کمتر از ۲۰ متر
نمک طعام	حداقل ۳۰ کیلوگرم
خاک زغال	حداقل ۱۵ کیلوگرم
خاک رس نرم شده	به مقدار کافی
خاک رس	به اندازه‌ای که چاه را پر کند
آب	به اندازه‌ای که چاه اشباع شود

جدول ۲-۱۸- مشخصات چاه برای زمین‌های سنگلاخی

مواد لازم	به نسبت	حداقل
نمک	۳	۳۰ کیلوگرم
خاک ذغال	۱/۵	۱۵ کیلوگرم
خاک رس سرندی	۳۰	۳۰۰ کیلوگرم

جزییات نصب چاه زمین در شکل (۲-۲۳) نشان داده شده است.



ردیف	شرح	تعداد
۱	صفحه زمین مسی ۳×۶۰۰×۶۰۰ میلیمتر مکعب با میله و چمبره و ...	۱
۲	بست سیم به تسمه	۲
۳	سیم مسی زمین	–
۴	بست سیم به سیم	۲
۵	لوله فولادی (کاندوییت) نمره ۵۰ میلیمتر	۲

شکل ۲-۲۳- جزییات نصب چاه زمین

۲-٦-۱۱ طراحی سیستم زمین

طراحی یک سیستم زمین طی مراحل زیر صورت می‌گیرد.

۱- با توجه به جریان خطا و مدت استمرار آن حداقل سیستم زمین که شرایط مورد نیاز را برآورده کند، تعیین می‌گردد.

۲- محـل مورد نظر برای ایجاد سیستم زمین تعیین شده و مشخصات خاک آن بررسی می‌شود. لازم به ذکر است تغییرات فصلی پارامترهای خاک باید مد نظر قرار گیرند.

۳- بـا تـوجه بـه مشخـصات خاک و جریان خطای تخمین زده شده، مقدار حداکثر افزایش پتانسیل زمین (EPR) تعیین می‌گردد.

۴- اگر EPR کمتر از مقدار قابل تحمل ولتاژ گام و ولتاژ تماسی باشد (طبق بند ۲-۶-۹-۱) طراحی پایان پذیرفته است.

۵- در صورت عدم تحقق بند ۴ سیستم زمین باید طوری طراحی گردد که ولتاژهای گام و تماس، درون و در مجاورت سیستم زمین کمتر از حدود قابل تحمل باشند.

۶- در صـورتی کـه تجهیـزات فـشار ضعیف با تنش‌های ولتاژ بیش از حد تحمل مواجه باشند بایستی راه‌حل‌های کاهش این تنش‌ها نظیر جداسازی سیستم‌های زمین HV و LV به کار گرفته شود.

۷- در صـورتی کـه جـریان نول ترانسفورماتور موجب اختلاف اساسی در پتانسیل نقاط مختلف سیستم زمین گردد باید راه‌حل‌های کاهش آن به کار گرفته شود.

۸- پس از تحقق موارد مذکور در صورت لزوم باید با تکرار گام‌های فوق طراحی اصلاح گردد.

طراحی جزییات به منظور اطمینان از زمین شدن تمام قسمت‌های بدون عایق ضروری است.

در طراحی سیستم زمین پست‌ها استفاده از سه طرح مشخص به شرح زیر توصیه می‌شود.

الف- استفاده از شبکه هادی‌ها که در اکثر حالات و به خصوص برای پست‌های با مساحت زیاد بهترین حالت می‌باشد.

ب- استفاده از سیستم الکترود زمین که برای پست‌های با مساحت کوچک و تعداد محدود تجهیزات مناسب است.

لازم بـه یـادآوری اسـت کـه بـرای پـستهایـی که در مناطق کوهستانی و سنگی واقع می‌شوند و پایین آوردن مقاومت زمین با اسـتفاده از دو روش مذکور امکان‌پذیر نباشد می‌توان با ایجاد چاهک‌های زمین و استفاده از الکترولیت و الکترودهای مسی به کاهش مناسب مقاومت زمین دست یافت.

ج- با توجه به چگونگی وضعیت زمین نیز می‌توان ترکیبی از روش‌های فوق (شبکه توام با الکترود) را به عنوان روشی مناسب به کار گرفت.

۲-۶-۱۱-۱ اندازه‌گیری‌ها در سیستم زمین

بـه منظور ارزیابی کارایی طراحی باید اندازه‌گیری‌ها پس از احداث سیستم زمین انجام پذیرد. این اندازه‌گیری‌ها شامل اندازه‌گیری امپدانس زمین و ولتاژهای گام و تماس مربوطه می‌باشد. هنگام اندازه‌گیری ولتاژهای تماس و گام، دو گزینه برای شرایط اندازه‌گیری وجـود دارد. گـزینه نخـست انـدازه‌گیـری ولـتاژهای تمـاس و گام با استفاده از یک ولت‌متر امپدانس بالا است و دیگری اندازه‌گیری ولتاژهای گام و تماس موثر در طول یک مقاومت مناسب که بیانگر مقاومت بدن انسان است می‌باشد.

۲-۷ ایمنی افراد

بـه منظور فراهم آوردن ایمنی کافی برای افراد در هنگام کار با تجهیزات پست‌های توزیع بایستی نکات به شرح ذیل مورد توجه قرار گیرد.

– تجهیزات قطع جریان الکتریکی باید توانایی عملکرد ایمن و مناسب تحت سخت‌ترین شرایط احتمالی را داشته باشند.

– حفاظت‌های کافی نظیر قراردادن هادی‌ها در محفظه، نصب نرده‌های حفاظتی و یا نصب هادی‌ها در ارتفاع مناسب جهت جلوگیری از تماس تصادفی افراد با قسمت‌های برقدار تجهیزات لحاظ گردد.

– سکسیونرها نباید در حالی که از آنها جریان عبور می‌کند عمل نمایند، مگر اینکه برای قطع چنین جریانی طراحی شده باشند. در صورتی که سکسیونرها قابلیت قطع جریان بار یا جریان مغناطیس کنندگی ترانسفورماتور و یا وصل در شرایط وجود خطا را نداشته باشند، باید به اینترلاک‌های ایمن و علایم هشداردهنده مجهز گردند.

– طراحی سیستم باید به گونه‌ای باشد که تعمیرات و نگهداری مداراها و تجهیزات با بی‌برق کردن و زمین نمودن آنها صورت گیرد.

– علایم هشدار دهنده برروی تجهیزاتی که در دسترس افراد غیر کارشناس هستند بایستی نصب گردد. این تجهیزات نظیر حصارهای احاطه کننده تجهیزات الکتریکی، درهایی که دسترسی به قسمت‌های الکتریکی را فراهم می‌کنند و کانال‌های عبور هادی یا کابل‌های با ولتاژ بیش از ۶۰۰V در نواحی که دیگر تجهیزات یا خطوط لوله وجود دارند می‌باشند. همچنین باید یک نمودار تک‌خطی در هر اتاق کلیدزنی تجهیزات الکتریکی نصب گردد.

– ایجاد یک سیستم زمین مناسب برای هر پست توزیع زمینی ضروری است.

– لامپ‌های اضطراری به منظور حفاظت از افراد در هنگام خرابی احتمالی سیستم روشنایی باید در دسترس باشد.

– دستورالعمل‌های بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری مشتمل بر نقشه‌های سیم‌کشی، مقادیر نامی تجهیزات و نحوه تنظیم تجهیزات حفاظتی بایستی برای پرسنل بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری تهیه گردد.

۲-۸ آیین کار و روش‌های اجرایی

۲-۸-۱ موارد قابل توجه در نصب تجهیزات پست

تجهیزات باید به گونه‌ای انتخاب و نصب گردند که شرایط زیر را برآورده نمایند.

– یک ساختار ایمن را پس از نصب و اتصال به شبکه فراهم آورند.

– دارای عملکرد مناسب و ایمن با در نظر گرفتن تاثیرات خارجی که در مکان مورد نظر وجود دارد باشند.

– در شرایط بهره‌برداری عادی و در هنگام حالت‌های اضافه بار از پیش تعیین شده، شرایط بهره‌برداری غیر عادی و خطا دارای عملکرد مناسب و ایمن باشد به طوری که دستگاه دچار آسیب نگردد.

– حفاظت از افراد در طول دوره بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری تجهیزات فراهم گردد.

موارد قابل توجهی که در نصب تجهیزات مختلف پست بایستی مد نظر قرار گیرند نیز در ادامه آمده است.

۲-۸-۱-۱ ترانسفورماتور قدرت

در نصب تاسیسات ترانسفورماتور امکان انتشار آتش باید مد نظر قرار گیرد. همچنین در صورت لزوم باید تمهیداتی به منظور محدود نمودن سطح نویز صوتی در نظر گرفته شده و تهویه مناسب نیز برای ترانسفورماتور فراهم گردد.

آب (آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و فاضلاب) نباید به وسیله تاسیسات ترانسفورماتور آلوده گردد. در صورت نیاز به نمونه‌برداری (نمونه روغن) یا قرایت تجهیزات مونیتورینگ (مانند سطح مایع، دما یا فشار) که در بهره‌برداری از ترانسفورماتور هنگام برقدار بودن آن دارای اهمیت است، باید ایمنی کامل موجود باشد بدون اینکه به تجهیزات آسیب وارد گردد.

۲-۸-۱-۲ ترانسفورماتور جریان

ضریب اضافه جریان نامی و بار نامی باید به گونه‌ای انتخاب گردد که از عملکرد مناسب تجهیزات حفاظتی اطمینان حاصل شده و از آسیب تجهیزات اندازه‌گیری در شرایط اتصال کوتاه جلوگیری به عمل آید.

۲-۸-۱-۳ ترانسفورماتور ولتاژ

ترانسفورماتورهای ولتاژ باید به گونه‌ای انتخاب گردند که خروجی و دقت نامی آنها برای تجهیزات و سیم‌کشی متصل به آن مناسب باشد.

۲-۸-۱-٤ تجهیزات کلیدزنی

سکسیونرها و کلیدهای زمین باید به گونه‌ای نصب گردند که به طور اتفاقی با کشش یا فشار اعمال شده توسط دست به اهرم‌های عمل کننده، عمل ننمایند.

تجهیزات باید به گونه‌ای نصب شوند که گازهای یونیزه شده‌ای که در طول کلیدزنی رها می‌گردند، موجب آسیب دیدن تجهیزات یا ایجاد خطر برای پرسنل بهره‌برداری نشوند.

۲-۸-۱-۵ برقگیر

برقگیرها باید به گونه‌ای طراحی و نصب گردند که در هنگام شکسته شدن محفظه یا عملکرد تجهیزات کاهش فشار، ایمنی پرسنل را فراهم نمایند.

۲-۸-۱-۶ خازن

خطـر تشدید و اضافه ولتاژ ناشی از هارمونیک‌ها باید مد نظر قرار گرفته و تمهیدات لازم برای محدود کردن آن فراهم آید. برای انـتخاب ولـتاژ نامی و ظرفیت جریان خازن‌ها، افزایش ولتاژ ایجاد شده به وسیله راکتانس‌های سلفی با اتصال سری، مانند راکتورهای میراکننده یا مدارات فیلتر باید مد نظر قرار گیرد.

تخلـیه الکتریکـی ایمـن خـازن‌های قدرت باید فراهم گردد. واحدهای تخلیه الکتریکی بایستی از نظر حرارتی و مکانیکی قابلیت انجـام این کار را داشته باشند. در انتخاب تجهیزات برای اتصال کوتاه و زمین کردن یک بانک خازنی، باید اتصالات واحدهای بانک، مقاومت‌های تخلیه و نوع فیوزها مد نظر قرار گیرند.

۲-۸-۱-۷ کابل‌ها

کابـل‌هـا بایـد بـه گـونه‌ای انتخاب و خوابانیده شوند که دمای هادی‌ها و عایق آنها، اتصالات و ترمینال‌های تجهیزات در شرایط بهـره‌برداری عادی، بهره‌برداری ویژه که با توجه به توافق قبلی بین تولید کننده و مصرف کننده تعیین می‌شود و شرایط رخداد اتصال کوتاه از حداکثر دمای مجاز فراتر نرود.

در هنگام نصب و پس از آن، به منظور حفاظت از کابل در برابر آسیب‌های مکانیکی باید مراقبت‌های ذیل انجام پذیرد.

– کابل‌های تک‌سیمه به گونه‌ای خوابانیده شوند که اطمینان حاصل شود نیروهای ناشی از جریان‌های اتصال کوتاه موجب آسیب آنها نخواهند شد.

– روش خوابانیدن به گونه‌ای انتخاب شود که اطمینان حاصل گردد اثرات خارجی به مقادیر ایمن قابل قبول محدود گردیده‌اند. کابل‌های زیرزمینی در مکان‌هایی که از زمین بیرون می‌آیند، از نظر مکانیکی حفاظت گردند.

– خوابانیدن کابل‌ها در زمین در کف کانال عاری از سنگ صورت گیرد. لایه بستر کابل شن یا خاک عاری از سنگ باشد.

– جابه جایی خاک و لرزش‌ها در نظر گرفته شوند. طول کابل اتصال دهنده ترانسفورماتورها به مدارات به گونه‌ای انتخاب گردد که وقوع پدیده فرورزونانس را حداقل نماید.

۲-۸-۱-۸ فیوزها

حـداقل فاصـله هوایـی تاسیسات فیوز باید به گونه‌ای باشد که موقعیت هادی‌های برقدار را قبل، هنگام و بعد از عملکرد فیوز در نظر بگیرد. فیوزها باید به گونه‌ای نصب گردند که تعویض آنها با ایمنی کامل مطابق بر دستورالعمل‌های سازنده امکان‌پذیر باشد.

۲-۸-۲ مراحل برقدار کردن پست

بعد از انجام آزمون برروی مدارات و رله‌ها و تنظیم مناسب آنها، برای برقدار کردن پست بایستی اقدامات به شرح ذیل صورت پذیرد.

- کلید قدرت مدار ورودی باز نگهداشته شود.
- خطوط ورودی به شبکه متصل گردند. این اتصال احتمالا نیاز به قطع موقت شبکه خواهد داشت.
- در حالی که کلیدهای قدرت فیدرها و ثانویه ترانسفورماتور باز است، کلید قدرت اولیه بسته شود. این عمل باید چند بار تکرار گردد تا اطمینان از برقراری اتصال کامل حاصل شود.
- ولتاژ ثانویه بررسی شده و صحت توالی فاز آن ارزیابی شود.
- کلید قدرت اصلی ثانویه ترانسفورماتور بسته شود تا شینه‌ها برقدار گردند.
- پست پس از زمان انتظار بی‌باری تجهیزات که توسط اکثر سازندگان توصیه می‌گردد، آماده بارگذاری می‌باشد.
- به محض اعمال بار جریان‌های مدارات رله‌های حفاظتی ارزیابی و ثبت گردد.

۲-۸-۳ بررسی‌های لازم پس از اتمام ساخت پست

پس از اتمام عملیات ساخت پست، بررسی‌های زیر بایستی صورت پذیرد.

- ارزیابی پلاریته ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان، کلیه مدارات جریان و ولتاژ به منظور ارزیابی پیوستگی مدار، توالی فاز مناسب، پلاریته و زمین شدن.
- تنظیم و آزمایش تمامی رله‌ها، تایمرها، مدارات قطع کننده و مدارات وصل کننده و غیره.
- عملکرد تمامی سکسیونرها و کلیدهای قدرت.
- بررسی مقاومت زمین.
- بررسی نسبت تبدیل ترانسفورماتور در تمامی تپ‌ها.
- ضریب قدرت عایقی ترانسفورماتور قدرت.
- آزمون‌های کامل روغن ترانسفورماتور.
- آزمون‌های ولتاژ فشارقوی DC روی کابل‌ها (مطابق با استاندارد IEEE std 510)

۲-۸-٤ تعمیر و نگهداری

پست‌های توزیع زمینی برای تبدیل ولتاژ شبکه به سطح ولتاژ مصرفی و توزیع انرژی الکتریکی بین مصرف کننده‌های شهری یا واحدهای کوچک صنعتی احداث می‌گردند و لذا باید برق مورد نیاز را به طور مستمر و بدون اشکالات فنی تامین نمایند. این امر در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که مراقبت و نگهداری کامل همراه با بهره‌برداری صحیح از تجهیزات پست مورد توجه قرار گیرد.

۲-۸-٤-۱ برنامه‌ریزی و اهداف نگهداری پست

بهره‌برداری و نگهداری یک پست باید به صورت برنامه‌ریزی شده‌ای در ارتباط با کل شبکه با اهداف زیر انجام گیرد.

- دستیابی به مقادیر تعیین شده بار، تامین برق مصرف کنندگان طبق جدول بار و حفظ پیک و تقاضای بار مصرفی
- ثابت نگهداشتن ولتاژ برق در مقدار نامی
- اطمینان از عملکرد صحیح کلیه تجهیزات نصب شده و عدم قطعی برق مصرف‌کنندگان
- پایین نگهداشتن هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات

۲-۸-٤-۲ نگهداری و بازرسی دوره‌ای سیستم زمین

در اندازه‌گیری مقاومت الکترود انتظار می‌رود که مقدار بدست آمده دارای دقت محدود باشد. زیرا نسبت به مقدار واقعی مقاومت ویژه خاک و همگنی آن تردید وجود دارد. مقاومت ویژه خاک همان طور که در بند (۲-۶-۸-۲) شرح داده شد بستگی به رطوبت، دما و اجزای متشکله خاک دارد. لذا مقدار آن می‌تواند به طور فصلی و روز افزون به دلیل تغییرات هیدرولوژیک مانند تغییر در سفره آب زیرزمینی و یا زهکشی تغییر کند. بنابراین بایستی مقاومت الکترود در خاتمه نصب و در فواصل منظمی پس از نصب مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

با توجه به اینکه مقاومت الکترود زمین در تاسیسات گویای کارآیی سیستم زمین است و نظر به اینکه رطوبت تاثیر تعیین کننده‌ای بر مقاومت دارد توصیه می‌شود آزمون مقاومت در طول یک فصل خاص حتی‌الامکان در پایان خشک ترین دوره سال انجام گیرد. در این حالت بدترین مقدار مقاومت که ممکن است ناشی از خرابی الکترود و یا افزایش مقاومت ویژه خاک در اطراف آن باشد بدست می‌آید.

در اندازه‌گیری‌های دوره‌ای بایستی نوع، فواصل، محل، جهت و نیز عمق الکترودهای کمکی در هر اندازه‌گیری تعیین شده و درصد دقت اندازه‌گیری نیز مشخص گردد. علاوه بر موارد فوق لازم است که تاریخ، ساعت، دمای هوای محیط، رطوبت نسبی هوا یا شرایط ظاهری جوی و نیز مقدار تقریبی بارندگی در هر اندازه‌گیری یادداشت شود.

فاصله زمانی بین دو دوره اندازه‌گیری متوالی نباید بیشتر از شش ماه باشد.

فصل سوم
ترانسفورماتورهای قدرت و اندازه‌گیری

مقدمه

ترانسفورماتورهای قدرت نصب شده در سطح توزیع، جهت تبدیل ولتاژ به سطوح مورد نیاز مصرف کنندگان به کار برده می‌شوند. از ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان در پست‌های توزیع نیز عموما برای سنجش مصرف اکتیو و راکتیو مصرف کنندگان استفاده می‌شود.

۳-۱ دامنه کاربرد

در این فصل ضوابط و معیارهای فنی، عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت و اندازه‌گیری در سطوح ولتاژ ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت ارایه گردیده‌است.

۳-۲ تعریف‌ها

۳-۲-۱ ترانسفورماتور قدرت

مبدلی است که توان مورد نیاز مصرف کننده را در سطح ولتاژ مشخص بدون تغییر در فرکانس سیستم تامین می‌کند.

۳-۲-۲ ترانسفورماتور اندازه‌گیری

ترانسفورماتوری است که جهت تامین سیگنال ورودی تجهیزات اندازه‌گیری الکتریکی مثل کنتورها و وسایل مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد و به دو نوع ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان (CT)[1] و ولتاژ (PT)[2] تقسیم می‌شود.

۳-۲-۳ اتو ترانسفورماتور

ترانسفورماتوری است که در آن دو سیم‌پیچی اولیه و ثانویه حداقل در یک قسمت مشترک هستند.

---

[1] - Current Transformers

[2] - Potential Transformers

۳-۲-٤ ترانسفورماتور روغنی

به ترانسفورماتوری که هسته و سیم‌پیچی آن در داخل روغن قرار داشته باشد گویند.

۳-۲-٥ ترانسفورماتور خشک

به ترانسی که هسته و سیم‌پیچی آن در داخل مایع قرار نداشته باشد ترانسفورماتور خشک گویند.

۳-۲-٦ ولتاژ و جریان نامی

به سطح ولتاژ و جریانی که ترانسفورماتور برای آن طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرد گویند.

۳-۲-۷ ضریب ولتاژ نامی

ضریبی است که با ضرب آن در ولتاژ نامی، حداکثر ولتاژ قابل تحمل سیم‌پیچی اولیه ترانسفورماتور در مدت زمان معین مشخص می‌شود.

۳-۲-۸ توان نامی

توان نامی به صورت حاصلضرب ولتاژ نامی در جریان نامی تعریف می‌شود.

۳-۲-۹ نسبت تبدیل واقعی

نسبت ولتاژ واقعی اولیه ترانسفورماتور به ولتاژ واقعی ثانویه ترانسفورماتور را گویند.

نکته: در ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان این نسبت به صورت نسبت جریان واقعی اولیه به جریان واقعی ثانویه تعریف می‌شود.

۳-۲-۱۰ نسبت تبدیل نامی

نسبت تبدیل ولتاژ نامی اولیه به ولتاژ نامی ثانویه را گویند.

نکته: در یک ترانس اندازه‌گیری جریان به نسبت جریان نامی اولیه به جریان نامی ثانویه اطلاق می‌شود.

۳-۲-۱۱ خطای ولتاژ

خطایی که در یک ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ، به سبب عدم برابری نسبت تبدیل واقعی با نسبت تبدیل نامی ترانسفورماتور ایجاد می‌شود، خطای ولتاژ اطلاق می‌گردد و می‌توان درصد این خطا را توسط رابطه (۳-۱) محاسبه کرد.

$$\text{درصد خطای ولتاژ} = \frac{(K_n U_s - U_p)}{U_p} \times ۱۰۰ \qquad (۳-۱)$$

که در رابطه بالا:

K_n: نسبت تبدیل نامی ترانسفورماتور

U_p: ولتاژ واقعی اولیه [V]

U_s: ولتاژ واقعی ثانویه زمانی که ولتاژ U_p به اولیه اعمال شود. [V]

۳-۲-۱۲ خطای جریان

خطایی که در یک ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان، به سبب عدم برابری نسبت تبدیل واقعی با نسبت تبدیل نامی ترانسفورماتور ایجاد می‌شود، خطای جریان اطلاق می‌گردد و می‌توان درصد این خطا را توسط رابطه (۳-۲) محاسبه کرد.

$$\text{درصد خطای جریان} = \frac{(K_n I_s - I_p)}{I_p} \times ۱۰۰ \qquad (۳-۲)$$

که در رابطه بالا:

K_n: نسبت تبدیل نامی ترانسفورماتور

I_p: جریان واقعی اولیه [A]

I_s: جریان واقعی ثانویه زمانی که جریان I_p به اولیه اعمال شود. [A]

۳-۲-۱۳ جابه جایی فاز

به اختلاف فاز بین بردارهای ولتاژ اولیه و ثانویه ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ اطلاق می‌شود.

نکته: در ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان این اختلاف، به اختلاف فاز بین جریان‌های اولیه و ثانویه اطلاق می‌شود.

اختلاف فاز به دقیقه یا سانتی‌رادیان[1] بیان می‌شود. در یک ترانسفورماتور ایده‌آل جهت بردارها چنان انتخاب می‌شود تا جابه جایی فاز وجود نداشته باشد.

[1] - Centiradian

۳-۲-۱٤ کلاس دقت

کلاس دقت به صورت حداکثر خطای ترانسفورماتور اندازه‌گیری در محدوده کاری تعیین شده تعریف می‌گردد.

۳-۲-۱۵ بار[1]

در ترانسفورماتور اندازه‌گیری، امپدانس مدار متصل به سیم‌پیچی ثانویه در جریان و ضریب توان معین را بار گویند. بار معمولاً به صورت توان ظاهری (VA) در ضریب توان معین و جریان ثانویه نامی بیان می‌شود.

۳-۲-۱٦ سطح عایق نامی

به حداکثر ولتاژی که مشخصات عایقی ترانسفورماتور قادر به تحمل آن در برابر تنش‌های دی‌الکتریکی باشد گویند.

۳-۲-۱۷ جریان نامی حرارتی کوتاه مدت

به مقدار جریان موثری که یک ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان می‌تواند در حالیکه سیم‌پیچی ثانویه‌اش اتصال کوتاه شده‌باشد به مدت یک ثانیه بدون آسیب‌دیدگی تحمل کند.

۳-۲-۱۸ جریان دینامیک نامی

در ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان، پیک جریان عبوری اولیه را زمانی که سیم‌پیچی ثانویه ترانسفورماتور اتصال کوتاه شده باشد، به شرط آنکه ترانسفورماتور در اثر نیروهای الکترومغناطیسی بوجود آمده، آسیب الکتریکی یا مکانیکی نبیند گویند.

۳-۲-۱۹ جریان نامی پیوسته

جریان دایمی عبوری از سیم‌پیچی اولیه را زمانی که سیم‌پیچی ثانویه به بار نامی متصل شده باشد، گویند.

۳-۲-۲۰ ضریب اطمینان دستگاه[2] (SF)

این ضریب به نسبت حداکثر جریان اولیه دستگاه اندازه‌گیری به هنگام بروز خطا به جریان نامی ترانسفورماتور اطلاق می‌شود.

---

[1] - Burden

[2] - Instrument Security Factor

نکته: هر قدر ضریب FS در یک ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان پایین‌تر باشد اطمینان از حفظ سلامت دستگاه اندازه‌گیری در حالات عبور جریان خطا از سیم‌پیچی اولیه ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان افزایش می‌یابد.

۳-۳ ترانسفورماتورهای قدرت

۳-۳-۱ کلیات

قلب یک پست توزیع را ترانسفورماتور قدرت آن تشکیل می‌دهد. ترانسفورماتور قدرت گرانترین عضو تشکیل دهنده پست می‌باشد. عمده‌ترین وظیفه آن تبدیل سطح ولتاژ بدون تغییر در فرکانس نامی آن می‌باشد.

اجزای اصلی تشکیل دهنده ترانسفورماتور قدرت عبارت از هسته، سیم‌پیچ‌ها، عایق‌ها، بوشینگ‌ها و تپ چنجر می‌باشند که در ادامه به شرح هر کدام از آنها و عوامل موثر در انتخاب ترانسفورماتور پرداخته خواهد شد.

۳-۳-۲ اجزای سازنده ترانسفورماتور قدرت

۳-۳-۲-۱ هسته

هسته در یک ترانسفورماتور وظیفه ایجاد مسیر مناسب عبور شار را بر عهده دارد. ورق‌های هسته ترانسفورماتور باید از ورق‌های نازک از جنس فولاد سیلیکون‌دار سرد نورد شده جهت‌دار ساخته شود. ورق‌های هسته باید به دقت مونتاژ شده و به یکدیگر متصل گردند تا در مقابل ضربات خارجی مقاوم بوده و با استفاده از چیدمان پله‌ای و ایجاد سطح مقطع تقریبا دایره‌ای استقامت مکانیکی کافی جهت نگهداری سیم‌پیچ‌ها را داشته باشد.

۳-۳-۲-۲ سیم‌پیچ‌ها

سیم‌پیچ‌ها در یک ترانسفورماتور وظیفه تبدیل ولتاژ را بر عهده دارند. ساختمان سیم‌پیچ‌ها بایستی طوری باشد که انبساط و انقباض بوجود آمده ناشی از تغییرات درجه حرارت باعث صدمه دیدن سیم‌پیچ‌ها نگردد. همچنین ساختمان سیم‌پیچ‌ها بایستی به گونه‌ای طراحی گردد که در مقابل حرکات و اعوجاج ایجاد شده توسط شرایط کاری غیر عادی خراشیدگی و سایشی در عایقها ایجاد نشود. بین سیم‌پیچ ولتاژ بالا و ولتاژ پایین و نیز بین سیم‌پیچ و هسته بایستی موانع عایقی کافی وجود داشته باشد. در ترانسفورماتورهای روغنی بایستی بین سیم‌پیچ‌ها فاصله مناسب جهت گردش روغن در نظر گرفته شود.

۳-۳-۲-۳ تانک

مجموعه سیم‌پیچی و هسته ترانسفورماتور در داخل محفظه بسته‌ای در داخل تانک قرار می‌گیرند. تانک ترانسفورماتور باید از فولاد کم کربن نورد شده و مقاوم در مقابل روغن ساخته شود. تانک ترانسفورماتور، رادیاتورها، لوله‌های ارتباطی روغن و کنسرواتور باید ضمن تحمل خلاء کامل، تحمل اضافه فشار ناشی از اختلاف سطح روغن به اندازه ارتفاع تانک را داشته باشند.

تانک ترانسفورماتور بایستی حداقل شامل شیرهایی به شرح زیر باشد.

- شیر تخلیه که باید در جایی نصب گردد که بتوان توسط آن روغن تانک را به طور کامل تخلیه کرد.
- شیر نمونه‌گیری از روغن
- یک سوراخ با درپوش برای تخلیه گاز یا هوای جمع شده در بالاترین قسمت تانک
- شیر تصفیه روغن

۳-۳-۲-٤ سیستم خنک‌کننده

ترانسفورماتورهای توزیع عموما دارای سیستم خنک‌کننده طبیعی هستند. بدین منظور برروی تانک ترانسفوماتور رادیاتورهایی نصب می‌گردد تا سرعت خنک‌سازی را افزایش و تسهیل بخشند. این رادیاتورها بایستی به گونه‌ای طراحی شده باشند که به راحتی قابل تمیز نمودن یا رنگ آمیزی باشند.

۳-۳-۲-۵ تپ چنجر

ترانسفورماتور می‌بایست مجهز به تپ‌چنجر ولتاژ برای تغییر اتصالات بین پله‌های مختلف در سیم‌پیچی باشد. تپ‌چنجر بایستی مجهز به دستگیره تنظیم، همراه با نشان دهنده پله‌ها و نیز وسایلی برای قفل نمودن دستگیره در هر یک از پله‌های مورد نظر باشد.

کنتاکت‌های تغییر دهنده ولتاژ باید قادر به تحمل جریان کامل اتصال کوتاه ترانسفورماتور بدون هیچگونه صدمه و آسیب دیدگی بوده و نیز جریان مستمر تا ۱/۲ برابر جریان بار کامل را تحمل نمایند. در ترانسفورماتورهای توزیع با سطوح ولتاژ ۳۳ کیلوولت عموماً از تپ‌های ۲/۵ درصدی و در سطوح ولتاژ ۲۰ کیلو ولت از تپ‌های ۴ و یا ۵ درصدی استفاده می‌شود.

۳-۳-۲-٦ بوشینگ‌ها

از بوشینگ‌ها جهت اتصال ترانسفورماتور به شبکه و نیز حفظ فاصله عایقی بین بدنه ترانسفورماتور و سیم‌های رابط استفاده می‌شود. مشخصات فنی بوشینگ‌ها باید مطابق با آخرین استاندارد IEC 60233 و IEC 60137 و مناسب کار در شرایط محیطی که ترانسفورماتور برای آن طراحی شده است باشد.

۳-۳-۲-۷ ملحقات

کلیه لوازم اندازه‌گیری رله‌ها و ترمومترها بایستی طوری در روی ترانسفورماتور نصب شوند که لرزش‌های ناشی از خود ترانسفورماتور به دستگاه‌های مورد نظر انتقال پیدا نکند. ترانسفورماتور باید با تجهیزات و ملحقات به شرح ذیل همراه باشد.

۱- کنسرواتور: کنسرواتور باید دارای ظرفیت مناسب برای تحمل تغییرات روغن در محدوده تغییرات درجه حرارت مشخص شده محیط باشد و می‌بایست به منظور تخلیه روغن با ایجاد شیب مناسب در کف آن بر روی ترانسفورماتور نصب گردد. کف کنسرواتور باید مجهز به شیر تخلیه مناسبی باشد. لوله ارتباطی بین کنسرواتور و تانک ترانسفورماتور باید دارای شیر قطع کننده خودکار با نشان دهنده وضعیت باز و بسته بودن باشد. در اثر انبساط و انقباض روغن حجم هوای داخل کنسرواتور تغییر می‌کند، لذا بایستی کنسرواتور برای ورود و خروج هوا مجهز به هواکش به همراه رطوبت‌گیر (جهت جذب رطوبت هوا) باشد.

۲- رله دو وضعیتی تشخیص گاز (رله بوخ هلتز): رله تشخیص گاز باید طوری قرار گیرد که تمام گازهای تولید شده را جمع و حس نماید. محل مناسب برای نصب این رله، لوله ارتباطی بین کنسرواتور و تانک ترانسفورماتور می‌باشد. رله باید مجهز به یک سری کنتاکت برای وصل مدار هشدار به هنگام تجمع تدریجی گاز در محفظه و نیز مجهز به کنتاکت فرمان قطع ترانسفورماتور در اثر جریان ناگهانی و سریع گاز باشد.

۳- نشان دهنده سطح روغن کنسرواتور: نشان دهنده سطح روغن بایستی قابل رویت از سطح زمین بوده و روی سطح خارجی کنسرواتور نصب گردد. عقربه نشان دهنده باید نمایانگر سطوح حداکثر، حداقل و عادی روغن باشد.

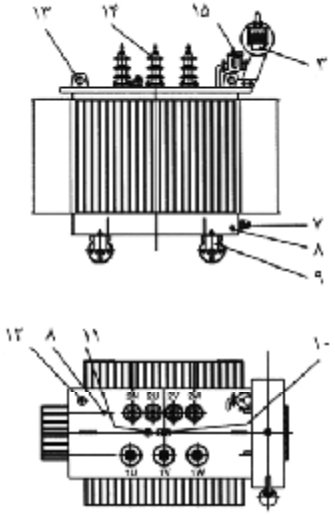
۴- نشان دهنده درجه حرارت سیم‌پیچ و روغن: نشان دهنده عقربه‌ای درجه حرارت روغن به همراه حس‌گر آن در گرم‌ترین مکان روغن نصب می‌گردد.

۵- چرخ‌ها: برای جابه جایی ترانسفورماتور بر روی ریل‌های داخل پست، ترانسفورماتور باید مجهز به چرخهایی باقابلیت چرخش ۹۰ درجه بوده و توانایی تحمل وزن ترانسفورماتور همراه با تانک پر از روغن داشته باشد. بعد از استقرار ترانسفورماتور در جای اصلی خود، چرخ‌ها باید به کمک نگهدارنده‌های پیچ و مهره‌ای روی ریل‌ها محکم گردند.

در شکل (۳-۱) جزییات مربوط به اجزای سازنده یک ترانسفورماتور قدرت نشان داده شده است.

۳-۳-۳ شرایط بهره برداری

به منظور عملکرد بهینه یک ترانسفورماتور بایستی شرایط و پارامترهای آب و هوایی مندرج در جدول (۳-۱) به طور کامل مشخص گردد. مقادیر ذکر شده برای این پارامترها طبق استاندارد IEC 60076 شرایط کاری استاندارد می‌باشد و درصورتی که ترانسفورماتور برای شرایط کاری دیگری طراحی شود بایستی ضریب تصحیح مناسب به هنگام طراحی به کار برده شود.



ردیف	شرح
۱	کنسرواتور
۲	نشاندهنده سطح روغن
۳	رطوبت گیر
۴	بوشینگ LV
۵	پلاک مشخصات
۶	ناودانی
۷	دریچه نمونه برداری از روغن
۸	ترمینال زمین
۹	چرخهای دوجهته
۱۰	پلاک ترمینال‌ها
۱۱	تپ چنجر
۱۲	ترمومتر
۱۳	چشمی برای اتصال به جرثقیل
۱۴	بوشینگ HV
۱۵	رله بوخ هلتز

شکل ۳-۱- جزییات مربوط به اجزای تشکیل دهنده ترانسفورماتور قدرت

جدول ۳-۱- پارامترهای آب و هوایی در شرایط کاری استاندارد ترانسفورماتورها

پارامترهای آب و هوایی	شرایط کاری استاندارد ترانسفورماتورها مطابق با استاندارد IEC 60076
حداکثر درجه حرارت محیط	۴۰ $^{\circ}C$
حداکثر متوسط درجه حرارت سالیانه محیط	۲۰ $^{\circ}C$
حداکثر متوسط درجه حرارت روزانه محیط	۳۰ $^{\circ}C$
حداقل درجه حرارت محیط	در فضای آزاد ۲۵- $^{\circ}C$ و در فضای بسته ۵- $^{\circ}C$
ارتفاع از سطح دریا	کمتر از ۱۰۰۰ متر
حداکثر سرعت باد	۱۰-۲ متر بر ثانیه
رطوبت نسبی	کمتر از ۹۰ درصد در طول یک ماه
ضخامت یخ	۱ میلیمتر
میزان و نوع آلودگی	آلودگی متوسط یا درجه ۲
شتاب زلزله	۰/۳gمتر بر مجذور ثانیه

۳-۳-٤ مشخصات و معیارهای فنی

۳-۳-٤-۱ نوع ترانسفورماتور

ترانسفورماتورهای قدرت را می‌توان در سه دسته به شرح ذیل تقسیم‌بندی کرد.

الف- انواع ترانسفورماتور از لحاظ نوع سیم‌پیچ

ترانسفورماتورها از نقطه نظر نوع سیم‌پیچی به سه صورت سیم‌پیچ جدا، اتوترانسفورماتور و ترانسفورماتور بوستر تقسیم می‌گردند. با توجه به آنکه اتوترانسفورماتور برای مواردی که نسبت تبدیل کوچکتر از ۲ باشد توجیه اقتصادی دارد و همچنین ترانسفورماتورهای بوستر برای موارد خاص استفاده می‌شود، تنها گزینه انتخابی برای ترانسفورماتورهای توزیع، ترانسفورماتورهای با سیم‌پیچ جدا است. ترانسفورماتورهای توزیع به صورت دو سیم‌پیچه و سه‌فاز ساخته می‌شوند.

ب- انواع ترانسفورماتور از لحاظ عایق‌بندی

ترانسفورماتورها از نقطه نظر نوع عایق‌بندی به سه نوع روغنی، خشک و گازی تقسیم می‌شوند. در ترانسفورماتورهای روغنی، هسته و سیم‌پیچ در داخل روغن با پایه نفتانیک و یا پارافینیک (روغن معدنی) قرار داده می‌شود. روغن ضمن آغشته کردن کاغذ پیچیده شده دور سیم‌پیچ‌ها و تامین خاصیت عایقی آنها، عایق‌بندی بین سیم‌پیچ‌ها و همچنین سیم‌پیچ و بدنه را فراهم کرده و علاوه بر آن وظیفه سیستم خنک‌کننده را نیز ایفا می‌نماید.

در سیستم‌های توزیع از ترانسفورماتورهای نوع خشک هم استفاده می‌شود که برای سیستم عایق بندی آنها از رزین، و برای خنک‌کاری نیز از هوا به جای روغن استفاده می‌شود. این ترانسفورماتورها عموما به صورت باز ساخته و بهره‌برداری می‌شوند.

در ترانسفورماتورهای گازی برخلاف دو نوع قبلی از گاز SF_6 به جای روغن و یا هوا برای خنک‌کاری و عایق‌کاری استفاده می‌شود. بدنه این ترانسفورماتورها به صورت کاملاً بسته و آب‌بندی شده که توسط گاز SF_6 پر شده است ساخته می‌شود. از مزایای عمده این ترانسفورماتورها در مقایسه با انواع روغنی می‌توان به مقاومت در برابر آتش‌سوزی، حجم و وزن کمتر، نصب و راه‌اندازی آسانتر و صدای کمتر را ذکر نمود. ترانسفورماتورهای گازی دارای معایبی نیز هستند که از آن جمله می‌توان به قابلیت هدایت حرارتی کم SF_6 در مقایسه با روغن، نیاز به افزایش فشار گاز برای دستیابی به قدرت عایقی خوب، تجزیه گاز SF_6 در اثر جرقه و ایجاد ترکیبات سمی و از همه مهمتر افزایش قیمت تمام شده آن اشاره کرد.

ج- انواع ترانسفورماتورها از نقطه نظر محل نصب

ترانسفورماتورها بسته به آنکه در محیط باز و یا محیط بسته مورد استفاده قرار می‌گیرند به دو نوع درونی و بیرونی تقسیم می‌گردند.

۳-۳-٤-۲ تعیین مشخصات اسمی

مشخصات اسمی، طبق تعریف مقادیر عددی کمیت‌هایی مانند ولتاژ، جریان، فرکانس، نسبت تبدیل و قدرت ترانسفورماتور می‌باشد. مشخصات اسمی باید به گونه‌ای باشند که افزایش دمای ترانسفورماتور تحت بار یکنواخت نامی با ولتاژ، فرکانس و جریان اسمی از حدود تعیین شده در بخش (۳-۳-۴-۴) تجاوز ننماید.

الف- ولتاژ نامی سیم‌پیچ

طبق استاندارد IEC 60038 مقادیر استاندارد ولتاژ در سطوح توزیع، بین ترمینال‌های یک سیم‌پیچ ترانسفورماتور سه‌فاز یا تک‌فاز برحسب کیلوولت عبارت از موارد ذیل می‌باشد.

[kV] ۰/۴، ۱۱، ۲۰، ۳۳

ب- فرکانس نامی

فرکانس کار ترانسفورماتورهای قدرت در ایران ۵۰ هرتز است.

ج- توان نامی

توان نامی عبارت است از حاصلضرب ولتاژ نامی در جریان نامی که برحسب kVA یا MVA بیان می‌شود. به هنگام طراحی و انتخاب ترانسفورماتور با توجه به نیاز مصرف کننده و با در نظر گرفتن گسترش‌های آینده بایستی یکی از مقادیر استاندارد انتخاب شود. لازم به ذکر است که در ترانسفورماتور دو سیم‌پیچه، هر دو سیم‌پیچ دارای توان نامی یکسان می‌باشند.

برخی از مقادیر رایج استاندارد توان برای ترانسفورماتورهای توزیع عبارت از موارد ذیل می باشد.

[kVA] ۲۰۰۰، ۱۶۰۰، ۱۲۵۰، ۱۰۰۰، ۸۰۰، ۶۳۰، ۵۰۰، ۴۰۰، ۳۱۵، ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۶۰، ۱۲۵، ۱۰۰، ۵۰، ۲۵

د- جریان نامی

این جریان با توجه به مقدار توان نامی و ولتاژ نامی انتخابی تعیین می‌شود و به صورت نسبت توان نامی به ولتاژ نامی تعریف می‌شود.

ر- بالاترین ولتاژ سیستم

بالاترین ولتاژی است که بین دو فاز ترانس قرار می‌گیرد و ترانسفورماتور بایستی توانایی تحمل آن را به طور دائم داشته باشد. طبق استاندارد IEC 60038، مقادیر حداکثر ولتاژ سیستم برای ترانسفورماتورهای توزیع ۰/۶، ۱۲، ۲۴ و ۳۶ کیلوولت بایستی در نظر گرفته شود.

۳-۳-٤-۳ سیستم خنک‌کننده

گرمای تولیدی در ترانسفورماتور به دلیل تلفات هسته و سیم‌پیچ‌ها، باعث افزایش دمای داخل ترانسفورماتور می‌شود. در صورتی که این افزایش دما به طریق مناسبی کاهش نیابد و به حد مجاز نرسد ممکن است که عایق‌های ترانسفورماتور آسیب ببینند. به‌همین دلیل در نظر گرفتن سیستم خنک‌کننده مناسب با توجه به شرایط کار و آب و هوایی محل نصب ترانسفورماتور از اهمیت بسزایی برخوردار است.

براساس استاندارد IEC 60076-2، برای نشان دادن سیستم خنک‌کننده از حروف اختصاری به شرح مندرج در جدول (۳-۲) استفاده می‌شود.

جدول ۳-۲- حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده

حرف اول (محیط خنک‌کننده مجاور سیم‌پیچ)	حرف دوم (مکانیزم چرخش ماده خنک‌کننده داخلی)	حرف سوم (محیط خنک‌کننده خارجی)	حرف چهارم (مکانیزم چرخش ماده خنک‌کننده خارجی)
O (روغن معدنی یا هر مایع عایقی با نقطه اشتعال کمتر از $300\ ^{\circ}C$)	**N** (چرخش طبیعی)	**A** (هوا)	**N** (چرخش طبیعی)
K (مایع عایقی با نقطه اشتعال بزرگتر از $300\ ^{\circ}C$)	F (چرخش اجباری، مقدار روغن در حال چرخش با توجه به مقدار بار تغییر می‌کند.)	W (آب)	F (چرخش اجباری با فن یا پمپ)
L (هر مایعی که نقطه اشتعال آن مشخص نباشد.)	**D** (چرخش اجباری جهت داده شده، مقدار روغن در حال چرخش فقط به ظرفیت پمپ روغن بستگی دارد و با بار ترانسفورماتور تغییر نمی‌کند.)	—	—

شایان ذکر است که یک ترانسفورماتور می‌تواند همزمان از چندین سیستم خنک‌کننده بهره ببرد. در این صورت، کلیه حالات کار سیستم را از چپ به راست می‌نویسند. به عنوان مثال ONAN/ONAF نشان دهنده ترانسفورماتوری با خنک‌کننده میانی روغن با چرخش طبیعی و محیط خنک‌سازی خارجی هوا با چرخش طبیعی و اجباری می‌باشد.

همچنین در مورد ترانسفورماتورهای خشک که در محفظه بسته قرار دارند از سیستم‌های AN و AF استفاده می‌گردد. AF نشان دهنده خنک‌سازی توسط هوا با چرخش اجباری و AN به معنی استفاده از گردش طبیعی هوا برای خنک‌سازی می‌باشد.

در قدرت‌های پایین‌تر از حد ۱۵ مگاولت آمپر، سیستم خنک کنندگی طبیعی به علت سادگی، استحکام و قابلیت اطمینان بالا بهترین گزینه می‌باشد.

۳-۳-٤-٤ حدود مجاز افزایش دما

در شرایط کار طبیعی و با توان نامی، افزایش دمای سیم‌پیچ‌ها، هسته و روغن ترانسفورماتورهای روغنی و خشک به‌ترتیب نباید از مقادیر ذکر شده در جدول (۳-۳) و (۳-۴) تجاوز نماید.

جدول ۳-۳- حدود مجاز افزایش دما برای ترانسفورماتورهای روغنی

قسمت	حداکثر افزایش دما (°C)	نوع گردش روغن	روش خنک‌کننده
سیم‌پیچ‌ها باکلاس حرارتی A	۶۵	طبیعی (ON) یا اجباری (OF)	گردش طبیعی هوا (AN)
	۷۰	اجباری جهت داده شده (OD)	گردش طبیعی هوا (AN)
سطح بالای روغن	۶۰ برای ترانسفورماتور با محفظه کاملا بسته با منبع انبساط	-	-
هسته و سایر قسمت‌ها	دما تحت هر شرایطی تا حدی مجاز است که باعث آسیب دیدن هسته و قسمت‌های مجاور نگردد	-	-

جدول ۳-٤- حدود مجاز افزایش دما برای ترانسفورماتورهای خشک

قسمت	دمای سیستم عایقی (°C) (کلاس عایقی)	حداکثر افزایش دما (°C)
سیم‌پیچ‌ها	۱۰۵ (A)	۶۰
	۱۲۰ (E)	۷۵
	۱۳۰ (B)	۸۰
	۱۵۵ (F)	۱۰۰
	۱۸۰ (H)	۱۲۵
	۲۲۰ (O)	۱۵۰
هسته، قسمت‌های فلزی و اجزای مجاور	-	افزایش دما تا حدی مجاز است که باعث آسیب‌دیدن هسته و قسمت‌های مجاور نگردد

۳-۳-٤-۵ ضرایب تصحیح برای شرایط کار غیر طبیعی ترانسفورماتور

در این قسمت ضرایب مناسب برای تعیین محدوده‌های افزایش دما آمده است.

الف- ترانسفورماتورهای روغنی

در سطوح توزیع عموما از هوای محیط برای خنک‌سازی روغن و بدنه ترانسفورماتور استفاده می‌شود. طبق استاندارد IEC 60076 درجه حرارت محیط بین $-25\ ^{\circ}C$ تا $40\ ^{\circ}C$ می‌باشد و دمای محیط محل نصب ترانسفورماتور نباید از $+30\ ^{\circ}C$ برای درجه حرارت

متوسـط ماهانـه (گرم‌ترین ماه) و $^{\circ}C$ ۲۰+ برای درجه حرارت متوسط سالانه فراتر رود. در صورت افزایش دمای محیط از این حدود باید حدود مجاز افزایش دمای ترانسفورماتور در جداول (۳-۳) و (۳-۴) به همان اندازه کاهش یابد.

در صـورتی که ارتفاع محل نصب ترانسفورماتور بیش از ۱۰۰۰ متر بوده ولی محل آزمایش ترانسفورماتور در ارتفاعات معمول باشد، محدوده مجاز افزایش دمای ترانسفورماتور در طول آزمایش، باید طبق جدول (۳-۵) اصلاح گردد.

جدول ۳-۵- حدود مجاز افزایش دما برحسب تغییرات ارتفاع

روش خنک‌کننده	ارتفاع نصب	میزان کاهش دمای مجاز
گردش طبیعی هوا (AN)	به ازای هر ۴۰۰ متر افزایش از ارتفاع ۱۰۰۰ متر	$^{\circ}C$ ۱
گردش اجباری هوا (AF)	به ازای هر ۲۵۰ متر افزایش از ارتفاع ۱۰۰۰ متر	$^{\circ}C$ ۱

قابـل ذکـر اسـت در صـورتی کـه ارتفاع محل نصب کمتر از ۱۰۰۰ متر بوده و محل آزمایش بالاتر از ۱۰۰۰ متر ارتفاع داشته باشد شرایط تصحیح بر عکس می‌شود (حدود مجاز دما افزیش می‌یابد).

ب- ترانسفورماتورهای خشک

طـبق استاندارد IEC 60076 حدود طبیعی دمای محیط $^{\circ}C$ ۲۵- تا $^{\circ}C$ ۴۰ می‌باشد، لذا چنانچه ترانسفورماتور برای شرایط کاری به غیر از این محدوده طراحی شده باشد بایستی ملاحظات مندرج در جدول (۳-۶) هنگام طراحی در نظر گرفته شوند.

جدول ۳-٦- حدود مجاز افزایش دما برحسب تغییرات دمای محیط برای ترانسفورماتور خشک

افزایش دمای هوای خنک‌کننده ($^{\circ}C$)	میزان کاهش دمای مجاز ($^{\circ}C$)
کمتر از ۵	۵
بزرگتر از ۵ و کمتر از ۱۰	۱۰
بیش از ۱۰	توافق بین سازنده و خریدار

اگـر ترانـسفورماتور خـشک بـرای ارتفـاع ۱۰۰۰ متری طراحی و مورد آزمایش قرار گیرد و محل نصب در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر باشـد، محدوده مجاز افزایش دما به ازای هر ۵۰۰ متر افزایش ارتفاع برای ترانسفورماتورهای با گردش طبیعی هوا (AN) ۲/۵ درصد و برای ترانسفورماتورهای با گردش اجباری هوا (AF) ۵ درصد بایستی کاهش یابد.

۳-۳-٤-٦ نحوه اتصال سیم‌پیچ‌ها

بـا توجه به نحوه اتصال داخلی سیم‌پیچ‌های سه‌فاز به یکدیگر سه نوع اتصال سه‌فاز عبارت از اتصال ستاره (Y)، اتصال مثلث (D) و اتصال زیگزاگ (Z) متداول می‌باشد. در ذیل توضیح مختصری در مورد هر کدام از این اتصالات ارایه می‌شود.

الف- اتصال ستاره یا Y

ایـن نـوع از اتـصال برای استفاده در سطح ولتاژهای بالا مقرون به صرفه می‌باشد. وجود نقطه نوترال این امکان را می‌دهد تا بتوان بارهـای تک‌فاز بین فاز و زمین را متصل کرد. همچنین می‌توان نوترال ترانسفورماتور را به طور مستقیم و یا غیر مستقیم زمین نمود. کـاهش سطح عایق‌بندی و نیز امکان اضافه کردن سیم‌پیچی‌های تپ در نقاط انتهایی نزدیک نوترال از دیگر مزایای این نوع اتصال به شمار می‌رود. از این نوع اتصال در سیستم‌های توزیع به دلیل نیاز به نقطه صفر در طرف ثانویه بیشتر استفاده می‌شود.

ب- اتصال مثلث یا D

ایـن نـوع اتـصال بـرای جـریان‌های بالا و ولتاژهای پایین توجیه اقتصادی بهتری دارد. ترکیب این اتصال با اتصال ستاره امپدانس توالی صفر سیم‌پیچی را کاهش می‌دهد. در سیستم‌های توزیع از این اتصال بیشتر برای سیم‌پیچی اولیه استفاده می‌شود.

ج- اتصال زیگزاگ یا Z

ایـن نـوع اتـصال بـه تعـداد دورهـای بیـشتری نـسبت به اتصال Y نیاز داشته و ساخت آن نیز مشکل‌تر می‌باشد. از این اتصال در ترانسفورماتورهای زمین و سیستم‌های با بار نامتقارن و قدرت‌های پایین استفاده می‌شود.

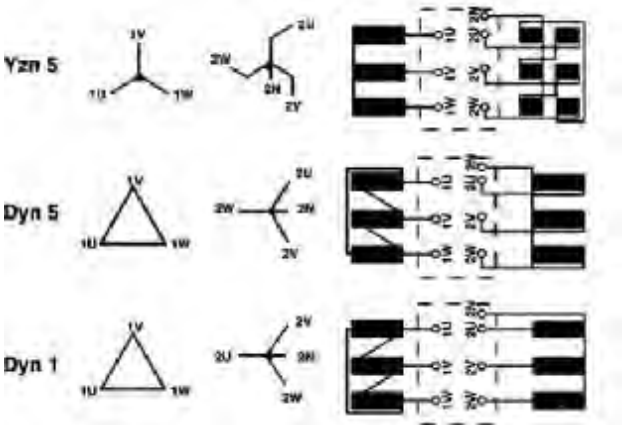
۳-۳-٤-۷ جابه جایی فاز بین سیم‌پیچ‌ها و گروه برداری

در ترانـسفورماتورها بـین ولـتاژ سیم‌پیچ‌های اولیه، ثانویه و سیم‌پیچ سوم (در صورت وجود) معمولاً اختلاف فازی وجود دارد که این اخـتلاف نـسبت بـه بـردار مـربوط به سیم‌پیچ فشارقوی سنجیده می‌شود. به عبارت دیگر گروه برداری معرف میزان اختلاف فاز بین ولتاژهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتور می‌باشد.

طـبق اسـتاندارد IEC 60076-1 و IEC 60076-4، بـرای نمـایش گروه برداری حرف اول به صورت حرف بزرگ انگلیسی معرف نحـوه اتـصال سـیم‌پـیچ فـشارقوی (Y،D یا Z) و به دنبال آن وجود یا عدم وجود حرف N معرف در دسترس بودن یا نبودن نوترال فـشارقـوی و سـپس حـروف کوچک انگلیسی (یکی از حروف d،y و z) معرف نوع اتصال سیم‌پیچ فشار ضعیف و وجود و عدم وجود حـرف n بیانگـر در دسـترس بـودن یـا نبودن نوترال فشار ضعیف می‌باشد و پس از آن عددی که معرف میزان پس فاز بودن ثانویه نسبت به اولیه (به صورت مضربی از ۳۰ درجه) می‌باشد قید می‌گردد.

بـه عـنوان مثال ترانسفورماتور ۲۰kV/۴۰۰V که طرف فشارقوی آن به صورت مثلث و طرف فشار ضعیف به صورت ستاره با نقطه نوترال قابل دسترسی بسته شده و ولتاژ ثانویه آن نسبت به اولیه $^{\circ}$ ۳۳۰ پس فاز باشد به صورت Dynll نشان داده می‌شود.

در شکل (۳-۲) اتصالات و گروه‌های برداری متداول برای ترانس‌های قدرت در سطوح توزیع آمده است.



شکل ۳-۲- نحوه اتصال و گروه‌های برداری متداول ترانسفورماتورهای قدرت در سطوح ولتاژ توزیع

۳-۳-٤-۸ تعیین تنظیم ولتاژ و تپ چنجر

یکی از روش‌های تنظیم ولتاژ شبکه تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور به صورت پله‌ای و با استفاده از تپ‌چنجر است. تپ‌چنجرها به دو نوع قابل عمل در حالت بدون بار[1] و قابل عمل زیر بار[2] تقسیم می‌شوند. در مواردی که تنظیم مداوم ولتاژ بدون قطع بار ضروری باشد، از تپ چنجرهای قابل عمل زیر بار استفاده می‌شود و در غیر این صورت از تپ‌چنجرهای غیر قابل عمل زیر بار استفاده می‌گردد. در سطوح توزیع از تپ‌چنجرهای قابل عمل بدون بار استفاده می‌شود.

در صورت استفاده از تپ چنجر در ترانسفورماتور لازم است که جزییات مورد نیاز با مراجعه به استاندارد IEC 60076-4 تهیه گردد.

۳-۳-٤-۹ تعیین سطوح عایقی

در تعیین سطوح عایقی علاوه بر سطح ولتاژ کاری ترانسفورماتور بایستی اضافه ولتاژها و حالات گذرایی که از طرف سیستم به ترانسفورماتور اعمال می‌شود نیز در نظر گرفته شود، بدین معنی که علاوه بر عکس‌العمل سیستم‌های حفاظتی مانند برق‌گیرها و رله‌ها و . . . خود ترانسفورماتور نیز تا حدودی بایستی بتواند در مقابل شرایط غیر عادی تحمل داشته باشد.

سطح عایقی با توجه به عوامل به شرح زیر تعیین می‌گردد.

الف- بالاترین سطح ولتاژ سیستم

ب- شرایط زمین شدن سیستم

ج- شرایط غیر عادی که ترانسفورماتور به سبب آن در معرض اضافه ولتاژها قرار می‌گیرد.

د- نوع وسیله حفاظتی

---

[1] -Off Load

[2] -On Load

مقادیـر غیـرعادی کـه ترانسفورماتور قدرت بایستی قادر به تحمل آن باشد در جدول (۳-۷) آمده است. در استاندارد IEC60076-3 جـزییات مـربوط به مقادیر سطوح عایق آمده است. برخی از نکاتی که در انتخاب سطوح عایق بایستی به آنها توجه شود به شرح زیر می‌باشد.

اگـر ارتفـاع محـل نـصب ترانسفورماتور خشک بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا باشد، سطح عایقی به ازای هر ۵۰۰ متر افـزایش ارتفـاع محل نصب نسبت به ۱۰۰۰ متر، ۶/۲۵ درصد افزایش می‌یابد. این شرط برای ترانسفورماتورهایی که کاملاً آب‌بندی شده‌اند صادق نیست.

بـا افـزایش ارتفاع از سطح، چگالی هوا کاهش یافته و خاصیت عایقی آن که در سطوح عایقی خارجی نقش دارد، کاهش می‌یابد. به همـین دلـیل اگر ترانسفورماتوری در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا مورد بهره‌برداری قرار گیرد، فاصله عایقی (سطح عایقی خارجـی) بایـد بـه ازای هـر ۱۰۰ متـر افزایش نسبت به ۱۰۰۰متر، ۱ درصد افزایش یابد. فواصل عایقی (سطوح عایقی خارجی) برای قسمت‌های برقدار ترانسفورماتور مطابق جدول (۳-۸) می‌باشند.

مقدار فاصله خزشی با توجه به میزان آلودگی محیط طبق جدول (۳-۹) تعیین می‌شود.

جدول ۳-۷- سطوح عایقی برای سیم‌پیچ‌ها و بوشینگ‌های سمت فشارقوی ترانسفورماتور

حداکثر ولتاژ موثر سیستم (kV)	مقادیر نامی موثر ولتاژ استقامت کوتاه مدت در فرکانس قدرت (kV)		مقادیر نامی حداکثر ولتاژ استقامت در برابر ضربه صاعقه (kV)	
	بوشینگ	سیم‌پیچ	بوشینگ	سیم‌پیچ
۱۲	۳۵	۲۸	۷۵	۷۵
۲۴	۵۵	۵۰	۱۲۵	۱۲۵
۳۶	۷۵	۷۰	۱۷۰	۱۷۰

جدول ۳-۸- فاصله عایقی قسمت‌های برقدار خارجی ترانسفورماتور

حداکثر ولتاژ موثر ترانسفورماتور (kV)	حداقل فاصله (mm)
۱۲	۱۲۵
۲۴	۲۲۵
۳۶	۳۱۵

جدول ۳-۹- حداقل فاصله خزشی

سطح آلودگی	حداقل فاصله خزشی نامی بین فاز و زمین الکتریکی (فاز به فاز mm/kV)	حداقل فاصله خزشی کل به فاصله قوس[1]
I سبک II متوسط	۱۶ ۲۰	≤ 3/5
III سنگین IV خیلی سنگین	۲۵ ۳۱	≤4

۳-۳-۴-۱۰ میزان تحمل اتصال کوتاه ترانسفورماتور

الف- امپدانس ولتاژ

در یک ترانسفورماتور به درصد ولتاژ برای هر واحد[2] که به ترمینال‌های یک سیم‌پیچ در فرکانس نامی اعمال می‌گردد تا جریان نامی از آن سیم‌پیچ عبور نماید، در حالیکه سیم‌پیچ‌های دیگر ترانسفورماتور اتصال کوتاه شده باشند، امپدانس ولتاژ گویند. در جدول (۳-۱۰) مقادیر نوعی امپدانس ولتاژ ترانسفورماتورها بر حسب توان اسمی آنها آمده است. این مقادیر دقیق نبوده و امکان تغییر این مقادیر با تغییر سطح ولتاژ وجود دارد، ولی به عنوان یک عدد تقریبی می‌توان از آنها استفاده کرد.

جدول ۳-۱۰- مقادیر نوعی امپدانس ولتاژ ترانسفورماتورها مطابق استاندارد IEC 60076-5

توان نامی (kVA)	امپدانس ولتاژ (٪)
تا ۶۳۰	۴
از ۶۳۱ تا ۱۲۵۰	۵
از ۱۲۵۰ تا ۳۱۵۰	۶/۲۵

ب- امپدانس اتصال کوتاه

امپدانس اتصال کوتاه معادل امپدانس اندازه‌گیری شده اتصال ستاره ترمینال‌های یک سیم‌پیچ در فرکانس نامی بر حسب اهم بر فاز در حالی که سیم‌پیچ‌های دیگر اتصال کوتاه شده باشند می‌باشد.

رابطه بین امپدانس اتصال کوتاه (Z_t) و امپدانس ولتاژ (U_Z) یک سیم‌پیچ مشخص به صورت زیر می‌باشد.

$$Z_t = \frac{U_Z}{100} \times \frac{U_n^2}{S_n} \qquad [\Omega] \qquad (۳-۳)$$

[1] - Arcing Distance
[2] - Per unit

U_n: ولتاژ نامی [V]

S_n: توان نامی سیم‌پیچ [VA]

ج- محاسبه مقدار جریان اتصال کوتاه

مقدار موثر جریان اتصال کوتاه متقارن یک ترانسفورماتور سه‌فاز از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$I = \frac{U_n}{(Z_t + Z_s)\sqrt{3}} \qquad [kA] \qquad (۴-۳)$$

که :

Z_t: امپدانس اتصال کوتاه [Ω]

U_n : ولتاژ نامی سیم‌پیچ [kV]

Z_S : امپدانس اتصال کوتاه سیستم که از رابطه U_S^2/S محاسبه می‌شود $\left[\Omega/ph\right]$

U_S : ولتاژ نامی سیستم [V]

S : توان ظاهری اتصال کوتاه سیستم [MVA]

برای ترانسفورماتورهای توزیع (تا توان اسمی ۳۱۵ کیلوولت آمپر)، در محاسبه جریان اتصال کوتاه، اگر امپدانس سیستم (Z_s) کوچکتر یا برابر ۵ درصد امپدانس اتصال کوتاه ترانسفورماتور (Z_t) باشد می‌توان از Z_s چشم پوشی کرد. در صورتی که مقدار توان ظاهری اتصال کوتاه سیستم در دسترس نباشد طبق استاندارد IEC 60076-5 می‌توان از مقادیر تقریبی جدول (۳-۱۱) استفاده کرد.

جدول ۳-۱۱- مقادیر توان ظاهری اتصال کوتاه شبکه توزیع

حداکثر ولتاژ سیستم (kV)	توان ظاهری اتصال کوتاه (MVA)
۱۲و۲۴	۵۰۰
۳۶	۱۰۰۰

د- مدت زمان تداوم اتصال کوتاه

مدت زمان تداوم جریان اتصال کوتاه که برای محاسبه میزان تحمل حرارتی ترانسفورماتور مورد نیاز است، معمولاً ۲ ثانیه در نظر گرفته می‌شود، مگر آنکه مقدار دیگری توسط خریدار مشخص شده باشد. این زمان با توجه به سیستم‌های حفاظتی تعیین می‌گردد.

ه- میزان تحمل حرارتی ترانسفورماتور در لحظه اتصال کوتاه

ترانسفورماتور باید بتواند در حین کار بدون آنکه صدمه‌ای ببیند اثرات حرارتی ناشی از اتصال کوتاه در هر یک از ترمینال‌های سیم‌پیچ‌ها را برای مدت زمان معین تحمل نماید.

حداکثر میانگین دمای سیم‌پیچ ترانسفورماتور با هادی‌های مسی و آلومینیومی بعد از اتصال کوتاه به ترتیب توسط روابط (۳-۵) و (۳-۶) محاسبه می‌گردد.

$$\theta_1 = \theta_0 + \frac{2(\theta_0 + 235)}{\frac{10^6}{J^2 t} - 1} \qquad [^\circ C] \qquad (۳-۵)$$

$$\theta_1 = \theta_0 + \frac{2(\theta_0 + 226)}{\frac{43600}{J^2 t} - 1} \qquad [^\circ C] \qquad (۳-۶)$$

که در این روابط:

θ_0: درجه حرارت اولیه سیم‌پیچ در شرایط عادی $[^\circ C]$

J: چگالی جریان اتصال کوتاه $\left[\frac{A}{mm^2}\right]$

t: مدت زمان اتصال کوتاه [S]

حداکثر میانگین دمای سیم‌پیچ (θ_1) که با استفاده از روابط (۳-۵) و (۳-۶) محاسبه می‌گردد نباید از حداکثر مقدار مجاز مندرج در جدول (۳-۱۲) تجاوز نماید.

جدول ۳-۱۲- حداکثر دمای مجاز سیم‌پیچ (θ_1) بعد از اتصال کوتاه

نوع ترانسفورماتور	درجه حرارت سیستم عایقی (کلاس دمایی عایق) $(^\circ C)$	حداکثر مقدار θ_1 $(^\circ C)$	
		مس	آلومینیم
روغنی	۱۰۵(A)	۲۵۰	۲۰۰*
خشک	۱۰۵(A)	۱۸۰	۱۸۰*
	۱۲۰(E)	۲۵۰	۲۰۰*
	۱۳۰(B)	۳۵۰	۲۰۰*
	۱۵۵(F)	۳۵۰	۲۰۰*
	۱۸۰(H)	۳۵۰	۲۰۰*
	۲۲۰	۳۵۰	۲۰۰*

* در صورت توافق خریدار و سازنده می‌تواند تا $250\ ^\circ C$ افزایش یابد.

و- میزان تحمل دینامیکی

ترانسفورماتور باید بتواند در هر انشعابی در حین کار بدون آنکه صدمه ببیند نیروهای الکترومغناطیسی حاصل از شرایط اتصال کوتاه را کـه توسـط ماکزیمم دامنه جریان غیر متقارن در سیم‌پیچ‌ها ایجاد می‌گردد تحمل نماید. مقدار این جریان حداکثر ۲/۵۴ برابر مقدار موثر جریان اتصال کوتاه است.

۳-۳-٤-۱۱ تلفات ترانسفورماتور

از آنجـا کـه ترانـسفورماتور دارای سیم‌پیچ مسی و هسته آهنی می‌باشد دارای تلفات نیز خواهد بود. در ترانسفورماتور قدرت سه نوع تلفات مشتمل بر تلفات آهنی (بی‌باری)، تلفات مسی (بار) و تلفات سیستم‌های جانبی مانند سیستم خنک‌کننده وجود دارد.

تلفات آهنی یا بی‌باری شامل تلفات هیسترزیس و فوکو در هسته ترانسفورماتور می‌باشد. این تلفات به جنس ورق‌های هسته و نحوه چیدمان آنها بستگی دارد. تلفات بار نیز ناشی از تلفات اهمی سیم‌پیچ‌ها و تلفات شار نشتی می‌باشد.

میـزان تلفـات یـک ترانـسفورماتور نقـش مهمی در ارزیابی اقتصادی آن دارد. به طوری که ممکن است انتخاب ترانسفورماتوری با قیمت بیشتر اما تلفات کمتر نسبت به ترانسفورماتور مشابه با تلفات بیشتر اما قیمت کمتر در طی دوره بهره‌برداری و در طولانی مدت توجیه اقتصادی بهتری داشته باشد.

۳-۳-٤-۱۲ میزان مجاز صدا

ارتعاشـات هـسته در محـل اتـصال سـتون‌هـای هـسته بـه قـسمت‌های بالایی و پایینی (یوغ‌ها)، تغییر طول‌های ورقه‌های هسته، هـادی‌هـای سـیم‌پـیچ‌ها و نیز فنها از عوامل ایجاد صدا در ترانسفورماتورها می‌باشند. در جدول (۳-۱۳) مقادیر مطلوب سطح صدا در فاصله ۱ متری از ترانسفورماتور داده شده است. اندازه‌گیری سطح صدا باید طبق استاندارد IEC 60551 انجام گیرد.

جدول ۳-۱۳- سطح مجاز صدا در ترانسفورماتورهای توزیع

توان ترانسفورماتور (kVA)	میزان صدا (dB)
۱۰۰	۴۶
۱۲۵،۱۶۰	۴۷
۲۰۰،۲۵۰	۴۸
۳۱۵،۴۰۰	۵۰
۵۰۰،۶۳۰	۵۲
۸۰۰،۱۰۰۰	۵۴
۱۲۵۰،۲۰۰۰	۵۶

۳-۳-٤-۱۳ شرایط موازی کردن دو ترانسفورماتور

درصورت نیاز به کارکرد موازی ترانسفورماتورها بایستی اطلاعات زیر مطابق با استاندارد IEC 60076-8 قبل از نصب مشخص شود.

- توان نامی ترانسفورماتورهای موجود
- نسبت تبدیل نامی
- نسبت تبدیل در تپها غیر از تپ نامی
- تلفات بار در تپ نامی و دمای مبنا
- امپدانس اتصال کوتاه در تپهای حداکثر و حداقل در صورتی که محدوده تغییرات تپها از ۵ $\pm$ درصد بیشتر باشد.
- دیاگرام اتصال و گروه برداری

جهت موازی کردن دو یا چند ترانسفورماتور به نحو مطلوب لازم است شرایط زیر محقق گردد.

الف- برابری نسبت تبدیل‌ها

جهت موازی کردن دو ترانسفورماتور بایستی هر دو دارای نسبت تبدیل‌های یکسان با خطاهای یکسان و تپهای یکسان باشند. در صورت عدم برابری نسبت تبدیل‌های دو ترانسفورماتور موازی، ولتاژ القایی در ثانویه این دو ترانسفورماتور با هم متفاوت بوده و در اثر این اختلاف جریانی چرخشی بین ترانسفورماتورها بوجود می‌آید.

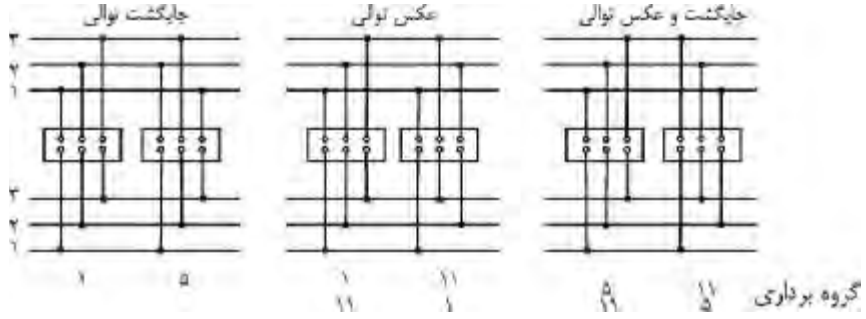
ب- برابری امپدانس اتصال کوتاه و توان نامی

ترانسفورماتورهای موازی بایستی دارای امپدانس اتصال کوتاه یکسان و توان نامی نزدیک به هم باشند. طبق استاندارد IEC 60076-1 مقدار امپدانس اتصال کوتاه اعلام شده توسط کارخانه سازنده ترانسفورماتور می‌تواند تا ۱۰ درصد خطا داشته باشد. در صورتی که امپدانس اتصال کوتاه دو ترانسفورماتور موازی شده یکسان نباشد ترانسفورماتور با امپدانس اتصال کوتاه کوچکتر توان نامی بیشتری را از خود عبور خواهد داد. طبق استاندارد IEC 60076-8 بارگذاری دو ترانسفورماتور موازی حداکثر با ۱۰ درصد اختلاف قابل قبول می‌باشد. طبق استاندارد IEC 60076-8 توان نامی دو ترانسفورماتور موازی حداکثر نسبت ۲:۱ می‌تواند داشته باشد.

ج- برابری گروه‌های برداری

اتصال دو ترانسفورماتور با گروه‌های برداری متفاوت در حالت عادی امکان‌پذیر نمی‌باشد. در شکل (۳-۳) نحوه اتصال ترانسفورماتورهایی با گروه‌های برداری متفاوت نشان داده شده است. این بدین معنی است که اگر ثانویه ترانسفورماتوری دارای گروه‌برداری ۱ باشد با تعویض توالی نامگذاری فازهای ثانویه (تعویض II با I، III با II و I با III) می‌توان گروه‌برداری یک را به یک گروه‌برداری ۵ تبدیل کرد. بنابراین ترانسفورماتورهایی با تفاوت ۴ یا ۸ شماره ساعت را می‌توان با تعویض توالی فازها با هم موازی نمود.

همچنین ترانسفورماتورهایی با گروه‌برداری ۵ و یا ۱ را می‌توان با ترانسفورماتورهایی با گروه‌برداری ۱۱ یا ۷ با تعویض برعکس توالی فازها موازی کرد. اتصال موازی ترانسفورماتورهای Dyn و Yzn به دلیل اختلاف در امپدانس توالی صفر امکان پذیر نمی‌باشد.



شکل ۳-۳- نحوه موازی کردن ترانسفورماتورها با گروه‌های برداری متفاوت و پرکاربرد

۳-۳-٤-١٤ روغن ترانسفورماتور

الف- کیفیت

روغن ترانسفورماتور باید مطابق با استاندارد IEC 60296 تهیه شود. براساس استاندارد مذکور، روغن مورد استفاده در ترانسفورماتور در سه کلاس I، II و III و در دو پایه نفتان و پارافین تقسیم‌بندی می‌گردد. روغن با پایه نفتان برای استفاده نیاز به مواد افزودنی مانند ضد اکسیداسیون نداشته ولی در مقابل روغن با پایه پارافین احتیاج به ماده ضد اکسیداسیون دارد. بنابراین روغن با پایه نفتان برای استفاده در ترانسفورماتورها مناسبتر است.

ب- مشخصات روغن

براساس استاندارد IEC 60296، مشخصات روغن‌های کلاس I، II و III مطابق جدول (۳-۱۴) می‌باشد.

ج- شرایط استفاده از انواع روغن‌ها

با توجه به اینکه درجه حرارت اشتعال روغن‌های کلاس III، بزرگتر یا مساوی $95\ ^{\circ}C$ است (که برای کشور ایران این مقدار حداقل باید $100\ ^{\circ}C$ باشد) بنابراین روغن‌های کلاس III در ایران استفاده نمی‌شود.

طبق استاندارد، روغن‌های خالص با پایه نفتان در کلاس II برای مناطقی که دارای حداقل درجه حرارت $-40\ ^{\circ}C$ می‌باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین برای مناطقی که دارای حداقل درجه حرارت $-20\ ^{\circ}C$ و $-30\ ^{\circ}C$ می‌باشند از روغن‌های پایه نفتان یا پارافین کلاس I استفاده می‌شود.

جدول ۳-۱۴- مشخصات روغن مورد استفاده در ترانسفورماتور

مشخصه (واحد)	شرایط	کلاس I	کلاس II	کلاس III
چسبندگی جنبشی (میلی متر مربع بر ثانیه)	در $40^{\circ}C$	کوچکتر یا مساوی ۱۶/۵	کوچکتر یا مساوی ۱۱	کوچکتر یا مساوی ۳/۵
	در $20^{\circ}C$	کوچکتر یا مساوی ۴۰	کوچکتر یا مساوی ۲۵	کوچکتر یا مساوی ۶
	در $-15^{\circ}C$	کوچکتر یا مساوی ۸۰۰	-	-
	در $-30^{\circ}C$	-	کوچکتر یا مساوی ۱۸۰۰	-
	در $-40^{\circ}C$	-	-	کوچکتر یا مساوی ۱۵۰
درجه حرارت اشتعال (سانتیگراد)	-	بزرگتر یا مساوی ۱۴۰	بزرگتر یا مساوی ۱۳۰	بزرگتر یا مساوی ۹۵
درجه حرارت خمیری شدن (نقطه ریزش) (سانتیگراد)	-	کوچکتر یا مساوی ۳۰-	کوچکتر یا مساوی ۴۵-	کوچکتر یا مساوی ۶۰-
شکل ظاهری	-	رنگ روشن و شفاف و بدون هر گونه مواد معلق و ته نشینی		
چگالی $\left(kg/dm^3\right)$	در $20^{\circ}C$	کوچکتر یا مساوی ۰/۸۹۵		
کشش سطحی $\left(N/m\right)$	در $25^{\circ}C$	بزرگتر یا مساوی 40×10^{-3}		
درجه خنثی بودن $\left(mg\,koH/g\right)$	-	کوچکتر یا مساوی ۰/۰۳		
خورندگی گوگردی	-	غیر خورنده		
مقدار آب محلول $\left(mg/kg\right)$	-	کوچکتر یا مساوی ۴۰		
ماده افزودنی ضد اکسیداسیون	-	در مورد روغن‌های بی‌افزودنی ماده ضد اکسید کننده اضافه نمی‌شود. در مورد روغن‌های با افزودنی، مقدار ماده ضد اکسید کننده با توافق بین خریدار و فروشنده تعیین می‌گردد.		
درجه خنثی بودن $\left(mg\,koH/g\right)$	بعد از اکسید شدن روغن بدون افزودنی	کوچکتر یا مساوی ۰/۴		
مقدار لجن روغن	بعد از اکسید شدن روغن بدون افزودنی	کوچکتر یا مساوی ۰/۱ درصد از جرم کل روغن		
ولتاژ شکست عایقی (kV)	روغن قبل از تصفیه	بزرگتر یا مساوی ۳۰		
	روغن بعد از تصفیه	بزرگتر یا مساوی ۵۰		
ضریب تلفات	در $90^{\circ}C$ و فرکانس ۴۰ تا ۶۰ هرتز	کوچکتر یا مساوی ۰/۰۰۵		

۳-۳-٤-۱۵ مقاومت در برابر زمین لرزه

طبق استاندارد IEC 60076 ترانسفورماتور (به علاوه کلیه ملحقات آن) باید طوری طراحی شده باشد که نیروهای دینامیکی وارده تا ۰/۳ ثابت گرانش زمین در اثر زمین لرزه را بدون هر گونه صدمه‌ای تحمل نماید.

۳-۳-٤-۱٦ ضربه شوک و انحراف از شاقول

ترانسفورماتورها باید طوری طراحی گردند که در اثر وارد آمدن شوک و ضربات احتمالی در ضمن بارگیری، تخلیه، نقل و انتقالات زمینی و دریایی یا هر گونه جابه جایی تا حد ۳ برابر شتاب ثقل زمین در هر یک از جهات (طول، عرض یا ارتفاع) آسیبی به آنها وارد نگردد. انحراف از قایم تا میزان حداکثر ۱۵ درجه نسبت به خط شاقول نیز نباید سبب وارد آمدن ضربه به ترانسفورماتور گردد.

۳-۳-۵ مراحل طراحی و انتخاب ترانسفورماتور قدرت

در این بخش براساس نتایج بدست آمده از بررسی‌ها و مطالعات بخش‌های قبل، مراحل مختلف انتخاب ترانسفورماتور قدرت برای پست‌های ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت اعلام می‌گردد.

گام اول: تعیین شرایط بهره‌برداری طبق بند (۳-۳-۳)

گام دوم: انتخاب نوع ترانسفورماتور قدرت طبق بند (۳-۳-۴-۱)

گام سوم: انتخاب مقادیر ولتاژ و توان نامی باتوجه به خواسته‌های مشتری طبق بند (۳-۳-۴-۲)

گام چهارم: تعیین سیستم خنک‌کننده طبق بند (۳-۳-۴-۳)

گام پنجم: تعیین محدودیت‌های دمایی براساس اطلاعات محیطی و نوع ترانسفورماتور طبق بند (۳-۳-۴-۴) و (۳-۳-۴-۵)

گام ششم: تعیین نحوه اتصال و گروه برداری طبق بندهای (۳-۳-۴-۶) و (۳-۳-۴-۷)

گام هفتم: تعیین تنظیم ولتاژ و تپ‌چنجر طبق بند (۳-۳-۴-۸)

گام هشتم: تعیین شرایط عایقی طبق بند (۳-۳-۴-۹)

گام نهم: تعیین میزان تحمل اتصال کوتاه طبق بند (۳-۳-۴-۱۰)

گام دهم: تعیین تلفات ترانسفورماتور طبق بند (۳-۳-۴-۱۱)

گام یازدهم: تعیین میزان صدای مجاز ترانسفورماتور طبق بند (۳-۳-۴-۱۲)

گام دوازدهم: تعیین مشخصات روغن ترانسفورماتور طبق بند (۳-۳-۴-۱۴)

گام سیزدهم: رعایت نکات بند (۳-۳-۴-۱۳) در صورت موازی کردن دو ترانسفورماتور

۳-۳-٦ پلاک مشخصات

پلاک مشخصات بایستی برروی بدنه ترانسفورماتور و در معرض دید نصب گردد. جنس پلاک باید از مواد ضدزنگ بوده و نوشته‌های روی آن کاملاً مشخص و خوانا باشد. پلاک باید حاوی اطلاعات به شرح ذیل باشد.

الف- اطلاعات عمومی

این اطلاعات باید برروی پلاک تمامی ترانسفورماتورها موجود باشد.

- نوع ترانسفورماتور (برای مثال ترانسفورماتور دو سیم‌پیچه، اتوترانسفورماتور، ترانسفورماتور بوستر و ...)
- شماره استاندارد
- نام کارخانه سازنده
- شماره سریال سازنده
- تاریخ ساخت
- تعداد فاز
- توان نامی [kVA یا MVA]
- فرکانس نامی
- ولتاژ نامی
- جریان نامی
- نحوه اتصالات و گروه برداری
- امپدانس ولتاژ برحسب درصد
- نوع سیستم خنک‌کننده
- وزن کل
- وزن روغن

ب- اطلاعات اضافی

علاوه بر نکات مذکور اطلاعات به شرح ذیل نیز بایستی بر حسب نیاز در پلاک مشخصات درج گردد.

- برای ترانسفورماتورهایی که دارای سیم‌پیچی با ولتاژ بالاتر از ۳/۶ کیلوولت می‌باشند، سطوح عایقی طبق استاندارد IEC 60076-3 بایستی مشخص گردد.
- جزییات مربوط به تپ چنجر با رعایت نکات زیر
  - برای ترانسفورماتورهایی که تپ‌چنجر کمتر از ۵ ± درصد دارند، ولتاژ تپ برای تمامی پله‌ها بایستی مشخص گردد.
  - برای ترانسفورماتورهایی که تپ‌چنجرهای بزرگتر از ۵ ± درصد دارند، ولتاژ، جریان و توان برای تمامی پله‌ها، همچنین امپدانس اتصال کوتاه مربوط به تپ اصلی و تپ حداکثر باید در یک جدول مشخص گردد.
- در صورتی که حداکثر دمای مجاز روغن و سیم‌پیچ‌ها خارج از محدوده استاندارد باشد، بایستی مشخص گردد.

– در صورت استفاده از مایع عایقی به غیر از روغن برای ترانسفورماتور، جزییات مربوط به آن بایستی مشخص گردد.
– وزن آماده حمل ترانسفورماتور، برای ترانسفورماتورهایی که وزن کل آنها از ۵ تن بیشتر باشد.
– وزن بدون تانک برای ترانسفورماتورهایی که وزن کل آنها از ۵ تن بیشتر باشد.
– مقاومت تانک و کنسرواتور در مقابل خلاء.

۳-۳-۷ مدارک فنی

در مناقـصه سازنده باید اطلاعات و مشخصات زیر را همراه با پیشنهاد جهت تایید و بررسی ارایه نماید. کلیه اسناد و مدارک مناقصه باید توسط نماینده مجاز فروشنده مهر و امضا شود.

– نقشه‌های کلی ساخت که ابعاد خارجی، وزن قطعات و نحوه مونتاژ تجهیزات پیشنهاد شده را نشان دهد. نقشه‌ها باید نمایانگر فواصل الکتریکی مابین قسمت‌های مختلف داخلی و خارجی ترانسفورماتور، اطلاعات الکتریکی و مکانیکی لازم و نحوه خارج ساختن هسته و روغن از مخزن باشد.
– بروشورهای کلیه اجزای اصلی و ملحقات
– فهرست لوازم یدکی
– مشخصات فنی تفصیلی طبق آنچه در جدول (۳–۱۶) آمده است.
– گزارش آزمون های نوعی
– فهرست تجربیات فروشنده در ساخت ترانسفورماتورهای مشابه.
– اسناد و نقشه‌های لازم برای نصب، نگهداری و تعمیرات
– کلیه تجهیزات موقت و دایمی لازم برای نصب، همچنین مشخصات خودروهای لازم برای حمل و نقل

بـه هنگام سفارش ترانسفورماتور قدرت از نوع روغنی بایستی اطلاعات مندرج در جداول (۳–۱۵) و (۳–۱۶) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردد.

جدول ۳-۱۵- مشخصات اصلی ترانسفورماتور قدرت از نوع روغنی (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی	
۱-۱	محل نصب (فضای آزاد/فضای بسته)	
۱-۲	نوع رادیاتور (لوله‌ای/کنگره‌ای)	
۱-۳	تعداد فاز (تک‌فاز / سه‌فاز)	
۱-۴	نوع سیستم خنک‌کننده	
۱-۵	فرکانس نامی (Hz)	
۱-۶	توان خروجی نامی (kVA)	
۱-۷	ولتاژ نامی در طرف فشارقوی و ضعیف در حالت بی باری (kV)	
۱-۸	حداکثر ولتاژ سیستم در HV/LV (kV)	
۱-۹	سیستم زمین الف- سیستم زمین فشارقوی ب- سیستم زمین فشار ضعیف	
۲	شرایط بهره برداری	
۲-۱	ارتفاع (m)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۲-۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه (°C)	
۲-۴	حداکثر درجه حرارت تابش آفتاب (°C)	
۲-۵	حداقل دما (°C)	
۲-۶	تعداد روزهای سال با درجه حرارت زیر صفر	
۲-۷	سطح آلودگی (طبق استاندارد IEC 60071-2)	
۲-۸	بار زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	
۳	حداکثر افزایش دما در توان نامی	
۳-۱	سیم‌پیچ (°C)	
۳-۲	روغن (°C)	
۴	تپ چنجر قابل عمل بدون بار (بلی / خیر)	
۴-۱	محل استقرار تپ چنجر	
۴-۲	جریان نامی (A)	
۴-۳	محدوده تغییرات انشعاب (٪ ±)	
۴-۴	تعداد پله‌ها	
۵	گروه برداری	

ادامه جدول ۳-۱۵-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۶	حداقل امپدانس ولتاژ در انشعاب اصلی و دمای ۷۵ درجه سانتیگراد(٪)	
۷	پایداری در مقابل اتصال کوتاه	
۱-۷	خطای سه‌فاز در سیستم فشارقوی (A)	
۲-۷	خطای سه‌فاز در سیستم فشار ضعیف (A)	
۱-۸	سیم‌پیچ‌ها الف- تحمل موج ولتاژ ضربه در ترمینال فشارقوی (kV-پیک) در ترمینال فشار ضعیف (kV-پیک) در ترمینال زمین (kV-پیک) ب- تحمل ولتاژ در مدت یک دقیقه با فرکانس قدرت در ترمینال فشارقوی (kV-موثر) در ترمینال فشار ضعیف (kV-موثر) در ترمینال زمین (kV-موثر)	
۲-۸	بوشینگ‌ها الف- تحمل موج ولتاژ ضربه در ترمینال فشارقوی (kV-پیک) در ترمینال فشار ضعیف (kV-پیک) در ترمینال زمین (kV-پیک) ب- تحمل ولتاژ در مدت یک دقیقه با فرکانس صنعتی در ترمینال فشارقوی (kV-موثر) در ترمینال فشار ضعیف (kV-موثر) در ترمینال نوترال (kV-موثر)	
۹	حداقل فاصله خزشی	
۱-۹	بوشینگ فشارقوی (mm)	
۲-۹	بوشینگ فشار ضعیف (mm)	
۳-۹	بوشینگ نوترال (mm)	
۱۰	نحوه اتصال ترمینال الف- ترمینال فشارقوی ب- ترمینال فشار ضعیف ج- ترمینال نوترال	
۱۱	حداکثر سطح صدا طبق استاندارد IEC551 در ولتاژ نامی (dB)	
۱۲	لوازم جانبی اختیاری	
۱-۱۲	جک هیدرولیک (بلی / خیر)	
۲-۱۲	کیت آزمون روغن (بلی / خیر)	

ادامه جدول ۳-۱۵-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱۲-۳	رله بوخهلتز (بلی / خیر)	
۱۲-۴	پمپ آزمون رله بوخهلتز (بلی / خیر)	
۱۲-۵	پایه‌های برقگیر (بلی / خیر)	
۱۲-۶	دماسنج (بلی / خیر)	
۱۲-۷	چرخ الف- مورد نیاز است ؟ (بلی / خیر) ب- قابل حرکت در دو جهت / قابل حرکت در یک جهت	
۱۲-۸	هر مشخصه و وسیله دیگر	
۱۳	روغن	
۱۳-۱	کلاس (طبق استاندارد IEC 60296)	
۱۳-۲	نشان دهنده سطح روغن (بلی / خیر)	
۱۳-۳	آیا ماده افزودنی به روغن بکار گرفته شود (بلی / خیر)	
۱۳-۴	نوع ماده افزودنی به روغن	

جدول ۳-۱۶- مشخصات اصلی ترانسفورماتور قدرت از نوع روغنی (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی	
۱-۱	نام سازنده	
۱-۲	کشور	
۱-۳	سال ساخت	
۱-۴	نوع طراحی	
۱-۵	استاندارد بکار گرفته شده	
۱-۵	نوع رادیاتور (لوله‌ای / کنگره‌ای)	
۱-۶	نوع خنک‌کننده	
۱-۷	فرکانس نامی (Hz)	
۱-۸	قدرت خروجی نامی (kVA)	
۱-۹	ولتاژ نامی در اولیه و ثانویه (kV)	
۱-۱۰	حداکثر ولتاژ سیستم در اولیه و ثانویه (kV)	
۲	قدرت خروجی دائم در انشعاب اصلی (kVA)	
۳	حداکثر افزایش دما در توان نامی خروجی با در نظر گرفتن ارتفاع و دمای محیط در محل نصب (°C)	
۳-۱	دما در سطح روغن، اندازه‌گیری بوسیله دماسنج (°C)	

ادامه جدول ۳-۱۶-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۳-۲	دمای سیم‌پیچ، اندازه‌گیری به روش مقاومتی (°C)	
۳-۳	دمای بالاترین نقطه (°C)	
۴	تپ چنجر بی بار (بلی / خیر)	
۴-۱	جریان نامی (A)	
۴-۲	محدوده تغییرات کلی	
۴-۳	تعداد مراحل تغییر ولتاژ	
۴-۴	تغییر ولتاژ در هر مرحله (%)	
۵	گروه برداری	
۶	امپدانس ولتاژ در مبنای توان نامی (%)	
۷	پایداری در مقابل اتصال کوتاه سیم‌پیچ‌ها	
۷-۱	مقدار جریان اتصال کوتاه تک‌فاز و سه‌فاز متقارن درطرف فشارقوی (kA)	
۷-۲	مقدار جریان اتصال کوتاه تک‌فاز و سه‌فاز متقارن در طرف فشار ضعیف (kA)	
۷-۳	مدت زمان اتصال کوتاه (s)	
۷-۴	محاسبات اتصال کوتاه ارایه خواهد شد؟ (بلی / خیر)	
۸	سطح عایقی (در ارتفاع هم سطح دریا)	
۸-۱	پایداری عایق در مقابل موج ضربه الف- سیم‌پیچ فشارقوی / بوشینگ (kV-پیک) ب- سیم‌پیچ فشار ضعیف / بوشینگ (kV-پیک) ج- انتهای سیم‌پیچ / بوشینگ نوترال (kV-پیک)	
۸-۲	پایداری ولتاژ در فرکانس صنعتی در مدت یک دقیقه الف- سیم‌پیچ فشارقوی / بوشینگ (kV-موثر) ب- سیم‌پیچ فشار ضعیف / بوشینگ (kV-موثر) ج- انتهای سیم‌پیچ / بوشینگ نوترال فشار ضعیف (kV-موثر)	
۹	بوشینگ‌ها	
۹-۱	سازنده	
۹-۲	نوع	
۹-۳	فاصله خزشی برای دو طرف فشارقوی و ضعیف (mm)	
۹-۴	استاندارد آزمون	
۱۰	جریان تحریک	
۱۰-۱	در ولتاژ نامی هنگامیکه تحریک از طرف فشارقوی انجام می‌گیرد (A)	
۱۰-۲	در ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی هنگامیکه تحریک از طرف فشارقوی صورت می‌گیرد (A)	

ادامه جدول ۳-۱۶-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱۱	تلفات	
۱-۱۱	تلفات بـارداری در فـرکانس نامی، دمای $75\ ^{\circ}C$ و جریان نامی با انشعاب اصلی: در حالت ONAN (kW)	
۲-۱۱	تلفات بـارداری در فـرکانس نامی، دمای $75\ ^{\circ}C$ و حداکثر افزایش ولتاژ انشعاب در حالت ONAN (kW)	
۳-۱۱	تلفات بـارداری در فـرکانس نامـی، دمای $75\ ^{\circ}C$ و حداکثر کاهش ولتاژ انشعاب در حالت ONAN (kW)	
۴-۱۱	تلفات بارداری در فرکانس نامی، دمای $75\ ^{\circ}C$ و فرکانس نامی با انشعاب اصلی در حالت ONAN (kW)	
۱۲	بازده ترانسفورماتور در فرکانس نامی و $75\ ^{\circ}C$ و جریان نامی با ضریب توان ۰/۹ پس فاز در حالت ONAN با مقادیر بار نامی، $\frac{3}{4}$ نامی، $\frac{1}{2}$ نامی و $\frac{1}{4}$ نامی	
۱۳	عایق‌بندی	
۱-۱۳	نوع عایق‌بندی الف- در سمت فشارقوی ب- در سمت فشار ضعیف	
۲-۱۳	جنس عایق‌ها الف- برای هادی‌های هر دور (فشارقوی و ضعیف) ب- بین دو سیم‌پیچ فشارقوی و ضعیف ج- بین هسته و سیم‌پیچ فشار ضعیف د- ورقه‌های هسته هـ- صفحات جانبی و- انشعابات ز- اتصالات انشعابات	
۱۴	مخزن	
۱-۱۴	ضخامت صفحات ترانسفورماتور الف- مخزن (mm) ب- جوانب مخزن (mm) ج- ته مخزن (mm) د- صفحات یا لوله‌های رادیاتور (mm)	

ادامه جدول ۳-۱۶-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱۴-۲	پایداری در مقابل خلاء الف- مخزن ب- جوانب مخزن ج- ته مخزن د- صفحات یا لوله‌های رادیاتور	
۱۴-۳	پایداری در مقابل فشار مثبت برای کل ترانسفورماتور	
۱۵	روغن	
۱۵-۱	کلاس (طبق استاندارد IEC 60296)	
۱۵-۲	آیا روغن دارای مواد افزودنی می‌باشد (بلی / خیر)	
۱۵-۳	جزییات مواد افزودنی به روغن	
۱۵-۴	پایداری دی‌الکتریک و استاندارد آزمون الف- در حالت تازه بودن (kV) ب- بعد از طی شدن عمر مفید (kV)	
۱۵-۵	مقدار روغن الف- تانک اصلی (Lit) ب- مخزن انبساط روغن (Lit)	
۱۵-۶	نحوه حمل و نقل	
۱۶	حداکثر صدا بر طبق استاندارد IEC 60551 (dB)	
۱۷	میزان لرزش در فرکانس نامی و ولتاژ نامی در دمای $75\ ^{\circ}C$ (میکرون)	
۱۸	اطلاعات فیزیکی	
۱۸-۱	ارتفاع کل، با در نظر گرفتن بوشینگ‌ها (mm)	
۱۸-۲	پهنای کل، با در نظر گرفتن اجزا جانبی متصل به ترانسفورماتور (mm)	
۱۸-۳	طول کل، با در نظر گرفتن اجزا جانبی متصل به ترانسفورماتور (mm)	
۱۸-۴	ارتفاع لازم برای جابه جایی هسته و سیم‌پیچ‌ها (mm)	
۱۸-۵	حداکثر ابعاد (mm × mm × mm)	
۱۸-۶	وزن هسته و سیم‌پیچ‌ها (kg)	
۱۸-۷	وزن تانک همراه با رادیاتور و پایه‌های نصب آن (kg)	
۱۸-۸	وزن روغن (kg)	
۱۸-۹	وزن کل ترانسفورماتور (kg)	
۱۸-۱۰	حداکثر وزن موقع حمل و نقل الف- سنگین‌ترین جزء (kg) ب- به طور کامل (kg)	
۱۹	چرخ (بلی / خیر)	
۱۹-۱	قابل حرکت در یک جهت / قابل حرکت در دو جهت	

ادامه جدول ۳-۱۶-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱۹-۲	فاصله چرخ‌ها از طرفین (mm)	
۲۰	تمام لوازم جانبی طبق مشخصات داده شده تحویل می‌گردند؟ (بلی / خیر)	
۲۱	تمام متعلقات و لوازم بصورت بسته‌بندی وجود دارند؟ (بلی / خیر)	
۲۲	جدول مربوط به انحرافات و اشکالات تکمیل گردیده است؟ (بلی / خیر)	
۲۳	تمام اجزای اضافی تهیه شده‌اند؟ (بلی / خیر)	
۲۴	لوازم جانبی الف- رله بوخهلتز (بلی / خیر) ب- نمایش دهنده سطح روغن (بلی / خیر) پ- نمایش دهنده دمای روغن (بلی / خیر)	
۲۵	آیا بروشورهای ترانسفورماتور و لوازم جانبی در نسخه همراه متعلقات وجود دارد ؟ (بلی/خیر)	

۳-۳-۸ آزمون‌ها

شـرح کامل نحوه انجام آزمون‌های ترانسفورماتورهای قدرت در استاندارد IEC 60076 آمده است. این آزمون‌ها به سه دسته عمده آزمون‌های جاری، نوعی و خاص به شرح ذیل تقسیم می‌شوند.

الف- آزمون‌های جاری

- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ (IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری نسبت ولتاژ و میزان جابه جایی فاز (IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری امپدانس اتصال کوتاه و تلفات بار (IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری جریان و تلفات بی‌باری (IEC 60076-1)
- آزمایش‌های جاری سیستم عایق‌بندی (IEC 60076-2)

ب- آزمون‌های نوعی

- آزمون افزایش درجه حرارت(IEC 60076-2)
- آزمایش‌های نوعی سیستم عایق‌بندی (IEC 60076-2)

ج- آزمون‌های خاص

- آزمایش‌های خاص سیستم عایق‌بندی(IEC 60076-3)
- تعیین ظرفیت خازنی بین سیم‌پیچ‌ها و بین سیم‌پیچ‌ها و زمین (IEC 60076-1)
- تعیین مشخصه ولتاژ گذرا (IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری امپدانس توالی صفر ترانسفورماتورهای سه‌فاز (IEC 60076-1)
- تعیین میزان صدا (IEC 60055)

- اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بی‌باری (IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری توان مصرفی فن‌ها و موتورهای پمپاژ روغن (IEC 60076-1)

۳-۳-۹ آیین‌کار و روش‌های اجرایی

۳-۳-۹-۱ نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتورهای روغنی

الف- بازرسی داخلی

بعد از بازدید بیرونی ترانسفورماتور که قبل از تخلیه آن صورت می‌پذیرد، باید بازرسی دقیقی از داخل ترانسفورماتور هم به عمل آید. اگـر در بازدیـد و بازرسی خارجی ترانسفورماتور عیبی مشاهده شده و یا مورد مشکوکی به نظر رسد می‌توان قبل از تخلیه (در صورت امکان) ترانسفورماتور را مورد بازرسی داخلی قرار داد، در غیر این صورت بازرسی داخلی باید پس از استقرار آن انجام شود.

ب- روغن زدن ترانسفورماتور

در صـورتی کـه منبع انبساط و قسمتی از روغن ترانسفورماتور به صورت جداگانه به محل استقرار ترانسفورماتور حمل گردد، فضای خالی تانک باید با گازی خشک مانند ازت تحت فشار پر شود تا از ورود رطوبت به تانک جلوگیری گردد. پس از پر شدن تانک با گاز، درپـوش‌هـای آن بایـد آب‌بـندی شوند. هنگام تحویل ترانسفورماتور، فشار گاز داخل تانک باید کنترل شود. اگر فشار گاز داخل تانک بالاتـر از صـفر باشـد، مـی‌تـوان نتیجه گرفت که آب‌بندی تانک موثر واقع شده است و اگر فشار گاز صفر یا منفی باشد احتمال ورود رطوبت به تانک وجود دارد و باید سازنده در جریان قرار گیرد.

اگـر ترانـسفورماتور بـا تانـک پـر از روغـن حمـل شـود، نـیازی بـه کنتـرل‌هـای مذکـور نمـی‌باشـد. لازم بـه ذکر است که اغلب ترانسفورماتورهای توزیع در حالی که کاملا مونتاژ شده‌اند و با تانک پر از روغن حمل شده و به مشتری تحویل داده می‌شوند.

به طور کلی برای حفظ استقامت عایقی باید کلیه پیش‌بینی‌های لازم در کارگاه نصب به عمل آید تا از نفوذ هرگونه رطوبت و هوای غـبارآلود بـه سـطح روغـن یا حباب هوا به داخل تانک ترانسفورماتور یا منبع انبساط روغن جلوگیری گردد. در صورتیکه منبع انبساط روغـن در محـل نـصب گردیده یا ارتفاع سطح روغن برروی درجه روغن‌نما با در نظر گرفتن تغییرات درجه حرارت محیط، پایین‌تر از حـد تعیـین شـده باشـد، بایـستی مقـداری روغـن به منبع انبساط اضافه شود. در این حالت چنانچه روغن عایقی مورد استفاده توسط کارخانـه سـازنده ترانـسفورماتور در ظروف دربسته و مطمئنی در کارگاه موجود باشد، می‌توان آن را با اطمینان مورد استفاده قرار داد، ولـی اگر روغن داخل بشکه مورد اطمینان نباشد باید قبل از استفاده از نظر استقامت عایقی آزمایش گردد (حداقل ولتاژ شکست برای روغـن باید ۳۰kV باشد). همچنین اگر وجود آب در روغن ثابت گردید باید قبل از استفاده از فیلتر گذرانده شود تا استقامت عایقی آن به حد مطلوب برسد.

بـه هـنگام اضـافه کـردن روغـن ترانـسفورماتور بایـد تـوجه داشـت کـه اخـتلاف درجه حرارت بین روغن تازه و روغن موجود در ترانسفورماتور از ۵ درجه سانتیگراد بیشتر نشود.

چـنانچه سطح روغن ترانسفورماتور پایین‌تر از درپوش آن باشد باید روغن به آرامی از دریچه بالای تانک به داخل آن ریخته شود و ایـن دریچـه بـه خوبـی مـسدود و آب‌بـندی گردد، سپس بقیه روغن از دریچه مخزن انبساط ریخته شود تا از جمع شدن هوا در زیر درپـوش جلوگیـری بـه عمل آید. در این هنگام باید مجاری هواگیری بوشینگ‌ها باز باشد تا هوای موجود آنها تخلیه گردد. سپس به مجرد اینکه روغن از این مجاری سرریز نمود پیچ‌های مربوطه باید محکم و آب‌بندی شوند. جزییات مربوط به هواگیری بوشینگ‌ها و مجاری آن بایستی براساس دستورالعمل‌های سازنده انحام شود.

در عملـیات روغـن‌زنـی باید توجه داشت که مشخصات روغن مورد استفاده مطابق با استاندارد IEC 60296 باشد. کمبود در روغن ترانـسفورماتور فقـط بایـد بـا همـان نوع روغنی که قبلا در آن بوده است جبران گردد. در طی این عملیات باید آتش‌گیر بودن روغن ترانـسفورماتور از نظر ایمنی به طور جدی مورد توجه قرار گیرد. همچنین لوله‌ها، پمپ‌ها و ظروف مورد استفاده در عملیات روغن‌زنی باید قبل از استفاده، به کمک روغن ترانسفورماتور شستشو داده شده و به دقت تمیز گردد.

ج- خشک کردن ترانسفورماتور

در صورتی که به هر دلیل سطح روغن ترانسفورماتور برای مدتی پایین‌تر از سطح هسته و سیم‌پیچی داخل ترانسفورماتور قرار گیرد، احـتمال جذب رطوبت توسط مواد عایق و در نتیجه پایین آمدن استقامت الکتریکی آنها وجود دارد. در چنین حالتی اگر ولتاژ استقامت الکتریکی روغن کمتر از ۳۰ کیلوولت باشد لازم است که عملیات خشک‌کردن روغن داخل ترانسفورماتور در محل انجام گیرد.

د-نصب قطعات و اجزای ترانسفورماتور

ترانـسفورماتورهای توزیـع به ویژه در ظرفیت‌های کوچک و متوسط، اغلب به صورت کامل در کارخانه مونتاژ گردیده و هنگام حمل بـه محـل آمـاده بهره برداری می‌باشند. لیکن در موارد خاص برخی از قسمت‌های آن مانند بوشینگ‌ها، منبع انبساط روغن و غیره به طـور جداگانـه حمـل گـردیده و در محـل مونتاژ می‌شوند. نصب این قطعات در محل بایستی با نظارت نماینده فنی سازنده و یا طبق دستورالعمل دقیق سازنده انجام گیرد. نصب این قطعات به جز منبع انبساط روغن باید پس از روغن زدن ترانسفورماتور انجام گیرد.

دسـتگاه تـنفس و رطوبت‌گیر قبل از نصب روی منبع انبساط روغن بایستی از نظر انتقال هوا به خوبی کنترل گردد. بدین ترتیب که بایـد از طـریق ورودی مخـصوص پرکردن روغن واقع بر روی منبع انبساط روغن مقداری هوا به داخل آن دمیده شود. در این حالت چـنانچه در قـسمت تحتانی دستگاه رطوبت‌گیر که مملو از روغن است حباب‌های هوا ظاهر گردد، نشانه صحت مجاری تنفس خواهد بود.

وقتی‌که سطح روغن به ارتفاع ۳۰ تا ۴۰ میلیمتری بالای خط نشان روی درجه روغن منبع انبساط رسید کار روغن‌زنی انجام یافته و مـی‌تـوان نـصب باقـی اجزای ترانسفورماتور را انجام داد. در این هنگام باید حداقل دو چرخ متقابل و در صورت امکان هر چهار چرخ ترانسفورماتور را در جای خود محکم نمود تا دستگاه تکان نخورده و از مکان موردنظر جابجا نشود.

کلـیه قطعاتـی کـه در کارگـاه روی ترانـسفورماتور نـصب مـی‌گردند باید کاملا تمیز و زنگ نزده باشند. در صورت مشاهده هر نوع زنگ‌زدگی یا آلودگی بر روی این تجهیزات باید آنها را قبل از نصب به دقت تمیز نموده و با روغن شستشو داد.

ه- نصب سیم و کابل حفاظت ترانسفورماتور

بعد از روغن‌زنی و استقرار ترانسفورماتور بایستی اتصال کابل‌های حفاظت آن بین رله بوخهلتز و ترمومتر و سایر حفاظت‌ها با تابلوی فشار متوسط و کلید قدرت مربوطه تکمیل گردد. در صورتی که به جای کابل از سیم روپوش‌دار استفاده می‌شود عبور سیم‌ها از داخل لوله فلزی باید انجام گیرد. حداقل سطح مقطع این لوله‌ها باید ۱/۵ میلیمترمربع باشد.

و-آزمون ترانسفورماتور

بـرای اطمینان از آمادگی کامل ترانسفورماتور برای راه‌اندازی بایستی آزمون‌هایی به شرح زیر روی آن انجام گیرد. آزمون‌هایی که با علامـت * مـشخص شده‌اند، در صورتی که برگه آزمایش جاری کارخانه‌ای ترانسفورماتور موجود باشد ضروری نخواهد بود. لیکن بنا به وسایل و امکانات و با توجه به اهمیت پست و ترانسفورماتور آن، انجام این آزمون‌ها که در عین حال می‌توانند سابقه‌ای برای تعمیر و نگهداری و آزمون‌های آینده به شمار آیند بعد از نصب ترانسفورماتور در محل توصیه می‌گردد.

- اندازه‌گیری مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها نسبت به یکدیگر و نسبت به زمین

* - اندازه‌گیری نسبت تبدیل ترانسفورماتور روی تپ‌های مختلف و مقایسه آن با مقادیر پلاک مشخصات

* - اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ‌ها به کمک پل الکتریکی و مقایسه آن با نتایج آزمون‌های کارخانه

- کنترل مسیرهای گردش روغن

- کنترل استقامت عایقی روغن

- کنتـرل عملکرد تجهیزات کمکی ترانسفورماتور (در صورت موجود بودن) مانند پمپ‌های روغن، فن‌ها و غیره مطابق دستورالعمل سازنده

- کنترل تجهیزات حفاظتی مانند رله بوخهلتز برای داشتن عملکرد صحیح

ز- راه‌اندازی ترانسفورماتور

پـس از آنکـه نـصب ترانـسفورماتور بـه پایان رسید و کلیه آزمون‌های آن انجام گرفت، ترانسفورماتور آماده راه‌اندازی و بهره‌برداری خـواهد بـود. قـبل از اعمـال ولتاژ به ترانسفورماتور لازم است که شیر یا مجرای بین محفظه روغن و تانک ترانسفورماتور به صورت مجدد بازرسی شود تا از باز بودن کامل آن اطمینان حاصل شود. با توجه به اینکه ترانسفورماتورهای توزیع اغلب به صورت غیرموازی مـورد بهـره‌بـرداری قـرار می‌گیرند، ولتاژ فشار متوسط را می‌توان با بستن کلید قدرت فشار متوسط به طور کامل و یکباره به ترمینال اولـیه آنهـا اعمـال کرد. هنگام اعمال ولتاژ به ترانسفورماتور بایستی صدای وزوز آرام و یکنواختی از آن بدون سوت کشیدن یا صدای ناهنجار شنیده شود.

بعـد از آنکـه ترانـسفورماتور بـا ولـتاژ مورد نظر آزمایش و راه‌اندازی شد، بایستی برق آن برای مدتی قطع شود تا اتصالات آن مورد بازرسـی مجـدد قـرار گیردسـپس برق ورودی آن نیز باید چند بار به طور متناوب قطع و وصل گردد تا اطمینان لازم از صحت تنظیم رله‌ها در مقابل جریان رانش مغناطیس کننده حاصل گردد.

اگـر ترانـسفورماتور بـه تپ چنجر مجهز باشد باید آن را در وضعیت تپ اصلی قرار داد. همچنین قبل از برق‌دار کردن ترانسفورماتور بدون بار باید توجه داشت که ترمینال ثانویه ترانسفورماتور اتصال کوتاه نباشد.

۳-۳-۹-۲ تعمیر و نگهداری ترانسفورماتورهای روغنی

تعمیر این ترانسفورماتورها فقط در صورتی مجاز است که تغذیه ترانسفورماتور قطع گردیده و ترمینال ها زمین شوند. تعمیر و نگهداری ترانسفورماتور شامل سرکشی‌های منظم و طبق برنامه، بازرسی‌های دوره‌ای از کارکرد آن، انجام تعمیرات جاری و سرویس منظم، انجام آزمون‌های دوره‌ای و کنترل درجه حرارت و بار آن است.

بازرسی‌های منظم و رفع نقص‌های ترانسفورماتورها برای بهره‌برداری بهینه از آن ضروری است. این بازرسی در مورد ترانسفورماتورهای واقع در پست‌های توزیع باید حداقل هر شش ماه یکبار انجام گیرد.

برای پیشگیری از هر نوع حادثه‌ای، بازرسی ترانسفورماتور باید تنها توسط افراد مسئول و آزموده از یک فاصله حفاظتی و از پشت نرده و تور سیمی حریم آن انجام گیرد. ورود بازرس به داخل این حریم تنها هنگامی مجاز است که بوشینگ‌های ترانسفورماتور در داخل محفظه ترمینال قرار داشته و یا برق ترانسفورماتور قطع و ترمینال‌های آن زمین شده باشد.

بازرسی خارج از برنامه ترانسفورماتور، در صورت اتفاق حوادث خاصی از قبیل تغییرات سریع و زیاد درجه حرارت محیط یا قطع برق ترانسفورماتور در اثر عملکرد رله‌ها ضروری می‌باشد.

الف- شرایط تعمیر و نگهداری

برخی از نکاتی که در رابطه با ترانسفورماتور در هنگام بازرسی پست بایستی مورد توجه بازرسین قرار گیرد به شرح زیر می‌باشد.

- گذرگاه و دیدگاه‌های منتهی به ترانسفورماتور نباید به صورت متروک در آیند. در همین رابطه دیوارها، درها و دریچه‌های تهویه و کلیه نقاط ساختمان باید سالم بوده و سقف آن نشت نکرده باشد.
- تانک اصلی ترانسفورماتور باید دست نخورده و سالم بوده، آثار نشت روغن در محل اتصال در پوش‌ها و بست‌ها و شیر تخلیه وجود نداشته باشد و سطح روغن مخزن انبساط آن با در نظر گرفتن درجه حرارت محیط به اندازه کافی باشد. همچنین باید از سالم بودن واشرهای آب‌بندی اطمینان حاصل نمود.
- سیلیکاژل محفظه رطوبت‌گیر باید کنترل گردیده و در صورت نیاز، بازیابی یا تعویض شود.
- حوضچه روغن ترانسفورماتور یا چاله روغن و لوله‌های ارتباطی آن باید در وضعیت مناسب و خالی از مواد زاید باشد.
- درجه حرارت ترانسفورماتور باید از روی دماسنج مربوطه قابل قرایت باشد.
- بوشینگ‌ها باید سالم و دست نخورده بوده و گرد و غبار زیادی سطح آنها را نپوشانده باشد.
- هیچ‌گونه آثار حرارتی ناشی از جرقه اتصال کوتاه روی کابل‌ها و شینه‌ها و در محل سربندی آنها نباید وجود داشته باشد.
- تاسیسات روشنایی، سیستم تهویه و سیستم‌های هشدار دهنده در صورت موجود بودن باید در وضعیت مطلوب باشند.
- سیستم زمین باید کامل و اتصالات آن درست باشد. این امر با اندازه‌گیری مقاومت زمین در نقاط مختلف اتصال باید مشخص گردد.
- تجهیزات اطفای حریق در صورت موجود بودن باید سالم و آماده کار باشند.
- ارتباط مخزن انبساط روغن با تانک ترانسفورماتور باید برقرار باشد. این امر با خالی کردن کمی از روغن ترانسفورماتور از زیر شیر تخلیه و مشاهده کاهش سطح روغن روی درجه روغن تمامی محفظه روغن قابل مشاهده است.

- در زیر مخزن انبساط روغن رطوبت و نم جمع نشده باشد.
- سیستم گردش روغن باید خوب کار کند و ظرف رطوبت‌گیر باید در هر بازدید دوره‌ای از سیلیکاژل تازه یا بازیافته پر گردد.
- مشاهده هر گونه اشکالی در حین بازرسی باید به سرعت گزارش داده شود و در صورت احتمال بروز حادثه بایستی پست بلافاصله از مدار خارج گردد.
- در صورت بروز هر یک از وضعیت‌های زیر ترانسفورماتور بایستی از سرویس خارج شود.
- صداهای ناهنجار و غیر عادی از آن شنیده شود.
- افزایش درجه حرارت آن غیر عادی بوده و دمای آن در شرایط بار نامی و تهویه عادی، به طور دایم افزایش یابد.
- روغن از بالای مخزن انبساط روغن سرریز نموده باشد.
- روغن نشت کرده و سطح آن در درجه سطح سنج شیشه‌ای پایین آمده باشد.
- روغن تغییر رنگ داده باشد.
- عایق چینی روی بوشینگ‌ها شکسته یا زنگ خورده بوده و یا آثار تخلیه جزیی بارهای خزنده روی سطح آن مشاهده شده و یا مسیرهای تخلیه الکتریکی روی آن یافت شود.
- روغن حاوی کربن، رطوبت و قطعات بزرگ ضایعات مکانیکی بوده و یا حالت اسیدی آن بالا رفته و ولتاژ عایقی آن کاهش یافته باشد.

ب- نمونه‌گیری و آزمایش روغن

در نمونه‌گیری از روغن باید به نکات زیر توجه نمود.

- بطری نمونه‌برداری باید دارای دهانه باز بوده و درب آن از جنس چوب پنبه نباشد.
- بطری را باید با الکل تمیز شستشو داده و کاملا خشک نمود.
- شیر نمونه‌برداری باید به طور کامل خشک و تمیز باشد. قبل از نمونه‌برداری باید حداقل چهار لیتر از روغن ترانسفورماتور درون ظرفی تخلیه شده باشد.
- بطری را باید قبل از نمونه برداری تا نیمه از روغن پر نموده و با این روغن شستشو داد.

در صورتی که ولتاژ شکست روغن که از طریق آزمون بدست می‌آید از مقدار داده شده توسط سازنده کمتر باشد، روغن باید تعویض یا بازیابی (خشک) شود.

ج- رنگ بدنه ترانسفورماتور

رنگ بدنه ترانسفورماتور و متعلقات آن به طور معمول شامل لایه های ذیل می‌باشد.

- لایه زیرسازی
- لایه آستری
- لایه نهایی

عملیات نگهداری عموما شامل لکه‌گیری و یا تعویض لایه نهایی رنگ است. اگر رنگ شدیدا صدمه دیده باشد بهتر است با سازنده ترانسفورماتور مشورت گردد. لکه‌گیری باید دقیقا با رنگ اصلی ترانسفورماتور انجام گیرد.

۳-۳-۹-۳ نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتورهای خشک

الف-بازرسی داخلی

در این بازرسی باید احتمال شکستن اتصالات، آسیب دیدن یا جابجایی بعضی از قسمت‌های داخلی، ورود گرد و غبار یا اشیای خارجی، شکستن مقره‌ها و یا ورود آب به داخل ترانسفورماتور مد نظر قرار گیرد.

برای ترانسفورماتورهای خشک دارای محفظه که جریان هوا سیم‌پیچ و هسته را خنک می‌کند، بازرسی داخلی به راحتی در یک مکان تمیز و خشک قابل انجام است. اما برای ترانسفورماتورهای خشک آب‌بندی شده، بازرسی داخلی با توافق بین خریدار و سازنده در محل کارخانه یا هر محل دیگری انجام می‌شود. قبل از برداشتن درپوش تانک در این نوع ترانسفورماتورها باید گاز عایق طبق دستورالعمل‌های سازنده خارج شود.

ب- کنترل و بازرسی ترانسفورماتور پیش از برق‌دار کردن

فشار داخل تانک ترانسفورماتور خشک آب‌بندی شده باید قبل از بهره‌برداری کنترل شده و چنانچه کمتر از مقدار داده شده توسط سازنده باشد باید محل نشت کنترل و تعمیر گردد و فشار تانک مطابق با دستورالعمل سازنده به میزان مناسب افزایش داده شود.

ج-آزمون‌ها

آزمون‌های پیش از سرویس، بعد از نصب ترانسفورماتور جدید و قبل از برق‌دار کردن آن صورت می‌گیرد و اطلاعات بدست آمده برای مقایسه‌های بعدی ثبت می‌شود. آزمون‌های دوره‌ای پیش از بهره‌برداری مجدد از ترانسفورماتوری که مدتی بی‌برق و یا در دست تعمیر بوده است انجام می گیرد. چنانچه احتمال می‌رود که عایق یک ترانسفورماتور دارای رطوبت باشد باید قبل از انجام این آزمون‌ها ترانسفورماتور خشک گردد. انجام آزمون هایی که با علامت * مشخص شده اند الزامی نبوده اما انجام آنها توصیه می‌گردد. همچنین برای ترانسفورماتورهایی که تعمیر شده اند انجام آزمون‌هایی که با علامت ** مشخص شده اند توصیه می‌شود.

۱- آزمون‌ها پیش از سرویس

- آزمون استقامت عایقی

اندازه‌گیری استقامت عایقی برای مقایسه با نتایج آزمون‌های بعدی و تعیین قابلیت اطمینان ترانسفورماتور برای سرویس‌دهی مناسب، لازم است. این آزمون باید قبل از آزمون ولتاژ انجام شود. اندازه‌گیری استقامت عایقی باید مطابق استاندارد ANSI/IEEE C57.12.91 انجام گیرد. در موقع آزمون باید میزان رطوبت و دما ثبت شود.

- آزمون ولتاژ

این آزمون باید مطابق روش استاندارد ANS1/IEEE C57.12.91 انجام شود. استفاده از هر دو ولتاژ AC و DC در انجام این آزمون قابل قبول است.

- بدست آوردن نسبت سیم‌پیچ‌ها در تپ‌های مختلف

*- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ‌ها

*- اندازه‌گیری تلفات بی‌باری و جریان تحریک

*- پلاریته و زاویه فاز

*- آزمون ولتاژ القایی

۲- آزمون‌های دوره‌ای

- آزمون مقاومت عایقی

- آزمون ولتاژ

**- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ‌ها

**- اندازه‌گیری نسبت ولتاژها

**- اندازه‌گیری تلفات بی‌باری و جریان تحریک

**- پلاریته و زاویه فاز

**- آزمون ولتاژ القایی

اگر هیچ‌کدام از این آزمون‌ها صورت نگرفته نباشد بهتراست آزمون ولتاژ بعد از انجام سایر آزمون‌ها انجام شود.

د- راه‌اندازی

پس از آنکه نصب ترانسفورماتور به پایان رسید و کلیه آزمون‌های آن انجام گرفت ترانسفورماتور آماده راه‌اندازی و بهره‌برداری خواهد بود. سایر مراحل راه‌اندازی همانند شرایط مربوط به ترانسفورماتورهای روغنی است.

۳-٤ ترانسفورماتورهای ولتاژ

۳-٤-۱ کلیات

از این ترانسفورماتورها در سیستم فشار متوسط بیشتر برای تامین ولتاژ ورودی دستگاه‌های اندازه‌گیری جهت سنجش توان مصرفی مصرف کنندگان سنگین استفاده می‌شود. در این بخش معیارها و ضوابط حاکم بر نحوه انتخاب وطراحی این ترانسفورماتورها آمده‌است.

۳-٤-۲ شرایط بهره‌برداری

شرایط بهره‌برداری مورد نیاز طبق بند (۳-۳-۳) مشابه شرایط مورد نیاز برای ترانسفورماتورهای قدرت بایستی مشخص گردد.

۳-٤-۳ مشخصات و معیارهای فنی

با توجه به اطلاعات بدست آمده از بند (۳-۴-۲) اعم از شرایط اقلیمی و محیطی، پارامترها و شاخص‌های زیر جهت انتخاب ترانسفورماتور ولتاژ بایستی مشخص شود.

۳-٤-۳-۱ نوع ترانسفورماتور ولتاژ

الف- ترانسفورماتورهای ولتاژ از نظر عایق‌بندی به سه دسته زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

- نوع خشک با عایق رزین
- نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن
- نوع SF_6

ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع خشک با عایق رزین برای ولتاژهای فشار متوسط ساخته می‌شوند. ساخت ترانسفورماتورهای ولتاژ از نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن برای سطوح مختلف ولتاژ معمول می‌باشد. در ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع SF_6 از ماده عایقی SF_6 استفاده می‌شود. ترانسفورماتورهای نوع خشک برای محیطهای سرپوشیده (داخلی) با توجه به عدم انفجار ونیز ایمنی بیشتر در مقایسه با نوع روغنی انتخاب ارجح‌تر می‌باشند.

ب- تقسیم بندی ترانسفورماتورها از لحاظ ساختار

ترانسفورماتور ولتاژ از نظر ساختاری به دو نوع اندوکتیو و خازنی تقسیم می‌شوند.

در ترانسفورماتور ولتاژ از نوع اندوکتیو سیم‌پیچی اولیه مستقیماً به طرف فشارقوی و سیم‌پیچی ثانویه به دستگاههای اندازه‌گیری و یا حفاظتی متصل شده و براساس نسبت تبدیل ترانسفورماتور، ولتاژ اولیه به ولتاژ ثانویه قابل استفاده در دستگاههای اندازه‌گیری، رله‌ها، کنتورها و دستگاههای کنترل تبدیل می‌شود. از نظر عایق‌بندی این ترانسفورماتورها به یکی از انواع مذکور ساخته می‌شوند. در ترانسفورماتورهای نوع خازنی از یک سیستم خازنی برای کاهش سطح ولتاژ در سیم‌پیچی اولیه استفاده می‌شود. در سطوح ولتاژ متوسط به طور عموم از ترانسفورماتورهای نوع اندوکتیو استفاده می‌گردد.

۳-٤-۳-۲ ولتاژهای نامی اولیه

در سیستم‌های توزیع مقدار ولتاژ اولیه ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت می‌باشد، و این مقدار باتوجه به سیستم تعیین می‌گردد.

۳-٤-۳-۳ ولتاژهای نامی ثانویه

مقادیر ۱۰۰ و ۱۱۰ ولت، مقادیر استاندارد ولتاژ ثانویه برای ترانسفورماتورهای تک‌فاز و سه‌فاز می‌باشند. در ترانسفورماتورهای ولتاژ سه‌فاز با اتصال ستاره مقادیر $\frac{۱۰۰}{\sqrt{۳}}$ و $\frac{۱۱۰}{\sqrt{۳}}$ نیز جزء مقادیر استاندارد در نظر گرفته می‌شوند.

۳-٤-۳-٤ ظرفیت نامی خروجی

توانهای خروجی استاندارد در ضریب توان ۰/۸ پس‌فاز که به ولت آمپر بیان می‌گردد به شرح زیر است.

۱۰،۱۵،۲۵،۳۰،۵۰،۷۵،۱۰۰،۱۵۰،۲۰۰،۴۰۰،۳۰۰،۵۰۰ [VA]

مقادیری که زیرشان خط کشیده شده است ارجح‌تر می‌باشند. منظور از خروجی نامی برای یک ترانسفورماتور سه‌فاز، خروجی نامی هر فاز آن می‌باشد.

۳-٤-۳-۵ حداکثر ولتاژ سیستم (U_m)

حداکثر ولتاژ سیستم طبق استاندارد IEC 60038 در سیستم‌های توزیع ۱۲، ۲۴ و ۳۶ کیلوولت می‌باشد.

۳-٤-۳-٦ ضریب ولتاژ نامی

ترانسفورماتور ولتاژ بایستی توانایی تحمل اضافه ولتاژهای موقتی و گذرا را داشته باشد. اندازه این ولتاژها بر اساس سیستم و شرایط زمین شدن سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور تعیین می‌شود، که طبق تعریف می‌توان آن را از ضرب یک عدد در ولتاژ نامی بدست آورد. ضرایب ولتاژ استاندارد متناسب با شرایط مختلف زمین شدن به همراه زمان مجاز اعمال حداکثر ولتاژ طبق استاندارد IEC 60044-2 در در جدول (۳-۱۹) آمده است.

جدول ۳-۱۹- مقادیر استاندارد ضرایب ولتاژ نامی

ضریب ولتاژ نامی	زمان نامی	نوع اتصال زمین شبکه	نحوهٔ اتصال سیم‌پیچی اولیه
۱/۲	پیوسته	سیستم با زمین موثر ویا غیر موثر	بین فازها و یا اتصال ستاره با نول زمین شده
۱/۲	پیوسته	سیستم با زمین موثر	بین فاز و زمین
۱/۵	۳۰ ثانیه		
۱/۲	پیوسته	سیستم با زمین غیرموثر و با رله اتوماتیک خطای زمین	بین فاز و زمین
۱/۹	۳۰ ثانیه		
۱/۲	پیوسته	سیستم با زمین ایزوله و بدون رله خطای زمین بوده و یا در سیستم زمین شده به طریقه رزونانسی بدون رله خطای زمین	بین فاز و زمین
۱/۹	۸ ساعت		

۳-٤-۳-۷ حدود افزایش دما

اگر به صورت دیگری تصریح نشده باشد، افزایش دمای یک ترانسفورماتور ولتاژ در یک ولتاژ معین، در فرکانس و بار نامی و ضریب توانی بین ۰/۸ پس فاز و ۱، نباید از مقادیر مندرج در جدول (۳-۲۰) تجاوز نماید. لازم به ذکر است که در ازای هر ۱۰۰ متر افزایش

ارتفاع از مقدار مبنا (۱۰۰۰ متر)، بایستی مقادیر استاندارد برای ترانسفورماتورهای ولتاژ نوع روغنی ۰/۴ درصد و برای نوع خشک ۰/۵ درصد کاهش داده شوند.

جدول ۳-۲۰-حداکثر افزایش دما برای کلاس‌های مختلف عایق بندی

حداکثر افزایش دما $(^{\circ}C)$	دمای سیستم عایقی $(^{\circ}C)$ (کلاس عایق‌بندی*)	
۶۰	تمامی کلاس‌های غوطه‌ور در روغن	
۶۵	تمامی کلاس‌های غوطه‌ور در روغن و کاملاً بسته	
۵۰	تمامی کلاس‌های غوطه‌ور در ترکیب قیری	
۴۵	۹۰ (Y)	کلاس‌هایی که در روغن یا ترکیب قیری غوطه‌ور نیستند
۶۰	۱۰۵ (A)	
۷۵	۱۲۰ (E)	
۸۵	۱۳۰ (B)	
۱۱۰	۱۵۵ (F)	
۱۳۵	۱۸۰ (H)	

*: کلاس عایقی براساس استاندارد IEC 60085 آمده است.

توجه : برای برخی از مواد (مانند رزین) سازنده بایستی کلاس عایق‌بندی مربوطه را مشخص کند.

۳-٤-۳-۸ سطوح عایق‌بندی

الف- سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچ‌های اولیه

انتخاب سطح عایقی برای ترانسفورهای ولتاژ اندوکتیو با توجه به حداکثر ولتاژ کاری آن صورت می‌گیرد. ترانسفورماتور ولتاژ بایستی توانایی تحمل ولتاژ استقامت کوتاه مدت و ضربه صاعقه را مطابق با جدول (۳-۲۱) داشته باشد.

جدول ۳-۲۱- سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچ‌های اولیه ترانسفورماتور ولتاژ

پیک ولتاژ استقامت نامی در برابر ضربه صاعقه (kV)	ولتاژ موثر استقامت کوتاه مدت نامی با فرکانس قدرت (kV)	حداکثر ولتاژ کاری موثر U_m (kV)
۶۰ ۷۵	۲۸	۱۲
۹۵ ۱۲۵	۵۰	۲۴
۱۴۵ ۱۷۰	۷۰	۳۶

ب- سطح عایقی بین قسمت‌ها

بـرای سـیم‌پیچ‌های ثانویه که به دو یا چند قسمت تقسیم شده‌اند، عایق‌بندی بین قسمت‌ها باید قادر به تحمل ولتاژ استقامت کوتاه مدت با فرکانس قدرت به اندازه $3kV_{rms}$ باشد.

ج- شرایط عایقی برای سیم‌پیچ‌های ثانویه

عایق‌بندی سیم‌پیچ ثانویه باید قادر به تحمل ولتاژ استقامت کوتاه مدت در فرکانس قدرت به اندازه $3kV_{rms}$ باشد.

د- فاصله خزشی

بـرای عایق‌هایی که در هوای آزاد و در معرض آلودگی هستند حداقل فاصله خزشی که در سطح عایق بایستی درنظر گرفته شود در جدول (۳-۹) درج گردیده است.

ه- اثر ارتفاع روی سطوح عایقی

تخلـیه الکتریکی مخرب در عایق‌بندی خارجی بستگی به شرایط جوی دارد. به منظور اطمینان از اینکه استقامت عایقی خارجی یک ترانـسفورماتور انـدازه‌گیـری ولـتاژ در ارتفاع‌های بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا کافی باشد، طول قوس معمولاً باید افزایش یابد. به عـنوان یـک راهنمایی کلی، ولتاژ استقامت نامی که طول قوس بر اساس آن تنظیم شده است به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش نسبت به مقدار مبنا (۱۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا) باید به میزان ۰/۰۱ درصد افزایش یابد.

و- استقامت در شرایط اتصال کوتاه

ترانسفورماتور ولتاژ باید طوری طراحی شود که حین تحریک (برقدار شدن) در ولتاژ نامی، در برابر اثرات ناشی از تنش‌های مکانیکی و حرارتی در اثر اتصال کوتاه خارجی به مدت ۱ ثانیه آسیب نبیند.

۳-٤-۳-۹ کلاس دقت

در ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری کلاس دقت به صورت CLx نشان داده می‌شود که عدد x بیانگر دقت ترانسفورماتور اندازه‌گیری می‌باشد. در یک ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ کلاس‌های دقت استاندارد به شرح زیر می‌باشند.

۰/۱ ،۰/۲ ،۰/۵ ،۱ ،۳

برای اهداف اندازه‌گیری کلاس دقت ۰/۵ برای شبکه‌های فشار متوسط و فشار ضعیف پیشنهاد می‌گردد.

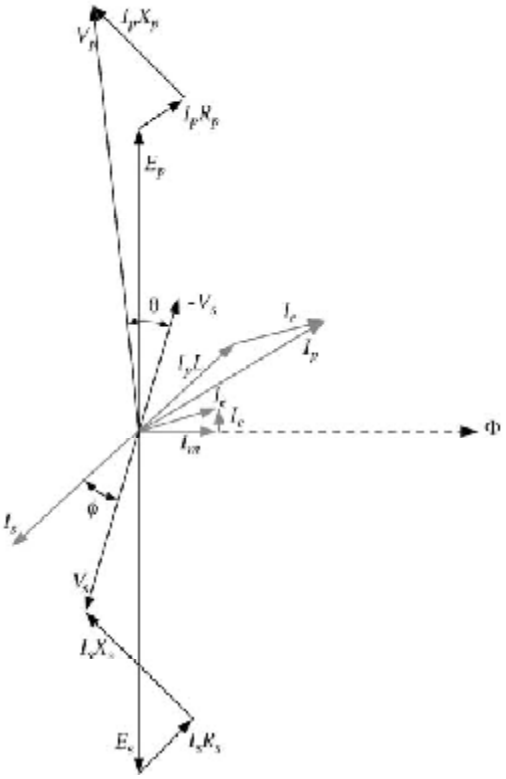
۳-٤-۳-۱۰ محدوده‌های خطای ولتاژ و جابه جایی فاز

خطای ولتاژ و جابه جایی فاز در فرکانس نامی و در ۸۰ تا ۱۲۰ درصد ولتاژ نامی و با ۲۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی در ضریب توان ۰/۸ پس فاز، نبایستی از مقادیر داده شده در جدول (۳-۲۲) تجاوز نمایند.

خطاها باید در ترمینال‌های ترانسفورماتور تعیین شده و اثرات فیوز یا مقاومت متصل به ترانسفورماتور به عنوان جزیی از آن در نظر گرفته شود. خطای ولتاژ مثبت به معنای افزایش ولتاژ ثانویه و خطای منفی به معنای کاهش آن از مقدار نامی می‌باشد. به عبارت دیگر خطای مثبت در بارهای کم و خطای منفی در بارهای زیاد اتفاق می‌افتد. مقدار جابه‌جایی فاز طبق بند (۳-۲-۱۳) به اختلاف فاز بین بردار معکوس ولتاژ ثانویه و اولیه اطلاق می‌گردد. این اختلاف در نمودار برداری شکل (۳-۴) نشان داده شده است.

جدول ۳-۲۲- مقادیر خطای ولتاژ و جابه جایی فاز

کلاس	خطای ولتاژ	جابه جایی فاز ±	
	برحسب درصد ±	سانتی رادیان	دقیقه
۰/۱	۰/۱	۰/۱۵	۵
۰/۲	۰/۲	۰/۳	۱۰
۰/۵	۰/۵	۰/۶	۲۰
۱	۱	۱/۲	۴۰
۳	۳	معین نشده	معین نشده



علامت اختصاری	شرح
V_p	ولتاژ اولیه
E_p	ولتاژ اندوکتیو اولیه emf
V_s	ولتاژ ثانویه
E_s	ولتاژ اندوکتیو ثانویه emf
Φ	فلوی
I_e	جریان تحریک
I_m	جریان مغناطیس کنندگی
I_c	مولفه تلفات آهنی
θ	زاویه خطای فاز
ϕ	زاویه توان بار متصل به ثانویه
I_pR_p	افت ولتاژ مقاومتی اولیه
I_pX_p	افت ولتاژ در راکتانس اولیه
I_sR_s	افت ولتاژ مقاومتی ثانویه
I_sX_s	افت ولتاژ در راکتانس ثانویه
I_s	جریان ثانویه
I_{pL}	مولفه جریان بار در اولیه
I_p	جریان اولیه

شکل ۳-٤- نمودار برداری ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ

۳-٤-۳-۱۱ طرح و ساخت

در طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ بایستی نکات به شرح ذیل رعایت گردد.

- ترانسفورماتورهای ولتاژ باید به صورت یکپارچه ساخته شده و با طرح و ابعاد مناسب برای نصب در سلول‌هایی تمام بسته فلزی یا هوای آزاد (بسته به نوع درخواست مشتری) طراحی گردند. این ترانسفورماتورها بایستی دارای خواص تحمل الکتریکی و مکانیکی در حد بالایی بوده و در برابر قوس الکتریکی و تغییرات درجه حرارت مقاومت زیاد داشته باشند. تمام اجزای فلزی که در معرض هوا قرار می‌گیرند باید برای مقاومت در مقابل خوردگی، از مواد ضد خوردگی تهیه و یا از فولاد با روکش گالوانیزه گرم ساخته شوند.
- این ترانسفورماتورها نباید نیازی به تعمیر داشته باشند.
- ترانسفورماتورهایی که در فضای باز نصب می‌گردند بایستی از مقاومت کافی در مقابل تابش اشعه خورشید برخوردار باشند.

- ترمینال‌های اولیه باید از جنس مس قلع اندود شده، برنج و یا فولاد گالوانیزه شده بوده و به پیچ‌های اتصال و واشرهایی با اندازه مناسب مجهز باشند.
- ترمینال‌های ثانویه باید از جنس مس قلع اندود شده، برنج و یا فولاد گالوانیزه شده بوده و پیچ‌های اتصال واشرهایی با اندازه مناسب برای اتصال هادی‌های مسی با سطح مقطع حداکثر شش میلیمتر داشته باشند. ترمینال ولتاژ پایین باید دارای پوشش مناسبی بوده و به بدنه و پایه نگهدارنده محکم شده و آب بندی مناسبی (IP=۵۴) را دارا باشد. همچنین به گلندهای مناسب برای ورود کابل مجهز شده باشد.
- سیم‌پیچ اولیه (فشارقوی) به صورت کلاف بر روی سیم‌پیچ ثانویه عایق شده پیچیده شود.
- در ترانسفورماتورهای ولتاژ که دارای دو سیم‌پیچ جداگانه برای حفاظت و اندازه‌گیری می‌باشند هر کدام از سیم‌پیچ‌ها باید دقت مورد درخواست را در محدوده خروجی خود در زمانی که خروجی سیم‌پیچ دیگر از صفر تا صد درصد مقدار نامی تغییر کند را دارا باشند.
- یک ترمینال زمین که با نشانه مشخص شده است باید در کنار ترمینال‌های ثانویه تعبیه شود.

۳-٤-۳-۱۲ علامتگذاری ترمینال‌ها

این علایم برای ترانسفورماتورهای ولتاژ تک‌فاز و همچنین مجموعه ترانسفورماتورهای ولتاژ تک‌فازی که به منظور ایجاد یک ترانسفورماتور ولتاژ سه‌فاز بهم متصل شده‌اند و برای ترانسفورماتورهای ولتاژ سه‌فازی که سیم‌پیچ‌های سه‌فاز روی هسته مشترک پیچیده شده‌اند، به کار می‌روند.

الف- علامت‌ها

حروف بزرگ C،B،A و N بیانگر ترمینال‌های سیم‌پیچ اولیه و حروف کوچک c،b،a و n بیانگر ترمینال‌های متناظر در سیم‌پیچ ثانویه می‌باشند.

حروف C،B،A نشانگر ترمینال‌های کاملاً عایق‌بندی شده و حرف N نشانگر ترمینالی است که باید زمین الکتریکی شود و سطح عایقی آن پایین‌تر از ترمینال‌های دیگر است. حروف da و dn بیانگر ترمینال‌هایی است که به منظور تامین یک ولتاژ پسماند در نظر گرفته شده‌اند.

ب- پلاریته نسبی

ترمینال‌هایی که حروف متناظر بزرگ و کوچک دارند، در هر لحظه پلاریته یکسانی خواهند داشت.

۳-٤-٤ مراحل طراحی و انتخاب ترانسفورماتور ولتاژ

در این بخش براساس نتایج بدست آمده از بررسی‌ها و مطالعات بخش‌های قبل، مراحل مختلف انتخاب ترانسفورماتور ولتاژ اعلام می‌گردد.

گام اول: تعیین اطلاعات مورد نیاز برای طراحی، شامل اطلاعات مربوط به سیستم، شرایط محیطی و اقلیمی طبق بند (۳-۴-۲)

گام دوم: انتخاب نوع ترانسفورماتور ولتاژ طبق بند (۳-۴-۳-۱)

گام سوم: انتخاب توان نامی باتوجه به خواسته‌های مشتری طبق بند (۳-۴-۳-۴)

گام چهارم: تعیین حداکثر ولتاژ برای تعیین سطوح عایقی طبق بند (۳-۴-۳-۵) و (۳-۴-۳-۶)

گام پنجم: تعیین حدود افزایش دما طبق بند (۳-۴-۳-۷)

گام ششم: تعیین شرایط عایق‌بندی طبق بند(۳-۴-۳-۸)

گام هفتم: تعیین کلاس دقت و خطا با توجه به نیازها و خواسته‌های مشتری طبق بند (۳-۴-۳-۹) و (۳-۴-۳-۱۰)

۳-٤-٥ پلاک مشخصات

بر روی کلیه ترانسفورماتورهای ولتاژ باید حداقل مشخصات به شرح زیر درج شده باشد.

- نام یا علامت تجاری سازنده
- شماره سریال ساخت
- نوع ترانسفورماتور
- ولتاژ نامی اولیه و ثانویه
- فرکانس نامی
- ولت آمپر نامی و کلاس دقت متناظر آن
- حداکثر ولتاژ سیستم
- سطح ولتاژ عایقی نامی

کلیه اطلاعات فوق باید به راحتی قابل خواندن و غیر قابل پاک شدن باشد. این اطلاعات یا روی خود ترانسفورماتور یا روی یک پلاک مشخصات که به نحو مناسبی به بدنه ترانسفورماتور متصل شده است درج می‌شود.

علاوه بر اطلاعات مذکور چنانچه روی بدنه ترانسفورماتور جای کافی وجود داشته باشد، اطلاعات به شرح زیر نیز باید روی آن درج گردد.

- کلاس عایقی، اگر غیر از کلاس A باشد.
- کاربرد هر سیم‌پیچی و ترمینال‌های متناظرش روی ترانسفورماتورهایی که بیش از یک سیم‌پیچی ثانویه دارند.

۳-٤-٦ مدارک فنی

به هنگام سفارش ترانسفورماتور اندازه‌گیری ولتاژ بایستی اطلاعات مندرج در جداول (۳-۲۳) و (۳-۲۴) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردد.

جدول ۳-۲۳- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی شبکه	
۱-۱	ولتاژ نامی (kV)	
۱-۲	فرکانس نامی (Hz)	
۱-۳	حداکثر ولتاژ کار نامی (kV)	
۱-۴	نوع زمین کردن نوترال شبکه	
۱-۵	ضریب قدرت	
۲	شرایط بهره برداری	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا (m)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۲-۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت (°C)	
۲-۴	حداقل دما (°C)	
۲-۵	رطوبت نسبی محیط (%)	
۲-۶	شتاب زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	
۳	نوع ترمینال اولیه و ثانویه	
۴	سطح ولتاژ ایستادگی در مقابل ضربه صاعقه (kV- پیک)	
۵	ولتاژ ایستادگی با فرکانس قدرت به مدت یک دقیقه (kV- موثر)	
۶	ولتاژ نامی اولیه (kV)	
۷	ولتاژ نامی ثانویه (V)	
۸	کلاس دقت	
۹	توان نامی (VA)	
۱۰	نوع نصب (بین دو فاز/ فاز و نول)	
۱۱	حد افزایش درجه حرارت (°C)	
۱۲	محل نصب (داخل سلول / هوای آزاد)	
۱۳	تعداد سیم‌پیچ‌های ثانویه	
۱۴	ضریب ولتاژ نامی (در حالت دایم)	
۱۵	ضریب ولتاژ نامی (برای ۸ ساعت)	

جدول ۳-۲۴- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام سازنده	
۱-۳	تیپ و علامت مشخصه	
۲	نوع عایق اصلی	
۳	کلاس عایقی	
۴	ولتاژ نامی اولیه (kV)	
۵	ولتاژ نامی ثانویه (V)	
۶	بالاترین ولتاژ برای تجهیزات (kV)	
۷	فرکانس نامی (Hz)	
۸	ضریب قدرت	
۹	ولتاژ ایستادگی سیم‌پیچ اولیه برای ضربه صاعقه (kV- پیک)	
۱۰	ولتاژ ایستادگی سیم‌پیچ‌های ثانویه با فرکانس قدرت به مدت یک دقیقه (kV- موثر)	
۱۱	نسبت تبدیل نامی	
۱۲	تعداد دور سیم‌پیچ اولیه	
۱۳	تعداد دور سیم‌پیچ‌های ثانویه	
۱۴	سطح مقطع و جنس سیم‌پیچ اولیه (mm)	
۱۵	سطح مقطع و جنس سیم‌پیچ‌های ثانویه (mm)	
۱۶	مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌های اولیه در ۲۰ درجه سانتیگراد (Ω)	
۱۷	مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌های ثانویه در ۲۰ درجه سانتیگراد (Ω)	
۱۸	کلاس دقت	
۱۹	ضریب اشباع	
۲۰	خروجی نامی (VA)	
۲۱	ضریب ولتاژ نامی	
۲۱-۱	در حالت دایم	
۲۱-۲	برای ۸ ساعت	
۲۲	زمان مجاز جریان اتصال کوتاه ثانویه با ولتاژ نامی در ترمینالهای اولیه (s)	
۲۳	ارتفاع نصب (m)	
۲۴	حداکثر/حداقل درجه حرارت طراحی (°C)	
۲۵	افزایش درجه حرارت زیر بار (°C)	

ادامه جدول ۳-۲٤-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۲۶	فاصله خزش بین فازها و بدنه (mm)	
۲۷	وزن (kg)	
۲۸	ابعاد (mm × mm × mm)	
۲۹	جنس و ابعاد ترمینال اولیه	
۳۰	جنس و ابعاد ترمینال ثانویه	
۳۱	جنس پایه	
۳۲	طریقه نصب	
۳۳	نوع جنس و مشخصات هسته ترانسفورماتور	

۳-٤-۷ آزمون‌ها

شرح کامل نحوه انجام آزمون‌های ترانسفورماتورهای ولتاژ در استاندارد IEC 60044-2 آمده است. این آزمون‌ها به سه دسته عمده آزمون‌های جاری، نوعی و خاص به شرح ذیل تقسیم می‌شوند.

الف- آزمون‌های جاری

- آزمون استقامت در فرکانس قدرت روی سیم‌پیچی ثانویه
- آزمون استقامت در فرکانس قدرت بین قسمت‌ها
- آزمون استقامت در فرکانس قدرت روی سیم‌پیچی اولیه
- تعیین خطاها
- تایید صحت علامتگذاری ترمینال‌ها
- اندازه‌گیری تخلیه جزیی

به جز آزمون تعیین خطاها که بایستی بعد از سه آزمون اول انجام شود، ترتیب بقیه آزمون‌ها استاندارد شده نیست.

ب- آزمون‌های نوعی

- آزمون افزایش دما
- آزمون ضربه صاعقه
- آزمون ضربه سوئیچینگ
- آزمون رطوبت برای ترانسفورماتورهای نصب شونده در هوای آزاد
- تعیین خطاها

- آزمون تحمل اتصال کوتاه

ج- آزمون‌های خاص

- آزمون ضربه قطع و وصل شونده روی سیم‌پیچی اولیه
- اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات پراکندگی
- آزمون‌های مکانیکی

۳-۵ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان

۳-۵-۱ کلیات

ترانسفورماتورهای جریان جهت تبدیل جریان‌های با دامنه زیاد به جریان‌هایی که به راحتی و با مصرف انرژی ناچیز (تلفات اندک) بوسیله دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار ضعیف قابل اندازه‌گیری است و یا ورودی رله‌های حفاظتی به کار می‌روند.

ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان در شبکه قدرت برای اندازه‌گیری جریان جهت دو کاربرد عمده حفاظت و اندازه‌گیری میزان توان عبوری به‌کار می‌رود. بسته به اینکه از ترانسفورماتور به‌منظور اندازه‌گیری و یا حفاظت استفاده شود، ترانسفورماتور جریان به‌ترتیب به دو نام ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان و ترانسفورماتور جریان حفاظتی خوانده می‌شود. که در شبکه‌های فشار متوسط از آن عمدتا برای اندازه‌گیری توان استفاده می‌شود.

ترانسفورماتورهای جریان به دلیل نقش اساسی که در تغذیه و درنتیجه عملکرد صحیح سیستم‌های اندازه‌گیری و حفاظتی دارند از اهمیت ویژه‌ای نسبت به سایر تجهیزات فشارقوی برخوردار می‌باشند. از این رو انتخاب درست و صحیح مشخصات آنها دقت خاصی را می‌طلبد.

۳-۵-۲ شرایط بهره برداری

شرایط بهره‌برداری مورد نیاز برای طراحی و انتخاب ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان طبق بند (۳-۳-۳) مشابه شرایط مورد نیاز برای ترانسفورماتورهای قدرت بایستی مشخص گردد.

۳-۵-۳ مشخصات و معیارهای فنی

پارامترها و شاخص‌هایی که در طراحی و انتخاب ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان بایستی مورد استفاده قرارگیرد به شرح ذیل می‌باشند.

۳-۵-۳-۱ نوع ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان

ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان از نظر عایق‌بندی به سه دسته به شرح زیر تقسیم می‌شوند.

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

ترانسفورماتورهای جریان نوع خشک با عایق رزین برای ولتاژهای فشار متوسط ساخته می‌شوند. موارد استعمال آن بیشتر در محل‌های سرپوشیده (کلاس داخلی) با توجه به عدم احتمال انفجار این نوع ترانسفورماتورها و داشتن ایمنی بیشتر آن در مقایسه با ترانسفورماتورهای جریان نوع روغنی است.

ساخت ترانسفورماتورهای جریان نوع روغنی با کاغذ آغشته به روغن برای سطوح مختلف ولتاژ معمول بوده و در حال حاضر عمده ترانسفورماتورهای جریان، به خصوص ترانسفورماتورهای جریان فشارقوی از این نوع ساخته می‌شوند.

در ترانسفورماتورهای جریان نوع گازی از گاز SF_6 برای عایق‌بندی استفاده می‌شود. مزایا و معایب این ترانسفورماتورها همانند ترانسفورماتورهای قدرت گازی (بند ۳-۳-۴-۱-ب) می‌باشد.

۳-۵-۳-۲ جریان نامی اولیه

مقادیر استاندارد جریان‌های نامی اولیه برحسب آمپر براساس استاندارد IEC 60044-1 عبارت از موارد زیر می‌باشد.

[A] ۷۵ و ۶۰، ۵۰، ۴۰، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۲/۵، ۱۰

مقادیری که زیرشان خط کشیده شده است ارجح‌تر می‌باشند. لازم به ذکر است که مضارب ده و یکدهم مقادیر بالا هم جز مقادیر استاندارد به شمار می‌آیند.

۳-۵-۳-۳ مقادیر استاندارد جریان نامی ثانویه

مقادیر استاندارد جریان نامی ثانویه طبق توصیه‌های استاندارد IEC 60044-1 ، ۱، ۲و ۵ آمپر می‌باشند، که ۵ آمپر مقدار ارجح می‌باشد. البته در ترانسفورماتورهای با اتصال مثلث مقادیر $\frac{۱}{\sqrt{۳}}$ نیز جز مقادیر استاندارد به شمار می‌آیند.

۳-۵-۳-٤ جریان نامی حرارتی پیوسته

چنانچه به گونه دیگری تصریح نشده باشد، جریان نامی حرارتی پیوسته همان جریان نامی اولیه خواهد بود.

۳-۵-۳-۵ جریان نامی حرارتی کوتاه مدت

جـریان نامـی حرارتی کوتاه مدت با توجه به محاسبات اتصال کوتاه سیستم درمحلی که ترانسفورماتور جریان نصب می‌گردد تعیین مـی‌شـود. سـطح مقطع سیم‌پیچ‌ها با توجه به مدت زمان استمرار اتصال کوتاه که بدترین وضعیت کاری ترانسفورماتور می‌باشد تعیین می‌گردد.

۳-۵-۳-٦ ظرفیت نامی خروجی

مقادیر استاندارد توان خروجی نامی ترانسفورماتورهای جریان تا سطح VA ۳۰ به قرار زیر می‌باشند.

[VA] ۳۰ و ۱۵، ۱۰، ۵، ۲/۵

مقادیر بالای ۳۰ ولت آمپر متناسب با کاربرد موردنظر انتخاب می‌شوند.

۳-۵-۳-۷ محدودیت‌های افزایش دما

افـزایش دمای یک ترانسفورماتور جریان که جریان اولیه‌ای برابر با جریان نامی حرارتی پیوسته در ضریب توان واحد و بار متناظر با خروجی نامی دارد با توجه به کلاس ماده عایقی به کار رفته در آن نبایستی از مقادیر مجاز در جدول (۳-۲۰) تجاوز نماید.

۳-۵-۳-۸ سطوح عایقی

الف- سطوح عایقی نامی برای سیم‌پیچی‌های اولیه

انتخاب سطح عایقی برای ترانسفورهای جریان اندوکتیو مطابق با جدول (۳-۲۱) ارایه شده برای ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ (بند ۳-۴-۳-۸) بایستی انجام گیرد.

ب- شرایط عایقی بین اجزای

بـرای سـیم‌پیچی‌های اولیه و ثانویه‌ای که به دو یا چند قسمت تقسیم شده‌اند، عایق‌بندی بین قسمت‌ها بایستی قادر به تحمل ولتاژ استقامت کوتاه مدت نامی در فرکانس قدرت برابر با kV ۳ باشد.

ج- شرایط عایقی برای سیم‌پیچی‌های ثانویه

عایق‌بندی سیم‌پیچی ثانویه بایستی قادر به تحمل ولتاژ استقامت کوتاه مدت نامی در فرکانس قدرت برابر با kV ۳ موثر باشد.

د- شرایط عایقی داخل حلقه‌ای

عایق‌بندی بین حلقه‌های سیم‌پیچی ثانویه بایستی توانایی تحمل ولتاژ استقامت با دامنه kV ۴/۵ را داشته باشد.

ه- فاصله خزشی

برای ترانسفورماتور نصب شونده در هوای آزاد با توجه به میزان آلودگی هوا، حداقل فاصله خزشی در جدول (۳-۵) درج شده است.

و- اثر ارتفاع روی سطوح عایقی

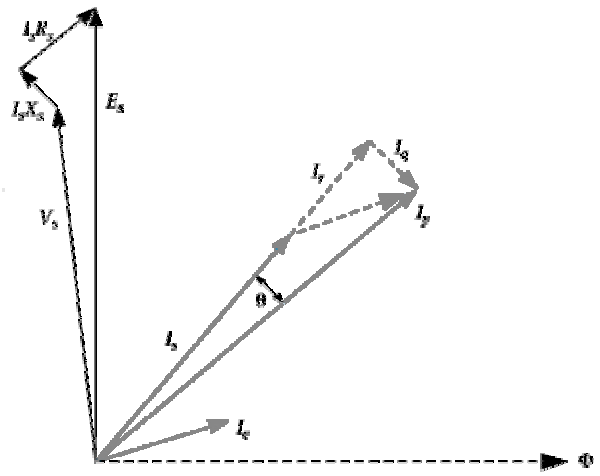
طبق بند (۳-۳-۴-۹).

۳-۵-۳-۹ کلاس دقت ترانسفورماتور جریان

در ترانسفورماتورهای حفاظتی عملکرد صحیح ترانسفورماتور در حالات بروز خطا مهم می‌باشد. در این ترانسفورماتورها برای نمایش کلاس دقت از دو عدد که با حرف P از هم جدا شده‌اند به صورت XPX استفاده می‌شود، به طوری که عدد اول نشانگر درصد خطا و عدد دوم حداکثر افزایش دامنه جریان از مقدار نامی در حالات خطا می‌باشد. برای مثال 5P10 بیانگر حداکثر ۵ درصد خطا در اندازه‌گیری جریان به هنگام عبور ۱۰ برابر جریان نامی از آن است. در ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری کلاس دقت به صورت CLx نشان داده‌می‌شود که عدد x بیانگر دقت ترانسفورماتور اندازه‌گیری می‌باشد. کلاس‌های استاندارد برای ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان عبارت از موارد ذیل می‌باشد.

۰/۱ ،۰/۲ ،۰/۵ ،۱ ،۳ ،۵

در شکل (۳-۵) نمودار برداری ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان رسم شده‌است. زاویه θ در این شکل مقدار خطای جابه‌جایی فاز را نشان می‌دهد.



علامت اختصاری	شرح
V_s	ولتاژ ثانویه
E_s	ولتاژ اندوکتیو ثانویه emf
I_p	جریان اولیه
I_s	جریان ثانویه
θ	زاویه خطای فاز
Φ	فلوی
I_sR_s	افت ولتاژ مقاومتی ثانویه
I_sX_s	افت ولتاژ در راکتانس ثانویه
I_e	جریان تحریک
I_r	مولفه I_e همفاز با I_s
I_q	مولفه I_e متعامد با I_s

شکل ۳-۵- نمودار برداری ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان

برای کلاس‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ خطای جریان و جابه جایی فاز در فرکانس نامی زمانی که بار در محدوده ۵۰ تا ۱۲۰ درصد مقدار نامی باشد، نبایستی از مقادیر مندرج در جدول (۳-۲۵) تجاوز نماید.

همچنین برای کلاس‌های ۳ و ۵، خطای جریان در فرکانس نامی زمانی که بار در محدوده ۵۰ تا ۱۲۰ درصد مقدار نامی است، نباید به ترتیب از ۳ و ۵ درصد تجاوز نماید.

انتخاب کلاس دقت برمبنای نیاز وسایل اندازه‌گیری مورد استفاده می‌باشد. معمولاً برای ترانسفورماتورهای جریان آزمایشگاه‌ها و کالیبراسیون، کلاس ۰/۱، برای ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در اندازه‌گیری دقیق انرژی و قدرت کلاس ۰/۲، برای

انـدازه‌گیـری معمولـی تـوان و انـرژی اکتـیو و راکتیو کلاس ۰/۵ و برای سایر اندازه‌گیری‌ها کلاس‌های ۱، ۳ و ۵ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۳-۲۵- حدود خطاها در ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان

کلاس دقت	± درصد خطای جریان در درصدی از جریان نامی که در ذیل آمده است				± جابه جایی فاز در درصدی از جریان نامی که در ذیل آمده است							
					سانتی‌رادیان				دقیقه			
	۵	۲۰	۱۰۰	۱۲۰	۵	۲۰	۱۰۰	۱۲۰	۵	۲۰	۱۰۰	۱۲۰
۰/۱	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۴۵	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۱۵	۱۵	۸	۵	۵
۰/۲	۰/۷۵	۰/۳۵	۰/۲	۰/۲	۰/۹	۰/۴۵	۰/۳	۰/۳	۳۰	۱۵	۱۰	۱۰
۰/۵	۱/۵	۰/۷۵	۰/۵	۰/۵	۲/۷	۱/۳۵	۰/۹	۰/۹	۹۰	۴۵	۳۰	۳۰
۱	۳	۱/۵	۱	۱	۵/۴	۲/۷	۱/۸	۱/۸	۱۸۰	۹۰	۶۰	۶۰

۳-۵-۳-۱۰ طرح و ساخت

در طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان بایستی نکات به شرح ذیل رعایت گردد.

-ترانـسفورماتورهای انـدازه‌گیـری جـریان باید به صورت یکپارچه ریخته شده و با ساختار مناسب برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شوند. همچنین دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی بالایی بوده و در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت مقاومت کافی داشته باشند. ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان نباید نیازی به تعمیر و نگهداری داشته باشند.

-بدنـه ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان باید دارای محل مناسب جهت عبور کابل یا شینه با سطح مقطع مناسب با جریان نامی ترانسفورماتور باشد.

-ترمینال‌های اولیه باید از جنس برنج، مس و یا فولاد گالوانیزه شده بوده و مجهز به پیچ‌های هادی اتصال و واشرهایی با اندازه مناسب باشد.

-تـرمینال‌های ثانویه باید از جنس برنج، مس و یا فولاد گالوانیزه بوده و پیچ‌های اتصال و واشرهایی با اندازه مناسب برای اتصال هادی‌های مسی با سطح مقطع حداکثر ۶ میلی‌متر مربع داشته باشند.

-یک ترمینال زمین باید در کنار ترمینال‌های ثانویه در نظر گرفته شود.

-ترمینال‌های ثانویه باید در صورت امکان قابل پلمپ شدن باشند.

-ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان باید قابل نصب در هر وضعیتی توسط چهار عدد پیچ باشد.

-مجمـوعه ترانسفورماتور جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت کافی نصب گردد. بایستی یک عدد پیچ برای اتصال زمین روی این صفحه نگهدارنده تعبیه شود.

۳-۵-۳-۱۱ علامتگذاری ترمینال‌ها

الف- علامت‌ها

ترمینال‌های طرف اولیه با حروف بزرگ A، B، C و N و ترمینال‌های سمت ثانویه با حروف کوچک a،b،c و n مشخص می‌شود.

ب- پلاریته نسبی

ترمینال‌هایی که حروف متناظر بزرگ و کوچک دارند، در هر لحظه پلاریته یکسان خواهند داشت.

۳-۵-٤ مراحل طراحی و انتخاب ترانسفورماتور جریان

در این بخش براساس نتایج بدست آمده از بررسی‌ها و مطالعات بخش‌های قبل، مراحل مختلف انتخاب ترانسفورماتور جریان اعلام می‌گردد.

گام اول: تعیین شرایط بهره‌برداری طبق بند (۳-۵-۲)

گام دوم: انتخاب نوع ترانسفورماتور جریان طبق بند (۳-۵-۳-۱)

گام سوم: انتخاب جریان‌ها و توان نامی باتوجه به خواسته‌های مشتری و مشخصات سیستم طبق بند (۳-۵-۳-۲)تا (۳-۵-۳-۶)

گام چهارم: تعیین حداکثر ولتاژ برای تعیین سطوح عایقی مطابق با اطلاعات بدست آمده از شبکه

گام پنجم: تعیین حدود افزایش دما طبق بند (۳-۵-۳-۷)

گام ششم: تعیین شرایط عایق‌بندی طبق بند(۳-۵-۳-۸)

گام هفتم: تعیین کلاس دقت و خطا با توجه به نیازها و خواسته‌های مشتری طبق بند (۳-۵-۳-۹)

۳-۵-۵ پلاک مشخصات

بر روی کلیه ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان باید حداقل مشخصات به شرح ذیل درج شده باشد.

- نام یا علامت تجاری سازنده به نحوی که به راحتی قابل شناسایی باشد.
- شماره سریال و یا کد نوع و یا ترجیحا هر دو
- جریان نامی اولیه و ثانویه
- فرکانس نامی
- ظرفیت خروجی نامی و کلاس دقت متناظرش
- حداکثر ولتاژ ورودی ترانسفورماتور
- سطح عایقی نامی

کلیه اطلاعات فوق باید به طور غیر قابل پاک شدن روی بدنه ترانسفورماتور یا روی یک پلاک مشخصات که بنحو مناسبی به بدنه متصل شده است درج شوند.

علاوه بر موارد مذکور چنانچه روی ترانسفورماتور جای کافی وجود داشت اطلاعات زیر نیز باید درج شود.

– جریان حرارتی کوتاه مدت نامی و جریان دینامیکی نامی در صورتی که با ۲/۵ برابر جریان حرارتی کوتاه مدت نامی متفاوت باشد.

– کلاس عایق‌بندی چنانچه غیر از کلاس A باشد.

– کاربرد هر سیم‌پیچ و ترمینال‌های متناظرش برروی ترانسفورماتورهای با دو سیم‌پیچ ثانویه

۳-۵-٦ مدارک فنی

به هنگام سفارش ترانسفورماتور اندازه گیری جریان بایستی اطلاعات مندرج در جداول (۳-۲۶) و (۳-۲۷) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردد.

جدول ۳-۲٦- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری جریان (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی شبکه	
۱-۱	تعداد فاز	
۱-۲	ولتاژ نامی (kV)	
۱-۳	فرکانس نامی (Hz)	
۱-۴	حداکثر ولتاژ کار نامی (kV)	
۱-۵	متوسط ضریب توان	
۲	شرایط بهره برداری	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا (m)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۲-۳	حداقل دما (°C)	
۲-۴	رطوبت نسبی (%)	
۳	جریان نامی اولیه (kA)	
۴	جریان نامی ثانویه (A)	
۵	ولتاژ ایستادگی با فرکانس قدرت بمدت یک دقیقه (kV- موثر)	
۶	جریان حرارتی کوتاه مدت نامی مجاز (kV- موثر)	
۷	مدت زمان تحمل جریان حرارتی (s)	
۸	جریان حرارتی پیوسته نامی به صورت درصدی از جریان نامی اولیه (%)	
۹	کلاس دقت	
۱۰	کلاس عایقی در صورتی که غیر از کلاس A باشد	
۱۱	قدرت خروجی (VA)	
۱۲	ضریب اشباع	
۱۳	ولت آمپر مصرفی (VA)	

جدول ۳-۲۷- مشخصات اصلی ترانسفورماتور اندازه گیری ولتاژ (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام شرکت	
۱-۳	علامت و شماره مشخصه	
۲	کلاس دقت	
۳	نوع عایق اصلی	
۴	کلاس عایق	
۵	ضریب توان	
۶	ولتاژ نامی (kV)	
۷	حداکثر ولتاژ مداوم ایستادگی (kV)	
۸	فرکانس نامی (Hz)	
۹	ولتاژ ایستادگی با فرکانس قدرت بمدت یک دقیقه (kV- موثر)	
۱۰	جریان نامی اولیه (kA)	
۱۱	جریان نامی ثانویه (A)	
۱۲	جریان حرارتی کوتاه مدت نامی (A)	
۱۳	قدرت خروجی (VA)	
۱۴	مقاومت سیم‌پیچی ثانویه در ۲۰ و ۷۵ درجه سانتیگراد (Ω)	
۱۵	حداقل و حداکثر درجه حرارت طراحی $(^{\circ}C)$	
۱۶	افزایش درجه حرارت در جریان نامی پیوسته $(^{\circ}C)$	
۱۷	استاندارد ساخت (شماره و سال انتشار)	
۱۸	وزن (kg)	
۱۹	ابعاد $(mm\times mm\times mm)$	
۲۰	جنس و مقطع هادی ثانویه و تعداد دور	
۲۱	جنس و مقطع ترمینال ثانویه	
۲۲	نوع جنس و مشخصات هسته ترانسفورمر	

۳-۵-۷ آزمون‌ها

آزمون‌های ترانسفورماتورهای جریان به سه دسته آزمون‌های جاری، نوعی و خاص تقسیم‌بندی می‌شوند. این آزمون‌ها بایستی طبق استاندارد IEC 60044-1 انجام گیرند.

الف- آزمون‌های جاری

- تایید صحت علامت‌گذاری ترمینال‌ها
- آزمون استقامت در فرکانس قدرت روی سیم‌پیچ اولیه
- آزمون استقامت در فرکانس قدرت روی سیم‌پیچ ثانویه
- آزمون استقامت در فرکانس قدرت بین قسمت‌ها
- آزمون اضافه ولتاژ داخل حلقه
- آزمون اندازه‌گیری تخلیه جزیی
- آزمون تعیین خطاها

ب- آزمون‌های نوعی

- آزمون جریان کوتاه مدت
- آزمون افزایش دما
- آزمون ضربه صاعقه
- آزمون ضربه سوئیچینگ
- آزمون رطوبت برای ترانسفورماتورهای نصب شونده در هوای آزاد
- تعیین خطاها

ج- آزمون‌های خاص

- آزمون ضربه صاعقه برش داده شده برروی سیم‌پیچ اولیه
- اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و ضریب تلفات عایقی
- آزمون‌های مکانیکی

۳-۵-۸ آیین کار و روش‌های اجرایی

به هنگام استفاده از ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان بایستی نکات به شرح ذیل بایستی رعایت گردد.

جریان طرف اولیه نبایستی در اثر استفاده از بارهایی بزرگتر از بارهای نامی از مقدار نامی افزایش یابد.

زمانی که اولیه ترانسفورماتور جریان انرژی‌دار است هرگز نبایستی بار طرف ثانویه برداشته شود، چرا که این کار باعث افزایش ولتاژ ثانویه و شکست عایقی سیم‌پیچی طرف ثانویه می‌گردد. در ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان از یک رله محدود کننده (که به طور عموم دو شاخک با فاصله هوایی که موازی با خروجی ترانسفورماتور جریان می‌باشد است) جهت محدود کردن ولتاژ خروجی به هنگام بی‌بار شدن ترانسفورماتور استفاده می‌شود.

فصل چهارم
تابلوهای فشار متوسط و ضعیف

مقدمه

در ایـن فـصل معـیارها و ضـوابط فنـی طراحـی و ساخت تابلوهای فشار متوسط و ضعیف و همچنین ضوابط نصب، راه‌اندازی و نگهداری این تابلوها ارایه می‌گردد.

٤-١دامنه کاربرد

دامنه کاربرد مطالب ارایه شده در این فصل مربوط به تابلوهای فشار متوسط و ضعیف شبکه‌های توزیع می‌باشد.

٤-٢تعاریف

٤-٢-١ تابلوهای فشار ضعیف

تابلوهای بکارگرفته شده در سطوح ولتاژ زیر ۱ کیلوولت را در اصطلاح تابلوهای فشار ضعیف گویند.

٤-٢-٢ تابلوهای فشار متوسط

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

٤-٢-٣ تابلوهای قدرت و فرمان

ترکیبـی از وسـایل کلیدزنی و تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری و حفاظتی به همراه محفظه، سازه‌های نگهدارنده و اتصالات مربوطه می‌باشد.

٤-٢-٤ تابلوهای قدرت

ترکیبـی از وسـایل کلیدزنی و تجهیزات کنترلی، اندازه‌گیری و حفاظتی به همراه محفظه، سازه‌های نگهدارنده و اتصالات مربوطه می‌باشد که برای اتصال به سیستم‌های تولید، انتقال، توزیع و تبدیل انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

٤-۲-٥ تابلوهای فرمان

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

٤-۲-٦ تابلوهای قدرت و فرمان با محفظه فلزی[1]

تابلوهای قدرت و فرمانی را که دارای یک محفظه خارجی فلزی و اتصال زمین هستند، تابلوهای قدرت و فرمان با محفظه فلزی گویند. تابلوهای قدرت با محفظه فلزی به سه نوع ذیل تقسیم می‌شوند.

- تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی[2]
- تابلوهای قدرت و فرمان قسمت‌بندی شده[3]
- تابلوهای قدرت و فرمان سلولی[4]

٤-۲-٦-۱ تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی

به تابلوهای قدرت و فرمان با محفظه فلزی که اجزا به کار رفته در آن در قسمت‌های مجزا از یکدیگر با جداره‌های فلزی دارای اتصال زمین قرار گرفته‌اند اطلاق می‌شود.

این تابلوها بایستی دارای درجه حفاظتی مطابق با مندرجات جدول (۴-۳) (یا بالاتر) بوده و دارای خانه‌های مجزا باشند به طوری که هر خانه حداقل شامل تجهیزات به شرح ذیل باشد.

الف- کلید اصلی

ب- اجزایی که به یک طرف کلید اصلی متصل می‌باشند مانند فیدرها

ج- اجزایی که به طرف دیگر کلید اصلی متصل می‌باشند مانند شینه‌ها (جایی که بیش از یک گروه از شینه‌ها وجود دارد، هر گروه در یک قسمت مجزا قرار می‌گیرند).

---

[1] - Metal Enclosed

[2] - Metal Clad

[3] - Compartment

[4] - Cubical

٤-۲-٦-۲ تابلوهای قدرت و فرمان قسمت‌بندی شده (با جداره‌های غیر فلزی)

بـه تابلـوهای قـدرت و فرمان با محفظه فلزی که اجزای آن مانند تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی، در خانه‌های جداگانه قـرار گـرفته‌انـد، امـا دارای یـک یـا چـند جـداره غیر فلزی می‌باشند اطلاق می‌گردد. این تابلوها باید دارای درجه حفاظتی مطابق با مندرجات جدول (۴-۳) باشند.

٤-۲-٦-۳ تابلوهای قدرت و فرمان سلولی

بـه تابلوهای قدرت و فرمان با محفظه فلزی، که شامل تابلوهای با پوشش فلزی و تابلوهای قسمت‌بندی شده نباشند گویند. این تابلوها دارای یکی از مشخصات به شرح زیر هستند.

- تعداد خانه‌های آنها کمتر از تعداد مورد نیاز برای تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی یا قسمت‌بندی شده است.
- جداره‌ها دارای درجه حفاظتی کمتر از آنچه در جدول (۴-۳) ذکر شده است باشند.
- فاقد هر نوع جداره‌ای باشد.

٤-۲-۷ درجه حفاظتی

عـبارت اسـت از درجـه حفاظتـی فراهم شده بوسیله محفظه که از افراد در برابر تماس با قسمت‌های برقدار، بخش‌های متحرک درون محفظه و همچنین از تجهیزات در برابر ورود اجسام محافظت به عمل می‌آورد.

٤-۲-۸ تابلوهای تمام بسته

ایـن تابلـوها عـبارت از مجمـوعه سوار شده در کارخانه است که تمام جوانب آن، جز سطح نصب که ممکن است باز باشد طوری بسته شده باشد که حداقل درجه حفاظت IP20 تامین شود. معمول‌ترین انواع این تابلوها به شرح ذیل می‌باشد.

٤-۲-۸-۱ تابلوهای ایستاده تمام بسته

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

٤-۲-۸-۲ تابلوی ایستاده تمام بسته قابل دسترسی و فرمان از جلو

عـبارت از تابلویـی است که لوازم فرمان مانند دسته یا کلیدهای فشارقوی و لوازم اندازه‌گیری در قسمت جلوی تابلو قرار گرفته و سـایر تجهیـزات و لـوازم مانـند کلـیدهای جـدا کننده غیر قابل قطع زیر بار، کلیدهای جدا کننده قابل قطع زیر بار، کلیدهای قدرت،

فـیوزها، ترانـسفورماتور جـریان، ترانـسفورماتور ولـتاژ و سرکابل‌ها داخل تابلو نصب می‌شود و از طریق یک در لولایی مجهز به قفل الکتریکـی یـا مکانیکـی که فقط پس از قطع کلید قابل باز شدن است، دسترسی به اتصالات و تعمیر و تعویض تجهیزات امکان‌پذیر است.

٤-۲-۸-۳ تابلوی ایستاده دسترسی از پشت

عـبارت از تابلویـی اسـت کـه لـوازم اندازه‌گیری در جلوی تابلو قرار گرفته و فرمان‌ها نیز از سمت جلوی تابلو انجام می‌شود، ولی دسترسی برای تعویض وسایل، اتصال کابل‌ها و سیم‌ها و مانند آن از پشت تابلو امکان‌پذیر بوده و شامل یک یا چند سلول می‌باشد.

٤-۲-۸-٤ تابلوی ایستاده تمام بسته کشویی

ایـن تابلـو بـه طـور کلی از دو قسمت اصلی ثابت و متحرک کاملا مجزا تشکیل شده است. قسمت اول بدنه تابلو می‌باشد که به صـورت سـلول سـاخته شـده و شـینه‌کـشی، محل اتصال کابل‌های ورودی و خروجی و دریچه‌های اتصال ترمینال‌های کلید در این قسمت تعبیه شده است و در بالاترین قسمت آن نیز لوازم اندازه‌گیری نصب می‌شود.

قـسمت دوم اسکلتی متحرک- که ارابه نیز نامیده می‌شود- است که کلید روی آن نصب شده است و به صورت کشویی با کمک چـرخ در داخـل سـلول فـوق‌الذکـر قرار گرفته و اتصالات لازم را برقرار می‌سازد. سمت جلوی اسکلت مزبور باید کاملا بسته باشد و قـسمت فـرمان کلید مانند دسته یا کلیدهای فشاری روی این قسمت نصب گردد. قسمت کشویی باید دارای قفل بوده و فقط پس از قطع کلید، قابل خارج کردن و جاگذاردن باشد.

٤-۲-۹ محفظه

قـسمت در برگیـرنده تابلـوی قدرت و فرمان با پوشش فلزی را گویند که باعث جلوگیری از تماس اتفاقی با قسمت‌های برقدار و قطعات متحرک آن می‌شود و همچنین وسایل داخلی را در مقابل اثرات خارجی حفاظت می‌کند.

٤-۲-۱۰ خانه

بـه قـسمتی از تابلـوهای قـدرت و فرمان اطلاق می‌شود که به جز در محل‌های مورد نیاز برای اتصالات، کنترل یا تهویه، کاملا بسته باشد.

٤-۲-۱۱ جداره

به قسمتی از تابلوهای قدرت و فرمان که یک خانه را از سایر خانه‌ها جدا می‌نماید جداره گویند.

٤-۲-۱۲ دریچه حفاظتی

جزیی از تابلو که می‌تواند بین دو حالت زیر حرکت کند.

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

٤-۲-۱۳ مدار اصلی

تمامی بخش‌های هادی یک تابلوی قدرت و فرمان با محفظه فلزی (شامل هادی‌ها و وسایل کلیدزنی) که در تشکیل مدار انتقال انرژی الکتریکی به کار رفته باشند را مدار اصلی گویند.

٤-۲-۱٤ مدار کمکی

تمام بخش‌های هادی یک تابلوی قدرت و فرمان با محفظه فلزی که در تشکیل مداری (غیر از مدار اصلی) برای کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم به کار رفته باشند را مدار کمکی گویند.

٤-۲-۱۵ شینه

به هادی با امپدانس کم که چندین مدار الکتریکی می‌توانند به طور جداگانه به آن متصل گردند اطلاق می‌گردد.

٤-۲-۱٦ ولتاژ نامی

ولتاژ نامی بیان کننده حد بالای ولتاژ سیستم‌هایی است که تابلوی قدرت و فرمان برای آن طراحی شده است.

٤-۲-۱۷ فرکانس نامی

مقدار استاندارد فرکانس نامی در ایران برابر با ۵۰HZ می‌باشد.

٤-۲-۱۸ جریان نامی

جریان نامی تابلوی قدرت و فرمان، مقدار موثر جریانی است که تابلوی قدرت و فرمان قادر است تحت شرایط مشخص بهره‌برداری به طور دایم از خود عبور دهد.

٤-۲-۱۹ جریان ایستادگی کوتاه مدت

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

٤-۲-۲۰ جریان ایستادگی پیک

حداکثر مقدار جریانی است که مدار تابلوی قدرت و فرمان یا اجزای کلیدزنی در حالت وصل، تحت شرایط مشخص شده جهت سرویس‌دهی بتواند تحمل کند.

٤-۲-۲۱ جریان نامی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه

به بیشترین مقدار موثر جریانی که مدار بتواند بدون آسیب حرارتی یا مکانیکی و یا تغییر شکل دایمی از هر یک از اجزای خود قبل از عملکرد تجهیزات حفاظتی عبور دهد گفته می‌شود.

٤-۲-۲۲ اینترلاک‌ها

در تابلوها برای جلوگیری از بروز خطرات احتمالی از سیستمی به نام اینترلاک استفاده می‌شود. وجود این سیستم باعث می‌گردد تا بهره‌بردار نتواند حالتی را به وجود آورد که دستگاه برای آن طراحی نشده است و یا دستگاه در حالتی قرار گیرد که برای بهره‌بردار خطر به بار آورد.

٤-۳ کلیات

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

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

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

درجه حفاظت متناظر با اولین و دومین رقم مشخصه به ترتیب در جداول (۴-۱) و (۴-۲) آمده است.

جدول ٤-۱- نوع حفاظت متناظر با اولین رقم مشخصه

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

جدول ٤-۲- نوع حفاظت متناظر با دومین رقم مشخصه

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

جداول (۴-۳) و (۴-۴) درجات مختلف حفاظت مربوط به تابلوهای قدرت و فرمان را نشان می‌دهد.

جدول ٤-۳- درجات مختلف حفاظت (رقم اول)

درجه حفاظتی	حفاظت در مقابل تماس با قسمت‌های برقدار و متحرک
IP۲X	انگشت یا اشیاء با قطر بزرگتر از ۱۲ میلیمتر
IP۳X	ابزار، سیمها و غیره با قطر یا ضخامت بیشتر از ۲/۵ میلیمتر
IP۴X	سیم با قطر یا نوار با ضخامت بیش از ۱/۰ میلیمتر

جدول ٤-٤- درجات مختلف حفاظت (رقم دوم)

درجه حفاظتی	حفاظت در مقابل قطرات آب و مایع
IPX۲	ریزش قطرات آب به صورت عمودی برروی تابلویی که ۱۵ درجه از وضعیت عادی خود کج شده است مضر نیست.
IPX۳	ریزش قطرات آب تا زاویه ۶۰ درجه نسبت به حالت عمودی نبایستی هیچگونه آسیبی به تابلو برساند.
IPX۴	مایع پاشیده شده از هر جهت نبایستی به تابلو آسیب برساند.

٤-٤شرایط بهره‌برداری

٤-٤-١ شرایط بهره‌برداری عادی

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

٤-٤-١-١ دمای هوای محیط

- دمای هوای محیط برای تاسیسات داخلی

دمای هوای محیط نباید از $40^{\circ}C$ تجاوز نماید و میانگین آن نیز در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از $35^{\circ}C+$ فراتر رود. حد پایین دمای هوای محیط $5^{\circ}C-$ است.

- دمای هوای محیط برای تاسیسات بیرونی

دمای هوای محیط نباید از $40^{\circ}C+$ تجاوز نماید و میانگین آن نیز در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از $35^{\circ}C+$ فراتر رود. حد پایین دمای هوای محیط برای آب و هوای معتدل برابر با $25^{\circ}C-$ و برای آب و هوای سرد و یخبندان برابر با $50^{\circ}C-$ است.

٤-٤-١-٢ شرایط جوی

- شرایط جوی برای تاسیسات داخلی

هوا تمیز باشد و رطوبت نسبی آن در حداکثر دمای $40^{\circ}C+$ از ۵۰ درصد فراتر نرود. رطوبت نسبی بالاتر در دماهای پایین‌تر (برای مثال رطوبت ۹۰ درصد در $20^{\circ}C+$) مجاز است.

- شرایط جوی برای تاسیسات خارجی

افزایش رطوبت نسبی تا ۱۰۰ درصد در حداکثر دمای $25^{\circ}C+$- مجاز است.

٤-٤-١-٣ درجه آلودگی

درجه آلودگی به شرایط محیطی که تابلو برای آن طراحی شده است، وابسته می‌باشد.

- درجه آلودگی ۱

هیچ آلودگی وجود ندارد و یا تنها آلودگی‌های خشک و بدون هدایت الکتریکی دیده می‌شود.

- درجه آلودگی ۲

معمولا تنها آلودگی‌های بدون هدایت الکتریکی وجود دارد. هر چند به ندرت یک هدایت موقت ایجاد شده در اثر میعان انتظار می‌رود.

- درجه آلودگی ۳

آلودگی‌های با هدایت الکتریکی وجود دارد یا اینکه آلودگی‌های خشک غیررسانا که در اثر معیان هادی می‌شوند، دیده می‌شود.

- درجه آلودگی ۴

در اثر عواملی مانند ذرات هادی، باران یا برف و هدایت الکتریکی پایدار ایجاد می‌کند.

به غیر از موارد خاص در مورد تابلوهایی که برای محیطهای صنعتی در نظر گرفته می‌شوند درجه آلودگی ۳ برای محیط نصب آنها در نظر گرفته می‌شود.

٤-٤-١-٤ ارتفاع

ارتفاع محل نصب نباید بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد.

٤-٤-١-٥ سرعت وزش باد

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

٤-٤-١-٦ ضخامت یخ

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

٤-٤-١-٧ لرزش‌ها

بار زلزله به عنوان ضریبی از شتاب ثقل زمین بین 3G و 5G انتخاب می‌شود. برای تاسیساتی که احتمال وقوع زلزله در محل نصب آنها بالاست، باید استحکام لرزه‌ای مناسب برای تجهیز طبق استاندارد IEC 61166 تامین گردد.

٤-٤-۱-۸ سایر پارامترها

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

٤-٤-۲ شرایط بهره‌برداری ویژه

چنانچه هر کدام از شرایط ویژه بهره‌برداری به شرح زیر موجود باشند، ملزومات مورد نیاز باید تهیه گردد و یا توافق خاصی بین سازنده و مصرف کننده صورت گیرد.

الف- مقادیر نامی سطح عایقی ارایه شده برای تابلوهای قدرت و فرمان، برای ارتفاع‌های ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن به کار می رود. در انتخاب تابلوهای قدرت و فرمان که در ارتفاع‌های بیش از ۱۰۰۰ متر (تا ۳۰۰۰ متر) مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید ضرایب تصحیح مطابق جدول (۴-۴) اعمال شود.

جدول٤-٤- ضرایب تصحیح برحسب ارتفاع

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

برای حالتی که ارتفاع بین ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ متر قرار دارد با استفاده از میان‌یابی خطی از جدول فوق ضرایب تصحیح بدست می‌آیند.

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

ج- برای تاسیساتی که در مکان‌هایی قرار دارند که دمای محیطی آنها به طور شاخص، خارج از محدوده شرایط بهره‌برداری عادی است بازده دمایی که باید در نظر گرفته شود به شرح ذیل است.

- $-50^{\circ}C$ و $+40^{\circ}C$ برای آب و هوای بسیار سرد
- $-5^{\circ}C$ و $+50^{\circ}C$ برای آب و هوای بسیار گرم

٤-٥معیارها و ضوابط فنی

٤-٥-١ معیارها و ضوابط فنی تابلوهای فشارضعیف

٤-٥-١-١ کلیات

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

٤-٥-١-٢ فاصله هوایی، فاصله خزشی و فاصله عایقی

هـنگام نـصب دسـتگاه‌هـا درون تابلـو، فواصـل خزشی و فواصل هوایی یا ولتاژهای استقامت ضربه باید با در نظر گرفتن شرایط بهره‌برداری مربوطه و مقادیر از پیش تعیین شده معین گردند. مقادیر حداقل فواصل هوایی در ولتاژهای مختلف در جدول (۴-۵) آمده است. فواصل خزشی نیز مطابق استاندارد IEC 60439 انتخاب می‌گردد.

جدول ٤-٥- حداقل فاصله هوایی

ولتاژ استقامت ضربه (KV)	حداقل فاصله هوایی* (MM)							
	میدان غیر یکنواخت				میدان یکنواخت، شرایط ایده‌آل			
	درجه آلودگی				درجه آلودگی			
	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۲	۰/۸	۱/۶	۰/۰۱	۰/۲	۰/۸	۱/۶
۰/۵	۰/۰۴				۰/۰۴			
۰/۸	۰/۱							
۱/۵	۰/۵	۰/۵			۰/۳	۰/۳		
۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵		۰/۶	۰/۶		
۴	۳	۳	۳	۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	
۶	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۲	۲	۲	۲
۸	۸	۸	۸	۸	۳	۳	۳	۳
۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵

* مقدار حداقل فاصله هوایی مندرج در جدول بر مبنای ولتاژهای ضربه ۱/۲/۵۰ µs، برای فشار KPA ۸۰ که معادل فشار عادی جو در ارتفاع ۲۰۰ متر از سطح دریا است می‌باشد.

٤-٥-١-٣ ترمینال‌های هادی‌های خارجی

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

٤-٥-١-٤ درجه حفاظتی

بایستی درجه حفاظت تابلوهایی که داخل محوطه مسقف و راهروها نصب می‌گردد برابر با IP ۴۲ و تابلوهایی که در محوطه باز نصب می‌گردند برابر با IP ۵۴ در نظر گرفته شود.

٤-٥-١-٥ افزایش دما

محدوده افزایش دمای اجزای مختلف تابلو در جدول (۴-۶) آمده است.

جدول ٤-٦- محدوده افزایش دمای اجزای مختلف تابلو

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

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

٤-٥-١-٦ شینه‌ها

شینه‌های حامل جریان در تابلوها دارای یکی از آرایش‌های زیر هستند.

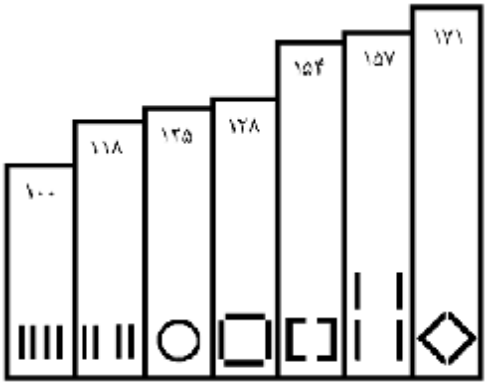
الف- تکی: آرایش تکی مربوط به زمانی است که هر فاز دارای یک هادی حامل جریان باشد.

ب- چندتایی: آرایش چندتایی مربوط به زمانی است که هر فاز دارای دو یا چند هادی حامل جریان باشد.

شینه‌ها معمولا از مس و یا از آلومینیوم ساخته می‌شوند و در مواقع خاص می‌توان از آلیاژ آلومینیوم که دارای خواص الکتریکی و مکانیکی خوبی است نیز استفاده نمود. شینه‌ها (لخت یا عایق‌بندی شده) باید به گونه‌ای مرتب شوند که در شرایط عادی بهره‌برداری دچار اتصال کوتاه نگردند. آنها همچنین باید مشخصات مربوط به استقامت مکانیکی در هنگام اتصال کوتاه را داشته باشند و به گونه‌ای طراحی شده باشند که حداقل بتوانند تنش‌های اتصال کوتاه را که بوسیله ادوات حفاظتی موجود در سمت تغذیه شینه‌ها محدود می‌شود، تحمل نمایند. سطح مقطع شینه خنثی و اتصال زمین نباید از نصف سطح مقطع شینه فاز کمتر باشد.

شکل سطح مقطع هادی نه تنها برروی استقامت پیچشی شینه موثر است بلکه روی ظرفیت باردهی شینه اثر گذار می‌باشد. به هنگام استفاده از شینه در جریان مستقیم، به علت عدم وجود اثر پوستی، عامل مهم در انتخاب شکل سطح مقطع شینه، فقط تحمل حرارتی شینه در آن جریان می‌باشد.

در جریان متناوب اثر پوستی عامل مهمی در افزایش مقاومت هادی می‌باشد. این اثر را می‌توان با انتخاب سطح مقطع مناسب کاهش داد. در جریان‌های پایین شینه تکی یا دوبل تخت با توجه به سهولت در نصب و فواصل مجاز کم، ترجیح داده می‌شود و در این حالت استفاده از شینه دوبل تلفات را پایین می‌آورد. در جریان‌های بالاتر از شینه‌های گرد (لوله‌ای) و ناودانی می‌توان استفاده نمود. در شکل (۴-۱) درصد باردهی شینه‌های مختلف که دارای سطح مقطع مجموع یکسان هستند با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ٤-١- درصد باردهی شینه‌های مختلف (با سطح مقطع‌های یکسان)

مشخصه‌های استاندارد مس و آلومینیوم مورد استفاده در شینه‌ها مطابق جدول (۴-۷) می‌باشد.

جدول ٤-۷- مشخصات هادی‌های مس و آلومینیوم

جنس	کد شناسایی	تنش کشش گسستن $R_m \left(N/mm^2\right)$	مدول الاستیسیته (مدول یانگ) $E\left(N/mm^2\right)$	کشش نهایی $\left(N/mm^2\right)$		حداقل رسانایی در ۲۰ °C $\left(m/\Omega.\ mm^2\right)$
				حداکثر	حداقل	
مس	E-CU F25	۲۵۰	۱۱×۱۰^۴	۲۹۰	۲۰۰	۵۶
	E-CU F30	۳۰۰	۱۱×۱۰^۴	۳۶۰	۲۵۰	۵۶
	E-CU F37	۳۷۰	۱۱×۱۰^۴	۴۰۰	۳۳۰	۵۶
آلومینیوم	E- AL F6.5/7	۶۵/۷۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۸۰	۲۵	۳۵/۴
	E-AL F8	۸۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۱۰۰	۵۰	۳۵/۲
	E-AL F10	۱۰۰	$۶/۵ \times ۱۰^۴$	۱۲۰	۷۰	۳۴/۸

در جـداول (۴-۸) تـا (۴-۱۳) ظـرفیت جریان پیوسته‌ای که هادی‌های مسی و آلومینیومی می‌توانند از خود عبور دهند با توجه به فرضیات زیر بدست آمده است.

- هوای محیط آرام و بدون حرکت باشد.
- قسمت‌های اکسید شده هادی‌های لخت، دارای ضریب تشعشع ۰/۴ برای مس و ۰/۳۵ برای آلومینیوم باشند.
- هادی‌های رنگ شده دارای ضریب تشعشع تقریبی ۰/۹ باشند.
- دمای محیط $۳۵\ ^\circ C$ و دمای هادی $۶۵\ ^\circ C$ باشد.

جداول مربوط به هادی‌های مسی مطابق استاندارد DIN 43671 و جداول هادی‌های آلومینیومی مطابق DIN 43670 می‌باشد.

در جـدول (۴-۸) مشخصات باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی آمده است. فاصله بین دو شینه که به طور عمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته‌اند برابر ضخامت شینه می‌باشد.

جدول ٤-٨- ظرفیت باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع مستطیلی

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

* وزن با توجه به چگالی $8/9\ kg/dm^3$ محاسبه شده است.

** مواد E-CU و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500 SHEET 3 می‌باشند و لبه شینه‌ها مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

مشخصات باردهی شینه‌های مسی لوله‌ای شکل در جدول (۴-۹) آمده است. در این جدول فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر با ۲/۵ برابر قطر خارجی لوله در نظر گرفته شده است.

جدول ٤-۹- ظرفیت باردهی شینه‌های مسی با سطح مقطع لوله‌ای شکل

جریان پیوسته شینه (A)		جنس ماده*	وزن** (kg/m)	سطح مقطع (mm^2)	ضخامت جداره (mm)	قطر خارجی (mm)
لخت	رنگ شده					
۳۲۹	۳۸۴	E-CU F37	۱/۰۱	۱۱۳	۲	
۳۹۲	۴۵۷	E-CU F37	۱/۴۳	۱۶۰	۳	
۴۳۸	۵۱۲	E-CU F30	۱/۷۹	۲۰۱	۴	۲۰
۴۷۵	۵۵۴	E-CU F30	۲/۱۰	۲۳۶	۵	
۵۰۶	۵۹۱	E-CU F25	۲/۳۵	۲۶۴	۶	
۵۰۸	۶۰۲	E-CU F37	۱/۶۸	۱۸۸	۲	
۶۱۱	۷۲۵	E-CU F37	۲/۴۴	۲۷۳	۳	
۶۹۳	۸۲۱	E-CU F30	۳/۱۴	۳۵۲	۴	۳۲
۷۶۰	۹۰۰	E-CU F30	۳/۷۸	۴۲۴	۵	
۸۲۱	۹۷۳	E-CU F25	۴/۳۷	۴۹۰	۶	
۶۲۴	۷۴۴	E-CU F37	۲/۱۳	۲۳۹	۲	
۷۵۳	۸۹۹	E-CU F37	۳/۱۱	۳۴۹	۳	
۸۵۷	۱۰۲۰	E-CU F30	۴/۰۴	۴۵۲	۴	۴۰
۹۴۴	۱۱۳۰	E-CU F30	۴/۹۰	۵۵۰	۵	
۱۰۲۰	۱۲۲۰	E-CU F25	۵/۷۲	۶۴۱	۶	
۹۲۸	۱۱۲۰	E-CU F37	۳/۹۵	۴۴۳	۳	
۱۰۶۰	۱۲۷۰	E-CU F30	۵/۱۶	۵۷۸	۴	
۱۱۷۰	۱۴۱۰	E-CU F30	۶/۳۱	۷۰۷	۵	۵۰
۱۲۷۰	۱۵۳۰	E-CU F25	۷/۴۰	۸۲۹	۶	
۱۴۲۰	۱۷۰۰	E-CU F25	۹/۴۲	۱۰۶۰	۸	
۱۱۵۰	۱۳۹۰	E-CU F30	۵/۰۴	۵۶۵	۳	
۱۳۲۰	۱۵۹۰	E-CU F30	۶/۶۱	۷۴۱	۴	
۱۴۶۰	۱۷۶۰۰	E-CU F30	۸/۱۳	۹۱۱	۵	۶۳
۱۵۹۰	۱۹۲۰	E-CU F25	۹/۵۸	۱۰۷۰	۶	
۱۷۸۰	۲۱۵۰	E-CU F25	۱۲/۳	۱۳۸۰	۸	
۱۴۴۰	۱۷۵۰	E-CU F30	۶/۴۷	۷۲۶	۳	
۱۶۵۰	۲۰۱۰	E-CU F30	۸/۵۲	۹۵۵	۴	
۱۸۲۰	۲۲۳۰	E-CU F30	۱۰/۵	۱۱۸۰	۵	۸۰
۱۹۹۰	۲۴۳۰	E-CU F25	۱۲/۴	۱۴۰۰	۶	
۲۲۴۰	۲۷۳۰	E-CU F25	۱۶/۱	۱۸۱۰	۸	

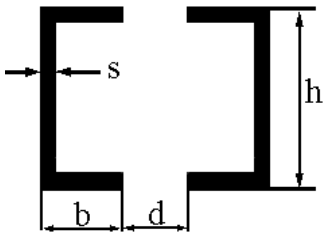
ادامه جدول ٤-٩-

جریان پیوسته شینه (A)		جنس ماده	وزن (kg/m)	سطح مقطع (mm^2)	ضخامت جداره (mm)	قطر خارجی (mm)
۱۷۷۰	۲۱۷۰	E-CU F30	۸/۱۵	۹۱۴	۳	
۲۰۳۰	۲۴۹۰	E-CU F30	۱۰/۸	۱۲۱۰	۴	
۲۲۵۰	۲۷۶۰	E-CU F30	۱۳/۳	۱۴۹۰	۵	۱۰۰
۲۴۶۰	۳۰۲۰	E-CU F25	۱۵/۸	۱۷۷۰	۶	
۳۳۳۰	۳۴۱۰	E-CU F25	۲۰/۶	۲۳۱۰	۸	

* محاسبات برای چگالی مس $8/9\ kg/dm^3$ انجام شده است.

** مواد E-CU یا سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500 SHEET 2 و لوله‌ها مطابق استاندارد DIN 1754 می‌باشند.

مشخصات باردهی شینه‌های مسی از پروفیل U شکل با جریان متناوب در جدول (۴-۱۰) آمده است.همچنین ابعاد پروفیل U شکل در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.



شکل ٤-٢- ابعاد پروفیل U شکل

جدول ٤-١٠- ظرفیت باردهی شینه‌های مسی U شکل

جریان پیوسته (A)				جنس ماده	وزن (kg/m)		سطح مقطع (mm^2)		ابعاد (mm)			
لخت		رنگ شده										
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	d	s	b	h
۲۱۰۰	۹۹۰	۲۲۵۰	۱۱۰۰	E-CU F30	۷/۹۸	۳/۹۹	۸۹۶	۴۴۸	۲۵	۴	۳۰	۶۰
۲۹۰۰	۱۶۵۰	۳۲۰۰	۱۸۰۰	E-CU F30	۱۵/۳	۷/۶۵	۱۷۲۰	۸۵۸	۲۵	۶	۷۳/۵	۸۰
۳۹۰۰	۲۳۰۰	۴۳۰۰	۲۵۰۰	E-CU F30	۲۲/۶	۱۱/۳	۲۵۴۰	۱۲۷۰	۲۵	۸	۳۷/۵	۱۰۰

در جدول (۴-۱۱) مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی آمده است. فاصله بین دو شینه که به طور عمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته‌اند برابر ضخامت شینه می‌باشد.

جدول ٤-١١- مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع مستطیلی

جریان پیوسته متناوب تا فرکانس ٦٠ هرتز (A)				جنس ماده*	وزن ** (kg/m)	سطح مقطع (mm^2)	پهنا × ضخامت (mm × mm)
آرایش تعداد هادی لخت		آرایش هادی رنگ شده					
۲٦۳	۱۳۹	۲۹۲	۱٦۰	**E-AL F10**	**۰/۱٦۰**	**۵۹/۵**	**۱۲ × ۵**
۴۴۰	۲۲۴	۴۹۰	۲۵۷	E-AL F10	۰/۳۲۲	۱۱۹/۵	۱۲ × ۱۰
۳۹۲	۲۱۴	۴۴۶	۲۵۴	E-AL F10	۰/۲۶۸	۹۹/۱	۲۰ × ۵
۶۴۳	۳۳۱	۷۳۰	۳۹۳	E-AL F10	۰/۵۳۸	۱۹۹	۲۰ × ۱۰
۵۲۶	۲۹۵	۶۰۶	۳۵۶	E-AL F10	۰/۴۰۳	۱۴۹	۳۰ × ۵
۸۳۲	۴۴۵	۹۵۶	۵۳۶	E-AL F10	۰/۸۰۸	۲۹۹	۳۰ × ۱۰
۶۵۸	۱۰۶	۷۶۲	۴۵۶	E-AL F10	۰/۵۳۸	۱۹۹	۴۰ × ۵
۱۰۳۰	۵۵۷	۱۱۸۰	۶۷۷	E-AL F10	۱/۰۸	۳۹۹	۴۰ × ۱۰
۷۸۶	۴۵۵	۹۱۶	۵۵۶	E-AL F10	۰/۶۷۳	۲۴۹	۵۰ × ۵
۱۲۱۰	۶۶۷	۱۴۰۰	۸۱۵	E-AL F10	۱/۳۵	۴۹۹	۵۰ × ۱۰
۹۱۰	۵۳۳	۱۰۷۰	۶۵۵	E-AL F10	۰/۸۰۸	۲۹۹	۶۰ × ۵
۱۳۹۰	۷۷۴	۱۶۱۰	۹۵۱	E-AL F10	۱/۶۲	۵۹۹	۶۰ × ۱۰
۱۱۵۰	۶۸۸						
		۱۳۶۰	۸۵۱	E-AL F10	۱/۰۸	۳۹۹	۸۰ × ۵
۱۷۲۰	۹۸۳	۲۰۰۰	۱۲۲۰	E-AL F10	۲/۱۶	۷۹۹	۸۰ × ۱۰
۱۳۹۰	۸۴۶	۱۶۵۰	۱۰۵۰	E-AL F6.5	۱/۳۵	۴۹۹	۱۰۰ × ۵
۲۰۵۰	۱۱۹۰	۲۳۹۰	۱۴۸۰	E-AL F6.5	۲/۷۰	۹۹۹	۱۰۰ × ۱۰
۲۵۰۰	۱۴۵۰	۲۹۱۰	۱۸۰۰	E-AL F6.5	۴/۰۴	۱۵۰۰	۱۰۰ × ۱۵
۲۳۶۰	۱۳۹۰	۲۷۵۰	۱۷۳۰	E-AL F6.5	۳/۲۴	۱۲۰۰	۱۲۰ × ۱۰
۲۸۵۰	۱۶۸۰	۳۳۲۰	۲۰۹۰	E-AL F6.5	۴/۸۶	۱۸۰۰	۱۲۰ × ۱۵

* وزن با توجه به چگالی $۲/۷\ kg/dm^3$ محاسبه شده است.

**مواد E-AL و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40501 SHEET 3 می‌باشند و لبه شینه‌ها مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

جـدول (۴-۱۲) شـینه‌هـای آلومینیومـی با سطح مقطع لوله‌ای شکل بوده و فاصله بین مراکز فازها بزرگتر یا برابر ۲/۵ برابر قطر خارجی لوله می‌باشد.

جدول ٤-۱۲- ظرفیت باردهی شینه‌های آلومینیومی با سطح مقطع لوله‌ای شکل

جریان پیوسته شینه (A)		جنس ماده*	وزن (kg)	سطح مقطع (mm^2)	ضخامت جداره (mm)	قطر خارجی (mm)
لخت	رنگ شده					
۲۵۷	۳۰۵	E-AL F10	۰/۳۰۵	۱۱۳	۲	۲۰
۳۰۵	۳۶۳	E-AL F10	۰/۴۳۳	۱۶۰	۳	
۳۴۲	۴۰۷	E-AL F10	۰/۵۴۴	۲۰۱	۴	
۳۷۰	۴۴۰	E-AL F10	۰/۶۳۶	۲۳۶	۵	
۳۹۲	۴۶۵	E-AL F10	۰/۷۱۳	۲۶۴	۶	
۳۹۵	۴۷۸	E-AL F10	۰/۵۰۹	۱۸۸	۲	۳۲
۴۷۶	۵۷۵	E-AL F10	۰/۷۳۹	۲۷۳	۳	
۵۳۹	۶۵۳	E-AL F10	۰/۹۵۰	۳۵۲	۴	
۵۹۲	۷۱۶	E-AL F10	۱/۱۵	۴۲۴	۵	
۶۳۶	۷۶۹	E-AL F10	۱/۳۲	۴۹۰	۶	
۴۸۵	۵۹۱	E-AL F10	۰/۶۴۵	۲۳۹	۲	۴۰
۵۹۵	۷۱۴	E-AL F10	۰/۹۴۲	۳۴۹	۳	
۶۶۷	۸۱۳	E-AL F10	۱/۲۲	۴۵۲	۴	
۷۴۳	۸۹۶	E-AL F10	۱/۴۸	۵۵۰	۵	
۷۹۲	۹۶۶	E-AL F10	۱/۷۳	۶۴۱	۶	
۷۲۰	۸۸۶	E-AL F10	۱/۲۰	۴۴۳	۳	۵۰
۸۲۲	۱۰۱۰	E-AL F10	۱/۵۶	۵۷۸	۴	
۹۰۹	۱۱۲۰	E-AL F10	۱/۹۱	۷۰۷	۵	
۹۸۳	۱۲۱۰	E-AL F10	۲/۲۴	۸۲۹	۶	
۱۱۱۰	۱۱۰۰	E-AL F7	۲/۸۵	۱۰۶۰	۸	
۱۲۱۰	۱۴۹۰	E-AL F7	۳/۳۹	۱۲۶۰	۱۰	
۸۹۲	۱۱۱۰	E-AL F10	۱/۵۳	۵۶۵	۳	۶۳
۱۰۲۰	۱۲۷۰	E-AL F10	۲/۰۰	۷۴۱	۴	
۱۱۳۰	۱۴۰۰	E-AL F10	۲/۴۶	۹۱۱	۵	
۱۲۳۰	۱۵۲۰	E-AL F10	۲/۰۰	۱۰۷۰	۶	
۱۳۹۰	۱۷۳۰	E-AL F7	۳/۷۳	۲۳۸۰	۸	

ادامه جدول ٤-۱۲-

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

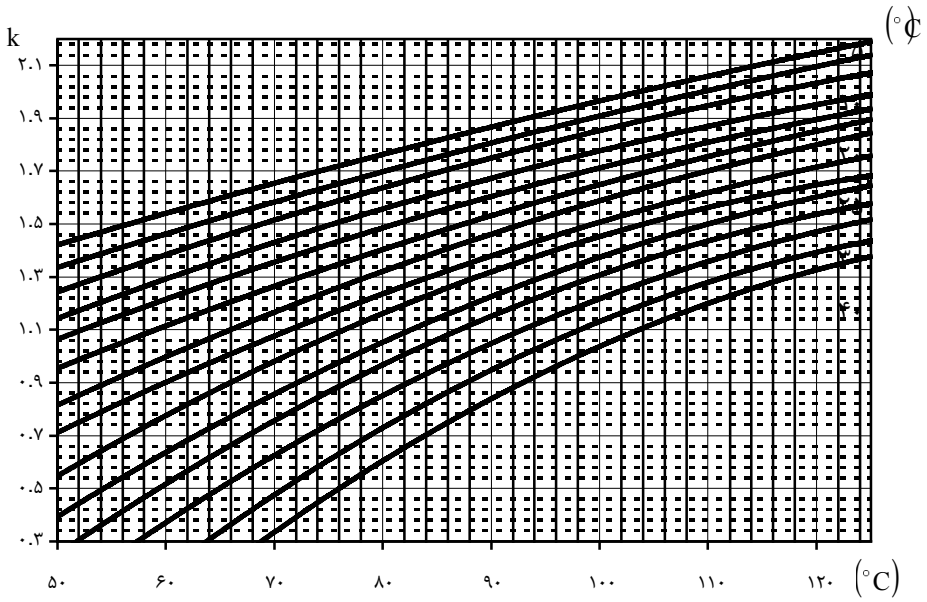
* مواد استفاده شده E-AL و یا سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40501,SHEET 3 می‌باشد.

مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی U شکل با جریان متناوب در جدول (۴-۱۳) آورده شده است. در این جدول آرایش هادی‌ها به صورت [ ] و فاصله بین خط مرکز دو فاز، بزرگتر یا مساوی 2H فرض شده است.

جدول ٤-۱۳- مشخصات باردهی شینه‌های آلومینیومی U شکل

جریان پیوسته شینه (A)				جنس ماده	وزن (kg/m)		سطح مقطع (mm^2)		ابعاد (mm)			
لخت		رنگ شده										
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	D	S	B	H
۱۳۷۰	۶۸۵	۱۸۰۰	۸۸۰	E-AL F6.5	۲/۴۴	۱/۲۲	۸۹۶	۴۴۸	۲۵	۴	۳۰	۶۰
۲۰۰۰	۱۱۴۰	۲۵۴۰	۱۴۶۰	E-AL F8	۴/۶۴	۲/۳۲	۱۲۷۰	۸۵۸	۲۵	۶	۳۷/۵	۸۰
۲۷۰۰	۱۵۵۰	۳۴۵۰	۲۰۰۰	E-AL F8	۶/۹۴	۳/۴۷	۲۵۴۰	۱۲۷۰	۲۵	۸	۳۷/۵	۱۰۰

اگـر دمـای محـیط و شینه با مقادیر در نظر گرفته شده متفاوت باشد (دمای هوای غیر از $35^\circ C$ و دمای هادی غیر از $65^\circ C$) ضریب تصحیح K مطابق شکل (۴-۳) بدست می‌آید.



شکل ٤-۳- ضریب تصحیح K برحسب دمای شینه (θ_s) و دمای متوسط هوا در ۲٤ ساعت (θ_a)

انتخاب سطح مقطع شینه، باید با توجه به حداکثر دمای عملکرد مجاز تجهیزات و اتصالات و مواد عایقی مربوطه انجام گیرد. پس از تعیین K جریان دایمی شینه در دمای مربوطه از رابطه (۴-۱) به دست خواهد آمد.

$$I_{\text{دایمی}} = I_{\text{جدول}} \times K \qquad (۱-۴)$$

٤-٥-١-٧ دسترسی

تجهیـزات بایـد به گونه‌ای جانمایی گردند که جهت نصب، سیم‌کشی، نگهداری و تعویض در دسترس باشند. به خصوص توصیه می‌شود که ترمینال‌های تابلوهای نصب شده روی سطح زمین حداقل در ارتفاع ۰/۲ متر از کف قرار گیرند. این تابلوها باید به گونه‌ای نصب شوند که بتوان کابل‌ها را به سادگی به آنها متصل کرد.

به طور کلی در مورد تابلوهای نصب شده برروی سطح زمین، تجهیزات نشان دهنده که نیاز به قرایت توسط بهره‌بردار دارند، نباید در ارتفاع بیش از ۲ متر از کف تابلو نصب گردند.

٤-٥-١-٨ حفاظها

حفاظ کلیدهای دستی باید به گونه‌ای طراحی گردد که قوس الکتریکی کلیدزنی برای بهره‌بردار خطری ایجاد ننماید.

٤-٥-١-٩ شرایط موجود در محل نصب کلید

تجهیزات کلیدزنی تابلوها بایستی برمبنای شرایط بهره‌برداری عادی معین شده برای تابلو طبق بند ۴-۴-۱ انتخاب گردند.

٤-٥-١-١٠ خنک کنندگی

در تابلـوها دو نـوع خنک کنندگی طبیعی یا اجباری با توجه به شرایط محیط به منظور فراهم نمودن شرایط کاری استاندارد برای تجهیزات تابلو تعبیه می‌گردد.

٤-٥-١-١١ سیم‌کشی و اتصالات درون تابلو

– ولتاژ عایقی هادی‌های با روکش عایقی باید متناسب با ولتاژ عایقی نامی مداری که در آن قرار می‌گیرند باشد.

– کابل متصل بین دو ترمینال نباید دارای مفصل یا اتصالات لحیمی باشد.

– هادی‌های عایق‌دار نباید روی هادی‌های لخت با پتانسیل یا روی لبه‌های تیز قرار گیرند و باید به طور مناسب محافظت گردند.

– هادی‌های تغذیه کننده دستگاه‌ها و لوازم اندازه‌گیری روی پوشش‌ها یا درها باید به گونه‌ای نصب گردند که در اثر حرکت این پوشش‌ها یا درها، دچار آسیب مکانیکی نگردند.

– اتصال لحیمی به دستگاه‌ها در تابلوها هنگامی مجاز است که تمهیدات لازم برای این نوع اتصال روی دستگاه در نظر گرفته شده باشد.

– به طور کلی به هر ترمینال باید تنها یک هادی متصل گردد. اتصال دو یا چند هادی به یک ترمینال تنها هنگامی مجاز است که ترمینال‌ها برای این منظور طراحی شده باشند.

٤-٥-١-١٢ اسکلت و پوشش

اسکلت نگهدارنده تابلوها باید از آهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری و پوشش آنها باید از ورقه‌های فلزی با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر یا بیشتر ساخته شود. ساختمان این تابلوها باید به صورتی باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین دلیل باید پوشش‌های جانبی بوسیله پیچ و مهره‌های کرومه به اسکلت اصلی متصل گردد.

در تابلوهای قابل دسترسی از جلو، باید با بازکردن درب محافظ جلوی تابلو یا برداشتن صفحه محافظ جلوی 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 باز کردن در پشت تابلو حاصل شود.

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

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

قطع و وصل کنتاکتور مدار اصلی روشنایی معابر باید توسط یک فتوسل صورت گیرد. این فتوسل باید در محل مناسبی روی دیوار و با محافظ توری روی آن پست نصب شود. پس از باز شدن درهای تابلو باید انجام آچارکشی و هرگونه عملیات اجرایی به راحتی امکان‌پذیر باشد.

قفل مناسب جهت درهای جلوی تابلو باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که توسط ابزار معمولی و افراد عادی قابل باز شدن نباشد. ضمن آن که باید محلی برای یک قفل آویز روی در تابلو در نظر گرفته شود. جهت حمل و نقل تابلو باید قلاب مناسبی منظور گردد. کلیه پوشش‌های خارجی تابلو باید از جنس فلز بوده و در مقابل ضربات معمولی و جرقه مقاوم باشند. به جز خروجی‌های هواکش و محل‌های تهویه، پوشش‌ها نبایستی از شبکه سیمی بافته شده ساخته شده باشند.

٤-٥-١-١٣ حفاظت در برابر زنگ‌زدگی

تمام خانه‌ها و سطوح تابلو باید برای جلوگیری از فساد تدریجی رنگ‌آمیزی شود. بدین منظور فرآیند زیر در مورد تابلوها باید انجام گیرد.

الف- زیرسازی مشتمل بر زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و کشیدن یک لایه آستری

ب- رنگ‌کاری که بایستی در شرایط آب و هوایی خنک حداقل دو لایه پوشش و در شرایط مرطوب سه لایه پوشش رنگ مناسب زده شود.

برای انتخاب رنگ مناسب در شرایط جغرافیایی معین با توجه به دوام مورد نیاز می‌توان از جدول (۴-۱۴) استفاده نمود.

جدول ٤-١٤- نحوه انتخاب نوع رنگ تابلوها

مدت زمان دوام رنگ	نوع رنگ	ضخامت رنگ (µm)
بیش از ۲۰ سال	رنگ آلومینیوم و روی-اکلیدی- اپوکسی	۱۰۰-۲۰۰
بین ۱۰ تا ۲۰ سال	رنگ اپوکسی کولتار-اپوکسی دو جزیی	۸۵-۱۵۰
بین ۵ تا ۱۰ سال	رنگ روی و آلومینیوم، یک جزیی و دو جزیی ضد مواد شیمیایی	۵۰-۱۰۰
کمتر از ۵ سال	رنگ اپوکسی دو جزیی و یک جزیی	۴۰-۸۰

ضخامت کم برای محیطهایی با سطح آلودگی پایین و ضخامت بالا برای محیطهایی که در مجاورت مواد خورنده شیمیایی هستند و همچنین شرایط مرطوب در نظر گرفته می‌شود. رنگ تابلو نبایستی براق انتخاب شود.

٤-٥-١-١٤ ابعاد تابلو

حداکثر ابعاد تابلوهای فشارضعیف ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل دسترسی از پشت و تابلوهای توزیع نیرو و روشنایی در جدول (۴-۱۵) آمده است.

جدول ٤-١٥- حداکثر ابعاد تابلوها

نوع تابلو	ارتفاع (cm)	عرض (cm)	عمق (cm)
تابلو قابل دسترسی از جلو	۲۲۰	۹۰	۶۰
تابلو قابل دسترسی از پشت	۲۲۰	۹۰	۸۰
تابلو توزیع نیرو و روشنایی (نصب شده در محوطه باز)	۱۲۰	برحسب نیاز	۴۰

٤-٥-٢ معیارها و ضوابط فنی تابلوهای فشار متوسط

٤-٥-٢-١ فواصل خزشی، فواصل هوایی و فواصل عایقی

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

شـرایـط غیـرعادی مانـند اتـصال کـوتاه نباید باعث کاهش دایمی فاصله هوایی یا کاهش استقامت دی‌الکتریکی بین شینه‌ها یا اتصالات سایر کابل‌ها، تا زیر مقادیر مشخص شده آنها در حالت عادی شود.

در مورد اجزای خارج شونده این فواصل باید با لحاظ نمودن تغییر اندازه‌ها بر اثر پوشش‌های محافظ هر یک از اجزا در نظر گرفته شود.

٤-٥-٢-٢ ترمینال هادی‌های خروجی

در صـورتی کـه ایـن تـرمینال‌هـا بـرای اتـصال هریک از هادی‌های مسی، آلومینیومی یا هر دو مناسب باشد باید توسط سازنده مشخص گردد.

تـرمینال‌هـا بایـد طوری ساخته شوند که اتصال برقرار شده مطابق با دامنه جریان و ایستادگی اتصال کوتاه اجزای موجود در مدار توسط پیچ و مهره یا سایر اتصال دهنده‌ها برقرار بماند.

در صـورت عدم توافق خاص بین سازنده و خریدار ترمینال‌ها باید قادر به تطبیق با هادی‌ها و کابل‌های مسی از کوچکترین سطح مقطـع تـا بزرگتـرین آن برحـسب جـریان نامـی مـربوطه باشند. در صورت اتصال هادی آلومینیومی به هادی بعدی که سطح مقطع بزرگتری داشته باشد باید بین سازنده و خریدار توافق لازم صورت گیرد.

در برخـی از شرایـط خاص کاری که ممکن است جریان عبوری از سیم نول مقدار بالایی داشته باشد، باید با توافق بین سازنده و خریدار از سیم نولی استفاده شود که ظرفیت عبور جریان آن مشابه با سیم فاز باشد.

در هـادی‌های غیرمسی، سطح مقطع سیم باید به‌گونه ای انتخاب شود که هدایت الکتریکی آن معادل با سیم مسی باشد. در این حالت ممکن است به ترمینال‌های بزرگتری نیاز باشد.

اتـصال دهنده‌هایی که برای سیم نول ورودی و خروجی، هادی‌های محافظ و PEN (هادی محافظ نوترال) در نظر گرفته شده‌اند باید در مجاورت مجموعه ترمینال‌های هادی‌های فاز قرار گیرند.

٤-٥-٢-٣ حفاظت و پایداری در برابر اتصال کوتاه

تابلـو باید طوری طراحی و ساخته شود که در مقابل فشارهای دینامیکی و گرمایی ناشی از جریان‌های اتصال کوتاه تا مقدار نامی پایداری داشته باشد.

فـشارهای ناشی از اتصال کوتاه را می‌توان با استفاده از وسایل محدود کننده جریان (اندوکتانس‌ها، فیوزهای محدود کننده جریان و یـا کلیدهای محدود کننده جریان) کاهش داد. تابلو باید بوسیله ابزاری از قبیل کلیدهای قدرت، فیوزها یا مجموعه‌ای از کلید و فیوز که ممکن است هر دو در داخل یا خارج از تابلو نصب گردند در مقابل جریان‌های اتصال کوتاه محافظت شود.

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

٤-٥-٢-٤ زمین کردن تابلوی قدرت و فرمان

قـاب هر تجهیز کلیدزنی باید دارای یک ترمینال زمین باشد که از طریق یک اتصال پیچی یا بست به یک هادی زمین که برای شـرایط معـین خطا طراحی گردیده است متصل شود. قطر پیچ بست باید حداقل برابر با ۱۲ میلیمتر باشد. نقطه اتصال باید با علامت "زمین حفاظتی" توسط نشانه شماره 417-IEC-5019 استاندارد IEC 60417 باشد، مشخص گردد.

٤-٥-٢-٥ تجهیزات اینترلاک

اینتـرلاک بـین قسمت‌های مختلف تجهیزات به دلیل نیاز به ایمنی و سهولت در بهره‌برداری (برای مثال یک کلید قدرت و کلید زمـین مـرتبط بـا آن) مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرد. اینترلاک، سیستمی متشکل از اجزای مختلف از قبیل اجزای مکانیکی، کابل‌ها، اتصالات و سیم‌پیچ‌ها می‌باشد. هر جزء باید به عنوان یک قسمت از تجهیزات کنترلی و کمکی مورد بررسی قرار گیرد.

ایجاد اینترلاک‌ها به شرح زیر در مورد تابلوها الزامی است.

– قسمت خارج شونده تنها در صورتی باید از وضعیت قطع به وضعیت کار برود که سوکت اتصالات فشار ضعیف به پریز آن متصل شده باشد.

– کلید قدرت باید هنگامی قادر به عمل باشد که قسمت خارج شونده به طور صحیحی در وضعیت آزمون یا کار قرار گرفته باشد.

– قسمت خارج شونده تنها در صورتی که کلید قدرت قطع باشد و وضعیت OFF را نمایش دهد باید امکان تغییر وضعیت از آزمون به سرویس و یا کار را داشته باشد.

– هنگامی که قسمت خارج شونده در وضعیت کار باشد، باید سوکت اتصالات فشار ضعیف امکان خارج شدن را داشته باشند.

– قسمت خارج شونده در حالتی که کلید زمین بسته است نباید امکان رفتن از وضعیت آزمون به وضعیت کار را داشته باشد.

– کلید زمین فقط هنگامی که قسمت خارج شونده به طور صحیحی در وضعیت قطع قرار دارد، باید امکان خارج شدن را داشته باشد.

– اینترلاک‌های الکتریکی و یا الکتریکی–مکانیکی باید بنا بر ضرورت برای کلیدهای قدرت و کلیدهای زمین ایجاد شده باشند.

– در صورتی که کلید قدرت توسط اهرم دستی اضطراری مورد استفاده قرار گیرد، نباید امکان تغییر وضعیت فنر به صورت الکتریکی وجود داشته باشد.

– کلید اینترلاک برای فیدرهای خازنی باید بین کلید زمین و قفل درب قرار گیرد.

به طور کلی اقدامات زیر برای مدارات اصلی لازم‌الاجرا می‌باشد.

الف– تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی دارای قطعات جدا شدنی

خارج کردن و یا درگیر نمودن یک کلید، کلید قدرت یا کنتاکتور نباید امکان‌پذیر باشد مگر اینکه وسیله کلیدزنی در حالت باز باشد. به جز وضعیت کار (اتصال)، در وضعیت های قطع و یا جدا شده، آزمایش و یا زمین شده، کلید قدرت، کلید یا کنتاکتور نباید قادر به کار باشد. جز در مواقعی که وسیله کلیدزنی به مدارات کمکی متصل است، بستن کلید قدرت و یا کنتاکتور بایستی غیر ممکن باشد.

ب– تابلوهای قدرت و فرمان با پوشش فلزی بدون وجود قطعات جدا شدنی و دارای کلید جدا کننده

اینترلاک‌ها برای جلوگیری از کار کردن کلیدهای جدا کننده تحت هر شرایطی به جز موارد ذکر شده در بند ۳ از استاندارد IEC 60129 به کار می‌روند. به جز در حالت باز بودن کنتاکتور، کلید و یا کلید قدرت، عملکرد کلید جدا کننده (باز و بسته شدن) نباید ممکن باشد.

٤-٥-٢-٦ نشان دهنده وضعیت

چنانچه کنتاکت‌های کلید قابل رویت نباشند، باید یک نشان دهنده واضح و قابل اعتماد از وضعیت کنتاکت‌های مدار اصلی فراهم گردد. رنگ‌های نشان دهنده وضعیت در حالت باز، بسته یا زمین شده باید مطابق استاندارد IEC 60073 باشد. وضعیت بسته باید حتی‌الامکان با علامت I (مطابق علامت شماره 417-IEC-5007-A از استاندارد IEC 60417) و وضعیت باز حتی‌الامکان با علامت O (مطابق علامت شماره 417-IEC-5008-A از استاندارد IEC 60417) نشان داده شود. در مورد نشان دهنده چند منظوره، وضعیت‌ها باید با علایم گرافیکی مندرج در استاندارد IEC 60617 مشخص گردند.

٤-٥-٢-٧ درجه حفاظتی محفظه

درجه حفاظتی محفظه‌ها باید مطابق با استاندارد IEC 60529 باشد.

٤-٥-٢-٨ فاصله خزشی

حداقل فاصله خزشی اسمی برای عایق‌های سرامیکی یا شیشه‌ای خارجی که بین فاز و زمین، بین فازها و بین ترمینال‌های یک پل کلید قدرت قرار می‌گیرند توسط رابطه (۴-۲) تعیین می‌گردد.

$$L_t = a \times L_f \times U_r \times K_D \qquad (۴-۲)$$

که در رابطه بالا:

L_t: حداقل فاصله خزشی اسمی [mm]

a: ضریب کاربرد که با توجه به نوع عایق مطابق جدول (۴-۱۶) انتخاب می‌گردد

L_f: حداقل فاصله خزشی اسمی مخصوص که بر طبق بخش II استاندارد IEC 60815 تعیین می‌گردد [mm/kV]

U_r: ولتاژ نامی تابلوی قدرت و فرمان [kV]

k_D: ضریب تصحیح ناشی از قطر (رجوع شود به بند 5.3 از استاندارد IEC 60815)

برای فاصله خزشی واقعی، یک دامنه تغییرات ناشی از فرآیند ساخت قابل قبول است (رجوع شود به استانداردهای IEC 60273 و IEC 60233).

جدول ٤-١٦- ضریب کاربرد A برای فاصله خزشی

کاربرد عایق	ضریب عملی
بین فاز و زمین	۱
بین فازها	$\sqrt{۳}$
در طول کنتاکت‌های باز یک کلید قدرت یا کلید معمولی	۱

٤-٥-٢-٩ قابلیت اشتعال

مواد و قسمت‌های مختلف تابلو باید به گونه‌ای طراحی گردند که گسترش آتش ناشی از افزایش حرارت ناگهانی در تابلوی قدرت و فرمان کند باشد.

٤-٥-٢-١٠ اجزای ثابت

– اسکلت تابلو باید از پروفیل‌های آهنی که قادر به تحمل تنش‌های مکانیکی بوده و بوسیله پیچ و مهره به هم متصل هستند تشکیل شود. پوشش تابلو باید از ورقه‌های فلزی که توسط پیچ و مهره به اسکلت متصلند باشد و به منظور کاهش فشار رو به بالای قوس و خطای داخلی، در خانه‌های فشار متوسط باید دریچه‌های ضد انفجار نصب شود.

– برای شینه‌ها،کلیدهای قدرت، سرکابل‌ها و تجهیزات فشار متوسط باید خانه‌های جدا درنظر گرفته شود، تمام سطوح خارجی باید زمین شده و قادر به تحمل فشار مکانیکی و حرارتی ناشی از قوس داخلی باشند.

– دریچه‌های حفاظتی فلزی که به صورت اتوماتیک عمل می‌کنند باید در جداره بین شینه‌ها، کلید قدرت و خانه‌های ترمینال کابل نصب شوند. این دریچه‌ها از تماس اتفاقی بهره‌بردار با قسمت‌های برق‌دار در هنگامی که کلید قدرت در وضعیت خارج شده قرار دارد جلوگیری می‌کنند.

– قسمت اتصال کابل‌ها باید فضای کافی متناسب با هادی‌ها، سرکابل‌ها و سپرها (شیلدها) داشته باشد.

– بعد از نصب کامل، کف سلول باید با صفحه مناسبی که به شکل قسمتی از سلول می‌باشد پوشانده شود. اگر پوشش کف به صورت دیگری مثل جوش دادن در نظر گرفته شود موضوع باید با توافق طرفین باشد.

– کلیدهای زمین که به صورت دستی عمل می‌کنند و دارای سیستم اینترلاک مناسب هستند، باید در قسمت کابل‌ها نصب شوند.

– سیم‌کشی فشار ضعیف در داخل خانه‌های فشار قوی باید تا حد امکان محدود شود و این سیم‌ها باید از میان پوشش‌هایی که امکان جرقه را تا حد امکان محدود می‌سازند عبور کنند.

– خانه‌های فشار ضعیف باید کاملاً با فلز پوشانده شود و به درب قابل دسترسی از جلو که برای نصب نمایشگر، وسایل کنترلی و اندازه‌گیری مناسب باشد مجهز شود.

– تمام سیم‌کشی‌های فشار ضعیف باید آزادانه به ترمینال‌های داخل خانه‌های فشار ضعیف منتهی گردد و سیم‌کشی‌هایی که روی در تابلو انجام می‌شود باید از داخل لوله قابل انعطاف صورت گیرد تا از وارد شدن فشار در هنگام باز و بسته کردن در جلوگیری شود.

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

– در اجزای ثابت، اتصالات و مدارات اصلی تنها زمانی می‌توانند راه‌اندازی یا قطع گردند که تابلو بدون برق باشد. به طور کلی نصب یا جداسازی اجزای ثابت نیاز به ابزار خاص دارد.

٤-٥-٢-١١ محفظه ها

محفظـه‌هـای خارجـی تابلو باید از جنس فلز بوده و طوری ساخته شوند که به هنگام نصب، حفاظت لازم را طبق شرایـط زیر بر آورده سازند.

– لازم است که بالاترین درجه حفاظت ممکن برای پرسنل در نظر گرفته شود تا در صورت وقوع اتصال کوتاه و ایجاد قوس الکتریکی در داخل محفظه، ایمنی لازم وجود داشته باشد.

– در صورتی که تابلو تحت ضربه‌های مکانیکی و اثرات مشابه آن است باید توافق ویژه‌ای بین سازنده و خریدار بوجود آید.

٤-٥-٢-١٢ پوشش ها

پوشـش‌هـای فلـزی بایـد درجات حفاظتی تعیین شده برای تابلو را تامین نمایند. به جز خروجی‌های هواکش و محل‌های تهویه، پوشش‌ها نباید از شبکه سیمی بافته شده ساخته شوند. با توجه به قابلیت دسترسی به خانه‌های فشار قوی دو گروه از پوشش‌ها به کار می‌رود.

الف– پوشش‌های ثابت

ایـن پوشـش‌هـا کـه نیازی به باز کردن برای اهداف بهره‌برداری و نگهداری ندارند نباید بدون استفاده از ابزار قابل باز شدن و یا جابجا کردن باشند.

ب – پوشش‌های متحرک و درها

این پوشش‌ها که لازم است برای نگهداری و بهره برداری بازشوند در تابلوهای قدرت و فرمان فلزی باید فقط وقتی باز شوند که مـدار اصـلی در آن خانه بی‌برق باشد. بعد از باز شدن این پوشش‌ها برای سایر خانه‌هایی که در معرض هادی‌های برق‌دار هستند باید توسط جداره‌های مناسب، درجه حفاظتی لازم فراهم گردد.

باز کردن و یا برداشتن این پوشش‌ها نیاز به ابزار ندارد. این پوشش‌ها باید دارای قفل بوده و یا اینکه توسط یک اینترلاک مناسب امنیت بهره‌بردار را تامین نمایند.

درجـه حفاظت تابلوی تمام بسته بعد از نصب به روش کارخانه باید حداقل IP۲X باشد. برای تابلوهای قابل نصب در فضای آزاد که هیچ ساختار حفاظتی ندارند دومین رقم مشخصه حفاظتی باید حداقل ۳ باشد.

اگر درجات حفاظت بخش‌های مختلف تابلو متفاوت باشد به عنوان مثال صفحه قابل دسترسی برای بهره‌بردار حفاظت جداگانه‌ای داشته باشد سازنده باید درجه حفاظتی آن بخش را به طور جداگانه قید نماید.

٤-٥-٢-١٣ محل‌های تهویه و خروجی های هواکش

محـل‌هـای تهویه و خروجی‌های هواکش بایستی به نحوی محافظت شوند که یک سیم مستقیم با هر قطری نتواند به محلی در تابلو برسد که سطح عایقی مدار اصلی را به کمتر از مقدار نامی آن کاهش دهد. این محل‌ها ممکن است دارای شبکه‌های سیمی و یا مـشابه آن بـا مقاومـت مکانیکی مناسب باشد. این محل‌ها باید دارای حالتی باشند که آسیب ناشی از خروج گاز و یا بخار تحت فشار بیرون آمده از این محلها را برای بهره‌بردار به حداقل برسانند.

٤-٥-٢-١٤ گرمکن‌ها، روشنایی و دریچه ضد انفجار

خانـه‌های جداگانه تابلوهایی که در مناطق مرطوب نصب می‌شوند باید مجهز به گرمکن برقی ضد تقطیر باشند و در صورت لزوم جـدار داخلـی آنهـا با پوشش ضد میعان اندود شده باشد. با توجه به محل قرار گرفتن تابلو دمای تنظیم ترموستات این گرمکن‌ها باید بین ۲۵ تا ۳۰ درجه باشد.

سـلول تابلـوهای فـشار متوسـط بایـد دارای لامپ نئون مشخص کننده ولتاژ، چراغ روشنایی برای تعمیر و بازرسی تابلو در حالت بی‌برقی و دریچه‌های انفجاری فوقانی برای تخلیه فشار و محدود کردن صدمات ناشی از انفجار احتمالی تجهیزات داخل تابلو باشد.

٤-٥-٢-١٥ حفاظت در برابر زنگ‌زدگی

رجوع شود به بند (۴-۵-۱-۱۳).

٤-٥-٢-١٦ شینه‌ها و اتصالات

شـینه‌هـای هـر فـاز در هر سلول بایستی روی مقره‌های اتکایی از صمغ مصنوعی یا چینی متناسب با ولتاژ تابلو نصب گردد و در صورت لزوم برای عبور شینه در بین سلول‌ها از مقره‌های عبوری استفاده شود.

سـازنده بایـد مسئولیت نصب و انتخاب شینه‌ها که نیازهای مورد نظر را بدون خطا و در هر شرایـطی برآورده کند، به عهده گیرد. نیـروی وارده بـه پایـه حمل کننده روی عایق نباید از ۵۰ درصد نیروی قابل تحمل نامی آن بیشتر باشد. نیروی ناشی از اتصال کوتاه

نیـز نـباید از ۷۵ درصـد نیروی قابل تحمل نامی پایه حمل کننده بیشتر باشد. حداقل ظرفیت الکتریکی شینه‌ها نباید از شدت جریان اسمی کلید اصلی تابلو کمتر باشد.

در مـواردی کـه بـرای شـینه کـشی از شـمش‌های گرد استفاده می‌گردد کلیه اتصالات باید از انواع مخصوص شمش گرد باشد. حتی‌الامکان باید از شینه‌های مسی لخت استفاده شود. در صورت درخواست خریدار شینه‌های آلومینیومی قابل نصب می‌باشد.

شـینه‌هـای اتـصال زمـین باید در طول تابلو امتداد یافته و به قسمت‌های فلزی بدنه تابلو متصل شوند. شینه نول باید روی مقره اتکایـی کـه از جـنس صـمغ یا چینی مناسب می‌باشد نصب و از بدنه تابلو عایق گردد. در انتهای هر شینه باید زمین ترمینال مناسب بـرای اتصال این شینه به سیستم زمین نصب گردد. هر مجموعه تابلو باید دارای شینه‌ها و اتصالات مناسب با توجه به جریان عبوری باشـد و آزمـون‌هـای جریان کوتاه مدت و آزمون افزایش دما را (با دمای محیط حداکثر ۴۰ درجه سانتیگراد و دمای متوسط ۳۵ درجه سانتیگراد) با موفقیت بگذارند.

تمـام شـینه‌هـا بایـد به خوبی از بدنه تابلو عایق شده و روی مقره ها محکم شوند به طوری که فشار حرارتی و مکانیکی ناشی از جـریان اتـصال کـوتاه اسـمی کلـید (متقارن و غیر متقارن) را تحمل کنند. همچنین شینه‌ها باید به گونه‌ای طرح گردند که انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دما را تحمل کنند.

تمـام اتـصالات شینه‌ها باید با پیچ، مهره و واشری که با جنس شینه متناسب است محکم گردد (بهتر است از جنس مس یا برنز باشند تا حداکثر هدایت الکتریکی بوجود آمده و از گرم شدن آنها جلوگیری شود).

بـرای هـر اتـصال بایـد حـداقل از ۴ پـیچ ۱۲ میلیمتـری استفاده شود. فازهای مختلف شینه‌ها باید به رنگ‌های قرمز، زرد و آبی رنگ‌آمیزی شود. اتصال کابل‌ها به شینه‌ها، کلیدها، فیوزها و ... باید بوسیله کابلشو صورت گیرد.

نقطـه اتـصال شـینه‌هـا بـه یکدیگر و کلیدها به شینه ها، باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره پوشانده شود. ظرفیت باردهی شینه‌ها نیز با توجه به جداول (۴-۷) الی (۴-۱۳) انتخاب می‌گردد.

٤-٥-٢-١٧ سیم کشی

برای سیم‌کشی مدارهای کنترل و ثانویه ترانسفورماتورهای ولتاژ نباید از سیم‌های با نمره کمتر از ۲/۵ میلیمتر مربع استفاده شود. همچنـین ایـن سـیم‌هـا بایـد تحمـل ولتاژ ۶۰۰ ولت را داشته و عایق آنها از نوع پلی‌اتیلن باشد. برای سیم‌کشی ثانویه ترانسفورماتور جـریان نیـز، نـباید از سـیم بـا سـطح مقطع کمتر از ۴ میلیمتر مربع استفاده کرد. همچنین عایق این سیم‌ها باید از جنس پلی‌اتیلن با تحمل ولتاژی ۶۰۰ ولت باشد.

٤-٥-٢-١٨ روشنایی

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

٤-٥-٢-١٩ ابعاد تابلو

حداکثر ابعاد تابلوهای فشارقوی تمام بسته قابل دسترسی از جلو به شرح مندرج در جدول (۴-۱۷) است.

جدول ٤-۱۷- ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته

ابعاد	تابلوهای ۲۰ کیلوولت	تابلوهای ۳۳ کیلوولت
حداکثر ارتفاع (cm)	۲۲۰	۲۲۵
حداکثر عرض (cm)	۱۴۰	۱۶۰
حداکثر عمق (cm)	۱۴۰	۱۶۰

حداکثر ابعاد تابلوهای فشارقوی تمام بسته کشویی نیز به شرح مندرج در جدول (۴-۱۸) است.

جدول ٤-۱۸- ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام بسته کشویی

ابعاد	تابلوهای ۲۰ کیلوولت	تابلوهای ۳۳ کیلوولت
حداکثر ارتفاع (cm)	۲۲۵	۲۲۵
حداکثر عرض (cm)	۱۱۰	۱۳۰
حداکثر عمق (cm)	به اندازه مورد نیاز	به اندازه مورد نیاز

٤-٦ پلاک مشخصات

پلاک مشخصات باید برای تمام تجهیزات، موتورها، سلول‌های کنترل و لوازم به کار رفته در آنها تهیه گردد. پلاک تابلوها و تجهیزات باید از مواد با دوام تهیه شده و به گونه‌ای باشد که نور را منعکس نکنند تا چشم خیره شود.

پلاک‌های نصب شده باید دارای زمینه سیاه رنگ و حروف سفیدرنگ باشند. پلاک‌ها باید به طور واضح و مختصر اطلاعات فنی را ارایه کنند.

نوشتن اطلاعات به شرح زیر بر روی پلاک تابلوها الزامی است.

- نام سازنده و یا علامت و آرم مشخصه آن
- شماره سریال یا نوع علامت طراحی که توسط آن تمام اطلاعات لازم را بتوان از سازنده دریافت نمود.
- ولتاژ نامی
- جریان‌های نامی برای شینه‌ها و مدارها
- فرکانس نامی
- سال ساخت

٤-۷مدارک فنی

هنگام درخواست یا سفارش یک تابلوی قدرت یا فرمان، اطلاعات جدول (۴-۱۹) باید توسط خریدار ارایه شود.

جدول ٤-۱۹- مشخصات فنی تابلوها (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی	
۱-۱	تعداد فاز (تک‌فاز/سه‌فاز)	
۱-۲	فرکانس اسمی (Hz)	
۱-۳	ولتاژ اسمی (KV-موثر)	
۱-۴	حداکثر ولتاژ سیستم (KV-موثر)	
۱-۵	سیستم زمین	
۲	شرایط محیطی	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا (m)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۲-۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت (°C)	
۲-۴	حداقل دما (°C)	
۲-۵	رطوبت نسبی (مطابق استاندارد IEC 60694) (درصد)	
۲-۶	بار زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	
۳	اطلاعات مربوط به نصب تابلو و اجزای آن	
۳-۱	نحوه نصب (فضای آزاد/فضای بسته)	
۳-۲	مقدار اسمی سطح عایقی در سطح دریا و شرایط اتمسفری	
۳-۲-۱	تحمل ولتاژ ضربه صاعقه (KV-پیک)	
۳-۲-۲	تحمل ولتاژ یک دقیقه‌ای فرکانس قدرت (KV-موثر)	
۳-۳	مقادیر اسمی جریان‌ها (در شرایط استاندارد/در شرایط پست)	
۳-۳-۱	شینه‌ها (A-موثر)	
۳-۳-۲	مدار فیدر ترانسفورماتور (A-موثر)	
۳-۳-۳	مدار فیدر بانک خازنی (A-موثر)	
۳-۳-۴	مدار فیدر خروجی (A-موثر)	
۳-۴	جریان اسمی ایستادگی کوتاه مدت (A-موثر)	
۳-۵	مدت زمان اسمی اتصال کوتاه (s)	
۳-۶	جریان اسمی ایستادگی پیک (KA)	
۳-۷	درجه حفاظت	

ادامه جدول ٤-۱۹-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۳-۷-۱	تابلو درب بسته	
۳-۷-۲	بین خانه فشارضعیف و خانه‌های فشارمتوسط	
۳-۷-۳	بین خانه‌های فشارمتوسط	
۳-۸	نوع تابلوهای تمام بسته فلزی (کشویی/قابل دسترسی از جلو/...)	
۴	ولتاژ کمکی*	
۴-۱	موتور کلید قدرت (V_{AC}/V_{DC})	
۴-۲	ولتاژهای کنترل (V_{AC}/V_{DC})	
۵	اطلاعات کابل قدرت	
۵-۱	نوع کابل و جنس آن (تعداد رشته و جنس آن)	
۵-۲	سطح مقطع	
۵-۲-۱	مدار فیدر ترانسفورماتور (mm^2)	
۵-۲-۲	مدار فیدر خروجی (mm^2)	
۵-۲-۳	مدار فیدر بانک خازنی (mm^2)	
۵-۳	تعداد هادی بر فاز	
۵-۳-۱	مدار فیدر ترانسفورماتور	
۵-۳-۲	مدار فیدر خروجی	
۵-۳-۳	مدار فیدر بانک خازنی	
۶	کلید قدرت	
۶-۱	ثابت یا خارج شونده	
۶-۲	نوع کلید قدرت (گازی- خلا-کم روغن)	
۶-۳	تعداد قطب‌ها	
۶-۴	تعداد بوبین قطع	
۶-۵	تعداد بوبین وصل	
۶-۶	ولتاژ نامی (KV-موثر)	
۶-۷	سطح ولتاژ نامی استقامت در برابر ضربه صاعقه	
۶-۷-۱	فاز به زمین (KV-موثر)	
۶-۷-۲	بین فواصل عایقی (KV-موثر)	
۶-۸	فرکانس نامی(HZ)	
۶-۹	سطح ولتاژ نامی ایستادگی در برابر ولتاژ فرکانس صنعتی یک دقیقه‌ای فاز به زمین (KV-موثر)	
۶-۹-۱	فاز به زمین (KV-موثر)	
۶-۹-۲	بین فواصل عایقی (KV-موثر)	

ادامه جدول ٤-۱۹-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۶-۱۰	جریان نامی: (در شرایط پست) (A-موثر)	
۶-۱۱	جریان نامی قطع اتصال کوتاه (متقارن در ولتاژ اسمی) (KA-موثر)	
۶-۱۲	جریان ایستادگی کوتاه مدت نامی (KA-موثر)	
۶-۱۳	جریان نامی وصل اتصال کوتاه (A-موثر)	
۶-۱۴	جریان اسمی قطع شارژ خط در ۱/۳ برابر ولتاژ نامی	
۶-۱۵	کل زمان قطع (MS)	
۶-۱۶	حداقل فاصله خزشی عایق خارجی، فاز به زمین (MM)	
۶-۱۷	مکانیزم عملکرد و مدارات کمکی	
۶-۱-۱۷	نوع مکانیزم عملکرد	
۶-۲-۱۷	ولتاژ تغذیه مدارات کمکی و مکانیزم عملکرد (ولت AC/DC)*	
۶-۳-۱۷	نوع کنتاکت کلید کمکی NO-NC ثابت/قابل تنظیم/قابل عکس کردن)	
۶-۴-۱۷	تعداد کنتاکت‌های کمکی NO-NC	
۶-۵-۱۷	جریان اسمی (AC ضریب قدرت ۰/۸- L/R=۴۰MS DC)	
۶-۶-۱۷	کنترل محلی یا از راه دور نیاز است؟ (بله/خیر)*	
۶-۷-۱۷	کلید کنترل موتور مورد نیاز است؟ (بله/خیر)*	
۷	کلیدهای جدا کننده و کلیدهای زمین	
۷-۱	نوع (قابل قطع زیر بار/غیر قابل قطع زیر بار)	
۷-۳	نوع قطع (تیغه‌ای/کشویی/...)	
۷-۳	تیغه‌های زمین (یک طرف/هر دو طرف/هیچ)	
۷-۴	تعداد قطب	
۷-۵	جریان نامی (در شرایط پست/تحت شرایط IEC) (A)	
۷-۶	جریان ایستادگی اسمی کوتاه مدت (KA-موثر)	
۷-۷	جریان ایستادگی اسمی پیک (KA-پیک)	
۷-۸	مدت زمان اتصال کوتاه مدت (S)	
۷-۹	قدرت قطع (برای جدا کننده قابل قطع زیر بار) (KVA-موثر)	
۷-۱۰	ظرفیت قطع خازنی (A-موثر)	
۷-۱۱	حداکثر سطح ولتاژ تداخل رادیویی (μ V)	
۷-۱۲	حداکثر زمان عملکرد (S)	
۷-۱۳	سطح عایقی (در شرایط اتمسفری و سطح دریا)	
۷-۱-۱۳	سطح ولتاژ ایستادگی ضربه صاعقه	
۷-۱-۱-۱۳	فاز به زمین (KV-پیک)	
۷-۱-۱-۱۳	مابین فاصله جدا کننده (KV-پیک)	

ادامه جدول ٤-۱۹-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۷-۱۳-۲	سطح ولتاژ ایستادگی یک دقیقه‌ای فرکانس صنعتی	
۷-۱۳-۲-۱	فاز به زمین (KV-موثر)	
۷-۱۳-۲-۲	مابین فاصله جدا کننده (KV-موثر)	
۷-۱۴	نوع مکانیزم عملکرد (عملکرد دستی/عملکرد موتوری)	
۷-۱۵	حداقل فاصله خزشی خارجی (MM)	
۸	ترانسفورماتور جریان	
۸-۱	نوع	
۸-۲	سطح ولتاژ ایستادگی در مقابل موج صاعقه (KV-پیک)	
۸-۳	ولتاژ ایستادگی با فرکانس صنعتی به مدت یک دقیقه (KV-موثر)	
۸-۴	جریان اسمی اولیه (A-موثر)	
۸-۵	جریان اسمی ثانویه (A)	
۸-۶	جریان حرارتی کوتاه مدت اسمی (KA-موثر)	
۸-۷	مدت زمان تحمل جریان حرارتی (S)	
۸-۸	تعداد هسته‌های ثانویه	
۸-۸-۱	جهت اندازه‌گیری	
۸-۸-۲	جهت حفاظت	
۸-۹	کلاس دقت	
۸-۹-۱	جهت اندازه‌گیری	
۸-۹-۲	جهت حفاظت	
۸-۱۰	توان اسمی	
۸-۱۰-۱	جهت اندازه‌گیری (VA)	
۸-۱۰-۲	جهت حفاظت (VA)	
۸-۱۱	تغییر نسبت تبدیل در ثانویه (به نسبت ۲: ۱)	
۸-۱۱-۱	سیم‌پیچ اندازه‌گیری (بلی/خیر)	
۸-۱۱-۲	سیم‌پیچ حفاظت (بلی/خیر)	
۸-۱۲	تغییر نسبت تبدیل در اولیه (به نسبت ۲: ۱) (بلی/خیر)	
۸-۱۳	حداکثر افزایش درجه حرارت در جریان پیوسته حرارت نامی $(^{\circ}C)$	
۹	ترانسفورماتور ولتاژ	
۹-۱	نوع	
۹-۲	سطح ولتاژ ایستادگی در مقابل موج صاعقه (KV-پیک)	
۹-۳	ولتاژ ایستادگی با فرکانس صنعتی به مدت یک دقیقه (KV-موثر)	
۹-۴	ولتاژ نامی اولیه (KV-موثر)	
۹-۵	ولتاژ نامی ثانویه (V-موثر)	

ادامه جدول ٤-۱۹-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۹-۶	تعداد سیم‌پیچ‌های ثانویه	
۹-۷	کلاس دقت	
۹-۸	توان اسمی (VA)	
۹-۹	ضریب ولتاژ اسمی	
۹-۹-۱	در حالت دایم	
۹-۹-۲	برای ۸ ساعت	
۹-۱۰	حد افزایش درجه حرارت (°C)	
۱۰	شینه‌ها	
۱۰-۱	شکل، ترکیب و آرایش	
۱۰-۲	نوع/جنس	
۱۰-۳	فاصله بین فازها (m)	
۱۰-۴	جریان نامی (A-موثر)	
۱۰-۵	اتصال کوتاه متقارن (KA-موثر)	
۱۰-۶	طول مدت اتصال کوتاه (s)	
۱۰-۷	حدود افزایش دما	
۱۱	گرمکن (بله/خیر)	

* عباراتی که با علامت ستاره مشخص شده‌اند در صورت کاربرد (به کار بردن سیستم مکانیزم موتوری برای کلیدهای قدرت یا حالت دیسپاچینگ توزیع) تکمیل شود.

اطلاعات ارایه شده توسط فروشنده نیز بایستی منطبق بر جدول (۴-۲۰) باشد.

جدول ٤-۲۰- مشخصات فنی تابلوها (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام	
۱-۳	سال ساخت	
۲	کد شناسایی	
۳	خصوصیات نصب و اجزای آن	
۳-۱	فضای بسته/ فضای آزاد	
۳-۲	نوع تابلوی بسته فلزی (کشویی/قابل دسترسی از جلو/...)	
۳-۳	تعداد فازها	
۳-۴	ولتاژ اسمی (KV-موثر)	
۳-۵	سطح عایقی اسمی (در سطح دریا و شرایط استاندارد جوی)	
۳-۵-۱	ولتاژ ایستادگی در برابر ضربه صاعقه (KV-موثر)	
۳-۵-۲	ولتاژ ایستادگی فرکانس قدرت به مدت یک دقیقه (KV-موثر)	
۳-۶	جریان اسمی	
۳-۶-۱	شینه (A-موثر)	
۳-۶-۲	مدار فیدر ترانسفورماتور (A-موثر)	
۳-۶-۳	مدار فیدر خازنی (A-موثر)	
۳-۶-۴	مدار فیدر خروجی (A-موثر)	
۳-۷	جریان ایستادگی کوتاه مدت اسمی (A-موثر)	
۳-۸-	مدت زمان نامی اتصال کوتاه (s)	
۳-۹	پیک جریان ایستادگی اسمی (KA)	
۳-۱۰	درجه حفاظتی	
۳-۱۰-۱	تابلو با درب بسته	
۳-۱۰-۲	بین خانه فشار ضعیف و خانه‌های فشارقوی	
۳-۱۰-۳	بین خانه‌های فشارقوی	
۳-۱۱	جنس اسکلت نگهدارنده	
۳-۱۲	ضخامت اسکلت نگهدارنده (mm)	
۳-۱۳	جنس پوشش فلزی	
۳-۱۴	ضخامت پوشش فلزی (mm)	
۳-۱۵	رنگ‌آمیزی	
۳-۱۵-۱	نوع زیرسازی	
۳-۱۵-۲	تعداد لایه‌های رنگ‌آمیزی	

ادامه جدول ٤-۲۰-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۳-۱۵-۳	ضخامت هر لایه رنگ‌آمیزی (µm)	
۴-۱۵-۳	نوع پوشش هر لایه	
۵-۱۵-۳	نحوه رنگ‌آمیزی (با پیستوله /رنگ‌آمیزی الکترواستاتیکی/...)	
۴	شینه‌ها	
۱-۴	نوع	
۲-۴	جنس	
۳-۴	آرایش	
۴-۴	فاصله بین فازها	
۱-۴-۴	شینه گرد (m)	
۲-۴-۴	شینه تخت (m)	
۵-۴	حداقل فاصله از زمین (m)	
۶-۴	جریان اسمی عادی در سطح دریا و دمای محیط ۴۰ درجه سانتیگراد (A)	
۷-۴	انـدازه شینه‌ها (اگر گرد باشد قطر خارجی و ضخامت و اگر تخت باشد سطح مقطع) (mm) یا (mm^2)	
۸-۴	توصیف مختصر روش محاسبه نیروی ناشی از اتصال کوتاه	
۹-۴	ضریب انبساط حرارتی ($1/°C$)	
۱۰-۴	وزن هر هادی (kg/m)	
۱۱-۴	مقاومت در ۲۰ درجه سانتیگراد (Ω/km)	
۱۲-۴	جریان اسمی مجاز مداوم	
۱-۱۲-۴	در ۵۰ درجه سانتیگراد (A)	
۲-۱۲-۴	در ۴۵ درجه سانتیگراد (A-موثر)	
۳-۱۲-۴	در ۳۵ درجه سانتیگراد (A-موثر)	
۴-۱۲-۴	در ۲۵ درجه سانتبگراد (A-موثر)	
۱۳-۴	افزایش دما در طول اتصال کوتاه (دمای اولیه هادی ۸۰ درجه سانتیگراد) (°C)	

٤-٨ آزمون‌ها

بر روی تابلوهای فشار ضعیف آزمون‌های ذیل بایستی انجام گیرد.

الف- آزمون‌های نوعی (TYPE TESTS)

۱- مقاومت در برابر آتش و دمای غیر عادی شامل آزمایشهای سیم ملتهب (روی تجهیز) مطابق با استاندارد IEC 60695

۲- آزمون قابلیت اشتعال مطابق با استاندارد IEC 60707

۳- آزمون احتراق سیم داغ مطابق با استاندارد IEC 60947-1

۴- آزمون جرقه قوس الکتریکی مطابق با استاندارد IEC 60947-1، این آزمون برای موادی لازم است که در فاصله ۱۳ میلیمتری از قسمت‌های جرقه زننده یا قسمت‌های برقدار قرار دارند.

۵- آزمون درجه حفاظتی محفظه تجهیزات طبق استاندارد IEC 60947-1

۶- آزمون ویژگی‌های مکانیکی ترمینال‌ها طبق استاندارد IEC 60947-1

۷- ارزیابی کارآیی نمایش وضعیت کنتاکت اصلی کلید طبق استاندارد IEC 60947

۸- آزمون کشش کانال، آزمون گشتاور و آزمون خمش کانال‌های فلزی طبق استاندارد IEC 60947

۹- افزایش دما طبق استاندارد IEC60439-1

۱۰- ارزیابی ویژگی‌های عایقی طبق استاندارد IEC 60439-1

۱۱- ارزیابی قدرت استقامت اتصال کوتاه طبق استاندارد IEC 60459-1

۱۲- ارزیابی تاثیر مدارات حفاظتی طبق استاندارد IEC 60439-1

۱۳- ارزیابی فواصل هوایی و خزشی طبق استاندارد IEC 60439-1

۱۴- ارزیابی عملکرد مکانیکی طبق استاندارد IEC 60439-1

۱۵- ارزیابی درجه حفاظتی طبق استاندارد IEC 60529

۱۶- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) طبق استاندارد IEC 60439-1

۱۷- ظرفیت‌های قطع و وصل طبق استاندارد IEC 60947-1

ب- آزمون‌های جاری (ROUTINE TESTS)

۱- نظارت تابلو شامل نظارت بر سیم‌کشی و در صورت لزوم آزمون عملکرد الکتریکی طبق استاندارد IEC60439-1

۲- آزمون عایقی طبق استاندارد IEC60439-1

۳- بررسی مقیاس‌های حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی طبق استاندارد IEC 60439-1

۴- ارزیابی مقاومت عایقی طبق استاندارد IEC 60439-1

۵- بر روی تابلوهای فشار متوسط آزمون‌های ذیل بایستی انجام گیرد.

برروی تابلوهای فشار متوسط بایستی آزمون‌های ذیل انجام گیرد.

الف- آزمون‌های نوعی

۱- آزمون‌های عایقی طبق استاندارد IEC 60466

۲- آزمون‌های افزایش دما طبق استاندارد IEC 30694

۳- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی طبق استاندارد IEC 60694

۴- آزمون‌های جریان استقامت کوتاه مدت و پیک به ترتیب طبق استاندارد IEC 60466 IEC 60694

۵- ارزیابی قابلیت‌های قطع و وصل طبق استاندارد IEC 60466

۶- آزمون‌های عملکرد مکانیکی طبق استاندارد IEC 60466

۷- ارزیابی درجه حفاظتی طبق استاندارد IEC 60529

۸- اندازه‌گیری جریان‌های نشتی طبق استاندارد IEC 60466

۹- آزمون قدرت مکانیکی طبق استاندارد IEC 60466

۱۰- آزمون تحت شرایط قوس الکتریکی ناشی از خطای درونی طبق استاندارد IEC 60466

۱۱- آزمون پایداری حرارتی طبق استاندارد IEC 60466

۱۲- آزمون رطوبت طبق استاندارد IEC 60466

۱۳- آزمون استقامت فشار برای خانه‌های تابلو پر شده با گاز طبق استاندارد IEC 60298

۱۴- آزمون‌های سفتی گاز برای خانه‌های تابلوی پر شده با گاز طبق استاندارد IEC 60298

۱۵- آزمون مقاومت در برابر آب و هوا طبق استاندارد IEC 60298

۱۶- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) استاندارد IEC 60694

۱۷- آزمون‌های اضافی بر روی مدارات کمکی و کنترلی طبق استاندارد IEC 60694

ب- آزمون‌های جاری

۱- آزمون‌های ولتاژ فرکانس قدرت روی مدار اصلی طبق استاندارد IEC 60466

۲- آزمون‌های عایقی برروی مدارات کمکی و کنترلی طبق استاندارد IEC 60466

۳- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی طبق استاندارد IEC 60466

۴- آزمون‌های عملکرد مکانیکی طبق استاندارد IEC 60466

۵- آزمون‌های وسایل کمکی الکتریکی، پنوماتیکی و هیدرولیکی طبق استاندارد IEC 60466

۶- ارزیابی صحت سیم‌کشی از لحاظ تطابق با نقشه‌های مربوطه باشد.

۷- اندازه‌گیری تخلیه جزیی

۸- اندازه‌گیری تخلیه جزیی برای آشکار ساختن آسیب‌های احتمالی ناشی از فرآیند ساخت توصیه می‌گردد. معیارهای مورد بررسی برای تصمیم در مورد لزوم انجام آزمون تخلیه جزیی به شرح ذیل می‌باشد.

۹- تجارب عملی در بهره‌برداری که شامل نتایج چنین آزمون‌هایی در طول یک دوره از تولید است.

۱۰- مقدار شدت میدان الکتریکی در ناحیه‌ای از عایق جامد که دارای بالاترین شدت میدان است.

۱۱- نوع ماده عایقی مورد استفاده در تجهیزات به عنوان عایق اصلی.

۱۲- آزمون‌های فشار خانه‌های تابلوی پر شده با گاز طبق استاندارد IEC 60298

۱۳- آزمون‌های سفتی گاز خانه‌های تابلو پر شده با گاز طبق استاندارد IEC 60298

ج- آزمون‌های لازم پس از نصب تابلو در محل

۱- تابلوهای قدرت و فرمان با محفظه فلزی پس از نصب باید به منظور بررسی صحت عملکرد تابلو تحت آزمون‌های ذکر شده در استاندارد IEC 60298 قرار گیرند.

۲- اندازه‌گیری مشخصات گاز پس از پر کردن در محل

۳- مشخصات گاز پر شده در خانه‌های تابلو باید مطابق با مشخصات ارایه شده توسط سازنده باشد. در صورت استفاده از گاز SF_6 باید به استاندارد IEC 60480 مراجعه گردد.

۴- آزمون عایقی روی مدار اصلی طبق با استاندارد IEC 60060-1

۵- بررسی‌های طرح و نما

۶- تابلوهای قدرت و فرمان باید به منظور ارزیابی تطابق با مشخصات محصول خریداری شده، بررسی گردند.

٤-۹آیین کار و روش‌های اجرایی

٤-۹-۱ نصب و راه‌اندازی تابلو

٤-۹-۱-۱ نصب تابلو

حداقل فاصله بین دیوار و تابلو و یا بین دو تابلوی مجاور باید برابر ۷۰ سانتیمتر انتخاب گردد. تابلوهای تمام بسته برای جلوگیری از خطر فساد تدریجی (زنگ‌زدگی) باید حداقل ۵ سانتیمتر از دو دیوار فاصله داشته باشند. محوطه و اتاقک تابلو باید طوری باشد تا آبهای سطحی جاری و یا طوفان و سیل به آن آسیبی وارد نکند. دمای محیطی که تابلو در آن قرار می‌گیرد باید بالاتر از $-5^{\circ}C$ باشد، در غیر این صورت استفاده از گرمکن برقی توصیه می‌گردد.

تهویه محوطه استقرار تابلو باید به خوبی صورت گرفته تا از زنگ زدن و اثرات گرد و غبار محیط جلوگیری به عمل آید. تابلوهای فشار متوسط ایستاده تمام بسته و انواع قابل دسترسی از جلو و کشویی باید به یکی از دو روش زیر نصب شوند.

الف- نصب برروی اتاقک کابل: برای نصب این قبیل تابلوها برروی اتاقک کابل باید یک دهانه به شکل مستطیل متناسب با ابعاد کف تابلو در سقف اتاقک مزبور احداث و تابلو بر روی آن نصب شود. طول دهانه مورد نظر باید۲۰ سانتیمتر کمتر از عرض

مجمـوعه تابلـو باشد و عرض آن نیز ۲۰ سانتیمتر کمتر از عمق تابلوی مربوطه در نظر گرفته شود. لبه دهانه باید با آهن نبشی چهار سانتیمتر در چهار سانتیمتر مهار گردد.

ب- نصب برروی کانال: طول کانال مورد نظر که تابلو برروی آن استقرار می‌یابد باید ۲۰ سانتیمتر کمتر از عرض مجموعه تابلو و عـرض آن نیـز باید ۲۰ سانتیمتر کمتر از عمق تابلوی مربوطه باشد. عمق کانال نیز باید ۱۲۰ سانتیمتر باشد. این کانال باید به منظور ورود و خروج کابل‌ها به کانال کابل‌کشی‌ها مرتبط باشد و لبه دهانه‌ها باید با آهن نبشی چهار سانتیمتر در چهار سانتیمتر مهار گردد.

در مورد تابلوهای فشارضعیف ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل دسترسی از پشت مانند تابلوهای فشارمتوسط به دو روش قبل عمل می‌شود. تنها در صورت نصب روی کانال، عمق کانال باید ۸۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

تابلوهایـی که در محوطه باز نصب می‌گردند باید بر روی سکوی بتونی یا آجری که ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر از کف تمام شده خیابان یـا محـوطه مربوطه ارتفاع داشته باشد نصب شوند. سکوی یاد شده که از نوع توخالی خواهد بود، باید دارای دیواره‌ای به قطر ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر باشد و از نیم متر پایین‌تر از کف تمام شده محوطه شروع و تا ۲۰ الی ۲۵ سانتیمتر بالاتر از کف مزبور ادامه یابد.

لبه خارجی سکو که به صورت نیم‌گرد (پخ) ساخته خواهدشد، باید از هر چهار طرف حداقل ۱۰ سانتیمتر بزرگتر از بدنه تابلو بوده و لبه داخلی آن حداقل ۵ سانتیمتر از بدنه تابلو فاصله داشته باشد.

بـرای نـصب تابلو روی سکوی بتونی در نواحی مرطوب، ابتدا بایستی کلافی از نبشی آهنی آماده گردد و سپس تابلو به آن پیچ و مهره شود تا تابلو با کف بتونی تماس مستقیم نداشته باشد.

تابلـو همـواره بایـد در حالـت قـایم جابجا گردد. نصب تابلو باید در آخرین مرحله از عملیات ساختمانی پست صورت گیرد و فقط پوشـش نهایـی کف می‌تواند بعد از نصب تابلو انجام شود. قاب فلزی لبه کانال‌ها و صفحات روی بتون کف دقیقا باید هم‌تراز بوده و ناصافی آن در تمام طول قاب کمتر از ۲ میلیمتر باشد.

در صـورتی کـه تابلـو به صورت سلول‌های جداگانه باشد، استقرار سلول‌ها باید از دورترین تابلو نسبت به درب ورودی پست آغاز شود. هر سلول بعد از قرار گرفتن برروی چهارچوب فلزی، باید به کمک شاغول و تراز تنظیم گردد.

کلـیه سـیم‌کـشی‌هـای داخلـی تابلـو و اتصال مدارهای ثانویه اندازه‌گیری، فرمان و هشدار و غیره باید طبق نقشه‌های سازنده با استفاده از سیم مسی مفتولی تک لا با سطح مقطع ۲/۵ میلیمتر مربع و ولتاژهای عایقی حداقل ۱۰۰۰ ولت انجام گیرد.

کلـیدهای چاقویـی باید از نظر قدرت مکانیکی به دقت مورد بازرسی قرار گیرند. این کار باید با حدود ۳۰ مرتبه باز و بسته کردن چاقـوی کلیدها صورت گیرد تا ارتباط بین کنتاکت‌ها و گیره‌های درگیر شونده به طور کامل حاصل گردد. در خاتمه مدارها و سلول‌ها باید شماره‌گذاری شوند.

٤-۹-۱-۲ آزمون راه‌اندازی تابلو

قـبل از ایـنکه تابلـوهای بـرق تحـت بـار قـرار گیـرند کلـیه تجهیـزات داخل سلول‌ها از قبیل کلیدها، مکانیزم‌های عمل‌کننده، ترانـسفورماتورهای انـدازه‌گیـری و غیـره بایـد بازرسی و آزمایش شوند و کلیه سیم‌بندی‌ها و مدارهای الکتریکی مطابق دیاگرام‌های سـازنده بازرسـی شـوند و اسـتحکام اتـصال سیم‌ها به ترمینال‌ها مورد معاینه قرار گیرند. انجام آزمون‌های جاری در محل مصرف در

صورتی ضروری است که عمل مونتاژ و نصب قطعات آن در محل پست انجام گرفته باشد. در غیر این صورت چنانچه تابلو به صورت یک‌پارچه بـه محل مصرف حمل شده باشد تاییدیه آزمون کارخانه کافی است. آزمون‌های جاری تابلوها در بند (۴-۸) این فصل آمده است.

٤-۹-۲ تعمیر و نگهداری تابلو

٤-۹-۲-۱ اقدامات حفاظتی و عایقی قبل از عملیات تعمیر و نگهداری

- قبل و بعد از بی‌برق شدن با یک نمایشگر ولتاژ مناسب باید ولتاژ قرائت شود.
- هنگامی که کلید جدا کننده[1] عملیات قطع را انجام می‌دهد باید نشانگر روی OFF قرار گرفته و نقطه ایزوله شده مشخص باشد.
- قبل از حصول اطمینان از بی‌برق شدن، تخلیه و زمین شدن هادی مورد نظر از تعمیر آن خودداری گردد.
- از برقدار شدن تصادفی تجهیزات جلوگیری گردد.
- همواره بایستی احتمال دوباره برقدار شدن مدار اصلی و یا کمکی را مد نظر قرار داده و به مدارات کنترل کلیدها، ایتنرلاک‌ها و جداسازی قطعات اعتماد ننمود.
- تجهیزات تابلو از قبیل هشدار دهنده‌ها، ایتنرلاک‌ها، مدارات، گرمکن‌ها، روشنایی و منابع باتری دارای منابع تغذیه متفاوت می‌باشند که با خط اصلی فرق می‌کنند. لذا همواره هنگام بی‌برق کردن مدار اصلی و هنگامی که کلید جدا کننده حالت خاموش و قطع را نشان می‌دهد، تمامی خطوط بی‌برق نیستند. جهت جلوگیری از وقوع اشتباه باید پیام‌های هشداردهنده مناسب نصب گردد. در ضمن باید از برقدار شدن معکوس ترانسفورماتور ولتاژ و یا باز شدن ثانویه ترانسفورماتور جریان جلوگیری نمود.
- تمام سطوحی که در تابلوهای شامل هادی‌های برقدار می‌باشند در حالت عادی باید قابل دسترسی نبوده و دریچه‌های حفاظتی[2] بسته باشند.
- رله‌ها به دلیل جلوگیری از برقدار شدن اتفاقی نباید در مدارات کنترل عایقی از قبیل ایتنرلاک‌ها و کلیدها به کار روند.
- در صورت عدم وجود کلید زمین[3] رعایت نکات به شرح زیر در مورد زمین کردن با سیم ضروری است.
  - تمامی فازها زمین گردند حتی اگر کار روی فاز دیگری صورت می‌گیرد.
  - قـبل از وصل کردن سیم زمین به فاز ابتدا سیم زمین به سیستم زمین وصل شده و پس از اینکه از صحت اتصال و محکم بودن آن اطمینان حاصل شد آن را به فاز متصل نمود.
  - بعد از انجام کار سیم زمین ابتدا از هادی فاز جدا شده و سپس از سیستم زمین جدا گردد.

---

[1] - Disconnector

[2] - Shutter

[3] - Earthing Switch

– سیم زمین به هیچ عنوان نباید برای سلول‌ها یا قسمت‌هایی که در معرض هادی‌های برقدار فشار متوسط هستند به کار رود.

٤-۹-۲-۲ جلوگیری از آلودگی

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

٤-۹-۲-۳ انرژی ذخیره شده خازنی

تجهیزات الکتریکی به ظرفیت‌های خازنی (کابل‌ها، خازن‌ها و ...) متصل هستند لذا باید از نبودن ولتاژ بر روی تجهیزات ناشی از بار خازنی مطمئن بود.

٤-۹-۲-٤ دوره‌های تعمیر و نگهداری

به علت تنوع شرایط کاری، محیطی، امکانات پرسنلی و ابزار آلات در مورد هر تاسیسات به راحتی در این مورد نمی‌توان نظر داد ولی کارخانه سازنده در این مورد باید حداقل تکرار دوره نگهداری برای وسیله را مشخص کند. این تکرار به عوامل زیادی از جمله شرایطی که وسیله تحت آن کار می‌کند و نوع کار وسیله وابسته است. برای وسایلی که به صورت مرتب در حال کار می‌باشند با توجه به نوع آنها، به یک نگهداری معمولی (روتین) که به طور منظم تکرار می‌شود نیاز می‌باشد. فاصله بین دو نگهداری به تعداد عملکرد وسیله در زمان‌های مشخص و نیز توصیه کارخانه سازنده بستگی دارد.

٤-۹-۲-٥ پاکیزگی

برای عملکرد صحیح تجهیزات، پاکیزگی و تهویه طبیعی یا اجباری ضروری است. قبل از برداشتن پوشش‌ها و بازکردن درب‌ها برای جلوگیری از ورود گرد و غبار و یا شل شدن قطعات باید احتیاط لازم به عمل آید. برای تمیز کردن داخل تابلوها وسیله مکشی توصیه می‌شود. در هر مرحله از نظافت، وسایل باید بی‌برق باشند. برای تمیز کردن قطعات روغنی باید از پارچه جیر و یا ابر پلاستیکی نو استفاده شده و به هیچ عنوان از تکه پارچه‌های کتان نباید استفاده شود. پارچه‌های به کار رفته باید بدون پرز و از لحاظ شیمیایی تمیز باشند.

اگر از مواد حلال برای تمیز کردن استفاده می‌گردد باید دقت شود تا برای تجهیزات مضر نباشد. همچنین مواد آتش‌زا و یا سمی نیز به هیچ عنوان نباید مورد استفاده قرار گیرد. در طول مدت تمیز کردن باید دقت شود که بدون دلیل درب‌ها باز نمانده و بعد از

انجـام کـار دربـهـا بـسته و از لحاظ ایمنی، مرتب و ایتنرلاک‌ها کنترل شوند. همچنین بایستی در طول مدت مذکور مراقبت لازم از برچسب‌ها و علایم نصب شده صورت گیرد تا خللی در وضعیت آنها ایجاد نشود.

٤-٩-٢-٦ علامتگذاری پوشش‌ها و اتصالات

تمـام پوشـش‌هـا و خروجی کابل‌ها باید قبل از جابجایی علامت‌گذاری شوند. همچنین اتصالات باز شده یا ایجاد شده موقت که برای آزمایش در نظر گرفته شده‌اند باید به دقت مشخص گردند تا بعد از انجام عملیات به صورت اول درآیند.

٤-٩-٢-٧ چگونگی اتصالات

صـحت اتصالات و سالم بودن آنها باید به طور مرتب بازرسی شده و به هر گونه نشانه اضافه دما دقت شود. بعد از وقوع اختلال، پـیچ و مهـره‌هـا، پین‌ها و قفل‌ها و تمام وسایلی که از آنها جریان عبور می‌کند همچنین اتصالات زمین باید بررسی شده و در صورت تغییـر وضـعیت، دوباره به صورت اول برگردانده شوند. به محکم بودن یک پیچ نباید اکتفا شود زیرا ممکن است به علت درازی پیچ و یا گیر کردن در سوراخ کور مدتی بعد شل شود. با یک آزمایش با ولتاژ حدود میلی‌ولت بایستی اتصالات ناسالم مشخص گردند.

اتـصالات قابـل حـرکت مـدار قـدرت مـثل دوشاخه‌ها باید از لحاظ عملکرد، پاکیزگی و هر گونه نشانه اضافه دما بازرسی گردند. اتصالات قابل انعطاف بافته شده نیز باید از لحاظ ساییدگی و قابلیت انعطاف بازرسی شده و در صورت لزوم تعویض گردند.

٤-٩-٢-٨ ایمنی پیوستگی زمین و نگهداری آن

تمـام اجـزای فلـزی بایـد مطابق با استاندارد زمین شوند. اتصالات مکانیکی و پیچ و مهره‌ها در محل اتصال باید سالم باشند. در طول مدت نگهداری باید توجه شود تا پیچ و مهره‌ها و ایتنرلاک‌های مرتبط به خوبی عمل کنند.

٤-٩-٢-٩ دریچه‌های حفاظتی، وسایل قفل کننده

عملکـرد صحیح مجموعه‌های مکانیکی باید پس از هر دوره تعمیر و نگهداری بازرسی شود. پیچ و مهره‌ها باید کاملا محکم شده و قـسمت‌هـای متحـرک بـه طور آزادانه حرکت کنند. به جز مواردی که در توصیه‌های سازنده آمده است، یاتاقان‌ها، شفت‌ها و سایر قسمت‌های متحرک باید به به صورت مناسب روغن کاری شوند.

٤-٩-٢-١٠ اینترلاک‌ها

احتـیاط لازم بـرای جلوگیـری از بـروز خطر برای دستگاه و اشخاص بایستی هنگام آزمایش اینترلاک اندیشیده شود تا از حوادث ناخواسته جلوگیری گردد.

الف- نگهداری سیستم اینترلاک

شخص مسئول نگهداری باید ماهیت و هدف استفاده از اینترلاک و تجربه کار مربوطه را داشته باشد. همواره دفترچه نصب و راه‌اندازی و نگهداری کارخانه به عنوان مرجع باید در دسترس بهره‌بردار قرار گیرد. هنگام نصب، تعمیر و یا بازرسی اینترلاک نکات به شرح ذیل باید مد نظر قرار گیرد.

- پیچ‌ها، اهرم‌ها، فنرها، کشوها، قفل و بست‌ها باید تمیز شده و به منظور عملکرد صحیح به حد کافی روغن کاری شوند.
- هر نشانه‌ای از پوسیدگی به دقت بررسی و در صورت لزوم قطعه تعویض گردد.
- تمام اجزای ثابت مانند پیچ و مهره‌ها، پیچ تنظیم، پین‌ها و ... باید بازرسی گردد.
- مدارات سیم‌بندی و ترمینال‌ها کنترل و قسمت‌های معیوب تعویض و یا تعمیر شود.
- آزمون مقاومت عایقی روی مدارات کنترل صورت گیرد.

ب- آزمایش نحوه عملکرد سیستم اینترلاک

بعد از بی‌باری شینه‌ها و فیدرها عملکرد تمام اینترلاک‌ها باید بررسی گردد. این آزمایش‌ها بایستی هم در جهت عملکرد و هم در جهت عدم عملکرد اینترلاک ترتیب داده شود تا هم از کار صحیح سیستم و هم از رفع خطر در مواقع لزوم اطمینان حاصل گردد.

٤-۹-۲-۱۱ کلیدهای جدا کننده (با یا بدون فیوز)

قبل از انجام هر عملی برروی تابلوها باید از بی‌برق شدن مدارات کمکی و اصلی (ورودی و خروجی) اطمینان حاصل گردد. با توجه به تنوع طرح‌های کارخانجات مختلف نکات زیر در خصوص نگهداری و بازرسی کلیدهای جداکننده حایز اهمیت است.

- تنظیم فواصل هادی‌ها و کنتاکت‌ها

هنگام بازرسی باید فواصل عایق‌های تمام قطب‌ها توسط آزمون عایقی آزمایش شوند.

- عملکرد مکانیکی

مکانیزم عملکرد باید بی‌عیب بوده و اینترلاک‌ها و قفل‌ها کنترل شوند و نشانگر محل کنتاکت‌ها (وضعیت کلید) صحیح عمل کند.

- کنتاکت اصلی و کمکی

این قسمت‌ها باید از لحاظ فرسودگی (مطابق دستورات کارخانه) و اضافه دما بررسی و در صورت نیاز تعویض گردند. اضافه دما ممکن است بر اثر بدی تهویه، اضافه بار، شل بودن اتصالات، کافی نبودن نیروی کنتاکت‌ها و ... ایجاد شود.

در صورت سوختن فیوز، قطع اتوماتیک کلید جدا کننده قابل قطع زیربار باید کنترل گردد. سرویس نمودن کلیدهای جدا کننده، تیغه‌های زمین و کلیدهای قابل قطع زیر بار و همچنین مکانیزم آنها حداقل هر سه سال یکبار لازم است.

٤-۹-۲-۱۲ کلیدهای قدرت

هنگام تعمیر و نگهداری کلیدهای قدرت قبل از هر اقدامی توصیه‌های زیر باید مد نظر قرار گیرد.

– برای کلیدهایی که با موتور یا سولونویید شارژ می‌شوند باید ابتدا منبع تغذیه موتور جدا شود.

– برای کلیدهایی که با فنر کار می‌کنند فنر باید دشارژ شده و در صورت استفاده از موتور برای شارژ فنر، منبع تغذیه آن باید قطع گردد.

– فیوزها در مدارات کنترل باید از محل خود خارج شوند.

– قبل از شروع به کار کلیدها باید قطع گردیده و فیوزها در مدارات اصلی و کمکی برداشته شوند و از بی‌برق بودن آنها اطمینان حاصل شود. باید توجه نمود که هیچ آتشی یا دودی در نزدیکی روغن وجود نداشته باشد. همچنین استفاده از نمایشگر ولتاژ نیز توصیه می‌شود. هر پوشش دریچه حفاظتی برقدار یا دارای کنتاکت برقدار باید بسته و قفل شود.

الف- صحت عملکرد

برای حصول اطمینان از این امر باید در فواصل زمانی مشخص این کلیدها باز و بسته شوند و برای قطع بهتر است از رله‌های حفاظتی مربوط به کلید مورد نظر استفاده شود.

ب- بازرسی ظاهری

فساد تدریجی، نشت روغن، هر بوی غیرمعمول ناشی از اضافه دما و هر صدای ناشی از شارژ شدن و یا صدای ناشی از شل بودن قطعات باید مورد بازرسی قرار گیرد. در صورت وجود وضعیت نامعمول در عایق‌های بیرونی، مکانیزم قطع، دریچه حفاظتی، اتصال زمین و سایر قسمت‌های قابل دید باید مورد بازرسی قرار گرفته و دقت شود که تمامی کنتاکت‌ها با هم باز و بسته گردند.

ج- پیاده کردن اجزای داخلی به منظور بازرسی

در عملیات نگهداری و بازرسی اجزای داخلی کلیدهای قدرت باید نکات به شرح ذیل مورد توجه قرار گیرد.

– تابلو و محفظه کلید قدرت: هر انقباض و فسادی در این قسمت باید بازرسی گردد.

– کنتاکت قوس اصلی: در این قسمت باید هر نشانه‌ای از تغییر رنگ و وضعیت، بازرسی و قطعه در صورت نیاز تعویض گردد و همچنین فنر برگرداننده کنتاکت و نیروی لازمه برای این کار بازرسی شود. لولای کنتاکت باید از لحاظ نشانه‌های افزایش دما، جرقه و یا خراب شدن مورد آزمایش قرار گیرد و در صورت نیاز تعویض گردد.تغییر رنگ جزیی یا سوختگی کنتاکت‌های مس یا آلیاژ زیان‌آور نیست ولی می‌توان با یک کاغذ سمباده مناسب کنتاکت‌ها را تمیز نمود (سنگ سمباده نباید استفاده شود) مقدار ماده برده شده از سطح کنتاکت باید مطابق حداقل توصیه کارخانه بوده و نیز به گونه‌ای باشد که نیروی فنر بین سطح کنتاکت‌ها کم نشود. با توجه به اینکه نقاط تحت فشار به طور معمول جریان نامی را حمل می‌کنند باید نسبت به این سطح تماس، دقت بیشتری شده و هر گونه چاله یا برجستگی از آن زدوده شود. علیرغم رنگ سیاه کنتاکت‌های نقره، این کنتاکت‌ها به تمیز کردن نیاز ندارند.

– وسایل کنترل جرقه و دیواره‌های محوطه جرقه: این قسمت باید بازرسی و تمیز شده و در صورت نیاز تعویض گردد. لازم به ذکر است که این قسمت به طور معمول فشرده ساخته می‌شود به طوری که بدون ساییدگی نمی‌توان آن را تمیز نمود. در مورد صحت عملکرد و تنظیم سایر قسمت‌ها باید به توصیه‌های کارخانه مراجعه کرد.

– مکانیزم: در طول بازرسی و آزمایش مکانیزم باید دقت شود که قسمت‌های متحرک آسیب نبینند.

مکانیـزم قطـع[1]: ایـن قـسمت بایـد تمیـز و آزمایش شده و قطعات فرسوده نیز تعویض گردد. باید دقت شود که سطوح کشویی و متحرک در مکانیزم قطع از روغن پاک شده و روغن‌کاری به مقدار خیلی کم و با توجه به توصیه‌های کارخانه صورت گیرد.

مکانیـزم بـستن[2]: ایـن قـسمت نیـز بایـد تمیز و آزمایش شود و در صورت نیاز قسمت‌های فرسوده تعویض گردند. همچنین باید قـسمت‌هـای لازم روغن‌کاری و اضافات آن پاک شود. جزییات مکانیکی این بخش باید مورد بازرسی قرار گیرد. در کلیدهای قدرتی که با فنر بسته می‌شوند، فنر، گیره، چرخ دنده‌ها باید بازرسی گردند تا شکسته و خورده شده نباشند. اگر فنر با موتور شارژ می‌شود باید موتور و اتصالات آن بررسی شوند.

– کنتاکت کمکی و اینترلاک‌ها و وسایل نمایشگر: کنتاکت‌های کمکی باید تمیز و سالم نگه داشته شوند زیرا عملکرد سایر قسمت‌ها (از جمله لوازم حفاظتی) به درست عمل کردن وسایل این قسمت بستگی دارد. کنتاکت‌ها باید بازرسی و تمیز شده و در صورت نیاز تعویض گردند و نیروی بین کنتاکت‌ها تصحیح گردد. زمان عملکرد کنتاکت‌های کمکی نسبت به کنتاکت‌های کلید قدرت نیز باید بررسی و تصحیح شود. همچنین باید وضعیت قطع و وصل (OFF-ON) به صورت مکانیکی یا چراغ راهنما توسط وسایل نمایشگر بازرسی شود. اینترلاک و وسایل قفل کننده باید به دقت مورد رسیدگی قرار گیرد (به خصوص در مورد زمین کردن و آزمون‌ها) و در صورت لزوم روغن کاری شوند.

– ایمنی دریچه‌های حفاظتی: عملکرد و مکانیزم آنها باید بعد از خروج کلید قدرت و پس از بازگرداندن آنها به سرعت بازرسی و آزمایش گردد.

– رسیدگی نهایی: آزمون مقاومت عایقی باید قبل از برگرداندن کلید قدرت و وسایل کمکی به حالت اولیه و برقدار نمودن مدار صورت گیرد.

د- نگهداری بعد از وقوع خطا در پست

با توجه به نقش کلید قدرت بعد از وقوع خطا در پست باید نکات به شرح زیر مورد توجه قرار گیرد.

– تمیز کردن: عایق‌ها و سایر قسمت‌های در معرض بخار فلز باید تمیز شده و هر گونه نشانه‌ای از ترک، شکاف، سوختگی و یا سایر خسارات مورد رسیدگی قرار گیرد.

– کنتاکت‌ها و وسایل کنترل جرقه: کنتاکت‌ها باید از لحاظ سوختگی و از بین رفتگی بازرسی شده و در صورت لزوم تعمیر یا تعویض گردند. برای خارج کردن ته نشست فلزی که به طور معمول بعد از وقوع خطا ظاهر می‌شود لازم است تا قسمت کنترل جرقه خارج و بازرسی گردد.

– مکانیزم: مکانیزم عملکرد باید آزمایش گردد.

– بازرسی عمومی از وضعیت ظاهری و مکانیکی : وضعیت ظاهری و مکانیکی کلید قدرت بعد از وقوع خطا در پست باید بازرسی گردد.

---

[1] - Tripping Mechanism

[2] - Closing Mechanism

٤-۹-۲-۱۳ کلید قدرت روغنی

این مطالب علاوه بر مطالب ذکر شده در بند(۴-۹-۲-۱۲)برای کلیدهای قدرت روغنی کاربرد دارد.

الف- خروجی‌های گاز

خروجی‌های گاز و روغن باید مورد بررسی قرار گرفته تا مسیر عبور روغن و گازهای موجود باز باشد. در نقاطی که بین قسمت ثابت و متحرک لوازم اتصال وجود دارد باید از صحت این اتصالات به طور کامل اطمینان حاصل گردد و در هیچ وضعیتی منافذ خروجی آنها نباید از مقدار طراحی شده بزرگتر باشد.

ب- مکانیزم‌ها

در حالت جابجایی مخزن روغن یا خالی بودن آن هیچ گونه باز و بسته شدن کنترل نشده‌ای نباید صورت گیرد.

ج- عایق روغن

مقداری از روغن در دوره‌های نگهداری باید آزمایش شده تا شرایط لازم را داشته باشد و در صورت غیر استاندارد بودن با روغن مناسب تعویض گردد. سطح روغن باید تا محلی که کارخانه سازنده مشخص کرده، باشد. داخل مخزن و قسمت‌های غوطه‌ور شده آن باید قبل از پر کردن مخزن روغن کلید با روغن تمیز شسته شود. مخزن و سطح کنتاکت‌ها و عایق‌ها باید از رطوبت و آلودگی به طور کامل پاک باشند. برای جلوگیری از بوجود آمدن حباب در روغن بهتر است که مخزن روغن از ته، پر شود. بعد از پر شدن مخزن، قبل از بکار گرفتن کلید باید مدتی صبر نمود. نباید از روغن داغ برای پر کردن مخزن استفاده گردد.

د- نگهداری بعد از وقوع خطا در پست

پس از وقوع خطا در پست با توجه به تاخیر پراکندگی گازهای شعله‌زا باید نکات به شرح ذیل رعایت گردد.

- در صورت بد رنگ شدن روغن و یا مشاهده آلودگی زیاد (ذرات کربن معلق و ...) باید روغن تعویض شود.
- اتصالات و قفل‌ها باید مورد بررسی قرار گیرند تا از محکم و سالم بودن آنها اطمینان حاصل گردد.

کلیدهای روغنی هر سه سال یکبار با توجه به کیفیت طرح، تعداد دفعات عملکرد و سطح اتصال کوتاه در محل نصب، باید تحت سرویس قرار گیرند. این دوره زمانی ممکن است برحسب ضرورت تغییر یابد اما در هر صورت نباید بیش از ۵ سال به طول انجامد.

٤-۹-۲-۱٤ کلید قدرت SF٦

بندرت حادثه‌ای در تابلو باعث نشت مواد مضر می‌گردد. در این حالت محصولات سمی ناشی از جرقه که در داخل پست آزاد می‌شوند ایجاد خطر می‌نمایند. پرسنلی که با این وسایل در ارتباط هستند توصیه‌های زیر را باید مد نظر قرار دهند.

- در صورت استشمام بوی نامطبوع باید درب‌های محوطه در تماس با کلید قدرت به منظور تهویه باز گردد.
- در صورت پراکنده شدن محصولات خطرناک باید از تردد در محوطه خودداری شود.
- پس از تهویه منطقه می‌توان برای خارج کردن وسیله خراب اقدام نمود و تابلو و اطراف آن را تمیز کرد. مواد چسبنده جابجا شده ممکن است اثرات تحریک کننده برروی پوست و چشم داشته باشد. لذا لازم است که از عینک و دستکش و ماسک با فیلتر مناسب استفاده نموده و بعد از استفاده نیز فیلتر تعویض شده، دستکش، عینک و ماسک کاملا شسته شود.

کلیدهای قدرت SF_6 هر سه سال یکبار با توجه به کیفیت طرح کلید، تعداد دفعات عملکرد و سطح اتصال کوتاه در محل نصب باید تحت سرویس قرار گیرند. این دوره زمانی ممکن است برحسب ضرورت تغییر یابد اما در هر صورت نباید بیش از ۵ سال به طول انجامد.

٤-٩-٢-١٥ کلیدهای قدرت خلا

این مطالب علاوه بر مطالب ذکر شده در بند(۴-۹-۲-۱۲) برای کلیدهای قدرت خلا کاربرد دارد. با توجه به اینکه کلیدهای قدرت خلا به صورت محفظه بسته می‌باشند، تعمیر و نگهداری داخلی آن را نمی‌توان انجام داد. انجام اندازه‌گیری فرسایش کنتاکت‌ها و صحت عملکرد آنها توسط روشی که کارخانه سازنده توصیه کرده است باید صورت گیرد.

٤-٩-٢-١٦ فیوزها

جافیوزها باید به طور کامل بازرسی شده و مقادیر نامی و اضافه دما بازرسی گردد. اضافه دما ممکن است ناشی از انتخاب نامناسب فیوز، اضافه بار فیدر و شل بودن اتصالات باشد. در صورت خراب بودن فیوز باید یک فیوز با همان مقادیر نامی در آن محل قرار گیرد. کنتاکت و بدنه فیوزها باید به دقت تمیز گردند. روی کنتاکت‌ها نباید گریس به کار رود.کنتاکت‌ها باید به دقت تنظیم شده و از باز و بسته شدن آسان آنها اطمینان حاصل شود. کنتاکت‌ها باید حداقل سالی یکبار بازرسی گردند.

٤-٩-٢-١٧ ترانسفورماتور جریان

قبل از اقدام به عملیات تعمیر و نگهداری باید از بی‌برقی ترانسفورماتور و دشارژ بودن آن اطمینان حاصل کرد. در صورتی که اولیه ترانسفورماتور روی بار و ثانویه آن باز شود حالت خطرناکی ایجاد می‌گردد و لازم است که برای آزمایش، هر نوع اتصالی به درستی برداشته و یا محکم گردد. ترانسفورماتور جریان به طور معمول در داخل تابلو قرار داشته، غیر قابل دسترس بوده و در مقابل صدمات مکانیکی محافظت می‌شود. آزمایش الکتریکی وضعیت آن را مشخص می‌سازد. لذا انجام آزمون مقاومت عایقی و آزمون اتصال سیم‌پیچی ثانویه ضروری است.

٤-٩-٢-١٨ ترانسفورماتور ولتاژ

قبل از انجام عملیات تعمیر و نگهداری، ترانسفورماتور ولتاژ باید زمین گردیده و از بی‌برقی و دشارژ بودن آن مطمئن شد. باید دقت گردد تا به طور سهوی ترانسفورماتور از طریق پسخورد طرف ثانویه برقدار نشود. علاوه بر نکات ذکر شده در مورد ترانسفورماتور جریان، عایق‌ها باید تمیز شده و از لحاظ آسیب‌دیدگی مورد بررسی قرار گیرند.

عملکرد صحیح دریچه‌های ایمنی باید بازرسی شده و در صورت به کار رفتن فیوزهای حفاظتی و مقاومت محدوده کننده جریان باید از نقطه‌نظر اتصال داشتن و سالم بودن کنترل گردند.

٤-۹-۲-۱۹ تهویه

وسایل تهویه باید بررسی شده و اطمینان حاصل شود که جریان هوا از هیچ راهی مسدود نمی‌گردد.

٤-۹-۲-۲۰ تجهیزات گرمازا و روشنایی

ایـن لـوازم مشتمل بر چراغ روشنایی داخل تابلو، عملکرد کلید فشاری متصل به درب، گرمکن داخل تابلو و ترموستات و کلید آن در هنگام نصب و پس از دوره‌های تعمیر و نگهداری باید به دقت بازرسی شده و مورد معاینه قرار گیرند.

٤-۹-۲-۲۱ ابزار آزمایش‌ها

ابزار آزمایش‌ها باید در دوره‌های منظم بازرسی شوند.

٤-۹-۲-۲۲ اتمام تعمیر و نگهداری

تجهیـزات بایـد عملکـرد صحیح داشته و به دقت تنظیم شوند. همچنین باید از شل نبودن قطعات، سیم‌های اضافی و ... مطمئن بود. تمام پوشش‌ها، وسایل اندازه‌گیری، رله‌ها باید به صورت کاملا ایمن در جای خود مستقر بوده و در صورت بازماندن درب دستگاه حفاظت بیشتری از آنها به عمل آید.

٤-۹-۲-۲۳ تهیه کارت مشخصه

توصیه می‌شود کارت مشخصه‌ای که حداقل دارای مشخصات زیر باشد تهیه گردد.

- مشخصه‌های سازنده شامل جزییات تجهیزات نصب شده
- توصیه‌های کارخانه سازنده شامل حداکثر فواصل زمانی بین تعمیرات و نگهداری
- فهرست قطعات به تفکیک
- جزییات مقادیر نامی فیوزها و پایه فیوز و تنظیم رله‌ها
- جزییات نگهداری عملکرد و وضعیت موجود

در ضمن هر خطایی در سیستم باید ثبت و بررسی گردد. نمونه‌ای از کارت مشخصه در جدول (۴-۲۱) آمده است.

جدول ٤-۲۱- کارت مشخصه تعمیر و نگهداری تابلو

نام تابلو:			
سازنده:	نوع:		شماره سریال:
تاریخ نصب:	شخص مسئول:		
شماره دستور کار:	صادر شده توسط:		تاریخ:
جزییات	وضعیت فعلی یا نتیجه آزمایش	اقدامات انجام شده	ملاحظات
پاکیزگی/ وضعیت رنگ			
وضعیت اتصالات			
جا فیوزها			
کنتاکت‌های ثابت			
کنتاکت‌های متحرک			
شمش‌ها و کلیه سرکابل‌های متصل به آنها			
مقرها			
مدارهای قطع کننده			
اتصالات زمین			
وسایل اندازه‌گیری			
سیم‌کشی تابلو با توجه به نقشه‌های موجود			
مکانیزم عملکرد			
کلید کمکی			
توصیه برای بازدید بعدی			

فصل پنجم
تجهیزات کلیدزنی

مقدمه

هدف از کلیدزنی در یک پست قطع و وصل بار، ترانسفورماتور، خازن جبران‌ساز و خطوط ورودی و یا فیدرهای خروجی پست می‌باشد. به همین منظور در پست‌ها از کلیدهای قدرت جهت قطع و وصل جریان‌های نامی و قطع جریان‌های خطا و اتصال کوتاه استفاده می‌شود. از سکسیونرها جهت قطع ولتاژ و از فیوز کات‌اوت جهت محدود کردن و قطع جریان‌های اتصال کوتاه به طور سری در مدار استفاده می‌گردد. در این فصل مشخصات فنی آزمون‌ها و روش‌های نصب و نگهداری این تجهیزات ارایه می‌گردد.

۵-۱دامنه کاربرد

در این فصل ضوابط و معیارهای فنی، عمومی و اجرایی کلیدهای قدرت، سکسیونرها و کات‌اوت فیوزها در سطوح ولتاژ فشار متوسط ارایه گردیده است.

۵-۲تعریف‌ها

۵-۲-۱ کلیدخانه[1]

به مجموعه‌ای شامل کلیدهای قدرت، سکسیونرها، ادوات اندازه‌گیری و حفاظتی و اتصالات بین آنها کلیدخانه گویند. کلیدخانه‌ها از لحاظ محل نصب در فضای بسته و یا باز به دو نوع کلیدخانه‌های داخلی[2] و کلیدخانه‌های خارجی[3] تقسیم‌بندی می‌شوند.

۵-۲-۲ کلید قدرت

کلیدی مکانیکی است که توانایی تحمل عبور جریان نامی به طور دایم و جریان اتصال کوتاه در مدت زمانی مشخص را داشته و قادر به قطع جریان نامی و اتصال کوتاه باشد.

---

[1] - Switchgear and Controlgear

[2] - Indoor Switchgear

[3] - Outdoor Switchgear

۵-۲-۳ سکسیونر

کلیدی مکانیکی است که توانایی تحمل عبور جریان نامی به طور دائم و جریان اتصال کوتاه در مدت زمانی مشخص را دارد. این نوع کلید به طور عموم قادر به قطع جریان نامی نبوده و تنها هنگام بی‌باری و عدم عبور جریان از آن بایستی باز و یا بسته گردد.

۵-۲-٤ سکسیونر زمین

سکسیونری است که از آن برای زمین کردن برخی از قسمت‌های شبکه استفاده می‌شود. این کلید بایستی توانایی تحمل جریان‌های غیر عادی مانند اتصال کوتاه را دارا باشد.

۵-۲-۵ کلید

وسیله‌ای است مکانیکی که توانایی تحمل عبور جریان‌های نامی به طور دائم و جریان اتصال کوتاه در مدت زمانی مشخص دارا بوده و قادر به قطع جریان نامی می‌باشد.

۵-۲-٦ سکسیونر قطع دوتایی

به سکسیونری که مدار را در دو نقطه قطع کند گویند.

۵-۲-۷ فیوز

وسیله‌ای است که به هنگام عبور جریان‌های خطا، المان ذوب شونده آن ذوب شده و جریان خطا قطع می‌گردد.

۵-۲-۸ قلابگیر[1]

وسیله‌ای است که از آن جهت تعویض کات‌اوت فیوز استفاده می‌شود.

۵-۲-۹ مقادیر نامی

به سطح ولتاژ، جریان، توان و فرکانسی که اجزای کلید خانه برای کار در آن سطوح طراحی و ساخته می‌شوند، مقادیر نامی گویند.

---

[1] - Load Buster

۵-۲-۱۰ اضافه ولتاژ

به اضافه ولتاژهای ایجاد شده بین فاز و زمین و ما بین فازها که مقدار آن از حداکثر ولتاژ استاندارد سیستم بیشتر باشد گویند.

۵-۲-۱۱ ضریب زمین‌شدگی[1]

ضریبی است که با ضرب آن در ولتاژ نامی سیستم می‌توان اضافه ولتاژ تولیدی در سیستم را به هنگام خطاهای نامتقارن محاسبه کرد.

۵-۲-۱۲ ولتاژ بازیابی گذرا (TRV[2])

بـه ولـتاژ گذرایـی کـه بین ترمینال‌های تجهیزات کلیدزنی اعم از کلید قدرت، سکسیونر و یا فیوز کات‌اوت به هنگام قطع جریان بوجود آید گویند.

۵-۲-۱۳ ولتاژ جرقه

به ولتاژ لحظه‌ای که به هنگام عمل قطع جریان توسط کلید قدرت بین دو کنتاکت آن بوجود می‌آید گویند.

۵-۲-۱٤ جریان اتصال کوتاه

به اضافه جریان بوجود آمده در سیستم در اثر شرایط غیر عادی ناشی از اتصال کوتاه گویند.

۵-۲-۱۵ جریان قطع[3]

به حداکثر جریان لحظه‌ای گذرنده از کلید و یا فیوز به هنگام قطع قوس گویند.

۵-۲-۱٦ ظرفیت قطع[4]

به پیک جریانی که کلید قدرت و یا فیوز توانایی قطع آن را داشته باشد گویند.

---

[1] - Earthing Factor

[2] - Temporery Rcovery Voltage

[3] - Breaking Current

[4] - Breaking Capacity

۵-۲-۱۷ زمان وصل

در یک کلید قدرت به فاصله زمانی بین زمان تحریک مدار کنترلی کلید تا زمانی که دو کنتاکت کلید در هر سه قطب به هم برسند زمان وصل گویند.

۵-۲-۱۸ زمان قطع

در یک کلید قدرت به فاصله زمانی بین اعمال سیگنال تحریک به مدار کنترل کلید تا جدا شدن کامل کنتاکت‌ها از هم و قطع کامل قوس زمان قطع گویند.

۵-۲-۱۹ جریان احتمالی[1]

به دامنه جریانی که ممکن است از فیوز زمانی که به جای آن هادی و یا مقاومت ناچیزی قرار گیرد بگذرد، اطلاق می‌شود.

۵-۲-۲۰ جریان احتمالی شکست[2]

به مقدار جریانی که به هنگام آغاز قوس و شکست ممکن است از فیوز عبور کند اطلاق می‌شود.

۵-۲-۲۱ ظرفیت شکست نامی[3]

به حداکثر جریان متقارن برحسب کیلوآمپر که فیوز قادر به قطع آن باشد گویند.

۵-۲-۲۲ حداقل جریان شکست[4]

به حداقل جریانی که فیوز به ازای عبور آن عکس‌العمل نشان می‌دهد اطلاق می‌شود.

۵-۲-۲۳ توان تلفاتی فیوز

به توان تلف شده در فیوز به هنگام عبور جریانی مشخص را گویند.

---

[1] - Prospective Current

[2] - Prospective Breaking Current

[3] - Breaking Capacity

[4] - Minimum Breaking Current

۵-۲-۲٤ انتگرال ژولی I^2t

به انتگرال مربع جریان خطای عبوری از کات‌اوت فیوز در بازه زمانی رفع خطا، که نشان دهنده انرژی جذب شده توسط کات‌اوت فیوز می‌باشد، انتگرال ژولی اطلاق می‌گردد. مقدار این انرژی توسط رابطه (۵-۱) محاسبه می‌شود.

$$I^2 t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 \, dt \qquad (۱-۵)$$

که در رابطه بالا:

t_0: زمان شروع جریان خطا [S]

t_1: زمان اتمام جریان خطا [S]

i: جریان عبوری از کات‌اوت فیوز [A]

۵-۲-۲۵ فیوزهای انفجاری[1]

به فیوزهایی که در آنها عمل قطع قوس توسط انفجار گازهای حاصله در اثر جرقه انجام می‌گیرد فیوزهای انفجاری گویند.

۵-۳کلیدهای قدرت

۵-۳-۱ اجزای سازنده کلید قدرت

۵-۳-۱-۱ پل[2]

به آن قسمت از کلید قدرت که تنها شامل هادی‌های مربوط به مدار اصلی در یک فاز بوده و وظیفه قطع و وصل مدار اصلی را برعهده دارد گویند. کلیدهای قدرت عموما براساس تعداد پل‌هایشان به دو دسته تک‌پل و سه پل تقسیم می‌شوند. در کلیدهای قدرت سه پل، پل‌ها به صورت کوپل شده با یکدیگر بوده و یا قابلیت کوپل به یکدیگر را جهت عملکرد هماهنگ دارا می‌باشند.

۵-۳-۱-۲ مدار اصلی[3]

به آن قسمت از هادی‌های کلید قدرت که جهت عمل باز و بسته کردن مدار طراحی شده است مدار اصلی گویند.

---

[1] - Explosion Fuse

[2] - Pole

[3] - Main Circuit

۵-۳-۱-۳ مدار کنترلی[1]

مدارات مورد نیاز جهت باز و بسته کردن کلید قدرت (به جز مدار اصلی) را مدار کنترلی گویند.

۵-۳-۱-٤ مدارات کمکی[2]

تمامی قسمت‌های هادی کلید قدرت به جز مدارات اصلی و کنترلی را مدارات کمکی گویند. از مدارات کمکی در کلید قدرت می‌توان به تجهیزات اینترلاک، سیگنال‌ها، شمارنده‌ها و... اشاره کرد.

۵-۳-۱-۵ کنتاکت[3]

به هادی‌های متحرک در یک کلید قدرت که برای قطع و وصل کلید طراحی و ساخته می‌شوند گویند. با تماس این هادی‌ها به یکدیگر مدار کلید بسته و با جدا شدن آنها از یکدیگر مدار باز می‌شود.

۵-۳-۱-٦ کنتاکت اصلی[4]

کنتاکتی است که در مدار اصلی کلید قدرت قرار داشته و به هنگام بسته شدن کلید قدرت وظیفه عبور دادن جریان مدار را بر عهده دارد.

۵-۳-۱-۷ کنتاکت جرقه‌گیر[5]

این کنتاکت به منظور مهار جرقه به هنگام قطع و وصل کلید تعبیه می‌گردد. کنتاکت جرقه‌گیر جهت حفاظت از کنتاکت اصلی به کار می‌رود. طراحی آن به گونه‌ای است که بعد از باز شدن کنتاکت اصلی باز و قبل از بسته شدن کنتاکت اصلی بسته می‌شود تا از آسیب به کنتاکت اصلی جلوگیری شود.

---

[1] - Control Circuit

[2] - Auxiliary Circuit

[3] - Contact

[4] - Main Contact

[5] - Arcing Contact

۵-۳-۱-۸ کنتاکت کنترل[1]

به کنتاکت‌های مکانیکی که در مدار کنترل کلید به کار گرفته می‌شوند گویند.

۵-۳-۱-۹ کنتاکت کمکی[2]

به کنتاکت‌های مکانیکی که در مدارات کمکی به کار گرفته می‌شوند گویند.

۵-۳-۱-۱۰ کلید کمکی[3]

این کلید شامل یک یا چند کنتاکت مکانیکی و کمکی یا کنترلی بوده و همزمان با سایر اجزای کلید قدرت عمل می‌کند.

۵-۳-۱-۱۱ کنتاکت "a"[4]

کنتاکتی است که همزمان با کنتاکت اصلی بسته و یا باز می‌شود.

۵-۳-۱-۱۲ کنتاکت"b"[5]

کنتاکتی است که برخلاف کنتاکت اصلی باز و بسته می‌شود. به عبارت دیگر با باز شدن کنتاکت اصلی این کنتاکت بسته و با بسته شدن کنتاکت اصلی باز می‌شود.

۵-۳-۱-۱۳ رله[6]

در کلیدهای مکانیکی به قطعه‌ای که وظیفه رهاسازی فنر باز و یا بستن کلید را بر عهده دارد رله گویند.

---

[1] - Control Contact
[2] - Auxilary Contact
[3] - Auxiliary Switch
[4] - Make Contact
[5] - Break Contact
[6] - Release

۵-۳-۱-۱۴ نشان دهنده وضعیت[1]

این نشان دهنده در کلیدهای مکانیکی حالات باز و بسته و در مواقع خاص اتصال به زمین کلید قدرت را نشان می‌دهد.

۵-۳-۱-۱۵ ترمینال[2]

ترمینال برای اتصال اجزای کلید به هادی‌های خارجی تعبیه می‌گردد.

۵-۳-۲ شرایط بهره‌برداری

از عوامل بسیار مهم و تعیین کننده در انتخاب کلید قدرت مناسب شناخت دقیق و صحیح شرایط محیطی و اقلیمی محل نصب می‌باشد. پارامترهای محیطی و شرایط کار عادی طبق استاندارد IEC 62271-100 در جدول (۵-۱) آمده است.

جدول ۵-۱- پارامترهای محیطی و شرایط کاری استاندارد برای کلیدخانه‌های سطوح ولتاژ متوسط

پارامتر محیطی	شرایط کارکرد استاندارد	
	کلیدخانه‌های داخلی	کلیدخانه‌های خارجی
حداکثر دمای روزانه	۴۰ °C	۴۰ °C
حداکثر دمای متوسط روزانه	۳۵ °C	۳۵ °C
حداقل دمای روزانه	-۵ °C برای کلیدهای با کلاس منهای ۵ داخلی	-۱۰ °C برای کلیدهای با کلاس منهای ۱۰ خارجی
	-۱۵ °C برای کلیدهای با کلاس منهای ۱۵ داخلی	-۲۵ °C برای کلیدهای با کلاس منهای ۲۵ خارجی
	-۲۵ °C برای کلیدهای با کلاس منهای ۲۵ داخلی	-۴۰ °C برای کلیدهای با کلاس منهای ۴۰ خارجی
تابش خورشید	-	کمتر از ۱۰۰۰ وات بر متر مربع
آلودگی	محیط بایستی عاری از خاک و گرد و غبار و گازهای خورنده باشد	طبق استاندارد IEC 60815 حداکثر آلودگی محیط درجه II یا متوسط باشد.
ارتفاع محل نصب	کمتر از ۱۰۰۰ متر	کمتر از ۱۰۰۰ متر
متوسط رطوبت در ۲۴ ساعت	کمتر از ۹۵ درصد	-
متوسط رطوبت ماهیانه	کمتر از ۹۰ درصد	-
سرعت باد	-	کمتر از ۳۴ متر بر ثانیه
ضخامت یخ	-	کمتر از ۱ میلیمتر برای کلاس ۱
	-	کمتر از ۱۰ میلیمتر برای کلاس ۱۰
	-	کمتر از ۲۰ میلیمتر برای کلاس ۲۰

[1] - Postion Indicating Device

[2] - Terminal

در صورتی که کلید برای شرایط کاری غیر از آنچه که در جدول (۵-۱) آمده است طراحی گردد، بایستی نکاتی به شرح ذیل رعایت گردد.

- اگر دمای هوای محیط از مقادیر ارایه شده در جدول (۵-۱) تجاوز نماید محدوده دمای کاری برای مناطق سردسیر از $-۵۰^{\circ}C$ الی $۴۰^{\circ}C$ و برای مناطق گرمسیر از $-۵^{\circ}C$ الی $۵۰^{\circ}C$ لحاظ می‌گردد.
- برای کلیدخانه‌های داخلی و نواحی گرمسیر مقدار متوسط رطوبت روزانه را می‌توان ۹۸ درصد در نظر گرفت.
- برای تعیین سطوح عایقی با توجه به میزان آلودگی محیط یکی از سطوح آلودگی طبق استاندارد IEC 60815 بایستی انتخاب گردد.
- اگر ارتفاع محل نصب بیشتر از ۱۰۰۰ متر باشد سطح ولتاژ عایقی خارجی طبق شرایط جوی بایستی با ضرب در ضریب تصحیح K_a که در شکل (۵-۱) آمده اصلاح گردد. همچنین این ضریب را می‌توان با استفاده از رابطه (۵-۲) به صورت ذیل محاسبه نمود.

$$K_a = e^{m(H-۱۰۰۰/۸۱۵۰)} \qquad (۵-۲)$$

که در رابطه بالا:

H: ارتفاع نصب [m]

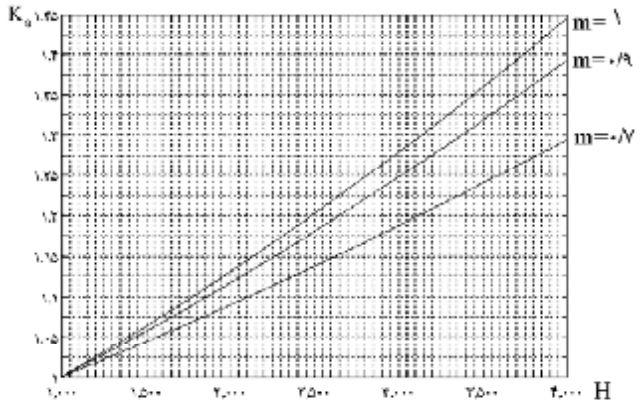
m: مقدرای ثابت است که برای حالات مختلف به صورت ذیل انتخاب می‌گردد.

m=۱: برای ولتاژهای با فرکانس قدرت، ضربه صاعقه و ولتاژ ضربه کلیدزنی فاز به فاز

m=۰/۹۵: برای ولتاژهای ضربه صاعقه طولانی مدت

m=۰/۷۵: برای ولتاژهای ضربه فاز به زمین

همچنین در عایق‌بندی داخلی نیازی به در نظر گرفتن تاثیر ارتفاع نمی‌باشد. تاثیر ارتفاع در سطوح عایقی مدارات کنترلی و کمکی کلید تا ارتفاعات کمتر از ۲۰۰۰ متر در نظر گرفته نمی‌شود. در مناطق زلزله‌خیز بایستی طبق استاندارد IEC 61166 ملاحظات لازم انجام گیرد.



شکل ۵-۱-تعیین ضریب K_a برای تصحیح ارتفاع محل نصب کلید قدرت

۵-۳-۳ مشخصات و معیارهای فنی

۵-۳-۳-۱ انواع کلید قدرت

الف- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت از نقطه نظر نوع ماده عایقی

کلیدهای قدرت در سطوح ولتاژ فشار متوسط به سه نوع روغنی، خلاء و گازی از لحاظ نوع عایق‌بندی داخلی تقسیم‌بندی می‌شوند. در این میان کلیدهای نوع روغنی از نظر قدمت تاریخی نسبت به دو نوع دیگر از عمر بیشتری برخوردار بوده و به علت سادگی ساختمان و قیمت پایین به عنوان یک کلید اقتصادی و نسبتا مطمئن شناخته شده می‌باشند.

در کلیدهای روغنی قوس الکتریکی به هنگام جدا شدن کنتاکت‌ها توسط روغن خاموش می‌شود. در اثر تجزیه روغن گاز هیدروژن و استیلن بوجود آمده و افزایش فشار باعث کاهش طول قوس و خاموشی آن می‌گردد. بعد از خاموشی قوس روغن تازه بین کنتاکت‌ها قرار گرفته و گاز حاصله به قسمت بالای کلید رانده می‌شود. از معایب عمده این کلیدها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

- قابلیت اشتعال و انفجار
- کاهش سطح عایقی روغن در اثر جذب رطوبت
- در کارکردهای متوالی و مکرر روغن نمی‌تواند عملکرد خوبی از خود نشان دهد.

مزیت عمده این کلیدها قیمت پایین آنها می‌باشد.

در کلیدهای خلاء کنتاکت‌های کلید داخل محفظه‌ای کاملا خلاء قرار داشته و قوس ایجادی به هنگام قطع به دلیل خاصیت عایقی بالای خلاء بلافاصله قطع می‌گردد.

از خصوصیات بارز این نوع از کلیدها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

- عدم انفجار و اشتعال
- عمر زیاد
- کوچکی و حجم کم
- صدای کمتر نسبت به انواع دیگر
- کوتاه بودن زمان قوس

در کلیدهای نوع گازی قوس الکتریکی توسط گاز SF_6 (هگزافلورید گوگرد) خاموش می‌گردد. استقامت عایقی بالای این گاز نسبت به روغن و نیز عدم ترکیب این گاز با سایر عناصر آن را به یک ماده عایقی خوب و قابل اعتماد تبدیل کرده است. تنها عیب عمده این نوع از کلیدها تولید پودر قهوه‌ای رنگ با خاصیت عایقی بالا حاصل از ترکیب گاز SF_6 با بخار فلزات به هنگام قوس، رسوب آن بر روی سطح کنتاکت‌ها و قسمت‌های متحرک می‌باشد که از لغزش و حرکت روان اجزای کلید جلوگیری به عمل می‌آورد. در جدول (۵-۲) مقایسه‌ای بین انواع کلیدهای قدرت آمده است.

جدول ۵-۲- مقایسه کلیدهای گازی، خلاء و کم روغن

مشخصه	SF_6	خلاء	کم روغن
قابلیت قطع جریان اتصال کوتاه و جریان نامی	تا ۵۰ بار اتصال کوتاه و تا ۱۰۰۰۰ بار جریان نامی	تا ۱۰۰ مرتبه اتصال کوتاه و تا ۲۰۰۰۰ مرتبه جریان نامی	حدود ۴ بار اتصال کوتاه و ۲۰۰۰ بار جریان نامی
تعداد دفعات قطع و وصل تا سرویس مکانیزم عملکرد	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ بار	۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ بار	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ بار
هزینه های تعمیر محفظه قطع	تعمیر شامل پیاده کردن کل محفظه می‌گردد، دستمزد بالا ـ جنس ارزان	کل محفظه قطع باید تعویض شود، دستمزد پایین ـ جنس گران	دستمزد متوسط جنس ارزان
تناسب با قطع و وصل مکرر	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
تناسب باکلیدزنی ترانسفورماتور	مناسب	مناسب	مناسب
کلیدزنی خازن منفرد	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
کلیدزنی مجموعه‌های خازنی پشت به پشت	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
کلیدزنی راکتور	مناسب	مناسب	مناسب
استقامت عایقی بین کنتاکت‌ها در حالت باز	بالا	خیلی بالا (بستگی به وضعیت کنتاکت‌ها نوسان دارد)	پایین
نظارت بر شرایط کلید	با اندازه گیری فشار	با اندازه‌گیری فشار داخل محفظه	نظارت چشمی بر سطح و وضع روغن
ایمنی پرسنل به هنگام خطای کلید	خوب	خیلی خوب	ضعیف

ب- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت از نقطه نظر مکانیزم عملکرد

حرکت مکانیکی کنتاکت‌ها جهت قطع و وصل کلید توسط سه نوع مکانیزم فنری، هیدرولیکی (روغنی) و پنوماتیکی (بادی) انجام می‌پذیرد.

در مکانیزم فنری از نیروی موتور و یا دست (جهت شارژ دستی فنر) استفاده می‌شود، بعد از شارژ فنر و با صدور فرمان وصل انرژی ذخیره شده در فنر باعث حرکت و وصل دو کنتاکت کلید به یکدیگر می‌گردد. همزمان با این عمل فنر قطع کلید شارژ شده و کلید آماده دریافت فرمان قطع می‌گردد. ارزانی، ایمنی، امکان شارژ دستی و نگهداری ساده از جمله مزیت‌های عمده این نوع از کلیدها می‌باشد.

در مکانیزم هیدرولیکی روغن توسط پمپی متراکم می‌گردد. به هنگام صدور فرمان قطع و وصل فشار روغن متراکم شده کنتاکت‌ها را وصل و یا قطع می‌نماید. صدای کم، کوچکی نسبی، از جمله مزیت‌های این کلیدها و تعمیر و نگهداری سخت، قیمت بالا و نیاز به بازدیدهای دوره‌ای بیشتر نسبت به سایر انواع از معایب این دسته از کلیدهای قدرت به شمار می‌آید.

در دسته سوم از کلیدها عمل قطع و وصل توسط فشار هوای متراکم شده در داخل مخزن‌های ذخیره هوا انجام می‌شود. قابلیت ذخیره انرژی زیاد در مخزن و در نتیجه امکان انجام قطع و وصل‌های متوالی از مزایای عمده این مکانیزم به شمار می‌آید. صدای زیاد، امکان نشت هوا در محل اتصالات و شیرهای اطمینان و عدم امکان شارژ دستی از جمله نقاط ضعف و معایب این کلیدها می‌باشد.

ج- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت از نقطه نظر محل نصب

کلیدهای قدرت از نظر محل نصب در فضای بسته و یا در فضای باز به ترتیب به دو دسته داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۵-۳-۳-۲ ولتاژ نامی (U_r)

ولتاژ نامی برای کلیدهای قدرت بایستی بزرگترین ولتاژ کاری سیستم انتخاب شود. برای سطوح ولتاژ ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت این ولتاژ به ترتیب ۱۲، ۲۴ و ۳۶ کیلوولت انتخاب می‌شود.

۵-۳-۳-۳ فرکانس نامی

فرکانس نامی در ایران ۵۰ هرتز می‌باشد.

۵-۳-۳-٤ سطوح عایقی

سطوح عایقی انتخابی بایستی طوری باشد که کلید قدرت علاوه بر توانایی تحمل ولتاژ نامی به طور دایم، قادر به ایستادگی در مقابل ولتاژهای گذرا در مدت زمانی محدود نیز باشد. بر همین اساس، طبق استاندارد IEC 62271-a.100 کلید قدرت انتخابی بایستی بتواند در مقابل ولتاژهای گذرای جدول (۵-۳) استقامت نماید.

جدول ۵-۳- سطح ولتاژ استقامت عایقی کلیدهای قدرت

ولتاژ نامی (kV)	ولتاژ استقامت به مدت یک دقیقه در فرکانس قدرت (kV موثر)		ولتاژ صاعقه (kV پیک)	
	فاز به زمین	مابین فواصل عایقی	فاز به زمین	مابین فواصل عایقی
۱۲	۲۸	۳۲	۶۰	۷۰
			۷۵	۸۵
۲۴	۵۰	۶۰	۹۵	۱۱۰
			۱۲۵	۱۴۵
۳۶	۷۰	۸۰	۱۴۵	۱۶۵
			۱۷۰	۱۹۵

فاصله خزشی انتخابی برای کلید قدرت مطابق استاندارد IEC 60185 با توجه به میزان آلودگی محیط در جدول (۵-۴) درج گردیده است.

جدول ۵-٤- حداقل فاصله خزشی طبق استاندارد IEC 60185

سطح آلودگی	حداقل فاصله خزشی نامی بین فاز و زمین (فاز به فاز mm/kV)	حداقل فاصله خزشی کل به فاصله قوس[1]
I سبک	۱۶	≤ ۳/۵
II متوسط	۲۰	
III سنگین	۲۵	≤ ۴
IV خیلی سنگین	۳۱	

۵-۳-۳-۵ ولتاژ بازیابی گذرا (TRV)

کلید قدرت بایستی توانایی تحمل ولتاژهای گذرایی که بین کنتاکت‌ها به هنگام قطع جریان نامی و اتصال کوتاه ایجاد می‌شود را داشته باشد. طبق استاندارد IEC 62271-100 این ولتاژ توسط پارامترهای ذیل مشخص می‌گردد.

u_c: ولتاژ مرجع [kV]

t_c: زمان رسیدن به u_c [μs]

مقدار u_c با توجه به ولتاژ نامی و ضرایب k_{pp} و k_{af} با استفاده از رابطه (۵-۲) محاسبه می‌شود.

$$u_c = k_{pp} \times k_{af} \times \sqrt{2/3} \times u_r \qquad (۵-۲)$$

مقادیر استاندارد پارامترهای TRV در جدول (۵-۵) آمده است.

جدول ۵-۵- مقادیر استاندارد پارامترهای TRV

ولتاژ نامی u_r (kV)	نوع آزمایش	k_{pp}	k_{af}	u_c (kV)	t_c (μs)
۱۲	خطا در ترمینال	۱/۵	۱/۴	۲۰/۶	۶۱
	خروج فاز	۲/۵	۱/۲۵	۳۰/۶	۱۱۸
۲۴	خطا در ترمینال	۱/۵	۱/۴	۴۱	۸۷
	خروج فاز	۲/۵	۱/۲۵	۶۱	۱۷۴
۳۶	خطا در ترمینال	۱/۵	۱/۴	۶۲	۱۰۹
	خروج فاز	۲/۵	۱/۲۵	۹۲	۲۱۴

۵-۳-۳-٦ جریان نامی و حدود افزایش دمای اجزای کلید

اجزای کلید قدرت بایستی تحت شرایط کار عادی توانایی تحمل عبور جریان نامی را به طور دایم داشته باشند. جریان نامی کلید با توجه به مطالعات پخش بار و تعیین ظرفیت فیدر یا ترانسفورماتوری که کلید به آن متصل می‌گردد انتخاب می‌شود. این جریان

[1] - Arcing Distance

بایستی یکی از مقادیر سری R10 استاندارد IEC 60059 در نظر گرفته شود. مقادیر سری R10 با ضریب ۱۰^{n} عبارت از موارد زیر می‌باشد.

۸ و ۶/۳، ۵، ۴، ۳/۱۵، ۲/۵، ۲، ۱/۶، ۱/۲۵ ، ۱[A]

افزایش دما و درجه حرارت هر کدام از اجزای کلید به هنگام عبور جریان در شرایط کاری عادی نبایستی از مقادیر داده شده در جدول (۵-۶) بیشتر شود.

دماهای مندرج در جدول (۵-۶) فقط برای آن دسته از اجزای کلیدهای خلاء که در خلاء نیستند قابل استفاده می‌باشد. دمای مجاز آن دسته از اجزای کلید که از موادی غیر از مواد مندرج در جدول (۵-۶) ساخته می‌شوند با توجه به مشخصات آن ماده تعیین می‌گردد.

همچنین افزایش دما در قسمت‌های فلزی که به عنوان فنر عمل می‌کنند نباید از حدی که به خاصیت انعطاف پذیری آنها صدمه وارد می‌سازد بیشتر شود.

جدول ۵-٦- حداکثر افزایش دمای مجاز اجزای کلید

قسمت			حداکثر دمای مجاز شرایط کاری (°C)	افزایش دمای مجاز در محیط با دمای زیر ٤٠ °C
کنتاکت‌ها	مس یا آلیاژ مس بدون روکش	در هوا	۷۵	۳۵
		در SF_6	۱۰۵	۶۵
		در روغن	۸۰	۴۰
	مس یا آلیاژ مس با روکش نقره‌ای یا نیکلی	در هوا	۱۰۵	۶۵
		در SF_6	۱۰۵	۶۵
		در روغن	۹۰	۵۰
	مس یا آلیاژ مس با روکش قلع	در هوا	۹۰	۵۰
		در SF_6	۹۰	۵۰
		در روغن	۹۰	۵۰
اتصالات	مس یا آلیاژ مس یا آلیاژ آلومینیوم بدون روکش	در هوا	۹۰	۵۰
		در SF_6	۱۱۵	۷۵
		در روغن	۱۰۰	۶۰
	مس یا آلیاژ مس یا آلیاژ آلومینیوم با روکش نقره یا نیکل	در هوا	۱۱۵	۷۵
		در SF_6	۱۱۵	۷۵
		در روغن	۱۰۰	۶۰
	مس یا آلیاژ مس یا آلیاژ آلومینیوم با روکش قلع	در هوا	۱۰۵	۶۵
		در SF_6	۱۰۵	۶۵
		در روغن	۱۰۰	۶۰
مواد عایقی مورد استفاده برای عایق‌کاری	کلاس مواد عایقی	y	۹۰	۵۰
		A	۱۰۵	۶۵
		E	۱۲۰	۸۰
		B	۱۳۰	۹۰
		F	۱۵۵	۱۱۵
		H	۱۸۰	۱۴۰
	لعابی[1]	روغنی	۱۰۰	۶۰
		مصنوعی	۱۲۰	۸۰
ترمینال‌های اتصال به هادی‌های خارجی		بدون روکش	۹۰	۵۰
		باروکش نقره یا نیکل یا قلع	۱۰۵	۶۵
اجزای قابل دسترس		قابل لمس در حالت عادی	۷۰	۳۰
		غیر قابل لمس در حالت عادی	۸۰	۴۰
روغن کلیدهای روغنی			۹۰	۵۰
بخش‌های فلزی یا عایقی کنتاکت‌های داخل روغن به غیر از کنتاکت‌های اصلی			**۱۰۰**	**٦۰**

[1] - Enamel

۵-۳-۳-۷ جریان قطع اتصال کوتاه نامی

کلید قدرت بایستی توانایی قطع جریان اتصال کوتاه متقارن را داشته باشد. این جریان با توجه به سطح اتصال کوتاه محل نصب کلید محاسبه شده و شامل دو مولفه AC و DC می‌باشد.

طبق استاندارد IEC 62271-100 مولفه AC جریان اتصال کوتاه بایستی یکی از مقادیر سری R10 از استاندارد IEC 60059 انتخاب گردد، همچنین از مولفه DC در صورتی که کمتر از ۲۰ درصد باشد می‌توان صرف‌نظر کرد.

مولفه DC برحسب درصد توسط رابطه (۵-۳) محاسبه می‌گردد.

$$\text{درصد مولفه DC} = ۱۰۰ e^{-\frac{T_{op}+T_r}{\tau}} \qquad (۵-۳)$$

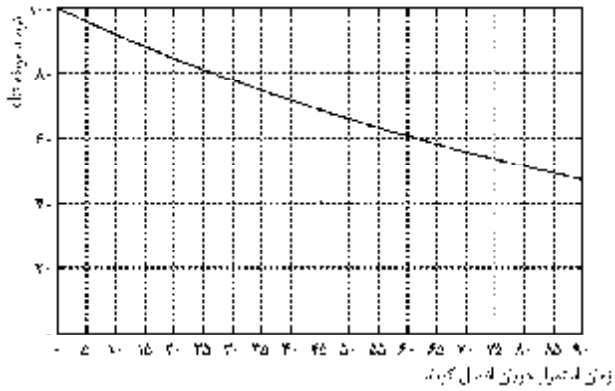
که در رابطه بالا:

T_{op}: حداقل زمان مورد نیاز برای باز شدن کلید می‌باشد و توسط کارخانه سازنده ارایه می‌شود. [ms]

T_r: زمانی برابر با نصف پریود فرکانس نامی می‌باشد. [ms]

τ: برای شبکه‌های فشار متوسط ۱۲۰ میلی ثانیه در نظر گرفته می‌شود.

ثابت زمانی τ به رفتار اندوکتانس و مقاومت شبکه $\left(\frac{L}{R}\right)$ بستگی دارد. منحنی تغییرات مولفه DC (برحسب درصد) نسبت به $T_{op} + T_r$ در شکل (۵-۲) نشان داده شده است.



شکل ۵-۲- منحنی تغییرات مولفه DC برحسب درصد نسبت به زمان عملکرد

۵-۳-۳-۸ کلیدزنی جریان‌های خازنی

هنگام کلیدزنی خطوط بدون بار، خطوط کابلی و بانک‌های خازنی جریان‌های گذرای ناشی از خاصیت خازنی بار در بین کنتاکت‌های کلید قدرت بوجود می‌آید.

مقادیر استاندارد جریان‌های خازنی عبوری از کلید قدرت در حالات مختلف کلیدزنی بارهای خازنی در جدول (۵-۷) آمده است.

جدول ۵-۷- مقادیر استاندارد جریان‌های گذرای عبوری از کلید به هنگام کلیدزنی جریان‌های خازنی

ولتاژ نامی U_r (kV)	خط	کابل	بانک خازنی تکی	بانک‌های خازنی پشت‌به‌پشت		
	جریان نامی قطع شارژ خط (A موثر)	جریان نامی قطع شارژ کابل (A موثر)	جریان نامی قطع (A موثر)	جریان نامی قطع (A موثر)	جریان هجومی وصل (A موثر)	فرکانس جریان هجومی (Hz)
۱۲	۱۰	۲۵	۴۰۰	۴۰۰	۲۰	۴۲۵۰
۲۴	۱۰	۳۱/۵	۴۰۰	۴۰۰	۲۰	۴۲۵۰
۳۶	۱۰	۵۰	۴۰۰	۴۰۰	۲۰	۴۲۵۰

طبق استاندارد IEC 62271-100 کلیدهای قدرت براساس توانایی کلیدزنی از نظر قطع جریان‌های خازنی به دو کلاس به شرح زیر تقسیم می‌شوند.

کلاس C۱: کلیدهایی که به هنگام کلیدزنی جریان خازنی احتمال آسیب‌دیدگی آنها کم است.

کلاس C۲: کلیدهایی که به هنگام کلیدزنی جریان خازنی احتمال آسیب‌دیدگی آنها خیلی کم است.

کلیدهای قدرت کلاس C۲ را می‌توان به جای کلیدهای قدرت کلاس C۱ به کار گرفت.

۵-۳-۳-۹ جریان استقامت کوتاه مدت نامی (I_K)

کلید قدرت و تجهیزات آن بایستی توانایی تحمل جریان‌های ناشی از اتصال کوتاه را در مدت زمان محدود داشته باشند. طبق استاندارد IEC 62271-100 این جریان با توجه به سطح اتصال کوتاه محل نصب کلید و احتمال عبور جریان‌های اتصال کوتاه از آن بایستی یکی از جریان‌های سری R10 از استاندارد IEC 60059 انتخاب شود. زمان مجاز عبور این جریان ۱ تا ۳ ثانیه می‌باشد.

۵-۳-۳-۱۰ پیک جریان استقامت کوتاه مدت (I_p)

این جریان طبق استاندارد IEC 62271-100 بایستی با توجه به فرکانس شبکه قدرت برای شبکه‌های ۵۰ هرتز ۲/۵ برابر استقامت کوتاه مدت نامی کلید انتخاب گردد. در واقع این جریان پیک جریان لحظه‌ای گذرنده از کلید را به هنگام اتصال کوتاه مشخص می‌نماید.

۵-۳-۳-۱۱ زمان استمرار اتصال کوتاه (t_k)

این پارامتر مدت زمان قابل تحمل توسط کلید را به هنگام عبور جریان اتصال کوتاه نشان می‌دهد. طبق استاندارد IEC 62271-100 مقدار متعارف زمان استمرار اتصال کوتاه ۱ ثانیه در نظر گرفته می‌شود. طبق همین استاندارد مقادیر ۰/۵، ۲ و یا ۳ ثانیه نیز در صورت لزوم می‌توانند برای این زمان انتخاب گردند.

۵-۳-۳-۱۲ سطوح ولتاژ دستگاه‌های کمکی و اجزای جانبی کلیدهای قدرت

سطوح ولتاژ استاندارد مورد استفاده برای تغذیه مدارات جانبی و کمکی کلید به شرح ذیل می‌باشند.

سطوح ولتاژ DC:

۲۲۰ و ۱۱۰ ، ۶۰ ، ۴۸ ، ۲۴ [V]

سطوح ولتاژ AC تک‌فاز:

۳۴۷ و ۲۷۷ ، ۲۴۰ ، ۲۳۰ ، ۲۲۰ ، ۱۲۰ [V]

سطوح ولتاژ AC سه‌فاز:

۳۴۷/۶۰۰ و ۲۷۷/۴۸۰ ، ۲۴۰/۴۱۵ ، ۲۳۰/۴۰۰ ، ۲۲۰/۳۸۰ ، ۱۲۰/۲۰۸ [V]

که ۱۲۰/۲۰۸ نشان دهنده ۱۲۰ ولت فاز به نول و ۲۰۸ ولت فازبه‌فاز می‌باشد.

تغییرات ولتاژ مدارات جانبی بین ۸۵ تا ۱۱۰ درصد مجاز می‌باشد، البته دستگاه‌های جانبی کلید بایستی توانایی کارکرد صحیح در این محدوده را دارا باشند. همچنین فرکانس تغذیه مدارات جانبی AC ۵۰ هرتز، و ریپل ولتاژ DC بایستی کمتر از ۵ درصد باشد.

۵-۳-۳-۱۳ توالی عملکرد نامی

یکی از مشخصات تعیین کننده کلیدهای قدرت توالی عملکرد آنها می‌باشد. طبق استاندارد IEC 62271-100 دو نوع توالی عملکرد کلیدهای قدرت به شرح ذیل می‌باشند.

الف- $o - t - co - t' - co$

ب- $co - t'' - co$

که در عملکردهای بالا:

o: نشان دهنده عمل باز شدن کلید

co: نشان دهنده عمل بسته و باز شدن کلید بدون فاصله زمانی بین دو عملکرد

t : برای کلیدهای با وصل سریع مجدد ۰/۳ ثانیه و برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۳ دقیقه انتخاب می‌شود.

t': برای کلیدهای با وصل سریع مجدد ۱۵ ثانیه و یا ۱ دقیقه و برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۳ دقیقه انتخاب می‌شود.

t'': برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۱۵ ثانیه انتخاب می‌شود.

۵-۳-۳-۱۴ تعداد عملکرد مکانیکی

تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس تعداد عملکرد مکانیکی قطع و وصل طبق استاندارد IEC 62271-100 در جدول (۵-۸) آمده است.

جدول ۵-۸- تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت براساس تعداد عملکرد مکانیکی

کلاس	تعداد عملکرد
کلاس M۱	۲۰۰۰ بار
کلاس M۲	۱۰۰۰۰ بار

۵-۳-۳-۱۵ مشخصات روغن در کلیدهای روغنی

سازنده کلید قدرت بایستی کمیت و کیفیت روغن به کار رفته در کلید قدرت را مشخص کند و به هنگام ساخت کلید امکان تعویض روغن در نظر گرفته شود. روغن به کار رفته در کلید قدرت بایستی مطابق با استاندارد IEC 60296 تهیه گردد. همچنین کلیدهای روغنی بایستی به تجهیزاتی به شرح ذیل تجهیز گردند.

- نشان دهنده حداقل و حداکثر سطح روغن
- درپوش مخصوص پر کردن روغن
- دریچه تخلیه روغن

۵-۳-۳-۱۶ مشخصات گاز در کلیدهای گازی

در کلیدهای گازی و در کلیدهایی که مکانیزم عملکرد آنها توسط فشار هوا می‌باشد، فشار گاز طبق استاندارد IEC 62271-100 بایستی یکی از مقادیر ذیل باشد.

۰/۵ ، ۱ ، ۱/۵ ، ۲ ، ۳ و ۴ [Mpa]

فشار گاز داخل محفظه بایستی طوری باشد تا چگالی گاز در محدوده مجاز خود برای حفظ خاصیت عایقی‌اش در دمای کاری ۵- تا ۲۰ درجه سانتیگراد تامین گردد. گاز SF_6 مورد نیاز برای کلیدهای قدرت بایستی طبق استاندارد IEC 60376 تهیه گردد.

۵-۳-۳-۱۷ مشخصات کلیدهای خلاء

محفظه قطع کلید خلاء بایستی از استحکام کافی جهت تحمل فشارهای بیرونی برخوردار باشد. انتشار اشعه X بایستی در حداقل مقدار خود نگه داشته شود و نرخ یون منتشره در معرض ولتاژ نامی با فرکانس شبکه برای نقطه‌ای در فاصله ۵ سانتیمتری از سطح محفظه قطع کمتر از ۰/۵ میلی رونتگن بر ساعت باشد.

۵-۳-۳-۱۸ زمین کردن اجزای کلیدخانه

بدنه کلیدهای قدرت، تجهیزات کمکی و مدارات کنترلی بایستی به ترمینال مناسب جهت اتصال به سیستم زمین مجهز شده باشد. این ترمینال بایستی توسط نوشته "زمین حفاظتی[1]" کاملا مشخص شده و با استفاده از نشانه[2] ۵۰۱۹ از استاندارد IEC 60417 نشان داده شود.

۵-۳-۳-۱۹ حفاظت کلیدهای قدرت در مقابل عوامل شیمیایی

بدنه و تجهیزات جانبی کلید قدرت جهت حفاظت از عوامل شیمیایی و محیطی مخرب بایستی از مواد مناسب ساخته شده و دارای پوشش مناسبی باشند تا کلید قدرت از توانایی کار در شرایط محیطی محل نصب برخوردار باشد.

۵-۳-۳-۲۰ حفاظت در مقابل تنش‌های الکتریکی

تجهیزات کمکی و کنترلی کلید قدرت بایستی در مقابل قطع و وصل مدار اصلی و تنش‌های الکتریکی ناشی از آن به خوبی حفاظت شوند. سیم‌های رابط بین اجزای مختلف مدارات کمکی و کنترلی کلید و نیز بین تجهیزات اندازه‌گیری و حفاظتی بایستی دارای روکش‌های مناسب بوده و یا توسط کانال‌های جداگانه از مدار اصلی کلید قدرت کاملا جدا شوند.

تجهیزات کمکی و کنترلی بایستی به گونه‌ای طراحی و نصب گردند که امکان دسترسی به آنها بدون خطر برخورد با قسمت‌های برقدار ولتاژ بالا وجود داشته باشد. به منظور حفاظت ادوات کمکی و کنترلی در مقابل عوامل محیطی مانند انباشته شدن برف، برخورد سنگ و شن ریزه و ... این تجهیزات باید در ارتفاعی بالاتر از سطح زمین نصب شوند.

۵-۳-۳-۲۱ حفاظت در مقابل خطرات آتش‌سوزی

همواره احتمال بروز آتش‌سوزی و حریق در اثر بروز خطاهای داخلی و یا خارجی و افزایش دمای اجزای کلید قدرت وجود دارد. جانمایی قطعات و اجزای داخل کلید و تجهیزات کمکی آن بایستی به گونه‌ای باشد که با ایجاد فاصله مناسب بین آنها احتمال وقوع آتش‌سوزی کاهش یابد.

---

[1] - Protective Earth

[2] - Symbol

۵-۳-۳-۲۲ نیازمندی‌های تجهیزات کمکی و کنترلی

– کابل‌ها و سیم‌ها: سطح مقطع و مشخصات کابل‌ها و سیم‌های هادی به کار گرفته شده در تجهیزات کلید قدرت بایستی مطابق با استاندارد IEC 60228 تهیه گردد. کابل‌ها و هادی‌ها براساس میزان جریان عبوری، افت ولتاژ، بار نامی ترانسفورماتورهای جریان و تنش‌های مکانیکی انتخاب می‌شوند.

– ترمینال‌ها: ترمینال‌های مخصوص اتصال سیم‌هایی با سطح مقطع گرد بایستی طبق استاندارد IEC 60947-1 طراحی و ساخته شوند. ترمینال اتصال هادی‌های حفاظتی با سطح مقطع گرد بایستی طبق استاندارد IEC 60947-7-2 طراحی و ساخته شود. نشانه‌گذاری روی ترمینال بایستی مطابق با استاندارد IEC 60445 انجام شود. کابل‌های ارتباطی بین دو ترمینال نبایستی به هم تابیده شوند. به هر ترمینال تنها باید یک کابل وصل شود. وصل چند رشته کابل به یک ترمینال تنها در صورتی که ترمینال به این منظور طراحی شده باشد جایز است.

– کلیدهای کمکی: کلیدهای کمکی بایستی متناسب با تعداد سیکل‌های مکانیکی و الکتریکی انتخاب گردند.

– کنتاکت‌های کمکی: از کنتاکت‌های کمکی برای نمایش حالات مختلف کلید قدرت استفاده می‌شود. تعداد عملکرد این کنتاکت‌ها به تعداد عملکرد مدار اصلی بستگی دارد. بنابراین با توجه به تعداد عملکرد کلید قدرت بایستی کنتاکت کمکی مناسب انتخاب گردد. کارخانه سازنده بایستی کلاس کنتاکت‌های کمکی را مشخص نماید. در جدول (۵–۹) مشخصات و کلاس‌بندی کنتاکت‌های کمکی طبق استاندارد IEC 62271-100 درج گردیده است. مشخصات سایر کنتاکت‌های به کار گرفته شده در مدارات کمکی و کنترلی کلید بایستی توسط کارخانه سازنده به خریدار ابلاغ گردد. این مشخصات شامل جریان دایمی کار کنتاکت و ظرفیت قطع آن می‌باشد.

جدول ۵–۹– کلاس‌بندی کنتاکت‌های کمکی با جریان d.c.

کلاس	جریان نامی دایمی	جریان استقامت ۳۰ میلی ثانیه	ظرفیت قطع	
			۱۱۰V ≤ U_a ≤ ۲۵۰V	≤ ۴۸
کلاس ۱	۱۰A	۱۰۰A	۴۴۰W	–
کلاس ۲	۲A	۱۰۰A	۲۲W	–
کلاس ۳	۲۰۰mA	۱A	–	۵۰mA

– رله‌ها: کلیه رله‌های انتخابی از لحاظ تعداد عملکرد، ولتاژ کاری و سایر مشخصات به کار گرفته شده در کلید قدرت بایستی مطابق با استاندارد IEC 61810-1 طراحی و ساخته شوند. رله‌های ترموالکتریک به کار رفته در مدار حفاظتی موتور بایستی مطابق با استاندارد IEC 60255-8 انتخاب گردد. کنتاکت‌های به کار گرفته شده در رله‌ها بایستی محدودیت‌های استاندارد IEC 60255-23 را تامین نماید.

– موتور: موتورهای الکتریکی به کار گرفته شده در کلید قدرت بایستی مطابق با استاندارد IEC 60034-1 انتخاب گردند.

– کنتاکت‌های راه‌انداز موتور: کنتاکتورهای AC و DC راه‌انداز موتور بایستی مطابق با استاندارد IEC 60947-4-1 انتخاب گردند. این کنتاکت‌ها بایستی توانایی تحمل جریان دایمی شرایط راه‌اندازی و جریان‌های گذرای موتور را دارا بوده و از حفاظت کافی در مقابل بار گذاری‌های اضافی موتور برخوردار باشند. همچنین کنترلرها و راه‌اندازهای نیمه هادی AC بایستی طبق استاندارد IEC 60947-4-2 انتخاب گردند.

– کلیدهای فشار ضعیف: کلیدهای مورد استفاده در مدارات کنترل موتور و مدارات کمکی بایستی مطابق با استاندارد-IEC 60947 3 ساخته شوند. کلیدهای کنترل دستی (به عنوان مثال کلیدهای فشاری، کلیدهای چرخان و . . .) بایستی مطابق با استاندارد IEC 60947-5-1 ساخته شوند. رنگ و سمبل‌های پیشنهادی برای این کلیدها در استاندارد IEC 60073، آمده است.

– فیوزهای فشار ضعیف: فیوزهای فشار ضعیف بایستی مطابق با استاندارد IEC 60269-1 تهیه گردد.

– سکسیونرهای ولتاژ پایین: این سکسیونرها بایستی مطابق با استاندارد IEC 60947-3 طراحی و ساخته شوند.

– المنت گرمایش: از این المنت در کلیدهای بسته استفاده می‌شود. حرارت تولیدی توسط این المنت نبایستی باعث افزایش درجه حرارت اجزای کلید قدرت از حدود مندرج در جدول (۵–۴) گردد.

– اندازه‌گیرها: آمپرمترها و ولتمترهای به کار گرفته شده در ساختمان کلید بایستی مطابق با استاندارد IEC 60051-2 ساخته شوند. فرکانس‌متر بایستی مطابق با استاندارد IEC 60051-4 ساخته شود. اندازه‌گیر ضریب قدرت منتخب بایستی محدودیت‌های استاندارد IEC 60051-5 را به طور کامل تامین نماید.

– چراغ‌های نمایش‌گر: چراغ‌های نمایش‌گر جهت استفاده در مدارات کنترلی باید طبق استاندارد IEC 60947-5-1 انتخاب شوند. رنگ و نشانه‌های گرافیکی پیشنهادی این چراغ‌ها به ترتیب در استانداردهای IEC 60073 و IEC 60417 آمده است.

– سوکت‌ها و رابط‌ها: این سوکت‌ها و رابط‌ها برای انواع داخلی و خارجی کلیدهای قدرت بایستی به ترتیب مطابق با استانداردهای IEC 60309-1 و IEC 60309-2 انتخاب شوند.

– بردهای مدار چاپی: بردهای مدار چاپی جهت نصب اجزای الکترونیکی مانند رله‌ها بایستی مطابق با استاندارد IEC 60326 اجرا شوند.

– مقاومت‌ها: مقاومت‌های قدرت با توان بیشتر از یک وات و کمتر از ۱۰۰۰ وات بایستی مطابق با استاندارد IEC 60115-4 انتخاب شوند. پتانسیومترها باید مطابق با استاندارد IEC 60393-1 به کار گرفته شوند.

– روشنایی: در برخی از کلیدهای قدرت مجهز به کلیدهای فشاری، هندل‌ها و ... جهت عملکرد دستی باید روشنایی مناسب برای کار در شب و در نقاط تاریک اندیشیده شود. لامپ‌های فلورسنت و لامپ‌های رشته‌ای به کار رفته در سیستم روشنایی بایستی به ترتیب مطابق با استانداردهای IEC 60081 و IEC 60064 انتخاب شوند.

– سیم‌پیچ‌ها: سیم‌پیچ‌ها باید توسط کارخانه سازنده به گونه‌ای طراحی و ساخته شوند که محدودیت‌های دمایی و عایقی آنها جهت کار در شرایط مختلف تامین گردد.

۵-۳-۳-۲۳ عملکرد ذخیره‌سازهای انرژی

میزان انرژی ذخیره شده در سیستم قطع و وصل کلید بایستی به گونه‌ای باشد تا کلید قدرت بتواند در حداکثر زمان تعیین شده توسط کارخانه سازنده باز و یا بسته گردد.

در صورت استفاده از سیستم بادی و یا روغنی برای باز و بستن کلید قدرت بایستی محدودیت‌های زیر رعایت گردد.

الف- در صورت استفاده از منبع بادی یا روغنی خارجی فشار گاز و یا روغن نبایستی از مقدار نامی ۱۱۰ درصد بیشتر و ۸۵ درصد کمتر شود.

ب- محدوده عملکرد و مشخصات کمپرسور یا پمپ مورد استفاده در داخل کلید قدرت و یا در دستگاه عمل کننده آن بایستی توسط کارخانه سازنده ارایه گردد.

در صورت استفاده از سیستم فنری جهت عملکرد کلید قدرت نبایستی قبل از شارژ کامل فنر کنتاکت‌های کلید قدرت از حالت باز خود جابجا شوند. به عبارت دیگر تنها در صورت شارژ کامل فنر می‌توان دستور باز و یا بستن را صادر کرد.

در صورت استفاده از سیستم دستی جهت شارژ فنر بایستی جهت صحیح چرخش هندل مربوطه مشخص شده باشد. مطابق با استاندارد IEC 62271-100 حداکثر نیروی لازم جهت چرخش فنر نیز نبایستی بیشتر از ۲۵۰ نیوتن باشد.

در صورت استفاده از موتور الکتریکی جهت شارژ فنر طبق استاندارد IEC 62271-100 موتور انتخابی بایستی توانایی کارکرد در ۸۵ تا ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی با فرکانس نامی (در صورت انتخاب موتور a.c.) را دارا باشد.

۵-۳-۳-۲٤ رله‌ها

رله‌های حفاظتی مورد استفاده جهت صدور فرمان به کلید قدرت و تجهیزات جانبی موردنیاز را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد.

- رله‌های موازی بستن: این رله‌ها بایستی توانایی کار با ۸۵ تا ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی مدار بستن کلید را دارا باشند.
- رله‌های موازی بازکردن: این رله‌ها بایستی توانایی کار در شرایط نامی و غیر عادی ناشی از اتصال کوتاه را دارا بوده و در ۸۵ (۷۰ برای موارد DC) تا ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی مدارات کمکی کلید توانایی عملکرد داشته باشد.
- خازن عمل کننده رله‌ها: این خازن به همراه مدار یکسو ساز به صورت موازی با رله‌های DC نصب می‌شود و بایستی توانایی تامین ولتاژ مورد نیاز رله‌ها را به مدت ۵ ثانیه بعد از قطع برق مدارات کمکی کلید داشته باشد.
- رله‌های افت ولتاژ: اگر ولتاژ رله‌ها به کندی و آرامی کاهش یافته و از ۳۵ درصد مقدار نامی کمتر شود، این رله عمل کرده و کلید قدرت را باز می‌کند. وصل مجدد کلید قدرت منوط به افزایش ولتاژ به ۸۵ درصد مقدار نامی می‌باشد.

لازم به ذکر است رله‌های AC بایستی توانایی کار در فرکانس نامی ۵۰ هرتز را داشته باشند.

۵-۳-۳-۲۵ نشان دهنده و اعلام کننده افزایش یا کاهش فشار گاز

در کلیدهای قدرت گازی و کلیدهایی که مکانیزم عملکردشان با سیستم هوای فشرده است و فشار گاز یا هوا در آنها بیشتر از ۰/۲ مگاپاسکال باشد، باید فشار (و یا چگالی) گاز به طور دایم و یا به صورت دوره‌ای اندازه‌گیری و کنترل شود. در صورت افزایش و یا کاهش فشار گاز از حدود مندرج در بند (۵-۳-۴-۲۳-الف) باید هشدارهای مناسب توسط چراغ‌های سیگنال و آلارم‌ها داده شود. در کلیدهایی که فشار گاز در آنها کمتر از ۰/۲ مگا پاسکال می‌باشد نصب این تجهیزات منوط به توافق بین سازنده و خریدار است.

۵-۳-۳-۲۶ لوازم و دستگاه‌های قفل داخلی

از این لوازم برای ایجاد ارتباط بین اجزای داخلی کلیدخانه جهت کارکرد صحیح و حفظ سلامت آنها استفاده می‌شود (مانند ارتباط بین کلید قدرت و کلید زمین جهت عملکرد کلید زمین بعد از قطع کلید قدرت). این تجهیزات با توافق بین سازنده و خریدار برروی کلید قدرت اضافه می‌گردد.

۵-۳-۳-۲۷ نشان دهنده موقعیت

با توجه به عدم امکان مشاهده کنتاکت‌های اصلی کلید قدرت از نشان دهنده مناسب جهت نمایش موقعیت کنتاکت‌ها استفاده می‌شود. رنگ و نحوه نشان دادن موقعیت باز، بسته و یا اتصال به زمین (در موارد خاص) بایستی طبق استاندارد IEC 60073 انتخاب گردد.

طبق استاندارد IEC 60417 باید از نشانه IEC -5007- a 417 جهت نشان دادن وضعیت بسته و از نشانه IEC -5008-a 417 جهت نشان دادن موقعیت باز استفاده شود.

۵-۳-۳-۲۸ درجه حفاظت بدنه

بدنه اصلی کلید قدرت و نیز بدنه و محفظه دستگاهها و ادوات کمکی آن بایستی در مقابل نفوذ اشیاء و اجسام خارجی به‌طور کامل محافظت شوند. همچنین در کلیدهای کلاس خارجی تمهیدات لازم به منظور جلوگیری از نفوذ آب باران و عوامل جوی اندیشیده شود. برروی کلیدهای قدرت بایستی یکی از درجه‌های حفاظت طبق جدول (۵-۱۰) مشخص گردد.

جدول ۵-۱۰- درجه حفاظت در مقابل ورود اشیاء خارجی

درجه حفاظت	حفاظت در مقابل ورود اشیاء خارجی جامد
IP۱ x B	اشیای خارجی با قطر ۵۰ میلیمتر و بیشتر
IP۲ x	اشیای خارجی با قطر ۱۲/۵ میلیمتر و بیشتر
IP۳ x	اشیای خارجی با قطر ۲/۵ میلیمتر و بیشتر
IP۴ x	اشیای خارجی با قطر ۱ میلیمتر و بیشتر
IP۵ x	گرد و غبار

۵-۳-٤ مراحل طراحی و انتخاب

با توجه به مطالعات و بررسی‌های بخش‌های قبلی مراحل طراحی و انتخاب کلید قدرت را می‌توان به صورت ذیل برشمرد.

گام اول: شرایط بهره‌برداری طبق بند (۵-۳-۲)

گام دوم: انتخاب نوع کلید قدرت با توجه به خواسته‌های مشتری و معیارهای ارایه شده در بند (۵-۳-۳-۱)

گام سوم: انتخاب ولتاژ و فرکانس نامی و تعیین سطوح عایقی مناسب طبق بندهای (۵-۳-۳-۲) تا (۵-۳-۳-۴)

گام چهارم: تعیین مقدار TRV کلید قدرت طبق بند (۵-۳-۳-۵)

گام پنجم: تعیین جریان نامی کلید قدرت و ملاحظات مربوط به افزایش دما طبق بند (۵-۳-۳-۶)

گام ششم: تعیین جریان‌های اتصال کوتاه نامی و جریان‌های خازنی و میزان استقامت کلید در مقابل جریان‌های گذرا طبق بندهای (۵-۳-۳-۷) تا (۵-۳-۳-۱۱)

گام هفتم: تعیین سطوح ولتاژ دستگاه‌های کمکی و جانبی طبق بند (۵-۳-۳-۱۲)

گام هشتم: تعیین توالی عملکرد نامی و تعداد عملکرد مکانیکی طبق بندهای (۵-۳-۳-۱۳) و (۵-۳-۳-۱۴)

۵-۳-۵ پلاک مشخصات

پلاک مشخصات بایستی برروی کلید قدرت و دستگاه‌های جانبی آن و در معرض دید نصب گردد. پلاک باید حاوی اطلاعاتی به شرح ذیل باشد.

- نام کارخانه سازنده
- شماره سریال کلید قدرت
- ولتاژ نامی برحسب کیلوولت
- ولتاژ استقامت در مقابل ضربه صاعقه برحسب کیلوولت
- ولتاژ استقامت در مقابل ضربه کلیدزنی برحسب کیلوولت
- فرکانس نامی برحسب هرتز
- جریان نامی برحسب آمپر
- جریان قطع اتصال کوتاه برحسب کیلوآمپر
- مدت زمان تحمل جریان اتصال کوتاه (در صورتی که بیشتر از یک ثانیه باشد) برحسب ثانیه
- فشار گاز برای کلیدهای با مکانیزم گازی برحسب مگاپاسکال
- ولتاژ نامی دستگاه‌های کمکی برحسب ولت
- ولتاژ نامی دستگاه‌های قطع و وصل کننده کلید برحسب ولت
- فرکانس کار نامی دستگاه‌های کمکی برحسب هرتز
- وزن همراه با روغن برای کلیدهای روغنی برحسب کیلوگرم

- کلاس دمایی کلید
- توالی عملکرد نامی
- سال ساخت کلید

۵-۳-۶ مدارک فنی

در هنگام سفارش کلید قدرت بایستی اطلاعات مندرج در جداول (۵-۱۱) و (۵-۱۲) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردند.

جدول ۵-۱۱- مشخصات اصلی کلید قدرت (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	`
۱	اطلاعات عمومی شبکه	
۱-۱	ولتاژ نامی (kV)	
۱-۲	حداکثر ولتاژ کار نامی (kV)	
۱-۳	فرکانس نامی (Hz)	
۱-۴	نوع زمین کردن نوترال شبکه	
۱-۵	ضریب قدرت	
۲	شرایط بهره‌برداری	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا (m)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۲-۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت (°C)	
۲-۴	حداقل دما (°C)	
۲-۵	رطوبت نسبی محیط (%)	
۲-۶	شتاب زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	
۲-۷	میزان آلودگی محیط	
۳	نوع کلید (کم روغن ـ SF_6 ـ خلاء)	
۴	ثابت/کشویی	
۵	کلاس نصب (داخلی/خارجی)	
۶	ولتاژ استقامت عایقی در مقابل صاعقه درشرایط استاندارد (kV-پیک)	
۷	ولتاژ استقامت عایقی یک دقیقه در برابر ولتاژ با فرکانس قدرت (kV-موثر)	
۸	جریان نامی دایم در شرایط استاندارد (kA)	
۹	جریان نامی قطع اتصال کوتاه (kA)	
۱۰	ترتیب عملکرد نامی	
۱۱	زمان استمرار اتصال کوتاه (s)	

ادامه جدول ۵-۱۱-

ردیف	توضیحات	`
۱۲	نحوه شارژ فنر (موتوری/دستی)	
۱۳	مناسب برای بستن و باز کردن از دور به طور الکتریکی	
۱۴	سطح ولتاژ موتور (V)	
۱۵	سطح ولتاژ گرمکن (V)	
۱۶	سطح ولتاژ مدارهای کنترل (V)	
۱۷	تعداد کنتاکت‌های کمکی به طور عادی باز یا بسته	

جدول ۵-۱۲- مشخصات فنی کلید قدرت (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام سازنده	
۱-۳	تیپ و علامت مشخصه	
۱-۴	استاندارد مورد استفاده	
۱-۵	نوع کلید (خلاء، SF_6،کم روغن)	
۱-۶	کلاس محل نصب (داخلی/خارجی)	
۲	داده‌های عایقی و ولتاژی	
۲-۱	ولتاژ نامی (kV)	
۲-۲	فرکانس نامی (Hz)	
۲-۳	ولتاژ استقامت عایقی نامی در مقابل صاعقه (kV-پیک)	
۲-۴	ولتاژ استقامت عایقی نامی به مدت یک دقیقه با فرکانس شبکه (kV-پیک)	
۲-۵	ارتفاع نصب (m)	
۳	داده‌های جریان	
۳-۱	جریان نامی (kA)	
۳-۲	جریان اتصال کوتاه به مدت الف- یک ثانیه (kA) ب- سه ثانیه (kA)	
۳-۳	جریان قطع اتصال کوتاه نامی (kA)	
۳-۴	درصد جریان مستقیم قطع (%)	
۴	مشخصه‌های عمل	
۴-۱	ترتیب عملکرد نامی	
۴-۲	زمان قطع (s)	

ادامه جدول ۵-۱۲-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۳-۴	زمان وصل (s)	
۴-۴	جنس قسمت‌های هدایت کننده جریان	
۵-۴	تعداد دفعات قطع و باز شدن کلید در ۵۰ درصد جریان نامی ۱۰۰ درصد جریان نامی ۵۰ درصد جریان قطع اتصال کوتاه ۱۰۰ درصد جریان قطع اتصال کوتاه	
۵	مکانیزم عملکرد	
۱-۵	نوع مکانیزم	
۲-۵	عملکرد (موتوری/دستی)	
۳-۵	ولتاژ کار سیستم عملکرد (V)	
۴-۵	توان موتور (W)	
۵-۵	حداکثر جریان مورد نیاز راه‌اندازی و جریان ترمز موتور در ولتاژ نامی (A)	
۶-۵	سطح ولتاژ گرمکن (V)	
۷-۵	توان مصرف گرمکن (W)	
۸-۵	رله برقی از راه دور (دارد/ندارد)	
۹-۵	جریان رله بستن (A)	
۱۰-۵	ولتاژ رله بستن (V)	
۱۱-۵	جریان رله باز کردن (A)	
۱۲-۵	ولتاژ رله باز کردن (V)	
۱۳-۵	نوع فنر قطع	
۱۴-۵	نوع فنر وصل	
۱۵-۵	زمان مورد نیاز برای شارژ کامل فنر (s)	
۶	کلیدهای کمکی	
۱-۶	تعداد کنتاکت‌های باز در دسترس	
۲-۶	تعداد کنتاکت‌های بسته در دسترس	
۳-۶	ولتاژ نامی (V)	
۴-۶	جریان دایم نامی (A)	
۵-۶	جنس کنتاکت‌ها	
۶-۶	حداکثر جریان کوتاه مدت مجاز (A)	
۷	کلیدهای SF_6	
۱-۷	فشار نامی گاز (Pa)	

ادامه جدول ۵-۱۲-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۷-۲	حداقل فشار مجاز گاز (Pa)	
۷-۳	حجم کل گاز در هر پل (Li)	
۷-۴	حداکثر نشت گاز کلید برای یک سال (%)	
۷-۵	صورت مخصوص و تجهیزات مورد نیاز برای راه‌اندازی و تعمیرات	
۷-۶	نام کارخانه سازنده و کشور تامین کننده گاز SF_6	
۸	کلیدهای خلاء	
۸-۱	حداکثر فشار مجاز (Pa)	
۸-۲	انتشار اشعه x در ولتاژ AC، اندازه‌گیری شده در فاصله ۵ سانتیمتری از سطح (Mr/h)	
۹	کلیدهای کم روغن	
۹-۱	حجم روغن درهر پل (Li)	
۹-۲	حداکثر فشار در محفظه قطع در اثنای خاموش شدن قوس (N/m^2)	
۹-۳	جرم روغن (kg)	
۱۰	ابعاد و وزن کلید	
۱۰-۱	وزن (kg)	
۱۰-۲	طول × عرض × ارتفاع (mm × mm × mm)	
۱۰-۳	حداکثر ابعاد حمل (mm × mm × mm)	
۱۰-۴	وزن کل کلید (kg)	
۱۱	نصب و نگهداری	
۱۲	اتصالات	
۱۳	تعمیرات دوره‌ای (ماه)	

۵-۳-۷ آزمون‌ها

آزمون‌های کلیدهای قدرت طبق استاندارد IEC 62271-100 عبارت از موارد به شرح ذیل می‌باشد.

الف- آزمون‌های جاری

- آزمون‌های عایقی مدار اصلی
- آزمون‌های عایقی مدارات کمکی و کنترلی
- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی و حداکثر افزایش دما
- آزمون‌های جریان‌های استقامت کوتاه مدت و پیک جریان استقامت
- آزمون‌های درجه حفاظت بدنه
- آزمون‌های مکانیکی

- آزمون‌های محیطی

ب- آزمون‌های نوعی

- آزمون استقامت دی‌الکتریک مدار اصلی
- آزمون‌های مدارات کمکی و کنترلی
- آزمون‌های نوعی اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی مدار اصلی
- آزمون‌های ضخامت
- بررسی‌های صوری و بصری

۵-۳-۸ آیین‌کار و روش‌های اجرایی

حمل و نقل، نگهداری، نصب، بهره برداری و تعمیرات دوره‌ای کلیدها باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده صورت گیرد. دستورالعمل‌های مربوط به حمل و نقل و نگهداری باید در زمان مناسب قبل از تحویل کلید و دستورالعمل‌های نصب، بهره برداری و تعمیرات باید در زمان تحویل کلید توسط سازنده ارایه گردد.

۵-۳-۸-۱ شرایط حین حمل ونقل، نگهداری و نصب کلید

در مواردی که شرایط محیطی از قبیل دما و رطوبت ذکر شده در فرم سفارش کلید در طول حمل و نقل، نگهداری و نصب کلید تضمین نشده باشد باید یک توافق ویژه در این زمینه بین سازنده و خریدار صورت گیرد. قبل از بهره برداری کلید بایستی احتیاط لازم جهت محافظت از عایق‌بندی کلید حین حمل و نقل، نگهداری و نصب صورت گیرد.

۵-۳-۸-۲ نصب

دستورالعمل ارایه شده توسط سازنده برای نصب کلید باید حداقل شامل موارد به شرح زیر باشد.

- نکات ایمنی هنگام باز کردن بسته‌بندی و حرکت دادن کلید
- نحوه قرار گرفتن کلید و تجهیزات کمکی و کنترلی آن به همراه جزییات کامل محل و پایه‌های قرارگیری کلید
- اتصالات شامل نحوه اتصالات ترمینال‌های کلید، مدارهای کمکی، ابعاد و نحوه اتصالات لوله‌های روغنی یا گاز و اتصال زمین
- بازرسی‌ها و آزمون‌های لازم پس از نصب کلید جهت ارزیابی عملکرد صحیح، تنظیمات (در صورت وجود) و معاینه نهایی آن پیش از بهره‌برداری

پـس از نـصب و وصـل کـردن اتصالات کلید باید آزمون‌هایی بر روی آن انجام شود. هدف از این آزمون‌ها بررسی صدمه ندیدن کلـید در حـین حمل و نقل و نگهداری است. این آزمون‌ها بایستی توسط سازنده و یا خریدار مطابق دستورات سازنده صورت گرفته و نتایج آن در گزارش آزمون ارایه گردد.

۵-۳-۸-۳ بهره برداری

دستورالعمل بهره‌برداری سازنده باید شامل اطلاعات به شرح زیر باشد.

- توصـیف عمومـی تجهیزات با تکیه بر مشخصات فنی به طوری که خریدار درک صحیحی از اساس عملکرد کلید داشته باشد.
- توصیف طرح‌های ایمنی و عملکرد تجهیزات اینترلاک
- توضیحات مناسب برای عملکرد صحیح عایق‌بندی، سیستم زمین و سایر تجهیزات کلید

۵-۳-۸-٤ تعمیرات و بازرسی

الف- سازنده باید یک راهنمای تعمیرات شامل اطلاعات زیر ارایه نماید.

- دوره‌های زمانی تعمیرات: برای مشخص کردن این مورد باید تعداد عملکرد کلید به همراه جریان وصل یا قطع شونده که پـس از آن بایـد تعمیـرات انجـام گیرد مشخص گردد. همچنین فاصله‌های زمانی که کلید (مستقل از تعداد عملکرد) باید تحت تعمیر قرار گیرد مشخص شود. در مشخص کردن پارامترهای بالا باید شرایط محیطی نیز ذکر شود.
- جـزییات عمـل تعمیـر شامل: مکان پیشنهادی برای تعمیر، روند بازرسی، آزمایش و معاینه کامل کلید، مراجع، نقشه‌ها و شماره قطعات، استفاده از وسایل و تجهیزات مخصوص، احتیاطات لازم هنگام تعمیر و روش روغن کاری کلید
- نقشه‌های جامع جزییات قطعات قابل تعمیر کلید با مشخصات مربوطه
- محدوده مقادیر مجاز چگالی و فشار، زمان‌های عملکرد، مقاومت مدار اصلی، مشخصات روغن یا گاز کلید و...
- مشخـصات مـواد کمکـی از قبـیل گـریس، روغـن و مـواد پاک کننده جهت سرویس کلید و هشدارهای مربوط به عدم سازگاری این مواد با یکدیگر
- فهرست کامل وسایل مخصوص حرکت دادن کلید
- آزمون‌های پس از تعمیرات
- فهرست لوازم یدکی پیشنهادی و نحوه نگهداری آنها
- تخمین زمان تعمیرات برنامه ریزی شده

ب- سازنده بایستی مسئولیت در دسترس بودن لوازم یدکی مورد نیاز برای تعمیرات به مدت حداقل ۱۰ سال پس از تولید کلید را بپذیرد.

ج- مصرف‌کننده باید تعمیرات را انجام داده و اطلاعات کافی از جزییات کلید تحت تعمیر را در اختیار کارکنان قرار دهد.

د- مصرف‌کننده باید اطلاعات به شرح زیر را ثبت نماید.

- شماره سریال و نوع کلید
- تاریخ شروع بهره‌برداری از کلید
- نتایج کلیه اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌ها
- تاریخ انجام تعمیرات
- سابقه سرویس کلید با استفاده از شمارنده عملکرد کلید یا سایر نشان‌دهنده‌ها

ه- در صورت بروز نقص فنی برای کلید مصرف کننده باید یک گزارش نقص فنی به سازنده ارایه دهد.

و-گزارش نقص فنی کلید بایستی به منظور استاندارد کردن ثبت نقص فنی آن با اهداف به شرح زیر تهیه و تدوین گردد.

- توصیف نقص فنی با به کار گیری اصطلاحات و تعاریف مشترک
- فراهم نمودن اطلاعات آماری
- فراهم کردن یک پسخورد معنی دار به سازنده برای بهبود کیفیت کلیدها

گزارش نقص فنی باید شامل موارد زیر باشد.

- مشخصه‌های کلید دچار نقص فنی
- سابقه کلید(تاریخ بازرسی کلید، تعداد کل عملکردهای کلید، تاریخ بروز نقص فنی، زمان آخرین و...)
- تنش‌هایی که در بروز نقص فنی دخالت داشته‌اند شامل شرایط محیطی نظیر: دما ، باد، باران، برف، یخبندان، آلودگی، صاعقه و...
- مبدا بروز نقص فنی (مکانیکی، الکتریکی، آب‌بندی) و علت آن (طراحی، دستورات غیر دقیق، نصب غیر صحیح، تعمیرات نادرست و...)
- نتایج ناشی از نقص فنی کلید(زمان خارج از مدار بودن کلید، مدت زمان تعمیر و ...)
- نقشه‌ها و طرح ها
- عکس قطعات دچار نقص فنی
- دیاگرام تک خطی
- نمودارها و جداول اطلاعات ثبت شده

۵-۳-۸-۵ بازرسی عمومی

معاینه کلی کلید همواره باید برای مشخص کردن هرگونه علامت خرابی، نشت روغن، هرگونه بوی ناشی از گرم شدن بیش از حد و هر صدای ناشی از تخلیه الکتریکی یا شل بودن قطعات کلید انجام گیرد. در صورت امکان باید تمام عایق های خارجی، مکانیزم عملکرد، اتصال زمین و دیگر بخش‌های قابل رویت برای تشخیص هر گونه حالت غیر عادی بررسی شوند. همچنین بی‌عیب بودن محفظه سلول کلید نیز باید بررسی شود. این بازرسی باید شامل بررسی پاکیزگی تجهیزات و محیط اطراف آنها، به خصوص هر

گـونه درزی کـه برای جلوگیری از نشت دود، گاز یا روغن ایجاد شده است باشد. پس از این معاینات توصیه می‌شود که چند بار کلید بـاز و بـسته شـود. چنانچه در حین بازرسی یک قطعه داخلی مشکوک پیدا شود باید تجهیزات کلید پیاده شده و آزمون‌های مربوط به قطعـه مـشکوک و همچنـین بازرسی صوری آن صورت گیرد. در چنین مواردی باید جهت دسترسی به قطعات داخلی کلید با سازنده مشورت شود.

کلید باید پس از وقوع هر خطا بازرسی شود. بازرسی کلید پس از اتصال کوتاه در سیستم باید شامل موارد به شرح زیر باشد.

- عایق‌ها و سایر بخش‌هایی که در معرض بخار فلز قرار دارند باید تمیز شده و ترک‌خوردگی، سوختگی و یا هر گونه صدمه دیگری بررسی شود.
- کنتاکت‌ها باید جهت بررسی سوختگی یا هر صدمه دیگر معاینه شده و در صورت لزوم تعمیر و یا تعویض شوند. همچنین تمیز بودن و جفت شدن کنتاکت ها باید بررسی شود.
- صحت مکانیزم عملکرد باید بررسی شده و روی تنظیمات و فواصل ایمنی پس از تعویض کنتاکت‌ها توجه خاص صورت گیرد.
- ساختار کلی کلید و مکانیزم عملکرد آن باید از لحاظ صدمات مکانیکی بازرسی گردد.
- پیش از بهره‌برداری مجدد از کلید بایستی ابتدا آزمون مقاومت عایقی و سپس آزمون بررسی عملکرد آن انجام گیرد.

نکاتی که در بازرسی انواع کلیدها باید مورد توجه قرار گیرد به شرح ذیل است.

الف- کلیدهای کم روغن

مـنافذ و مجاری عبور روغن از لحاظ جریان روان روغن و گاز باید بازرسی شوند. در صورت وجود اتصال و ارتباط بین بخش‌های ثابـت و متحـرک بایـد از سالم بودن آن اطمینان حاصل نمود. از مجاری عبور روغن هرگز نباید بیشتر از ظرفیت طراحی شده روغن عبور نماید.

نمونه‌ای از روغن کلید باید تحت آزمون‌های استقامت الکتریکی و جذب رطوبت قرار گیرد و در صورت عدم احراز شرایط لازم مطابق استاندارد IEC 60296 باید با روغن مناسب جایگزین شود. داخل مخزن و قطعات غوطه‌ور در روغن کلید باید قبل از پر کردن مخزن کلید با روغن تمیز شستشو داده شوند. همچنین مخزن روغن و سطح هادی‌ها و عایق‌های کلید باید عاری از هر گونه آلودگی یا رطوبت باشند. هنگام پر کردن مخزن از روغن حتی الامکان باید از ورود هوا در خلال ورود روغن جلوگیری شود و بهتر است مخزن از پایین پر شود. پس از پر کردن کلید باید مدتی برای جاگیری روغن در مخزن صبر کرد. کلید به هیچ وجه نباید از روغن داغ پر شود.

غلظت روغن کلید و علایم کاهش روغن کلید باید به طور مرتب بررسی شود. جداره مخزن روغن باید بازرسی شده و سوختگی و یا هر نوع صدمه دیگری به ویژه پوسته شدن جداره که نشان‌دهنده وجود رطوبت است بررسی گردد. در صورتی که در مورد وجود رطوبت تردید وجود دارد باید قسمتی از جداره در روغن داغ حدود $105^{\circ}C$ قرار گیرد تا وجود رطوبت با کف کردن روغن مشخص شود.

هنگام وقوع خطا ممکن است مقادیری دود و گازهای قابل اشتعال درکلید تولید شود بنابراین باید مدتی صبر نمود تا این گازها خارج شوند سپس اقدام به بازرسی و جدا کردن بخش‌های کلید از یکدیگر نمود. در صورت تغییر رنگ شدید روغن یا مشاهده ذرات

کربن در آن پس از وقوع خطا باید روغن با رعایت مقرراتی که پیش از این ذکر شده تعویض گردد. همچنین پس از هر خطا باید درزهای کلید از لحاظ آب روغن‌بندی مورد بررسی قرار گیرند.

ب- کلیدهای خلا

بازرسی و تعمیر قطعات داخلی کلیدهای خلا به دلیل آب‌بندی کامل آنها ممکن نیست. تنها بایستی ساییدگی کنتاکت‌ها و سالم بودن محفظه خلا با بکارگیری روش‌های پیشنهادی سازنده تعیین شود.

ج-کلیدهای SF_6

در صورتی که محفظه کلید دچار نقص شده باشد درهنگام بروز قوس الکتریکی ممکن است محصولات سمی حاصل در فضا منتشر شود که در این صورت عمل به توصیه‌های زیر برای پرسنل پست مفید خواهد بود.

- در صورت استشمام بوی غیرعادی هنگام باز کردن در نزدیک به محل نصب کلید، باید پست به طور کامل تهویه شود.
- تا حدامکان باید از ورود به پست حین تهویه پست خودداری نمود.
- پس از تهویه می‌توان قسمت‌های صدمه دیده را تعویض و کلید و محفظه آن را تمیز کرد. البته محصولات جامد ناشی از ترکیب مواد حاصل از تجزیه SF_6 با آب ممکن است روی پوست اثر نامطلوب بگذارند بنابراین باید از عینک، دستکش و ماسک استفاده گردیده و پس از انجام کار در هر مرحله عینک و دستکش‌ها شستشو داده شوند.

۵-٤سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت

۵-٤-۱ کلیات

سکسیونر کلیدی است که بنا به تعریف بند (۵-۲-۳) توانایی تحمل عبور جریان نامی شبکه به طور دایم را دارد. این کلید بایستی بتواند جریان‌های گذرای اتصال کوتاه را از خود عبور داده و در مقابل تنش‌های مکانیکی و الکتریکی ناشی از این جریان‌ها از استقامت کافی برخوردار باشد.

سکسیونرهای متعارف به دلیل عدم تجهیز به جرقه خاموش کن و محفظه قطع نبایستی تحت بار باز گردند، بر همین اساس قطع و وصل سکسیونرها تنها به هنگام بی‌باری آنها انجام می‌گیرد. سکسیونرها عموما به صورت باز ساخته می‌شوند و عایق مورد استفاده در آنها هوا می‌باشد.

در سیستم‌های قدرت در دو طرف کلید قدرت از سکسیونر استفاده می‌شود. بدین ترتیب که به هنگام عمل کلیدزنی ابتدا کلید قدرت قطع شده سپس سکسیونرها باز می‌شوند. به هنگام بستن مدار ابتدا سکسیونرها بسته شده و سپس کلید قدرت بسته می‌شود. برخی از سکسیونرها مجهز به تیغه زمین جهت زمین کردن خطوط برق می‌باشند، در این دسته از سکسیونرها به هنگام باز شدن سکسیونر تیغه‌های زمین بسته شده و شارژ ذخیره شده در خط به زمین انتقال می‌یابد.

۵-٤-۲ اجزای سازنده سکسیونر

۵-٤-۲-۱ پل

مشابه بند (۵-۳-۱-۱).

۵-٤-۲-۲ مدار اصلی

مشابه بند (۵-۳-۱-۲).

۵-٤-۲-۳ کنتاکت

مشابه بند (۵-۳-۱-۵).

۵-٤-۲-٤ کنتاکت اصلی

مشابه بند (۵-۳-۱-۶).

۵-٤-۲-۵ کنتاکت کنترل

مشابه بند (۵-۳-۱-۸).

۵-٤-۲-٦ کنتاکت "a"

مشابه بند (۵-۳-۱-۱۱).

۵-٤-۲-۷ کنتاکت "b"

مشابه بند (۵-۳-۱-۱۲).

۵-٤-۲-۸ وسیله نشان دهنده وضعیت

مشابه بند (۵-۳-۱-۱۴).

۵-٤-۲-۹ ترمینال

مشابه بند (۵-۳-۱-۱۵).

۵-٤-۲-۱۰ ناحیه اتصال[1]

ناحیه‌ای از کنتاکت ثابت که جهت ارتباط با کنتاکت متحرک به کار می‌رود را گویند.

۵-٤-۳ شرایط بهره‌برداری

این شرایط مشابه بند (۵-۳-۲) کلیدهای قدرت بایستی تعیین گردد.

۵-٤-٤ مشخصات و معیارهای فنی

۵-٤-٤-۱ انواع سکسیونر

سکسیونرهای مورد استفاده در سطوح ولتاژ فشار متوسط برحسب نوع ماده عایقی، ساختمان، نوع عملکرد و محل نصب طبق جدول (۵-۱۳) تقسیم‌بندی می‌گردند.

جدول ۵-۱۳- تقسیم‌بندی سکسیونرهای فشار متوسط

تقسیم‌بندی سکسیونر	نوع
نوع ماده عایقی	سکسیونرهای با عایق هوا
	سکسیونرهای با عایق گاز SF_6
ساختمان	سکسیونرهای افقی با قطع از یک نقطه
	سکسیونرهای افقی با قطع از دو نقطه
	سکسیونرهای عمودی
نوع عملکرد	مکانیزم موتوری
	مکانیزم دستی
	ترکیب مکانیزم دستی و موتوری
محل نصب	نصب در محیط باز (کلاس خارجی)
	نصب در محیط بسته (کلاس داخلی)

[1] - Contact Zone

۵-٤-٤-۲ ولتاژ نامی

مشابه بند (۵-۳-۳-۲).

۵-٤-٤-۳ فرکانس نامی

مشابه بند (۵-۳-۳-۳).

۵-٤-٤-٤ سطوح عایقی

مشابه بند (۵-۳-۳-۴).

۵-٤-٤-۵ جریان نامی

سکسیونر بایستی توانایی تحمل عبور جریان نامی به طور دایم را داشته باشد. به همین منظور جریان نامی سکسیونر باید مطابق با بند (۵-۳-۳-۶) کلیدهای قدرت انتخاب گردد.

۵-٤-٤-٦ جریان استقامت کوتاه مدت نامی

سکسیونر بایستی توانایی تحمل عبور جریان‌های اتصال کوتاه در مدت زمان کوتاه را داشته باشد. این جریان بایستی مطابق با جریان اتصال کوتاه گذرنده از کلید قدرت طبق بند (۵-۳-۳-۹) انتخاب گردد.

۵-٤-٤-۷ حداکثر جریان استقامت کوتاه مدت

مقدار حداکثر جریان‌های استقامت طبق بند (۵-۳-۳-۱۰) بایستی محاسبه و انتخاب گردد. سکسیونر باید از استقامت مکانیکی کافی در مقابل عبور جریان مذکور برخوردار باشد.

۵-٤-٤-۸ زمان استمرار جریان اتصال کوتاه

این زمان باید مشابه با بند (۵-۳-۳-۱۱) انتخاب گردد.

۵-٤-٤-۹ نیروهای مکانیکی

سکسیونر بایستی توانایی تحمل نیروهای مکانیکی وارده ناشی از باز و بسته شدن تیغه‌ها را داشته باشد. همچنین نیروهای مکانیکی افقی و عمودی ناشی از عوامل محیطی مثل باد و برف و یخ نبایستی بر کارکرد عادی سکسیونرهای کلاس خارجی تاثیری بگذارند. سکسیونرها باید در مقابل تنش‌های مکانیکی ناشی از عبور جریان‌های اتصال کوتاه نیز از استقامت کافی برخوردار باشند.

۵-٤-٤-۱۰ تعداد عملکرد مکانیکی

سکسیونرها از لحاظ تعداد دفعات عملکرد به سه کلاس M۰، M۱ و M۲ تقسیم‌بندی می‌شوند. در جدول (۵-۱۴) تعداد عملکردهای مکانیکی این کلاس‌ها طبق استاندارد IEC 62271-102 آمده است.

جدول ۵-۱٤- کلاس‌بندی سکسیونرها براساس تعداد عملکرد مکانیکی

کلاس	تعداد عملکرد	نوع سکسیونر
M۰	۱۰۰۰	سکسیونرهای استاندارد
M۱	۲۰۰۰	سکسیونرها جهت استفاده همراه کلیدهای قدرت با کلاس مشابه
M۲	۱۰۰۰۰	سکسیونرهای جهت استفاده همراه کلیدهای قدرت با کلاس مشابه

۵-٤-٤-۱۱ سطوح ولتاژ دستگاه‌های کمکی و اجزای جانبی

در صورت استفاده از لوازم جانبی الکتریکی مانند موتورهای الکتریکی جهت عمل باز و بستن سکسیونر، سطوح ولتاژ استاندارد این ادوات باید مطابق با بند (۵-۳-۳-۱۲) انتخاب گردد.

۵-٤-٤-۱۲ مشخصات گاز در سکسیونرهای گازی

مشابه بند (۵-۳-۳-۱۶).

۵-٤-٤-۱۳ زمین کردن سکسیونر

مشابه بند (۵-۳-۳-۱۸).

۵-٤-٤-١٤ نیازمندی‌های تجهیزات و مدارات کمکی و کنترلی

در طراحی و انتخاب تجهیزات و مدارات کمکی و کنترلی، بایستی نکات بند (۵-۳-۳-۲۲) کلیدهای قدرت در مورد سکسیونرها نیز رعایت گردد.

۵-٤-٤-١٥ عملکرد ذخیره‌ساز انرژی

مشابه بند (۵-۳-۳-۲۳).

۵-٤-٤-١٦ عملکرد رله‌ها

مشابه بند (۵-۳-۳-۲۴).

۵-٤-٤-١٧ نشان دهنده و اعلام کننده افزایش یا کاهش فشار گاز

مشابه بند (۵-۳-۳-۲۵).

۵-٤-٤-١٨ لوازم و دستگاه‌های قفل داخلی

مشابه بند (۵-۳-۳-۲۶).

۵-٤-٤-١٩ نشان دهنده موقعیت

مشابه بند (۵-۳-۳-۲۷).

۵-٤-٤-٢٠ درجه حفاظت بدنه

مشابه بند (۵-۳-۳-۲۸).

۵-٤-٤-٢١ حداکثر نیروی لازم برای سکسیونرهای با مکانیزم دستی

طبق استاندارد IEC 62271-102 برای سکسیونرهایی که به بیش از یک دور چرخش برای باز و بستن نیاز دارند، حداکثر نیروی مورد نیاز نبایستی بیشتر از ۶۰ نیوتن باشد با این فرض که در ۱۰ درصد از مسیر حرکت، این نیرو می‌تواند حداکثر تا ۱۲۰ نیوتن افزایش یابد. مطابق با استاندارد مذکور برای سکسیونرهایی که حداکثر به یک دور چرخش نیاز دارند، نیروی مورد نیاز باید کمتر از ۲۵۰ نیوتن باشد، با این فرض که در ۱۵ درجه از مسیر حرکت این نیرو می‌تواند تا ۴۵۰ نیوتن افزایش یابد.

۵-٤-۵ مراحل طراحی و انتخاب

با توجه به مطالعات و بررسی‌های بخش‌های قبل مراحل طراحی و انتخاب سکسیونر را می‌توان به صورت ذیل برشمرد.

گام اول: تعیین شرایط بهره‌برداری طبق بند (۵-۴-۳)

گام دوم: انتخاب نوع سکسیونر با توجه به خواسته‌های مشتری و معیارهای ارایه شده در بند (۵-۴-۴-۱)

گام سوم: انتخاب مقادیر نامی ولتاژ، فرکانس و سطوح عایقی مناسب طبق بندهای (۵-۴-۴-۲) تا (۵-۴-۴-۴)

گام چهارم: تعیین جریان نامی طبق بند (۵-۴-۴-۵)

گام پنجم: تعیین جریان استقامت کوتاه مدت نامی و پیک جریان استقامت و زمان تحمل سکسیونر طبق بندهای(۵-۴-۴-۶) تا (۵-۴-۴-۸)

گام ششم: تعیین نیروهای مکانیکی وارده بر سکسیونر طبق بند (۵-۴-۴-۹)

گام هفتم: انتخاب تعداد عملکرد مکانیکی سکسیونر طبق بند (۵-۴-۴-۱۰)

گام هشتم: انتخاب سطوح ولتاژ دستگاه‌های جانبی و کمکی طبق بند (۵-۴-۴-۱۱)

۵-٤-٦ پلاک مشخصات

پلاک مشخصات باید برروی سکسیونر و در محل مناسب قابل دید مشتمل بر اطلاعات به شرح ذیل نصب گردد.

- نام کارخانه سازنده
- شماره سریال سکسیونر
- ولتاژ نامی برحسب کیلوولت
- ولتاژ استقامت در مقابل ضربه صاعقه برحسب کیلوولت
- فرکانس نامی برحسب هرتز
- جریان نامی برحسب آمپر
- جریان اتصال کوتاه برحسب کیلوآمپر
- زمان استقامت در مقابل عبور جریان اتصال کوتاه برحسب ثانیه
- ولتاژ تجهیزات و دستگاه‌های کمکی و جانبی برحسب ولت
- مقدار نیروهای مکانیکی قابل تحمل
- تعداد عملکرد مکانیکی و کلاس آن
- کلاس استقامت الکتریکی برای سکسیونرهای زمین
- وزن سکسیونر
- سال ساخت

۵-٤-۷ مدارک فنی

در هنگام سفارش سکسیونر می‌بایست اطلاعات مندرج در جداول (۵-۱۵) و (۵-۱۶) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردند.

جدول ۵-۱۵- مشخصات اصلی سکسیونر (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی شبکه	
۱-۱	ولتاژ نامی (kV)	
۱-۲	حداکثر ولتاژ کار نامی (kV)	
۱-۳	فرکانس نامی (Hz)	
۱-۴	نوع زمین کردن نوترال شبکه	
۱-۵	ضریب قدرت	
۲	شرایط بهره‌برداری	
۲-۱	ارتفاع از سطح دریا (m)	
۲-۲	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۲-۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت (°C)	
۲-۴	حداقل دما (°C)	
۲-۵	رطوبت نسبی محیط (%)	
۲-۶	شتاب زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	
۲-۷	میزان آلودگی محیط	
۳	تعداد پل‌ها	
۴	کلاس سکسیونر (داخلی/خارجی)	
۵	جریان نامی (kA)	
۶	جریان نامی اتصال کوتاه (kA)	
۷	عملکرد (دستی / موتوری)	
۸	تعداد و نوع کلیدهای کمکی	
۹	سیستم فرمان	
۹-۱	ولتاژ نامی (V)	
۹-۲	فرکانس (Hz)	
۱۰	مشخصات مربوط به محفظه گاز (برای سکسیونرهای گازی)	
۱۱	فهرست آزمون‌های خاص مورد نیاز (مانند آزمون‌های آلودگی مصنوعی و آلودگی رادیویی)	
۱۲	نحوه نصب و اتصالات مربوطه	

جدول ۵-۱۶- مشخصات فنی سکسیونر (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	سازنده	
۱-۱	کشور	
۱-۲	نام سازنده	
۱-۳	تیپ و علامت مشخصه	
۱-۴	استاندارد مورد استفاده	
۵	نوع سکسیونر (SF_6، کم روغن)	
۶	کلاس محل نصب (داخلی/خارجی)	
۷	تعداد پل	
۸	ولتاژ نامی (kV)	
۹	سطح عایقی (kV)	
۱۰	فرکانس نامی (Hz)	
۱۱	جریان نامی (kA)	
۱۲	جریان نامی اتصال کوتاه (kA)	
۱۳	شرایط کار	
۱-۱۳	ارتفاع از سطح دریا (m)	
۲-۱۳	حداکثر درجه حرارت محیط (°C)	
۳-۱۳	حداکثر درجه حرارت متوسط روزانه در مدت ۲۴ ساعت (°C)	
۴-۱۳	رطوبت نسبی محیط (%)	
۵-۱۳	**شتاب زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)**	
۶-۱۳	میزان آلودگی محیط	
۱۴	تعداد و نوع کلیدهای کمکی	
۱۵	سیستم فرمان	
۱-۱۵	ولتاژ نامی (V)	
۲-۱۵	فرکانس (Hz)	
۱۶	مشخصات مربوط به محفظه گاز و آزمون‌های مربوط به آن برای سکسیونرهای گازی	
۱۷	نحوه نصب و اتصالات مربوطه	
۱۸	فهرست آزمون‌های خاص انجام شده	
۱۹	مشخصات ساختمانی سکسیونر	
۱-۱۹	فاصله هوایی بین پل‌ها (mm)	
۲-۱۹	فاصله عایقی (mm)	
۲۰	نحوه عملکرد	
۱-۲۰	نوع مکانیزم عملکرد (دستی / موتوری)	
۲-۲۰	ولتاژ نامی مکانیزم عملکرد برای نوع موتوری (V)	

ادامه جدول ۵-۱۶-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۳-۲۰	جریان نامی برای مکانیزم عملکرد در ولتاژ نامی برای نوع موتوری (A)	
۴-۲۰	حداکثر نیروی مورد نیاز برای مکانیزم دستی (N)	
۲۱	ابعاد (mm × mm × mm)	
۲۲	وزن سکسیونر (kg)	
۳۰	قوانین و دستورات نصب و تعمیر	

۵-٤-۸ آزمون‌ها

آزمون‌های سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت طبق استاندارد IEC 62271-102 عبارت از موارد به شرح ذیل می‌باشد.

الف- آزمون‌های جاری

- آزمون استقامت عایقی مدار اصلی
- آزمون استقامت عایقی مدارات کمکی و کنترلی
- آزمون اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- بازرسی چشمی
- آزمون‌های عملکرد مکانیکی

ب- آزمون‌های نوعی

- آزمون استقامت در مقابل ولتاژ ضربه صاعقه
- آزمون استقامت در مقابل ولتاژ ضربه در فرکانس قدرت
- آزمون آلودگی مصنوعی
- آزمون مدارات کمکی و تجهیزات جانبی
- آزمون تداخل رادیویی
- آزمون‌های نوعی اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی و افزایش دما
- آزمون استقامت کوتاه مدت جریان و آزمون‌های استقامت جریان
- آزمون‌های عملکرد در شرایط مختلف محیطی

ج- آزمون عملکرد مکانیکی

این آزمون تحت ولتاژ نامی و فشار نامی گاز انجام می‌شود و مراحل آن بصورت زیر است.

- در ولتاژ نامی و فشار نامی محفظه گاز برای مکانیزم عملکرد دستی ۵۰ بار باز و بسته شدن تکرار می‌شود.
- در حداقل ولتاژ و فشار گاز ۵۰ بار باز و بسته شدن تکرار می‌شود.

– در حداکثر ولتاژ و فشار گاز ۵۰ بار باز و بسته شدن تکرار می‌شود.

در طی این آزمون هیچ تنظیم مکانیکی نباید بر روی سکسیونر انجام شود.

۵-٤-۹ آیین کار و روش های اجرایی

حمـل و نقـل، نگهـداری، نـصب، بهـره‌برداری و تعمیرات دوره‌ای سکسیونر باید مطابق با دستورالعمل‌های سازنده صورت گیرد. سارنده سکسیونر باید دستورالعمل‌های لازم را در زمینه حمل و نقل قبل از تحویل سکسیونر و دستورالعمل‌های نصب و بهره‌برداری و تعمیرات را در زمان تحویل سکسیونر ارایه نماید.

۵-٤-۹-۱ شرایط حمل و نقل

در مواردی که شرایط محیطی از قبیل دما و رطوبت در فرم سفارشی سکسیونر در طول حمل و نقل نباشد باید یک توافق میان خریدار و سازنده برقرار شود. احتیاطات لازم جهت محافظت از عایق‌بندی سکسیونر حین حمل و نقل باید صورت گرفته و از نفوذ برف و یخ جلوگیری شود. همچنین لرزش‌ها هنگام حمل و نقل نیز باید به حداقل برسد. بسته‌بندی قطعات سکسیونر باید ضدآب بوده و برروی آن یک برچسب حاوی اطلاعات به شرح زیر نصب گردد.

– احتیاطات لازم جهت حمل و نقل

– نام و آدرس کارخانه سازنده یا شرکت ارسال کننده

– نام و آدرس شرکت سفارش دهنده

– تیپ سکسیونر

– وزن کل

۵-٤-۹-۲ نصب

دستورات نصب مشتمل بر نکات به شرح باید توسط سازنده به طور دقیق ارایه گردد.

– باز و بسته و حرکت دادن سکسیونر

– سوار کردن

– نحوه عملکرد

– مجموع وزن کلی دستگاه شامل قسمت‌های مختلف

– وزن قسمت خاموش‌کننده جرقه

– وزن سنگین‌ترین قسمت دستگاه جهت حمل جداگانه اگر از ۱۰۰kg بیشتر باشد.

– نحوه اتصالات

– موارد قابل توجه بعد از سوار کردن قطعات سکسیونر برای اولین بار

۵-٤-۹-۳ بهره‌برداری

دستورالعمل سازنده باید شامل موارد به شرح زیر باشد.

- توصیف عمومی تجهیزات با تکیه بر مشخصات فنی به طوری که خریدار درک صحیحی از اساس عملکرد سکسیونر داشته باشد.
- توصیف طرح‌های ایمنی و عملکرد تجهیزات اینترلاک در صورت وجود
- توضیحات مناسب برای عملکرد صحیح عایق‌بندی، سیستم زمین و تجهیزات دیگر سکسیونر

۵-٤-۹-٤ تعمیرات

الف- یک سازنده باید موارد به شرح زیر را جهت تعمیرات ارایه نماید.

- زمان و تعداد دفعات تعمیرات
- جزییات و شرح چگونگی تعمیرات
- محدوده و تلرانس پارامترها و فواصل مورد نیاز برای عملکرد مناسب
- مشخصات مواد کمکی مشتمل بر گیریس‌ها، روغن‌ها و مایعات عایقی
- فهرست وسایل کمکی برای حمل و نقل
- آزمون‌های مورد نیاز بعد از عمل تعمیر
- فهرست قطعات کمکی به همراه شرح وظایف و تعداد آنها
- تخمین زمان لازم برای تعمیر
- نحوه اقدام برای تعمیر بعد از اتمام عمر مفید سکسیونر و تجهیزات مورد نیاز

ب-یک مصرف‌کننده باید اطلاعات به شرح زیر را ثبت کند.

- شماره سریال و نوع سکسیونر
- تاریخ نصب
- نتایج کلیه اندازه‌گیری‌ها و آزمون‌ها
- اطلاعات و حدود تعمیرات انجام شده
- تعداد دفعات عملکرد با استفاده از شمارنده‌های مورد نیاز
- تهیه و تدوین گزارش شرح خرابی و جزییات آن

ج- گزارش نقص فنی باید شامل موارد به شرح زیر باشد.

- سابقه سکسیونر
- مشخصات سکسیونر دچار نقص فنی
- تشخیص اجزای آسیب دیده در اثر خرابی
- شرایط آب و هوا در هنگام رخداد خرابی

- نوع نقص
- منشا و عامل خرابی
- اثر و نتیجه خرابی
- نقشه‌های جزییات

۵-٤-۹-۵ بازرسی

معاینه کلی سکسیونر برای مشخص نمودن هر گونه علامت خرابی، نشت روغن، هرگونه بوی ناشی از گرم شدن بیش از حد و هر صدای ناشی از تخلیه الکتریکی یا شل بودن قطعات کلید در بازرسیها همواره باید انجام گیرد. برای تشخیص هرگونه حالت غیر عادی در صورت امکان باید تمام عایق‌های خارجی، مکانیزم عملکرد، اتصال زمین و دیگر بخش‌های قابل رویت بررسی شوند. همچنین بی‌عیب بودن محفظه گاز در صورت وجود باید بررسی شود. این بررسی شامل پاکیزگی تجهیزات و محیط اطراف آنها به ویژه هرگونه درزی که باعث نشت گاز یا خروج روغن شود می‌باشد. در صورت مشاهده یک قطعه مشکوک در بازرسی باید تجهیزات سکسیونر پیاده شده و آزمون‌های مربوط به قطعه مشکوک انجام و با سازنده مشورت گردد. در هنگام بازرسی باید به سالم بودن عایق‌ها دقت شود تا ازعدم وجود هرگونه ترک‌خوردگی یا آلودگی روی عایق‌ها اطمینان حاصل گردد. کنتاکت‌ها باید جهت بررسی سوختگی و صدمات دیگر معاینه شده و همچنین تمیز و موازی بودن پل‌ها کنترل گردد. باید دقت شود تا فاصله پل‌ها از حداقل مقدار مجاز آن کمتر نشده باشد. صحت مکانیزم عملکرد باید بررسی شده و در تنظیمات فواصل ایمنی تجهیزات دقت شود. در پایان بازرسی باید یک یا چند بار سکسیونر باز و بسته شده تا از سالم بودن مکانیزم عملکرد اطمینان حاصل گردد. در صورت وجود مکانیزم عملکرد غیر دستی باید از سالم بودن فنرها و موتورها نیز اطمینان حاصل شود.

۵-٤-۹-٦ نکات ایمنی

در هنگام نصب و عملکرد سکسیونر در جهت کاهش احتمال بروز مشکل باید به نکات زیر توجه شود.

الف- از لحاظ الکتریکی

- عایق‌بندی مناسب فاصله‌های هوایی
- زمین کردن به صورت مناسب
- جداسازی قسمت LV و HV
- رعایت درجه حفاظتی مناسب برای سکسیونر

ب- از لحاظ مکانیکی

- تنظیمات دقیق فشارهای مکانیکی قسمت‌های مختلف
- اندازه‌گیری نیروی مقاوم برای عمل مکانیکی
- عدم ایجاد انواع فشارهای مکانیکی به بدنه و قسمت‌های مختلف سکسیونر

ج-از لحاظ حرارتی
- رعایت حداکثر دمای هر قطعه از سکسیونر
- دقت در استفاده از مواد قابل اشتعال
د- از لحاظ عملکرد
- شارژ دستی به صورت مناسب
- توجه به عملکرد قطعات اینترلاک در صورت وجود
- توجه به محل دقیق قطعات در نقشه در هنگام سر هم کردن
- توجه به نحوه عملکرد صحیح قسمت عمل کننده الکتریکی
- توجه به نحوه عملکرد صحیح قسمت عمل کننده مکانیکی

۵-۵کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط

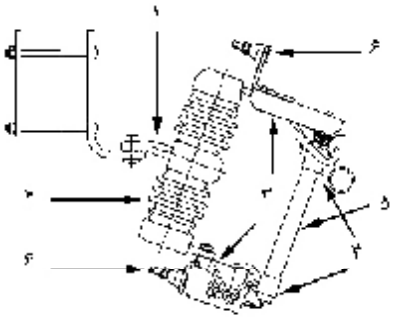
۵-۵-۱ کلیات

لازمه عملکرد صحیح و مطلوب سیستم قدرت رفع خطاهای بوجود آمده در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌باشد. برای این منظور استفاده از وسایل و ادوات حفاظتی مختلف از جمله کات‌اوت فیوزها در سطوح ولتاژ فشار متوسط به عنوان عناصر محدود کننده جریان خطا و به منظور حفاظت از ترانسفورماتورها، بانک‌های خازنی و خطوط توزیع متداول می‌باشد.

کات اوت فیوزها دارای یک عنصر ذوب شونده می‌باشند که به هنگام عبور جریان خطا و در اثر افزایش دما ذوب شده و جریان عبوری از آن قطع می‌شود.

۵-۵-۲ اجزای سازنده کات‌اوت فیوز

در شکل (۵-۳) اجزای اصلی کات‌اوت فیوز نشان داده شده است. در ذیل این اجزا تشریح می‌گردد.



ردیف	شرح
۱	پایه نصب
۲	مقره اتکایی
۳	پایه فیوز
۴	فیوزگیر
۵	لینک فیوز
۶	ترمینال

شکل ۵-۳- اجزای اصلی یک کات‌اوت فیوز نمونه

۵-۵-۲-۱ پایه نصب

این عنصر قسمت ثابت فیوز می‌باشد و تمامی بخش‌های دیگر کات‌اوت فیوز برروی آن نصب می‌گردند. همچنین این پایه فاصله عایقی کات‌اوت فیوز را نسبت به زمین تامین می‌کند.

۵-۵-۲-۲ مقره اتکایی

ایـن مقره بایستی دارای رنگ براق و همگون بوده و از استحکام کافی در مقابل تنش‌های مکانیکی وارده در اثر قطع جریان‌های بزرگ اتصال کوتاه برخوردار باشد.

۵-۵-۲-۳ پایه فیوز

ایـن قـسمت از جنس فلز و هادی جریان بوده و ارتباط بین لینک فیوز و سیستم را تامین می‌کند. پایه فیوز توسط بستهایی فلزی به مقره اتکایی متصل می‌شود و یا اینکه به طور مستقیم توسط مواد سازنده مقره به هنگام ساخت مقره به آن متصل می‌گردد.

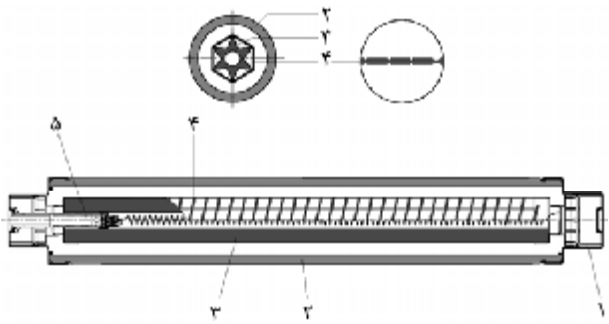
۵-۵-۲-٤ فیوزگیر

بخـش متحـرک کـات‌اوت فـیوز کـه وظیفه ارتباط بین لینک فیوز و پایه‌های اتصال فیوز را بر عهده دارد فیوزگیر گفته می‌شود. فیوزگیر بایستی از استقامت مکانیکی کافی در برابر عملیات باز و بسته شدن‌های متوالی برخوردار باشد و بتواند فشار فنر نگهدارنده را بـه خوبی تحمل نماید. طراحی این قسمت بایستی به گونه‌ای انجام گیرد که حداقل مقاومت الکتریکی بین فیوزگیر و پایه فیوز تامین گردد.

۵-۵-۲-۵ لینک فیوز

لینک فیوز به همراه المان فیوز داخل آن اصلی‌ترین بخش کات‌اوت فیوز می‌باشد. این قسمت از یک لوله سلولزی به نام لوله فیوز، عنصر حساس و ذوب شونده در مقابل عبور جریان، هسته مرکزی، ضربه‌زن و کنتاکت‌های ارتباطی تشکیل شده است (شکل ۵-۴). در ذیل شرح مختصری از این اجزا آمده است.

الف- لوله فیوز: لوله یا بدنه لینک فیوز از جنس ترکیبات سلولزی ساخته شده و باید از استقامت کافی در مقابل تنش‌های دمایی، الکتریکی و مکانیکی ایجاد شده در اثر عبور جریان‌های خطا برخوردار باشد. به هنگام عبور جریان خطا که باعث عمل کردن فیوز و سوختن المان فیوز می‌گردد گازها و جرقه‌های ایجاد شده و فشار حاصله در داخل محفظه نبایستی باعث ایجاد آسیب و صدمه به لوله فیوز گردد. از طرف دیگر این لوله بایستی توانایی تحمل تنش‌های مکانیکی به هنگام باز و بسته نمودن لینک فیوز را دارا باشد.



ردیف	شرح
۱	کنتاکت‌ها
۲	بدنه لینک فیوز
۳	هسته
۴	المان فیوز
۵	ضربه‌زن

شکل ۵-٤- اجزای اصلی یک لینک فیوز نمونه

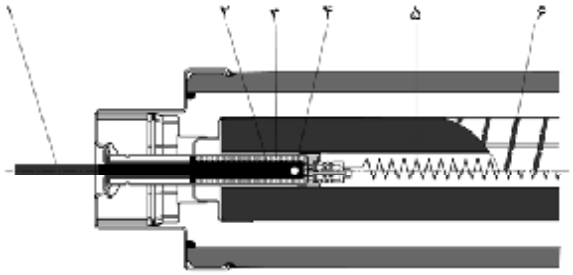
ب- هسته مرکزی: هسته مرکزی لینک فیوز از جنس سرامیک و یا مواد مشابه و مقاوم در مقابل تنش‌های ایجادی به هنگام عملکرد فیوز ساخته می‌شود. لازم به ذکر است که برخی از فیوزها فاقد هسته می‌باشند.

ج- المان فیوز: المان فیوز به شکل یک سیم فنری به صورت تک‌رشته و یا چند رشته موازی هم به دور هسته فیوز پیچیده می‌شود. این عنصر که قسمت اصلی کات‌اوت فیوز را تشکیل می‌دهد هنگام کارکرد عادی باید دارای حداقل مقاومت الکتریکی ممکن باشد و در حداقل زمان ممکن پس از عبور جریان خطا با ذوب شدن جریان را محدود نماید. نقره از عناصر اصلی سازنده المان فیوز می‌باشد.

د- ضربه‌زن: ضربه‌زن قسمت مکانیکی لینک فیوز را تشکیل می‌دهد (شکل ۵-۵). قسمت فعال ضربه‌زن از یک سیم مقاومت‌دار از جنس تنگستن و یا نیکل-کرم ساخته می‌شود. این قسمت موازی با المان فیوز وظیفه هدایت جریان‌های نامی و پایین‌تر را در شرایط کار عادی بر عهده دارد. به هنگام بروز خطا و سوختن المان فیوز و در نتیجه عبور جریان خطا از این سیم در اثر حرارت حاصله این قسمت نیز ذوب شده و فنر ضربه‌زن عمل می‌نماید. در کات‌اوت فیوزهای افتادنی در اثر عمل کردن این فنر و ضربه زدن زائده فلزی به فنرهای نگهدارنده کات‌اوت فیوز، حامل فیوز از اتصالات پایه فیوز جدا شده و کات‌اوت فیوز از مدار خارج

می‌شود. در برخی از کات‌اوت فیوزها خروج زائده فلزی از قسمت بالایی کات‌اوت فیوز نشان دهنده عمل کردن و سوختن آن بوده و بنابراین با بازدید چشمی می‌توان از سلامت یا سوختگی کات‌اوت فیوز اطمینان حاصل کرد.

و- کنـتاکت‌هـای ارتباطی: کنتاکت‌های ارتباطی وظیفه ایجاد ارتباط الکتریکی بین لینک فیوز و حامل فیوز را بر عهده دارند. این کنتاکت‌ها بایستی از آلیاژ مس با روکش قلع، نقره و یا نیکل ساخته شوند تا در مقابل عبور جریان نامی حداقل مقاومت الکتریکی را از خود نشان دهند.



ردیف	شرح
۱	رهاساز
۲	ضربه‌زن در موقعیت عادی
۳	فنر
۴	عمل کننده قطع حرارتی
۵	عمل کننده قطع الکتریکی
۶	المان فیوز

شکل ۵-۵- ساختار نمونه یک ضربه‌زن

۵-۵-۳ شرایط بهره‌برداری

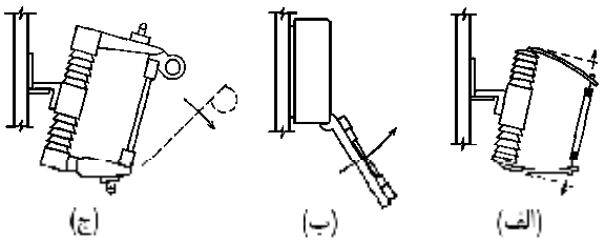
این شرایط بایستی مشابه شرایط بهره‌برداری مورد نیاز برای طراحی و انتخاب کلیدهای قدرت (بند ۵-۳-۲) تهیه گردد.

۵-۵-٤ مشخصات و معیارهای فنی

۵-۵-٤-۱ نوع کات‌اوت فیوز

الف- انواع کات‌اوت فیوزها از لحاظ ساختمان

کـات‌اوت فـیوزها از لحاظ ساختمان به دو دسته روغنی (پر شده از مایع) و افتادنی تقسیم‌بندی می‌شوند. در فیوزهای نوع روغنی عنـصر ذوب شـونده در داخـل مایـع و در محفظـه‌ای کاملا آب‌بندی شده قرار دارد. از این نوع فیوزها در مکان‌هایی با رطوبت و آلودگـی بـالا اسـتفاده مـی‌شـود. کـات‌اوت فـیوزهای افتادنی نیز خود به سه دسته عمده باز، بسته و فنری تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۵-۶).



الف	کات‌اوت فیوز نوع باز
ب	کات‌اوت فیوز نوع بسته
ج	کات‌اوت فیوز نوع فنری

شکل ۵-٦- انواع کات‌اوت فیوزها از لحاظ ساختمان

در کات‌اوت فیوزهای نوع باز و بسته عنصر ذوب شونده در داخل یک لوله فیبری سلولزی قرار دارد. در نوع باز لوله فیبری بین دو نگهدارنده قرار داشته و در نوع بسته لوله فیبری در داخل محفظه بسته‌ای محصور می‌باشد.

در کـات‌اوت فـیوزهای نـوع فنـری لوله فیبری نسبتا کوچکتر بوده و توسط دو فنر تحت فشار به پایه فیوز متصل می‌گردد. وجود فنرها باز شدن و جدا سازی مدار را به هنگام عملکرد فیوز تضمین می‌کنند.

ب- انواع کات‌اوت فیوزها از لحاظ سرعت عملکرد

کـات‌اوت فـیوزها از لحـاظ مشخصه عملکرد زمانی در برابر جریان‌های خطا طبق استاندارد IEC 60282-2 به دو دسته تند کار (K) و کـندکار (T) تقـسیم‌بندی می‌شوند. این تقسیم‌بندی با توجه به منحنی مشخصه جریان-زمان آنها انجام می‌پذیرد. منحنی جریان-زمان کات‌اوت فیوزهای نوع K و T به ترتیب بایستی مطابق با جداول (۵-۱۷) و (۵-۱۸) باشند. به علاوه نوع دیگری از کـات‌اوت فیوزها نیز با نام تند-کند (TK) که منحنی جریان- زمان آنها ترکیبی از دو نوع T و K است توسط برخی از سازندگان فیوز ساخته می‌شود. انتخاب نوع کات‌اوت فیوز از لحاظ سرعت عملکرد بایستی با توجه به نوع کاربرد صورت گیرد.

جدول ۵-۱۷- مقادیر نوعی منحنی مشخصه جریان-زمان فیوز کات‌اوت‌های نوع K

	جریان نامی (A)	جریان قابل تحمل در ۳۰۰ یا ۶۰۰ ثانیه* (A)		جریان قابل تحمل در ۱۰ ثانیه (A)		جریان قابل تحمل در ۰/۱ ثانیه (A)	
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
مقادیر متعارف	۶/۳	۱۲	۱۴/۴	۱۳/۵	۲۰/۵	۷۲	۸۵
	۱۰	۱۹/۵	۲۹/۴	۲۲/۴	۳۴	۱۲۳	۱۵۴
	۱۶	۳۱	۳۷/۲	۳۷	۵۵	۲۱۵	۲۵۸
	۲۵	۵۰	۶۰	۶۰	۹۰	۳۵۰	۴۲۰
	۴۰	۸۰	۹۶	۹۶	۱۴۵	۵۶۵	۶۸۰
	۶۳	۱۲۸	۱۵۳	۱۵۹	۲۳۷	۹۱۶	۱۱۰۰
	۱۰۰	۲۰۰	۲۴۰	۲۵۸	۳۸۵	۱۵۲۰	۱۸۲۰
	۱۶۰	۳۱۰	۳۷۲	۴۳۰	۶۵۰	۲۴۷۰	۲۹۷۰
	۲۰۰	۴۸۰	۶۷۶	۷۶۰	۱۱۵۰	۳۸۸۰	۴۶۵۰
مقادیر غیر متعارف و کم کاربرد	۸	۱۵	۱۸	۱۸	۲۷	۹۶	۱۱۶
	۱۲/۵	۲۵	۳۰	۲۹/۵	۴۴	۱۶۶	۱۹۹
	۲۰	۳۹	۴۷	۴۸	۷۱	۲۷۳	۳۲۸
	۳۱/۵	۶۳	۷۸	۷۷/۵	۱۱۵	۴۴۷	۵۴۶
	۵۰	۱۰۱	۱۲۱	۱۲۸	۱۸۸	۷۱۹	۸۶۲
	۸۰	۱۶۰	۱۹۲	۲۰۵	۳۰۷	۱۱۸۰	۱۴۲۰

* مقدار ۳۰۰ ثانیه برای کات‌اوت فیوزهایی با جریان نامی کمتر از ۱۰۰ آمپر و ۶۰۰ ثانیه برای کات‌اوت فیوزهایی با جریان نامی بیشتر از ۱۰۰ آمپر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۵-۱۸- مقادیر نوعی مشخصه جریان-زمان فیوز کات‌اوت‌های نوع T

	جریان نامی (A)	جریان قابل تحمل در ۳۰۰ یا ۶۰۰ ثانیه* (A)		جریان قابل تحمل در ۱۰ ثانیه (A)		جریان قابل تحمل در ۰/۱ ثانیه (A)	
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
مقادیرمتعارف	۶/۳	۱۲	۱۴/۴	۱۵/۳	۲۳	۱۲۰	۱۴۴
	۱۰	۱۹/۵	۲۳/۴	۲۶/۵	۴۰	۲۴۴	۲۶۹
	۱۶	۳۱	۳۷/۲	۴۴/۵	۶۷	۳۶۶	۴۶۶
	۲۵	۵۰	۶۰	۷۳/۵	۱۰۹	۶۳۶	۷۶۲
	۴۰	۸۰	۹۶	۱۲۰	۱۷۸	۱۰۴۰	۱۲۴۰
	۶۳	۱۲۸	۱۵۳	۱۹۵	۲۹۱	۱۶۵۰	۱۹۷۵
	۱۰۰	۲۰۰	۲۴۰	۳۱۹	۴۷۵	۲۶۲۰	۳۱۵۰
	۱۶۰	۳۱۰	۳۷۲	۶۲۰	۷۷۵	۴۰۰۰	۴۸۰۰
	۲۰۰	۴۸۰	۵۷۶	۸۵۰	۱۲۷۵	۶۲۶۰	۷۴۷۰
مقادیر غیر متعارف و کم کاربرد	۸	۱۵	۱۸	۲۰/۵	۳۱	۱۸۶	۱۹۹
	۱۲/۵	۲۵	۳۰	۳۴/۵	۵۲	۲۹۶	۳۵۵
	۲۰	۳۹	۴۷	۵۷	۸۵	۴۹۶	۵۹۵
	۳۱/۵	۶۳	۷۶	۹۳	۱۸۸	۸۱۲	۹۷۵
	۵۰	۱۰۱	۱۲۱	۱۵۲	۲۲۶	۱۳۱۰	۱۵۷۰
	۸۰	۱۶۰	۱۹۲	۲۴۸	۳۷۰	۲۰۸۰	۲۵۰۰

* مقدار ۳۰۰ ثانیه برای فیوز کات‌اوت‌هایی با جریان نامی کمتر از ۱۰۰ آمپر و ۶۰۰ ثانیه برای کات‌اوت فیوزهایی با جریان نامی بیشتر از ۱۰۰ آمپر در نظر گرفته می‌شود.

۵-۵-٤-۲ فرکانس نامی

فیوز کات‌اوت‌های مورد استفاده در شبکه‌های با فرکانس نامی ۵۰ هرتز بایستی جهت کار در محدوده فرکانسی ۴۸ تا ۶۲ هرتز طراحی شده باشند.

۵-۵-٤-۳ جریان نامی

جریان دایمی و نامی گذرنده از اجزای فیوز کات‌اوت نبایستی باعث ایجاد افزایش دمایی بیش از مقادیر مندرج در جدول (۵-۱۹) گردد. به عبارت دیگر فیوز انتخابی بایستی توانایی تحمل جریان نامی سیستم در طولانی مدت را داشته باشد. جریان نامی با توجه به مشخصات سیستم و با در نظر گرفتن اضافه جریان‌های موقت و هارمونیک‌های جریان بایستی یکی از مقادیر استاندارد سری R10 از استاندارد IEC 60059 انتخاب گردد. لازم به ذکر است که جریان‌های استاندارد سری R10 برحسب آمپر یکی از مقادیر ذیل با ضرایب 10^n می‌باشد.

۸ و ۶/۳ ، ۴/۱۵، ۳/۱۵، ۲/۵، ۲، ۱/۶، ۱/۲۵، ۱

جدول ۵-۱۹- محدوده مجاز افزایش دما برای اجزای فلزی کات‌اوت فیوز

قسمت			حداکثر دمای مجاز شرایط کاری (°C)	حداکثر افزایش دما (°C)
هادی‌های نصب شده در هوا	هادی‌های فنری زیر بار (مسی یا مس روکش‌دار)	بدون روکش	۷۵	۹۵
		با روکش نقره یا نیکل	۱۰۵	۶۵
		با روکش قلع	۹۵	۵۵
	پیچ‌ها و ادوات مشابه (مسی، آلیاژ مس و یا آلیاژ آلومینیوم)	بدون روکش	۹۰	۵۰
		با روکش قلع	۱۰۵	۸۵
		با روکش نقره یا نیکل	۱۱۵	۷۵
کنتاکت‌های داخلی روغن (آلیاژ مس)	هادی‌های فنری زیر بار	بدون روکش	۸۰	۴۰
		با روکش نقره، نیکل و یا قلع	۹۰	۵۰
	پیچ‌ها	بدون روکش	۸۰	۴۰
		با روکش نقره یا قلع و یا نیکل	۱۰۰	۶۰
ترمینال‌های در هوا		بدون روکش	۹۰	۵۰
		با روکش نقره، نیکل و یا قلع	۱۰۵	۶۵
مواد عایق مورد استفاده برای عایق‌کاری*		کلاس Y	۹۰	۵۰
		کلاس A	۱۰۰	۶۰
		کلاس E	۱۲۰	۸۰
		کلاس B	۱۳۰	۹۰
		کلاس F	۱۵۵	۱۱۵
روغن			۹۰	۵۰
سایر اجزای فلزی			۱۰۰	۶۰

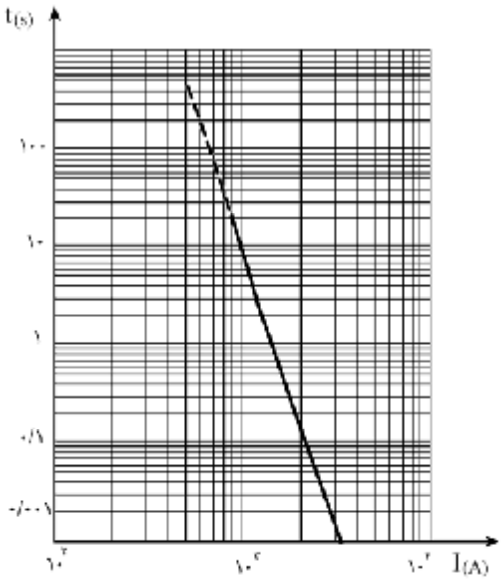
* کلاس‌های عایقی بایستی مطابق با استاندارد IEC 600185 انتخاب شود.

۵-۵-٤-٤ منحنی مشخصه جریان-زمان

رابطـه بـین جـریان گذرنـده از کات‌اوت فیوز و زمان عملکرد و قطع جریان توسط آن می‌بایست به صورت یک منحنی مشخصه جـریان – زمان توسط سازنده ارایه گردد. این منحنی در صفحه لگاریتمی رسم می‌شود و مقادیر ارایه شده در آن برای شرایط کاری $۲۰^{\circ}C$ می‌باشد. منحنی مشخصه جریان-زمان طبق استاندارد IEC 60282-2 بایستی حاوی اطلاعات به شرح ذیل باشد.

- زمان عملکرد فیوز
- رابطـه بـین جـریان احتمالـی گذرنده از فیوز و زمان قابل تحمل این جریان توسط فیوز از ۰/۰۱ ثانیه تا ۳۰۰ ثانیه برای کات‌اوت فیوزهایی با جریان نامی کمتر از ۱۰۰ آمپر و ۶۰۰ ثانیه برای کات‌اوت فیوزهایی با جریان نامی بیشتر از ۱۰۰ آمپر
- نوع فیوز از لحاظ سرعت عملکرد آن (K یا T)

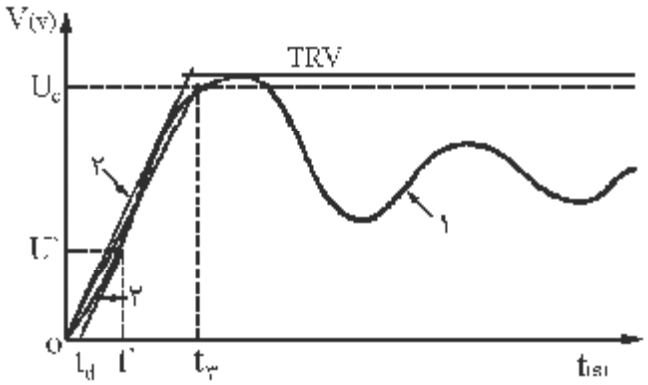
در شکل (۵-۷) یک نمونه از منحنی‌های مشخصه جریان –زمان کات‌اوت فیوزها نشان داده شده است.



شکل ۵-۷- منحنی جریان- زمان یک کات‌اوت فیوز نمونه

۵-۵-٤-۵ ولتاژ بازیابی گذرای نامی

کـات‌اوت فـیوز بایـستی توانایـی تحمـل ولـتاژهای گـذرای ایجاد شده به هنگام قطع جریان خطا را داشته باشد. طبق استاندارد IEC 60282-2 ولتاژ بازیابی گذرای نامی برای کات‌اوت فیوزها توسط پارامترهای شکل (۵-۸) مشخص می‌گردد.



(۱)	شکل موج احتمالی TRV
(۲)	خطوط مرجع

شکل ۵-۸- شکل موج ولتاژ بازیابی گذرا برای کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط

۵-۵-٤-٦ کلاس‌بندی کات‌اوت فیوزها

طبق استاندارد IEC 60282-2 کات‌اوت فیوزها براساس ولتاژ بازیابی گذرا به سه کلاسA، B و C تقسیم‌بندی می‌شوند (جدول ۵-۱۹). موارد کاربرد هر کدام از این کلاس‌ها به شرح ذیل می‌باشد.

الف- کلاس A

از فیوزهای کلاس A برای حفاظت ترانسفورماتورها و بانک‌های خازنی کوچک نصب شده در فواصل دور از پست‌های بزرگ استفاده می‌شود. مشخصه TRV این فیوزها نسبت به کلاس B دارای U_C کوچک و t_3 بزرگ می‌باشد.

ب- کلاس B

فیوزها با کلاس B برای حفاظت از ترانسفورماتورها و خازن‌های موازی در پست‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. مشخصه TRV این فیوزها همانگونه که در جدول (۵-۲۰) مشاهده می‌شود نسبت به کلاس A سخت‌تر بوده و در نتیجه پارامترهای انتخابی برای آزمون این کلاس از فیوزها سخت‌تر از کلاس A می‌باشد.

ج- کلاس C

از فیوزهای کلاس C برای حفاظت از ترانسفورماتورها، بانک‌های خازنی و فیدرها در پست‌های بزرگی که بار موازی به ترانسفورماتورها نصب نشده باشد استفاده می‌گردد. برای این کلاس شرایط TRV فیوز مانند شرایط TRV سوییچ‌های قدرت انتخاب می‌شود. آزمون شرایط TRV این فیوزها بایستی طبق استاندارد کلیدهای قدرت IEC 60056 انجام گیرد.

جدول ۵-۲۰- ولتاژ بازیابی گذرای کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط

ولتاژ نامی (kV)	کلاس کات‌اوت فیوز	پیک U_c (kV)	زمان t_3 (μs)	زمان تاخیر t_d (μs)	ولتاژ U' (kV)	زمان t' (μs)	شیب نامی $\left(U_c/t_3\right)$
۱۲	A	۲۲/۱	۱۶۴	۲۵	۷/۴	۷۹	۰/۱۳
	B	۲۳/۸	۱۲۱	۱۸	۷/۹	۵۸	۰/۲
	C	۲۳/۸	۸۱	۹	۷/۹	۳۰	۰/۳۹
۲۴	A	۴۴/۱	۲۳۸	۳۶	۱۴/۷	۱۱۵	۰/۱۹
	B	۴۷/۵	۱۹۲	۲۹	۱۵/۸	۹۳	۰/۲۵
	C	۴۷/۵	۸۶	۱۳	۱۵/۸	۴۲	۰/۵۵
۳۶	A	۶۶/۲	۲۸۱	۴۲	۲۲/۱	۱۳۶	۰/۲۴
	B	۷۱/۳	۲۵۱	۳۸	۲۹/۸	۱۲۲	۰/۲۸
	C	۷۱/۳	۱۰۷	۱۸	۲۳/۸	۵۲	۰/۶۶

۵-۵-٤-۷ سطوح عایقی

بـرای فـیوز و یـا پایه فیوز سطوح عایقی به صورت قابلیت تحمل در مقابل تنش‌های الکتریکی ناشی از ولتاژ با فرکانس قدرت و ضربه تعریف می‌شود.

طبق استاندارد IEC 60282-2 سطوح عایقی انتخابی برای کات‌اوت فیوزها بایستی شرایط مندرج در جدول (۵-۲۱) را برآورده نماید. میزان فاصله خزشی انتخابی نیز با توجه به نوع و میزان آلودگی طبق جدول (۵-۴) انتخاب می‌شود.

جدول ۵-۲۱- سطح نامی عایقی برای کات‌اوت فیوزها

ولتاژ نامی کات‌اوت فیوز (kV)	مقادیر نامی موثر ولتاژ استقامت کوتاه مدت (۱ دقیقه) در فرکانس قدرت (kV)		مقادیر نامی حداکثر ولتاژ استقامت در برابر ضربه صاعقه (kV)	
	A^*	B^{**}	A	B
۱۲	۲۸	۳۲	۷۵	۸۵
۲۴	۵۰	۶۰	۱۲۵	۱۴۵
۳۶	۷۰	۸۰	۱۷۰	۱۹۵

A^*: نسبت به زمین، بین پل‌ها و پایه‌های فیوز بدون وجود لینک فیوز

B^{**}: بین فاصله‌های عایقی پایه‌های فیوز

۵-۵-٤-۸ ضرایب تصحیح برای شرایط کاری غیر طبیعی

مقادیر نامی انتخابی برای کات‌اوت فیوز بایستی با استفاده از ضرایب تصحیح جداول (۵-۲۲) و (۵-۲۳) برای شرایط کاری غیرطبیعی اصلاح شوند.

جدول ۵-۲۲- ضرایب تصحیح جریان نامی و افزایش دمای مجاز برحسب تغییرات ارتفاع

ارتفاع محل نصب از سطح دریا (m)	ضریب تصحیح جریان نامی	ضریب تصحیح افزایش دما مجاز
تا ۱۰۰۰	۱	۱
از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	۰/۹۹	۰/۹۸
از ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰	۰/۹۶	۰/۹۲

جدول ۵-۲۳- ضریب تصحیح سطوح عایقی برحسب تغییرات ارتفاع

ارتفاع محل نصب از سطح دریا (m)	ضریب تصحیح سطح عایقی
تا ۱۰۰۰	۱
از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	۱/۰۶
از ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰	۱/۱۳
از ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰	۱/۲
از ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰	۱/۲۸

۵-۵-٤-۹ مقادیر نامی فیوز کات‌اوت‌های ۲۰ و۳۳ کیلوولتی

در جداول (۵-۲۴) و(۵-۲۵) به ترتیب مقادیر نامی فیوز کات‌اوت‌های ۲۰ و۳۳ کیلوولتی درج گردیده است.

جدول۵-۲۴- مقادیر نامی فیوز کات‌اوت‌های ۲۰ کیلوولتی

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی	
۱-۲	ولتاژ نامی (kV)	۲۰
۱-۳	حداکثر ولتاژ نامی‌سیستم (kV)	۲۴
۱-۴	فرکانس نامی (Hz)	۵۰
۲	شرایط بهره برداری	
۲-۱	حداکثر دمای هوای محیط (°C)	۵۵
۲-۲	حداقل دمای هوای محیط (°C)	-۳۵
۲-۳	حداکثر دمای میانگین هوای محیط- اندازه‌گیری شده در یک دوره ۲۴ ساعته (°C)	۴۰
۲-۴	حداکثر درجه حرارت تابش آفتاب (°C)	۸۲
۲-۵	تعداد روزهای سال با درجه حرارت زیر صفر	۱۰۰
۲-۶	ارتفاع از سطح دریا (m)	۵۰-تا۲۰۰۰
۲-۷	حداکثر سرعت باد (m/s)	۴۵
۲-۸	حداکثر سرعت باد در شرایط یخ زدگی (m/s)	۲۵
۲-۹	حداکثر ضخامت لایه برف (mm)	۳۰
۲-۱۰	بار زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	۰/۳
۲-۱۱	سطح آلودگی	آلودگی سنگین
۲-۱۲	رطوبت	۱۰٪ تا ۱۰۰٪
۳	جریان نامی پایه فیوز (A)	۱۰۰ و ۲۰۰
۴	جریان نامی لینک فیوز (A)	۳و۶و۸و۱۰و۱۲و۱۶و۲۰ و۲۵و۳۲و۴۰و۵۰و۶۳و۸۰و۱۰۰
۵	مقادیر نامی‌جریان نامی‌قطع (مقدار موثر جریان اتصال کوتاه متقارن) (kA)	۶ و ۸ و ۱۰
۶	ولتاژ آزمون ضربه‌ای خشک (با قطب بندی مثبت و منفی) در طول فاصله جداکنندگی پایه فیوز (kV -پیک)	۱۴۵(۱۶۲*)
۷	ولتاژ آزمون ضربه‌ای خشک (با قطب بندی مثبت و منفی) نسبت به زمین و بین قطب ها (kV -پیک)	۱۲۵(۱۴۰*)
۸	ولتاژ آزمون یک دقیقه‌ای خشک و تر با فرکانس قدرت در طول فاصله جداکنندگی پایه فیوز (kV - پیک)	۶۰(۶۷*)
۹	ولتاژ آزمون یک دقیقه‌ای خشک و تر با فرکانس قدرت نسبت به زمین و بین قطب‌ها (kV -پیک)	۵۰(۵۶*)
۱۰	حد افزایش درجه حرارت (°C)	
۱۱	مشخصه‌های زمان – جریان	طبق استانداردANSI- نوع («T» و «K» و نوع «TK»)
۱۲	طول فاصله خزشی (mm/kV)	۱۶-۲۰-۲۵-۳۱ بسته به میزان آلودگی

جدول ۵-۲۵- مقادیر نامی، فیوز کات اوت‌های ۳۳ کیلوولتی

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی	
۲-۱	ولتاژ نامی (kV)	۳۳
۳-۱	حداکثر ولتاژ نامی‌سیستم (kV)	۳۶
۴-۱	فرکانس نامی (Hz)	۵۰
۲	شرایط بهره برداری	
۱-۲	حداکثر دمای هوای محیط (°C)	۵۵
۲-۲	حداقل دمای هوای محیط (°C)	-۳۵
۳-۲	حداکثر دمای میانگین هوای محیط- اندازه‌گیری شده در یک دوره ۲۴ ساعته (°C)	۴۰
۴-۲	حداکثر درجه حرارت تابش آفتاب (°C)	۸۲
۵-۲	تعداد روزهای سال با درجه حرارت زیر صفر	۱۰۰
۶-۲	ارتفاع از سطح دریا، متر (m)	۵۰-تا۲۰۰۰
۷-۲	حداکثر سرعت باد (m/s)	۴۵
۸-۲	حداکثر سرعت باد در شرایط یخ زدگی (m/s)	۲۵
۹-۲	حداکثر ضخامت لایه برف (mm)	۳۰
۱۰-۲	بار زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	۰/۳
۱۱-۲	سطح آلودگی	آلودگی سنگین
۱۲-۲	رطوبت	۱۰٪ تا ۱۰۰٪
۳	جریان نامی پایه فیوز (A)	۱۰۰و۲۰۰
٤	جریان نامی لینک فیوز (A)	۲و۳و۶و۸و۱۰و۱۲و۱۶ ۲۰و۲۵و۳۲و۴۰و۵۰و۶۳و۸۰و۱۰۰
۵	مقادیر نامی‌جریان نامی‌قطع (مقدار موثر جریان اتصال کوتاه متقارن) (kA)	۴و۶و۸
۶	ولتاژ آزمون ضربه‌ای خشک (با قطب بندی مثبت و منفی) در طول فاصله جداکنندگی پایه فیوز (kV -پیک)	۱۹۵(۲۱۸*)
۷	ولتاژ آزمون ضربه‌ای خشک (با قطب بندی مثبت و منفی) نسبت به زمین و بین قطب ها (kV -پیک)	۱۷۰(۱۹۰*)
۸	ولتاژ آزمون یک دقیقه‌ای خشک و تر با فرکانس قدرت در طول فاصله جداکنندگی پایه فیوز (kV -پیک)	۸۰(۹۰*)
۹	ولتاژ آزمون یک دقیقه‌ای خشک و تر با فرکانس قدرت نسبت به زمین و بین قطب‌ها (kV -پیک)	۷۰(۷۸*)
۱۰	حد افزایش درجه حرارت (°C)	
۱۱	مشخصه‌های زمان – جریان	طبق استانداردANSI- نوع («T» و «K» و نوع «TK»)
۱۲	طول فاصله خزشی (mm/kV)	۳۱-۲۵-۲۰-۱۶بسته به میزان آلودگی

*توجه : در تعیین سطوح عایقی (ردیف‌های ۲۱ الی ۲۴)، مقادیر استاندارد IEC (نشانداده شده در پرانتز) در ضریبی معادل ۱/۱۲ برای جبران شرایط کاری قید شده ضرب شده است.

۵-۵-۵ مراحل طراحی و انتخاب کات‌اوت فیوزها

مراحل طراحی و انتخاب کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط با توجه به مطالب ارایه شده در بخش‌های قبلی به شرح ذیل می‌باشد.

گام اول: تعیین شرایط بهره‌برداری طبق بند (۵-۵-۳)

گام دوم: انتخاب نوع کات‌اوت فیوز طبق بند (۵-۵-۴-۱)

گام سوم: انتخاب جریان نامی طبق بند (۵-۵-۴-۳)

گام چهارم: انتخاب کلاس کاری کات‌اوت فیوز با توجه به درخواست مشتری طبق بند (۵-۵-۴-۶)

گام پنجم: انتخاب سطوح عایقی طبق بند (۵-۵-۴-۷)

گام ششم: تصحیح مقادیر انتخابی با توجه به شرایط کاری طبق بند (۵-۵-۴-۸)

۵-۵-۶ پلاک مشخصات

بر روی کلیه کات‌اوت فیوزها بایستی اطلاعات به شرح ذیل درج گردد.

الف- اطلاعاتی که بایستی روی پایه فیوز نوشته شود.

- نام سازنده
- سطح ولتاژ عایقی
- ولتاژ نامی
- جریان نامی

ب- اطلاعاتی که بایستی روی حامل فیوز درج گردد.

- نام سازنده
- ولتاژ نامی
- جریان نامی
- توانایی قطع نامی و کلاس TRV
- فرکانس نامی

ج- اطلاعاتی که بایستی روی لینک فیوز درج شود.

- نام سازنده
- جریان نامی
- ولتاژ نامی
- نوع فیوز

۵-۵-۷ مدارک فنی

به هنگام سفارش کات اوت فیوز می‌بایست اطلاعات مندرج در جداول (۵-۲۶) و (۵-۲۷) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردد.

جدول ۵-۲٦- مشخصات اصلی کات اوت فیوز (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات عمومی	
۱-۲	ولتاژ نامی (kV)	
۱-۳	حداکثر ولتاژ نامی‌سیستم (kV)	
۱-۴	فرکانس نامی (Hz)	
۲	شرایط بهره برداری	
۲-۱	حداکثر دمای هوای محیط $(^{\circ}C)$	
۲-۲	حداقل دمای هوای محیط $(^{\circ}C)$	
۲-۳	حداکثر دمای میانگین هوای محیط- اندازه‌گیری شده در یک دوره ۲۴ ساعته $(^{\circ}C)$	
۲-۴	حداکثر درجه حرارت تابش آفتاب $(^{\circ}C)$	
۲-۵	تعداد روزهای سال با درجه حرارت زیر صفر	
۲-۶	ارتفاع از سطح دریا، متر (m)	
۲-۷	حداکثر سرعت باد (m/s)	
۲-۸	حداکثر سرعت باد در شرایط یخ زدگی (m/s)	
۲-۹	حداکثر ضخامت لایه برف (mm)	
۲-۱۰	بار زلزله (ضریبی از شتاب ثقل زمین)	
۲-۱۱	سطح آلودگی	
۳	جریان نامی‌پایه فیوز (A)	
۴	جریان نامی‌لینک فیوز (A)	
۵	مقادیر نامی‌جریان نامی‌قطع (مقدار موثر جریان اتصال کوتاه متقارن) (kA)	

جدول ۵-۲۷- مشخصات اصلی کات اوت فیوز (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	نام سازنده	
۱-۱	علامت مشخصه نوع مربوط به سازنده	
۱-۲	استاندارد	
۲	ولتاژ نامی (kV)	
۳	فرکانس نامی (Hz)	
۴	جریان نامی لینک فیوز (kA)	
۵	جریان نامی پایه فیوز (kA)	
۶	جریان نامی قطع اتصال کوتاه متقارن (kA)	
۷	جریان نامی قطع اتصال کوتاه نامتقارن (kA)	
۸	مقدار نامی جریان قطع بار (kA)	
۹	مقدار نامی جریان کوتاه مدت ۳ ثانیه (kA)	
۱۰	ولتاژ آزمون ضربه‌ای خشک در طول فاصله جداکنندگی پایه فیوز (kV -پیک)	
۱۱	ولتاژ آزمون ضربه‌ای خشک نسبت به زمین و بین قطب ها (kV -پیک)	
۱۲	ولتاژ آزمون استقامت یک دقیقه‌ای با فرکانس قدرت، خشک و تر در طول فاصله جداکنندگی پایه فیوز (kV -موثر)	
۱۳	ولتاژ آزمون استقامت یک دقیقه‌ای با فرکانس قدرت، خشک و تر نسبت به زمین و بین قطب‌ها (kV -موثر)	
۱۴	طول فاصله خزشی مقره (mm)	
۱۵	ولتاژ تداخل امواج رادیویی (µV)	
۱۶	حدود افزایش درجه حرارت الف) کنتاکت های بدون روکش نقره (°C) ب) کنتاکت های با روکش نقره (°C) ج) ترمینال‌ها (°C) د) مواد عایق کننده یا قسمتهای فلزی در اتصال با مواد عایقی (°C)	
۱۷	مشخصه زمان – جریان	

۵-۵-۸ آزمون‌ها

آزمون‌های کات‌اوت فیوزها طبق استاندارد IEC 60282-2 به دو دسته جاری و پذیرش تقسیم‌بندی می‌شود. این آزمون‌ها عبارت از موارد به شرح ذیل می‌باشد.

الف- آزمون‌های جاری

- آزمون‌های عایقی
- آزمون افزایش دما
- آزمون شکست[1]
- آزمون تعیین مشخصه زمان- جریان
- آزمون مکانیکی (برای پایه فیوز و لینک فیوز)
- آزمون آلودگی غیر عادی برای مکانهای آلوده
- آزمون ضربه‌زن طبق استاندارد IEC 60282-1 (برای فیوزهای دارای ضربه‌زن)

ب- آزمون‌های پذیرش

این آزمون‌ها با توافق بین سازنده و خریدار انجام می‌گیرد. نمونه‌هایی از این آزمون‌ها به شرح زیر می‌باشد.

- تعیین ابعاد
- اندازه‌گیری مقاومت لینک فیوز

۵-۵-۹ آیین کار و روش‌های اجرایی

۵-۵-۹-۱ محل نصب کات‌اوت فیوز

کات‌اوت فیوز در طول خطوط فشارمتوسط و عموما در نقاط به شرح ذیل نصب می‌شود.

۱- در محل اتصال دو سیستم شبکه هوایی و کابلی زمینی

نمونه‌ای از نحوه نصب کات‌اوت فیوز در محل اتصال در سیستم شبکه هوایی و کابلی زمینی به یکدیگر در شکل (۵-۹) آمده است.

۲- در محل انشعابات از سیستم هوایی

نمونه‌ای از نحوه نصب کات‌اوت فیوز در انشعابات از سیستم‌های هوایی در شکل (۵-۱۰) آمده است.

۳- در محل پست‌های هوایی وسط خط

نمونه‌ای از نحوه نصب کات‌اوت فیوزها در پست‌های هوایی وسط خط در شکل (۵-۱۱) آمده است.

---

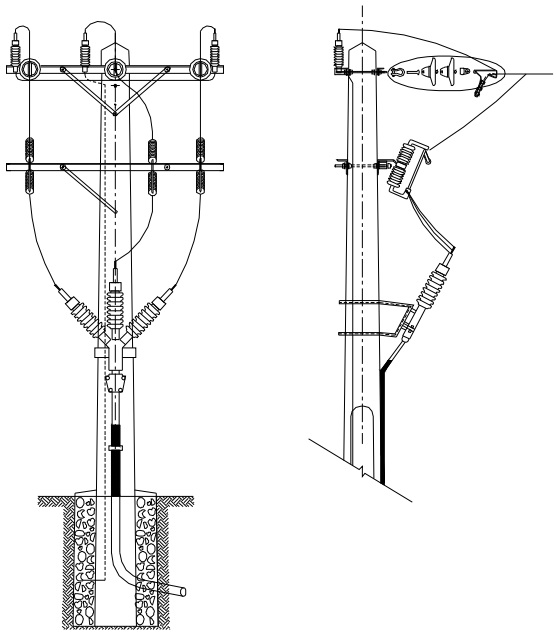
[1] - Breaking Test

۴- در محل پست‌های هوایی انتهای خط

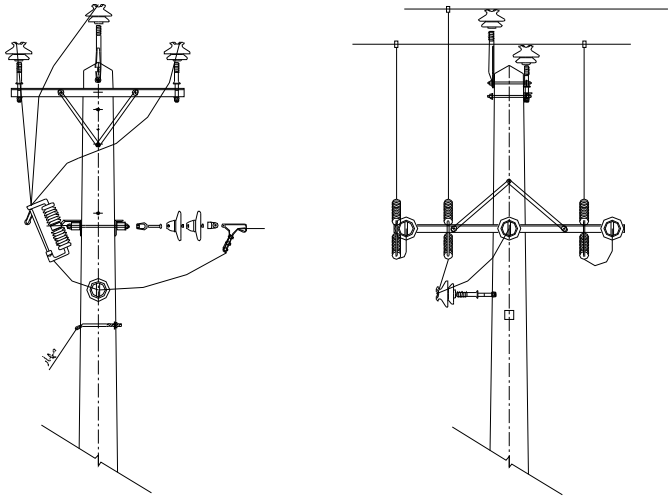
نمونه‌ای از نحوه نصب کات‌اوت فیوزها در پست‌های هوایی انتهای خط در شکل (۵-۱۲) آمده است.

۵- در محل اتصال شبکه هوایی به پست زمینی

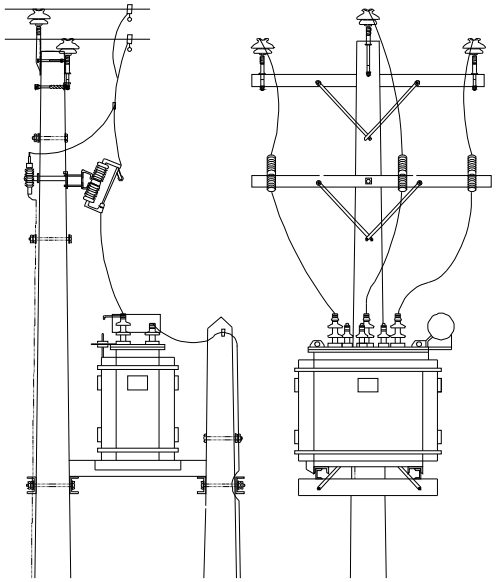
نمونه‌ای از نحوه نصب کات‌اوت فیوزها در محل اتصال شبکه هوایی به پست زمینی در شکل (۵-۱۳) آمده است.



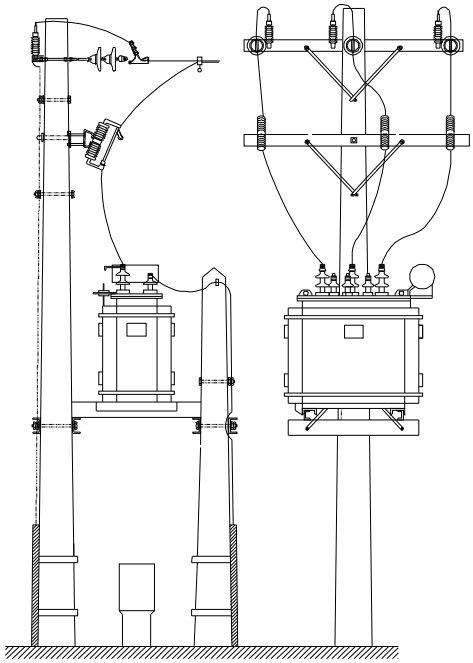
شکل ۵-۹- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در محل اتصال سیستم شبکه هوایی و کابلی زمینی



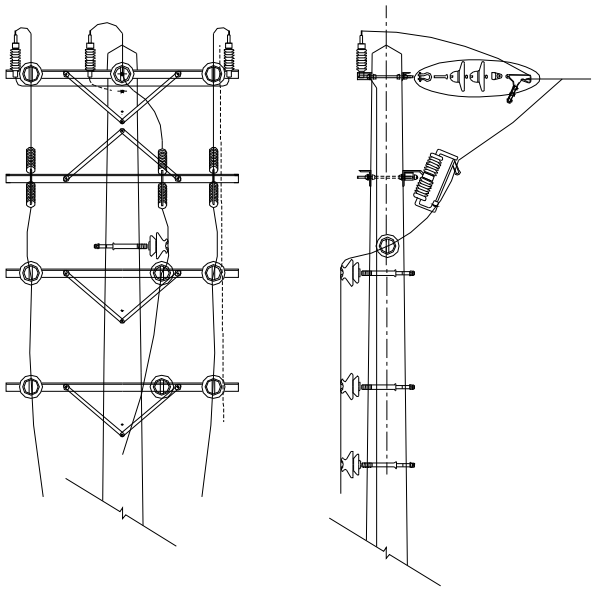
شکل ۵-۱۰- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در انشعابات گرفته شده از خطوط هوایی



شکل ۵-۱۱- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در پست‌های هوایی وسط خط



شکل ۵-۱۲- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در پست‌های هوایی انتهای خط



شکل ۵-۱۳- نحوه اتصال کات‌اوت فیوز در محل اتصال شبکه هوایی به پست زمینی

۵-۵-۱۰ نگهداری و بازدیدهای دوره‌ای

جهـت اطمیـنان از صحت عملکرد و سلامت کات‌اوت فیوزها به هنگام بازدیدهای دوره‌ای می‌بایست نکات به شرح ذیل مد نظر قرار گیرد.

- بررسی مقره اتکایی و اطمینان از عدم وجود شکاف یا شکستگی در آن
- اطمینان از صحت اتصالات پیچ‌ها، سیم‌های رابط و گیره‌های نگهدارنده
- بررسی اتصالات و کنتاکت‌ها از نظر سوختگی، خال زدگی و هر گونه عیب
- شستشو و رفع آلودگی سطح مقره و لینک فیوز در محل‌های آلوده به صورت دوره‌ای

نکات زیر به هنگام عملکرد کات‌اوت فیوز و تعویض آن بایستی رعایت گردد.

- تعویض هر سه کات‌اوت فیوز اعم از فیوزهای سالم و معیوب به هنگام بروز خطا
- استفاده از لینک فیوز با همان ابعاد لینک فیوز سوخته
- اطمینان از اتصال کافی و خوب فیوزگیر بعد از عمل تعویض
- بررسی سیم‌های ارتباطی کات‌اوت فیوز از لحاظ سوختگی و صحت اتصالات
- بررسی مقره اتکایی و اطمینان از عدم وجود شکاف و شکستگی

فصل ششم
برقگیرهای فشار متوسط

مقدمه

در شبکه‌های توزیع برقگیرها عناصری هستند که جهت مهار اضافه ولتاژهای ناشی از عواملی نظیر کلیدزنی و صاعقه به کار گرفته می‌شوند. در این فصل ابتدا معیارها و ویژگی‌های فنی انتخاب برقگیر و در ادامه آزمون‌ها و اصول نصب و نگهداری آنها ارایه گردیده است.

٦-١دامنه کاربرد

در این فصل ضوابط و معیارهای فنی، عمومی و اجرایی برقگیرهای نوع اکسید فلز بدون فاصله هوایی در سطوح ولتاژ متوسط ارایه گردیده است.

٦-٢تعریف‌ها

٦-٢-١ مقاومت غیر خطی اکسید فلز

عنصری است که در ولتاژهای بالا از خود مقاومت کم و در ولتاژ نامی شبکه از خود مقاومت زیاد نشان می‌دهد و از آن در ساخت برقگیر استفاده می‌شود.

٦-٢-٢ ولتاژ نامی‌برق گیر[1] (U_r)

در برقگیرها به حداکثر ولتاژ موثر سینوسی با فرکانس قدرت که برقگیر می‌تواند آن را برای مدت زمان محدودی تحمل کند ولتاژ نامی برقگیر گویند. این بدان معنا است که برقگیر بعد از مدت زمان مشخص (حداکثر ۱۰ ثانیه) به ولتاژ نامی عکس‌العمل نشان می‌دهد.

[1] - Rated Voltage

٦-۲-۳ ولتاژ کار دائم[1] (U_c)

بـه حداکثـر ولتاژ موثر سینوسی در فرکانس قدرت که می‌توان آن را به طور دائم بین ترمینال‌های برقگیر اعمال کرد، به طوریکه برقگیر عمل نکرده و تخلیه صورت نگیرد ولتاژ کار دایم برقگیر گویند. این مقدار را با U_c و یا MCOV [2] نمایش می‌دهند.

٦-۲-٤ اضافه ولتاژ موقت (TOV[3])

به اضافه ولتاژهایی در فرکانس قدرت که بیش از چند سیکل تداوم داشته باشند اضافه ولتاژهای موقت (TOV) گفته می‌شود.

٦-۲-٥ جریان تخلیه نامی (I_n)

به حداکثر جریان ضربه عبوری از برقگیر که از آن عموما برای کلاس‌بندی برقگیرها استفاده می‌شود، جریان تخلیه نامی گویند.

٦-۲-٦ جریان دایمی برقگیر

به مقدار جریان نشتی که در شرایط کارکرد عادی از برقگیر عبور می‌کند، جریان دایمی برقگیر گویند.

٦-۲-۷ ولتاژ مرجع (U_{ref})

مقدار ولتاژی است که اگر به دو سر برقگیر اعمال شود جریان نامی (I_n) از آن عبور می‌کند.

٦-۲-۸ ولتاژ پسماند (U_{res})

به حداکثر افت ولتاژ در دو سر برقگیر به هنگام عبور جریان ضربه، ولتاژ پسماند گویند.

٦-۲-۹ جدا کننده برقگیر

قطعه‌ای است که از آن برای جداسازی برقگیر از شبکه به هنگام بروز خرابی و تعمیرات برقگیر استفاده می‌شود.

---

[1] - Continuous Oprating Voltage

[2] - Maximum Continuous Oprating Voltage

[3] - Temporary Over Voltage

٦-۲-۱۰ کلاس فشار شکن[1]

عددی است برحسب آمپر که توانایی استقامت بدنه و عایق‌بندی برقگیر را به هنگام عبور جریان‌های خطا نشان می‌دهد.

٦-۲-۱۱ ضربه

بـه شـکل مـوج یک جهته از ولتاژ یا جریان که به صورت سریع با کمترین نوسان به مقدار حداکثر خود می‌رسد و در مدت زمان کوتاهی به مقدار صفر باز می‌گردد ضربه گویند.

برای نشان دادن شکل موج ضربه از دو عدد که با علامت "/" از هم جدا شده‌اند استفاده می‌شود بدین صورت که عدد اول زمان صعود (T_1) و عدد دوم زمان نشست یا دنباله موج (T_2) را برحسب میکروثانیه نشان می‌دهد (به عنوان مثال: ۸/۲۰ μsec).

٦-۲-۱۲ جریان ضربه صاعقه

جریان ضربه صاعقه استاندارد به صورت ۸/۲۰ μsec تعریف می‌شود. به طوریکه دستگاه اندازه‌گیری پیشانی این موج را بین ۷ تا ۹ میکروثانیه و دنباله موج را بین ۱۸ تا ۲۲ میکروثانیه اندازه‌گیری می‌نماید.

٦-۲-۱۳ جریان ضربه دراز مدت

شـکل مـوج ضـربه مـستطیلی شـکل که دارای زمان صعود و دنباله بسیار سریع بوده ولی مقدار پیک آن چند میکرو ثانیه امتداد می‌یابد جریان ضربه دراز مدت نامیده می‌شود.

٦-۲-۱٤ جریان ضربه شدید برقگیر

بـه حداکثـر جریان تخلیه‌ای با شکل موج ۴/۱۰ μsec که از آن برای سنجش استقامت برقگیر در مقابل اصابت مستقیم صاعقه استفاده می‌کنند جریان ضربه شدید برقگیر گویند.

---

[1] - Pressure Relief Class

٦-۳کلیات

امواج سیال ناشی از صاعقه، کلیدزنی و ... با ایجاد اضافه ولتاژ برروی تجهیزات، استقامت عایقی آنها را تهدید نموده و باعث بروز قوس و اتصالی در شبکه می‌شوند. برای جلوگیری از این حوادث و مهار اضافه ولتاژها از برقگیرها به موازات تجهیزات به شرح زیر در پست‌های توزیع استفاده می‌شود.

۱- ترانسفورماتورهای قدرت
۲- خازن‌ها و راکتورهای شنت
۳- کلیدها
۴- پایانه‌های خطوط انتقال و محل اتصال خطوط کابلی به خطوط هوایی

برقگیرها به سه دسته شاخکی، سوپاپی و اکسید فلزی تقسیم‌بندی می‌شوند. در برقگیرهای شاخکی دو الکترود نوک‌تیز با فاصله معینی از هم قرار دارند که در صورت بروز اضافه ولتاژ، هوای بین این دو الکترود یونیزه شده و مسیر عبور جریان از طریق هوا بسته می‌شود. در برقگیرهای شاخکی زمان جرقه، به شیب پیشانی موج عبوری و قله آن بستگی داشته و بنابراین برای موجهایی با پیشانی کم، زمان زیادی جهت ایجاد جرقه مورد نیاز است. از این رو برای رفع این مشکل از برقگیرهای سوپاپی که متشکل از مقاومت غیرخطی سری با فاصله هوایی می‌باشد، استفاده می‌شود.

برقگیرهای اکسید فلز نوع دیگری از برقگیرها می‌باشند که در ساخت آنها از سری و موازی کردن مقاومتهای غیر خطی استفاده شده است. مزیت عمده این برقگیر نسبت به دو نوع قبلی عدم ایجاد جرقه و نیز پاسخ سریعتر به ولتاژهای خطا و بازگشت سریع به حالت عادی بلافاصله بعد از رفع خطا می‌باشد. در سیستم‌های توزیع عموما از این نوع برقگیرها استفاده می‌شود. در ادامه نحوه طراحی و انتخاب برقگیرهای اکسید روی در سطوح ولتاژ فشار متوسط تشریح می‌گردد.

٦-٤شرایط بهره‌برداری

برای ایجاد تطابق کافی بین برقگیر انتخابی و محل نصب بایستی شرایط محیطی و اقلیمی محل نصب قبل از طراحی مشخص گردد. این پارامترها به همراه شرایط کار عادی طبق استاندارد IEC 60099-4 در جدول (۶-۱) درج گردیده است.

جدول ٦-١- پارامترهای آب و هوایی و شرایط کاری استاندارد برقگیرها

پارامترهای آب و هوایی	شرایط کار استاندارد برقگیرها مطابق با استاندارد IEC 60099-4
حداکثر درجه حرارت محیط	۴۰ °C
حداقل دمای محیط	-۴۰ °C
ارتفاع نصب از سطح دریا	کمتر از ۱۰۰۰ متر
رطوبت نسبی	کمتر از ۹۰ درصد در طول یک ماه
تابش خورشید	کمتر از ۱/۱ وات بر متر مربع
میزان و نوع آلودگی	آلودگی متوسط یا درجه ۲
شتاب زمین‌لرزه	۰/۳g
سرعت باد	کمتر از۴۵ متر بر ثانیه
ضخامت یخ و برف	کمتر از ۳۰ میلیمتر

٦-٥مشخصات و معیارهای فنی

٦-٥-١ ولتاژ نامی برقگیر (U_r)

طبق تعریف مندرج در بند (۶-۲-۳) بر خلاف اکثر دستگاه‌ها و تجهیزات الکتریکی ولتاژ نامی برقگیرهای اکسید فلز الزاماً ولتاژ نامی شبکه‌ای که برقگیر در آن نصب می‌شود نیست و برای حفظ پایداری برقگیر در هنگام کار عادی شبکه انتخاب ولتاژ نامی برقگیر مستلزم شناخت حداکثر ولتاژهای شبکه و مدت زمان استمرار این اضافه ولتاژها می‌باشد.

براساس استاندارد IEC 60099-5 ضریبی بنام ضریب K تعریف می‌شود که با ضرب آن در ولتاژ نامی سیستم مقدار اضافه ولتاژ فاز سالم در هنگام وقوع خطا مشخص می‌گردد. روش محاسبه ضریب K در پیوست A از استاندارد IEC 60099-5 آمده است.

با فرض ولتاژ نامی شبکه برابر با E_a، به هنگام بروز خطا ولتاژ KE_a به برقگیر تحمیل می‌گردد. در صورتی که این ولتاژ بزرگتر و یا مساوی با ولتاژ نامی برقگیر شود، برقگیر آن را برای مدت زمان مشخصی (حداکثر ۱۰ ثانیه) تحمل کرده و بعد از آن عمل می‌نماید.

سازنده برقگیر موظف است منحنی ولتاژ اعمالی برحسب زمان قابل تحمل برقگیر را در فرکانس قدرت به خریدار ارایه دهد. این منحنی نشان می‌دهد که برقگیر ولتاژهای با فرکانس قدرت را تا چه مدت زمانی می‌تواند تحمل کند.

در صورتی که سازنده برقگیر مقدار U_{eq} (مقدار اضافه ولتاژ موقتی که برقگیر حداکثر به مدت ۱۰ ثانیه می‌تواند آن را تحمل نماید) را مشخص کرده باشد، زمان قابل تحمل توسط برقگیر به ازای سایر اضافه ولتاژهای موقت توسط رابطه (۶-۱) بدست می‌آید.

$$U_{eq} = U_t \left(\frac{T_t}{۱۰}\right)^m \qquad [V] \qquad (۱-۶)$$

که در رابطه بالا:

U_t: دامنه اضافه ولتاژ موقت [V]

T_t: زمان استمرار اضافه ولتاژ موقت [S]

U_{eq}: اضافه ولتاژ موقتی که برقگیر حداکثر به مدت ۱۰ ثانیه می‌تواند آن را تحمل کند [V]

m: ضریب مشخصه برقگیر که مقدار میانگین آن ۰/۰۲ می‌باشد.

٦-٥-٢ ولتاژ کار دایم برقگیر

طبق تعریف مندرج در بند (۶-۲-۴) برقگیر بایستی تحت ولتاژ کار دائم خود عمل نموده و تخلیه‌ای صورت نگیرد. ولتاژ کار دایم برقگیر با توجه به حداکثر ولتاژ نامی سیستم تعیین می‌گردد. این مقدار برای شبکه‌های ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت به ترتیب ۱۲، ۲۴ و ۳۶ کیلوولت انتخاب می‌شود.

٦-٥-٣ فرکانس نامی

فرکانس نامی شبکه در ایران ۵۰ هرتز می‌باشد. برقگیرهای مورد استفاده در شبکه‌های با فرکانس ۵۰ هرتز بایستی جهت کار در محدوده فرکانسی ۴۸ تا ۶۲ هرتز طراحی شده باشند.

٦-٥-٤ جریان تخلیه نامی (I_n) و کلاس‌بندی برقگیرها

طبق تعریف مندرج در بند (۶-۲-۶) جریان تخلیه نامی توانایی برقگیر را در تخلیه جریان ضربه نشان می‌دهد. مقادیر استاندارد جریان تخلیه نامی عبارت از موارد ذیل می‌باشد.

[A] ۲۰۰۰۰و ۱۰۰۰۰، ۵۰۰۰، ۲۵۰۰، ۱۵۰۰

برقگیرها براساس جریان تخلیه نامی کلاس‌بندی می‌شوند. براساس احتمال وقوع اضافه ولتاژها، برقگیرهای کلاس ۱۰۰۰۰ آمپر به دو دسته سنگین‌کار و سبک‌کار و برقگیرهای کلاس ۵۰۰۰ آمپر به دو دسته A و B تقسیم‌بندی می‌گردند.

در انتخاب کلاس جریان تخلیه نامی پارامترهای به شرح ذیل موثر می‌باشند.

- اهمیت تاسیسات
- احتمال وقوع اضافه ولتاژها (صاعقه، کلیدزنی و ...)
- سطح ولتاژ
- درجه عایقی خط

لازم به ذکر است در پست‌های توزیع برای ترانسفورماتورهای قدرت برقگیر ۱۰۰۰۰ و یا ۵۰۰۰ آمپر نصب می‌شود.

٦-٥-٥ کلاس تخلیه خط

برقگیرهای کلاس ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ آمپر براساس قابلیت جذب انرژی طبق استاندارد IEC 60099-4 به ۵ کلاس تقسیم می‌شوند. پارامترهای آزمون تخلیه خط برای تعیین کلاس تخلیه خط برقگیر در جدول (۶-۲) آمده است.

جدول ٦-۲- تقسیم‌بندی برقگیرهای ۱۰۰۰۰A و ۲۰۰۰۰A

کلاس برقگیر	کلاس تخلیه خط	امپدانس مشخصه خط Z (Ω)	زمان مجازی استمرار پیک T (μS)	ولتاژ شارژ U_L (kV d.c.)
۱۰۰۰۰A	۱	۴/۹ U_r *	۲۰۰۰	۳/۲ U_r
۱۰۰۰۰A	۲	۲/۴ U_r	۲۰۰۰	۳/۲ U_r
۱۰۰۰۰A	۳	۱/۳ U_r	۲۴۰۰	۲/۸ U_r
۲۰۰۰۰A	۴	۰/۸ U_r	۲۸۰۰	۲/۶ U_r
۲۰۰۰۰A	۵	۰/۵ U_r	۳۲۰۰	۲/۴ U_r

* U_r: ولتاژ موثر اسمی آزمایش برحسب kV می‌باشد.

برای تعیین مقدار انرژی مخصوصی که برقگیر در آزمون تخلیه خط جذب می‌نماید می‌توان از رابطه (۶-۲) استفاده کرد.

$$w' = \frac{U_{res}}{U_r}\left(\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r}\right)\frac{U_r}{Z}T \qquad \left[\frac{kj}{kV}\right] \qquad (۶-۲)$$

که در رابطه بالا:

w': انرژی مخصوص $\left[\frac{kj}{kV}\right]$

U_L: ولتاژ شارژ توسط ژنراتور در حین آزمون [kV]

T: زمان مجازی استمرار پیک جریان [S]

Z: امپدانس مشخصه خط [Ω]

در شکل (۶-۱) رابطه بین انرژی مخصوص و نسبت ولتاژ پسماند ناشی از کلیدزنی به ولتاژ نامی برقگیر نشان داده شده است. نحوه انتخاب کلاس تخلیه خط به شرح ذیل می‌باشد.

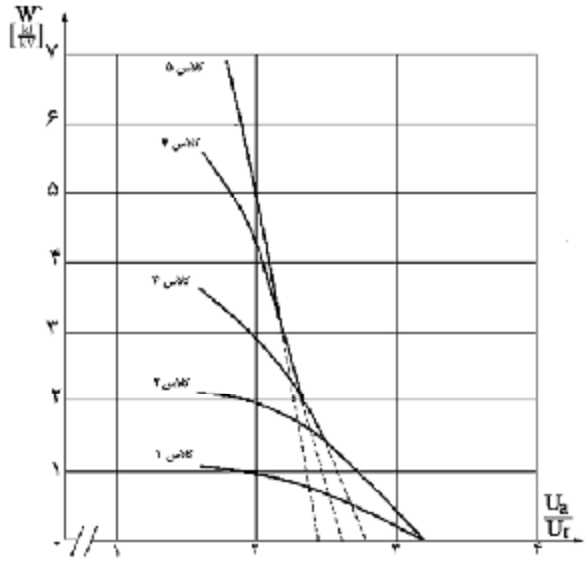
گام اول: تعیین انرژی تولیدی به هنگام بروز خطا طبق بند (۶-۵-۱۰).

گام دوم: تعیین انرژی مخصوص با تقسیم کردن انرژی محاسبه شده در گام اول بر مقدار موثر ولتاژ نامی برقگیر.

گام سوم: انتخاب برقگیری که قابلیت جذب انرژی مخصوص محاسبه شده در گام دوم را داشته باشد. برای این منظور می‌توان از دو روش به شرح ذیل استفاده کرد.

روش اول: مقایسه انرژی محاسبه شده از رابطه (۶-۲) و انرژی مخصوص محاسبه شده در گام دوم

روش دوم: استفاده از شکل (۶-۱) و انتخاب برقگیر با کلاس تخلیه بالاتر از روی نمودار



شکل ٦-١- رابطه بین انرژی مخصوص و نسبت ولتاژ ضربه کلیدزنی (U_a) به ولتاژ نامی برقگیر

٦-٥-٦ ولتاژ پسماند

مقدار ولتاژ پسماند برقگیر بایستی در محدوده مقادیر ارایه شده در جدول (۶-۳) باشد.

جدول ٦-٣- مقادیر ولتاژ پسماند برای برقگیرهای اکسید فلز برحسب پریونیت

ولتاژ نامی kV (rms)	۲۵۰۰ A kV (peak) / U_r		۵۰۰۰A kV (peak) / U_r		۱۰۰۰۰ A kV (peak) / U_r			۲۰۰۰۰A kV (peak) / U_r		
	صاعقه	پله	صاعقه	پله	کلیدزنی	صاعقه	پله	کلیدزنی	صاعقه	پله
۲۰ و ۱۱	۳/۶	۴	۲/۴-۳/۶	۲/۷-۴	۲-۲/۹	۲/۳-۳/۶	۲/۶-۴	-	-	-
۳۳	۳/۶	۴	۲/۴-۳/۶	۲/۷-۳/۷	۲-۲/۶	۲/۳-۳/۳	۲/۶-۳/۷	۲-۲/۳	۲/۳-۲/۸	۲/۶-۳/۱

لازم بـه ذکر است در جدول (۶-۳) شکل موج پله‌ای دارای زمان صعود ۱ میکروثانیه، زمان استمرار ۱/۱-۰/۹ میکروثانیه و زمان نشـست بزرگتـر از ۲۰ میکـروثانیه مـی‌باشـد. شکل موج ضربه صاعقه به صورت ۸/۲۰ میکروثانیه و شکل موج کلیدزنی دارای زمان صعود ۳۰ میکروثانیه، زمان استمرار ۱۰۰ میکروثانیه و زمان نشتی معادل با دو برابر زمان صعود می‌باشد.

٦-٥-٧ کلاس فشار شکن

عـبور جـریان‌هـای شـدید از برقگیـر باعث بروز جرقه و دود و در نتیجه افزایش فشار داخلی محفظه می‌شود. از آنجایی که فشار ایجـاد شـده متناظـر بـا عـبور مقـدار مشخصی از جریان می‌باشد، کلاس فشارشکن برحسب حداکثر جریان خطای عبوری از برقگیر (برحسب کیلوآمپر) بیان می‌شود. در استاندارد IEC 60099-1 نحوه انجام آزمون‌های تعیین کلاس فشارشکن آمده است.

٦-٥-٨ سطح عایقی

٦-٥-٨-١ انتخاب فاصله خزشی

در هـنگام انـتخاب سـطوح عایقـی، مقـدار فاصله مجاز خزشی می‌بایست با توجه به میزان آلودگی محیط تعیین گردد. در جدول (۶-۴) حداقل فاصله خزشی برحسب سطح آلودگی محیط طبق استاندارد IEC 60815 درج گردیده است.

جدول ٦-٤- حداقل فاصله خزشی برحسب سطح آلودگی

سطح آلودگی	حداقل فاصله خزشی نامی بین فاز و زمین (کیلوولت فاز به فاز / mm)
سبک	۱۶
متوسط	۲۰
سنگین	۲۵
فوق سنگین	۳۱

٦-٥-٨-٢ قدرت عایقی بدنه

بدنـه برقگیر بایستی بتواند در مقابل تنش‌های ولتاژ و جریان استقامت کافی از خود نشان دهد. براساس استاندارد IEC 60099-4 در طراحی بدنه عایقی برقگیر بایستی شرایط به شرح ذیل در نظر گرفته شود.

- توانایی تحمل ولتاژهای ضربه با دامنه ۱/۳ برابر سطح حفاظت برقگیر در مقابل ضربه صاعقه را داشته باشد.
- برقگیرهای طراحی شده جهت نصب در محیطهای مرطوب باز و بسته بایستی توانایی تحمل ولتاژ با فرکانس قدرت را داشته باشند.
- برقگیرهای ۱۵۰۰، ۲۵۰۰ و ۵۰۰۰ آمپر و نیز برقگیرهای خاص طراحی شده برای مناطقی با احتمال وقوع دفعات زیاد صاعقه، بایستی توانایی تحمل سطح ولتاژی با دامنه ۸۸ درصد سطح حفاظت صاعقه در فرکانس قدرت به مدت یک دقیقه را داشته باشند.
- برقگیرهای ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ آمپر توانایی تحمل سطح ولتاژی با دامنه ۱۰۶ درصد سطح ولتاژ حفاظتی کلیدزنی به مدت یک دقیقه را داشته باشند.

٦-٥-٩ تعیین حاشیه حفاظت

به تفاوت بین سطوح حفاظتی برقگیر و سطوح عایق‌بندی سیستم در مقابل ولتاژهای ضربه صاعقه و کلیدزنی حاشیه حفاظت اطلاق می‌گردد. در شکل (۶-۲) رابطه بین سطوح حفاظتی برقگیر و سطوح عایق‌بندی سیستم نشان داده شده است. برقگیر بایستی قبل از اینکه ولتاژهای ضربه یا کلیدزنی از سطوح عایقی سیستم عبور کنند عمل نماید. به همین منظور طبق استاندارد IEEE C62.22 در طراحی بایستی حاشیه حفاظتی در نظر گرفته شود. این حاشیه حفاظتی توسط روابط (۶-۲) و (۶-۳) محاسبه می‌گردد. رابطه (۶-۲) بیانگر حاشیه حفاظتی در مقابل ضربه صاعقه و رابطه (۶-۳) بیانگر حاشیه حفاظتی در مقابل ضربه‌های ناشی از کلیدزنی می‌باشد.

$$PM_L = \left(\frac{U_{wl}}{U_{pl}} - ۱ \right) \times ۱۰۰ \qquad (۲-۶)$$

$$PM_s = \left(\frac{U_{ws}}{U_{ps}} - ۱ \right) \times ۱۰۰ \qquad (۳-۶)$$

که در روابط بالا:

U_{wl}: سطح عایقی تجهیزات در مقابل صاعقه [kV]

U_{ws}: سطح عایقی تجهیزات در مقابل کلیدزنی [kV]

U_{pl}: سطح حفاظت برقگیر در مقابل صاعقه [kV]

U_{ps}: سطح حفاظت برقگیر در مقابل کلیدزنی [kV]

برای دستیابی به حاشیه حفاظت مناسب مقدار PM_L و PM_S محاسبه شده بایستی بزرگتر از ۱۵ درصد باشد.

٦-٥-١٠ قابلیت جذب انرژی

برقگیر با جذب انرژی موج‌های گذرا مانع ورود آنها به سیستم قدرت می‌شود. طبق استاندارد IEC 60099-5 مقدار انرژی جذب شده توسط برقگیر در حالات مختلف بروز خطا مشتمل بر ورود یا خروج خطوط هوایی به مدار، ورود یا خروج خازن یا خطوط کابلی به مدار و صاعقه به ترتیب توسط روابط (۶-۴) تا (۶-۶) محاسبه می‌گردد.

$$W = ۲ U_{PS} \left(U_e - ۱ \right) U_{ps} \frac{T_w}{Z} \qquad (۴-۶)$$

$$W = \frac{۱}{۲} C \left[(۳ U)^{۲} - \left(\sqrt{۲} \right) U_r^{۲} \right] \qquad (۵-۶)$$

$$W = \left[۲U_f - N U_{pl} \left(۱ + \ln \left(۲U_f \right) / ۱ \right) U_{pl} \right] \frac{U_{pl} \cdot T_۱}{z} \qquad (۶-۶)$$

که در روابط بالا:

W: انرژی جذب شده توسط برقگیر [j]

U_{ps}: سطح حفاظتی برقگیر در مقابل کلیدزنی [V]

U_e: دامنه اضافه ولتاژ که با استفاده از استاندارد IEC 60071-2 تخمین زده می‌شود [V]

Z: امپدانس مشخصه خط [Ω]

T_W: زمان حرکت موج در طول خط که از تقسیم کردن طول خط به سرعت انتشار موج بدست می‌آید [S]

C: ظرفیت بانک خازنی یا خاصیت خازنی کابل [F]

$U_.$: ولتاژ فاز به نول [V]

U_r: ولتاژ نامی برقگیر [V]

Ln: لگاریتم طبیعی

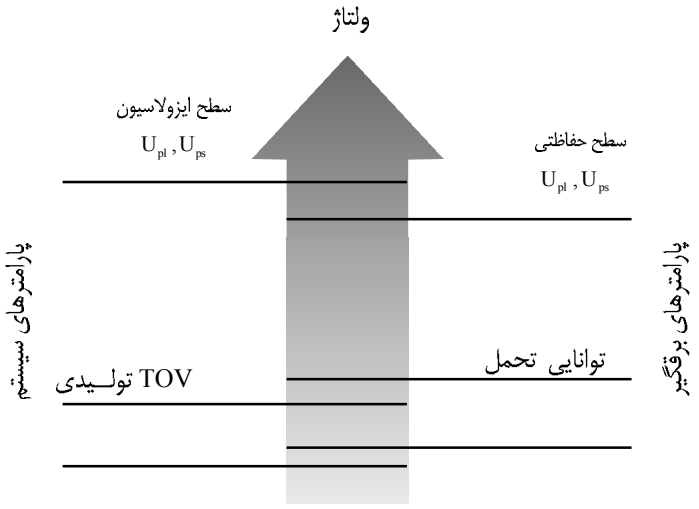
U_{pl}: سطح حفاظتی برقگیر در برابر صاعقه [V]

U_f: ولتاژ شکست عایقی خط با پلاریته منفی [V]

$T_۱$: زمان بین ورود جریان ضربه صاعقه و نوسانات بعدی که در حدود ۰/۳ میلی ثانیه در نظر گرفته می‌شود. [S]

N: تعداد خطوط متصل شده به برقگیر

علامت اختصاری	شرح
U_{wl}	سطح عایقی تجهیزات در مقابل صاعقه
U_{ws}	سطح عایقی تجهیزات در مقابل کلیدزنی
U_{pl}	سطح حفاظت برقگیر در برابر صاعقه
U_{ps}	سطح حفاظت برقگیر در برابر کلیدزنی
TOV	اضافه ولتاژ های موقتی
U_c	ولتاژ دایمی کار
U_r	ولتاژ نامی برقگیر



شکل ٦-٢- رابطه بین پارامترهای الکتریکی برقگیر و شبکه

٦-٥-١١ طراحی و ساختمان

٦-٥-١١-١ محفظه

محفظه برقگیر باید از عایق چینی یا پلیمری ساخته شود، عایق باید مطابق با استاندارد IEC 60085 (هماهنگی عایقی)، طراحی، ساخته و مورد آزمایش قرار گیرد. عایق مورد استفاده بایستی برای نصب در شرایط محیطی مشخص شده از طرف مشتری مناسب باشد.

٦-٥-١١-٢ جدا کننده برقگیر

جدا کننده بایستی توانایی تحمل جریان‌های خطای عبوری از برقگیر را داشته باشد. طبق استاندارد IEC 60099-1 جدا کننده‌ها در محدوده‌های ۲۰، ۲۰۰ و ۸۰۰ آمپر با ۱۰ درصد خطا ساخته و به کار برده می‌شوند.

٦-٥-١١-٣ شمارنده برقگیر

برای شمارش و اطلاع از تعداد دفعات کار برقگیر، در مسیر سیم نول آن شمارنده الکترومکانیکی نصب می‌گردد. این شمارنده بایستی تاثیری برروی امپدانس نول سیستم نداشته و قادر به تحمل جریان‌های خطا باشد.

٦-٦مراحل طراحی و انتخاب برقگیر

مراحل طراحی و انتخاب برقگیرهای اکسید فلز با توجه به مطالب ارایه شده در بخش‌های قبلی بشرح ذیل می‌باشد.

گام اول: تعیین شرایط بهره‌برداری طبق بند (۶-۴)

گام دوم: انتخاب ولتاژ نامی، دائم و حداکثر ولتاژ کوتاه مدت (TOV) برای برقگیر طبق بند (۶-۵-۱) و (۶-۵-۲)

گام سوم: تعیین جریان تخلیه خط با توجه به مشخصات خط و تجهیزات طبق بند (۶-۵-۴)

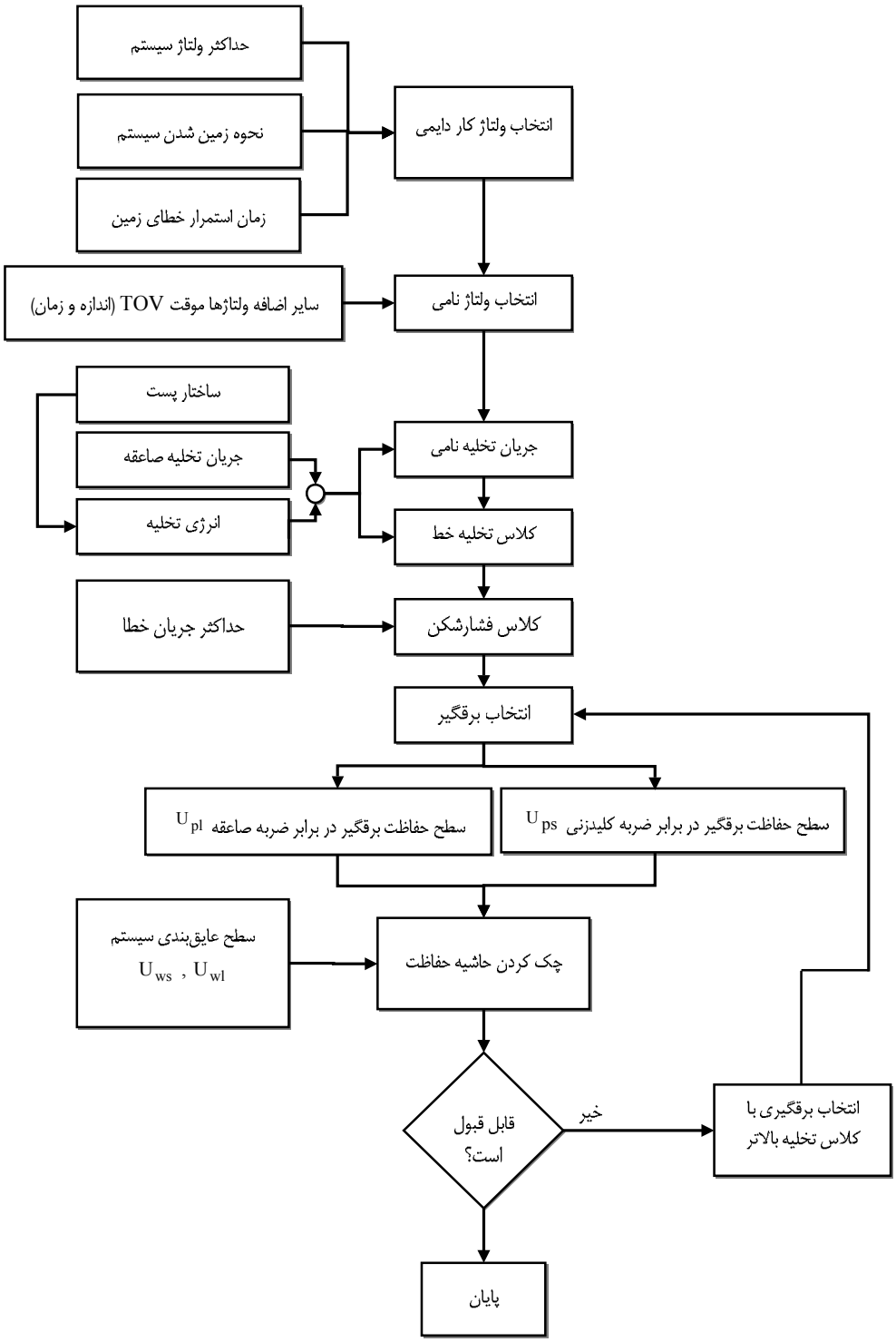
گام چهارم: انتخاب کلاس تخلیه خط طبق بند (۶-۵-۵)

گام پنجم: تعیین ولتاژ پسماند طبق بند (۶-۵-۶)

گام ششم: تعیین کلاس فشارشکن و سطح عایقی طبق بند (۶-۵-۷) و (۶-۵-۸)

گام هفتم: تعیین حاشیه حفاظت طبق بند (۶-۵-۹)

در شکل (۶-۳) فلوچارت الگوریتم نحوه انتخاب برقگیر اکسید فلز آمده است.



شکل ٦-٣- فلوچارت الگوریتم انتخاب برقگیر

٦-۷پلاک مشخصات برقگیر

اطلاعات موجود در پلاک مشخصات برقگیر باید شامل موارد به شرح زیر باشد.

- ولتاژ کار دایم
- ولتاژ نامی
- فرکانس نامی
- جریان نامی تخلیه
- کلاس فشارشکن برحسب کیلوآمپر
- نام کارخانه سازنده یا علامت تجارتی آن
- سال ساخت
- شماره سریال
- حداکثر دمای محیط محل نصب
- ارتفاع محل نصب از سطح دریا

٦-۸مدارک فنی

به هنگام سفارش برقگیر بایستی اطلاعات مندرج در جداول (۶-۵) و (۶-۶) به ترتیب توسط خریدار و فروشنده ارایه گردد.

جدول ٦-۵- مشخصات اصلی برقگیر (ارایه شده توسط خریدار)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	داده‌های سیستم	
۱-۱	بالاترین ولتاژ سیستم (kV)	
۱-۲	فرکانس (Hz)	
۱-۳	روش زمین شدن نقطه صفر	
۱-۴	بیشترین زمان اتصال زمین (s)	
۱-۵	حداکثر مقدار اضافه ولتاژ موقت و مدت زمان آن	
۱-۶	سطح عایقی تجهیزات مورد حفاظت	
۱-۷	جریان اتصال کوتاه سیستم در محل برقگیر	
۲	شرایط کار	
۲-۱	درجه حرارت محیط $(^{\circ}C)$	
۲-۲	شدت اشعه خورشید $(w/m^{۲})$	
۲-۳	ارتفاع از سطح دریا (m)	

ادامه جدول ٦-٥-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۲-۴	رطوبت $(\%)$	
۲-۵	میزان طبیعی آلودگی	
۲-۶	شرایط مکانیکی	
۲-۶-۱	شتاب زمین‌لرزه $\left(m/s^2\right)$	
۲-۶-۲	سرعت باد	
۲-۶-۲-۱	حداکثر سرعت باد $\left(m/s\right)$	
۲-۶-۲-۲	در شرایط یخ $\left(m/s\right)$	
۲-۶-۳	ضخامت بار یخ (mm)	
۲-۶-۴	نیروی وارده بر ترمینال فشارقوی	
۲-۷	دیگر شرایط غیر عادی کار	
۳	وظایف برقگیر	
۳-۱	کلاس (بیرونی/درونی)	
۳-۲	نحوه اتصال به سیستم	
۳-۳	نوع تجهیزاتی که حفاظت می‌شوند	
۳-۴	بیشترین طول هادی فشار قوی (فاصله حفاظتی)	
۳-۵	نحوه اتصال به سیستم (فاز به فاز / فاز به زمین)	
۴	مشخصه‌های برقگیر	
۴-۱	ولتاژ کار دایم (kV) موثر	
۴-۲	ولتاژ نامی (kV) موثر	
۴-۳	ولتاژ پسماند به ازای جریان ضربه‌ای تخلیه نامی صاعقه (با شکل موج μsec ۸/۲۰) (kV) پیک	
۴-۴	جریان نامی تخلیه (kA)	
۴-۵	قابلیت تحمل جریان اتصال کوتاه (جریان تخلیه فشار) (kA)	
۴-۶	فاصله خزشی محفظه چینی (mm)	
۴-۶-۱	طول فاصله خزشی $(mm/kVph-ph)$	
۴-۶-۲	شکل فاصله خزشی	
۵	تجهیزات و متعلقات اضافی	
۵-۱	نوع نصب (برروی پایه یا توسط نگهدارنده)	
۵-۲	نصب بازوی نگهدارنده بر روی بازوی صلیبی، چوبی یا فلزی	
۵-۳	طرح کمربند محکم کننده براساس استاندارد ANSI/NEMA یا DIN	
۵-۴	زاویه انحراف استواری (درجه)	
۵-۵	وسیله جدا کننده (دارد/ندارد)	
۵-۶	شمارنده موج ضربه‌ای (دارد/ندارد)	
۵-۷	پایه عایق شده (بله/خیر)	
۵-۸	مساحت سطح مقطع سیم‌های اتصال دهنده $\left(mm^2\right)$	

جدول ٦-٦- مشخصات اصلی برقگیر (ارایه شده توسط فروشنده)

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۱	اطلاعات کلی	
۱-۱	نام کارخانه سازنده و کشور مربوطه	
۱-۲	نوع و علامت مشخصه	
۲	مشخصه‌های برقگیر	
۲-۱	ولتاژ کار دائم (kV) موثر	
۲-۲	ولتاژ نامی (kV) موثر	
۲-۳	ولتاژ پسماند در جریان ضربه‌ای پرنشیب (kV) پیک	
۲-۴	ولتاژ پسماند در جریان ضربه‌ای صاعقه به ازای	
۲-۴-۱	نصف جریان تخلیه نامی (kV) پیک	
۲-۴-۲	جریان تخلیه نامی (kV) پیک	
۲-۴-۳	دو برابر جریان تخلیه نامی (kV) پیک	
۲-۵	ولتاژ پسماند در جریان ضربه ناشی از کلیدزنی به ازای	
۲-۵-۱	جریان ۱۲۵ آمپر به ازای (kV) پیک	
۲-۵-۲	جریان ۵۰۰ آمپر به ازای (kV) پیک	
۲-۶	جریان تخلیه نامی (kA)	
۲-۷	کلاس جریان تخلیه طولانی مدت	
۲-۸	جریان تخلیه فشار (kA) مقدار موثر	
۲-۹	جریان مرجع درجه حرارت محیط (mA)	
۲-۱۰	ولتاژ مرجع در درجه حرارت محیط (kV) مقدار موثر	
۲-۱۱	جریان دایم در درجه حرارت محیط متشکل از	
۲-۱۱-۱	مولفه خازنی جریان (mA)	
۲-۱۱-۲	مولفه اهمی جریان (mA)	
۲-۱۱-۳	کل جریان (mA)	
۲-۱۲	منحنی مشخصه ولتاژ با فرکانس شبکه نسبت به زمان	
۲-۱۳	منحنی مشخصه جریان جدا کننده نسبت به زمان	
۲-۱۴	استقامت در برابر جریان ضربه‌ای طولانی با دامنه کم	
۲-۱۴-۱	مقدار قله جریان (A) پیک	
۲-۱۴-۲	مدت زمان واقعی (μs)	
۲-۱۵	استقامت در برابر جریان ضربه‌ای با دامنه زیاد (kA) پیک	
۲-۱۶	مشخصات نصب، فاصله آزاد	
۲-۱۷	امکانات نصب	

ادامه جدول ٦-٦-

ردیف	توضیحات	مشخصات فنی
۲-۱۸	نوع ترمینال برقگیر و اندازه ممکن هادی (mm^2)	
۲-۱۹	حداکثر مجاز طول سیم بین برقگیر و شمارنده آن و بین شمارنده و زمین $(m - m)$	
۲-۲۰	قابلیت جذب انرژی برقگیر (kV/kV)	
۲-۲۱	قابلیت اضافه ولتاژ موقت در ضریب U_R (برای یک ثانیه)	
۲-۲۱-۱	بدون بار قبلی	
۲-۲۱-۲	با بار قبلی مطابق استاندارد IEC	
۲-۲۲	همچون ردیف ۱-۲۰ ولی برای ۱۰ ثانیه	
۲-۲۲-۱	بدون بار قبلی	
۲-۲۲-۲	با بار قبلی مطابق استاندارد IEC	
۲-۲۳	ابعاد برقگیر $(mm \times mm \times mm)$	
۲-۲۴	وزن کل (kg)	
۲-۲۵	نوع گاز پر کننده برقگیر	
۲-۲۵-۱	فشار نسبی (bar)	
۲-۲۶	جریان و شکل موج در آزمایش جاری ولتاژ پسمانده	
۳	عایقی بیرونی	
۳-۱	نوع و علامت مشخصه کامل	
۳-۲	کارخانه سازنده	
۳-۳	سطح عایقی	
۳-۳-۱	ولتاژ استقامت یا فرکانس شبکه در شرایط (تر/خشک) (kV) مقدار موثر	
۳-۳-۲	ولتاژ استقامت در مقابل صاعقه (kV) پیک	
۳-۴	طول فاصله خزشی (mm/kV)	
۳-۵	جزییات قوس‌های (چتری‌های) عایق	
۳-۶	فاصله جرقه‌زنی مستقیم در حالت خشک (mm)	
۳-۷	قابل شستشو در حین کار (بله/خیر)	
۳-۸	استقامت خمش (N)	
۳-۹	رنگ چینی مقره	

٦-۹آزمون‌ها

آزمون‌های به شرح ذیل بایستی طبق استاندارد IEC 60060-4 بر روی برقگیرها انجام شوند.

الف-آزمون‌های نوعی

- آزمون استقامت عایقی

این آزمون صحت عایقی محفظه برقگیر را در برابر فشارهای ولتاژی تحت شرایط خشک و مرطوب تایید می‌کند.

- آزمون ولتاژ پسماند

این آزمون سطح حفاظتی برقگیرها را تایید و اثبات می‌کند.

- آزمون استقامت در برابر ضربه طولانی مدت جریان

ایـن آزمون توانایی عناصر مقاومتی را در برابر ایستادگی دی‌الکتریک و فشارهای انرژی بدون سوراخ‌شدگی و قوس الکتریکی تایید می‌کند.

- آزمون صحت عملکرد

این آزمون پایداری حرارتی را تحت وضعیت‌های تعریف شده نشان می‌دهد.

- آزمون فشارشکن

بـرای برقگیـرهای مجهـز بـه عناصر تخلیه فشار این آزمون توانایی محفظه برقگیر را در برابر جریان‌های اتصال کوتاه بدون اینکه محفظه برقگیر تحت وضعیت‌های آزمون ویژه از هم فرو بپاشد را نشان می‌دهد.

- آزمون عملکرد جداکننده

برای برقگیرهای مجهز به قطع‌کننده این آزمون عملکرد صحیح قطع کننده را نشان می‌دهند.

- آزمون آلودگی مصنوعی

این آزمون برای بررسی ولتاژهای گذرا و غیر خطی و همچنین بدلیل آلودگی سطحی لایه‌های محفظه برقگیر انجام می‌گیرد.

- آزمون تخلیه جزیی

این آزمون تخلیه جزیی داخلی را اندازه‌گیری می‌کند.

- آزمون نشتی درزگیر

این آزمون یکپارچگی درزگیر را مشخص می‌کند.

ب-آزمون‌های جاری

- اندازه‌گیری ولتاژ مرجع (U_{ref})

مقادیر اندازه‌گیری شده باید در محدوده مشخص شده توسط سازنده باشد.

- آزمون ولتاژ پسماند (U_{res})

این آزمون برای برقگیرهایی با ولتاژ نامی بالاتر از یک کیلوولت می‌باشد. این آزمون همچنین ممکن است روی برقگیر و یا واحدهای برقگیر نصب شده یا روی یک نمونه شامل یک یا چند عنصر مقاومتی اجرا شود. ولتاژ پسماند برای برقگیر کامل نباید از مقدار مشخص شده توسط سازنده بزرگتر باشد.

-برای واحدهای برقگیر با محفظه‌های درزگیری شده باید روی هر واحد توسط روش دقیق مطابق با نظرات سازنده عمل بازبینی نشتی صورت پذیرد.

-آزمون توزیع جریان برای برقگیرهای چند ستونه

این آزمون باید روی همه ستون‌های موازی برقگیرها اجرا شود. بیشترین مقدار جریان نباید از حد بالای مشخص شده توسط سازنده بیشتر باشد.

ج- آزمون‌های پذیرش

زمانی که خریدار آزمون‌های پذیرش را در توافق نامه مشخص نمود آزمون‌های بعدی باید روی تعدادی برابر با ریشه سوم تعداد کل برقگیرها انجام شود.

- اندازه‌گیری ولتاژ فرکانس قدرت روی برقگیر در جریان نامی انجام می‌گیرد. مقدار اندازه‌گیری شده باید در محدوده مشخص شده توسط سازنده باشد. برای برقگیرهای چند واحده این مقدار می تواند از ولتاژ مرجع برقگیر منحرف شود.

- اندازه‌گیری ولتاژ پسماند ضربه صاعقه روی برقگیر یا اجزای برقگیر در جریان تخلیه نامی و یا در جریان نامی باید مطابق بند ۳-۷ استاندارد IEC 60099-4 انجام گیرد. ولتاژ پسماند برقگیر از مجموع ولتاژهای پسماند واحدهای برقگیر جداگانه بدست می‌آید. این ولتاژ پسماند برای برقگیرها نباید از مقدار مشخص شده توسط سازنده بیشتر باشد.

- برای آزمون تخلیه جزیی ولتاژ فرکانس قدرت اعمال شده به برقگیر یا واحد برقگیر باید تا مقدار نامی ولتاژ افزایش یابد و بعد از ۱۰ ثانیه به مقدار ۱/۰۵ برابر ولتاژ عملکرد دایم کاهش پیدا می‌کند که در آن ولتاژ سطح تخلیه جزیی باید اندازه‌گیری شود. همچنین هر گونه تغییر در تعداد و نوع نمونه‌ها باید بین سازنده و خریدار توافق شود.

- آزمون پایداری حرارتی خاص باید قبل از شروع مونتاژ برقگیر انجام گیرد و باید در بخش‌هایی که به طور کلی شامل مقاومت‌های اکسید فلزی است انجام شود. این آزمون شامل بخشی از آزمون وظیفه عملکرد مربوط به نوع برقگیر می‌باشد و باید مطابق استاندارد IEC 60099-4 انجام گیرد.دمای مقاومت اکسید فلزی یا مولفه مقاومتی جریان یا تلفات توان باید در مدت زمان اعمال ولتاژ فرکانس قدرت جهت اثبات پایداری حرارتی نشان داده شود. اگر پایداری حرارتی در سه نمونه ایجاد شود در این صورت نمونه‌های مورد آزمون مورد پذیرش می‌باشند.

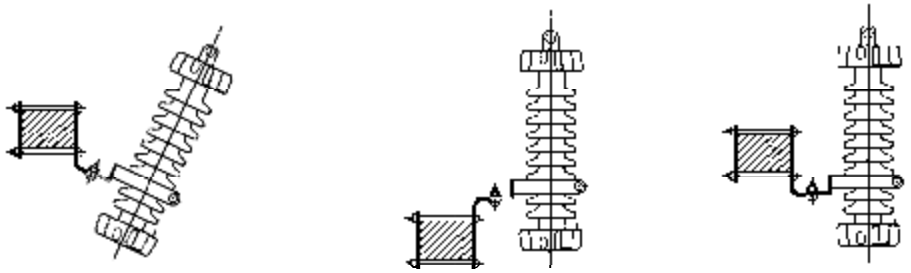
٦-١٠ آیین‌کار و روش‌های اجرایی

٦-١٠-١ نحوه اتصال برقگیر به زمین

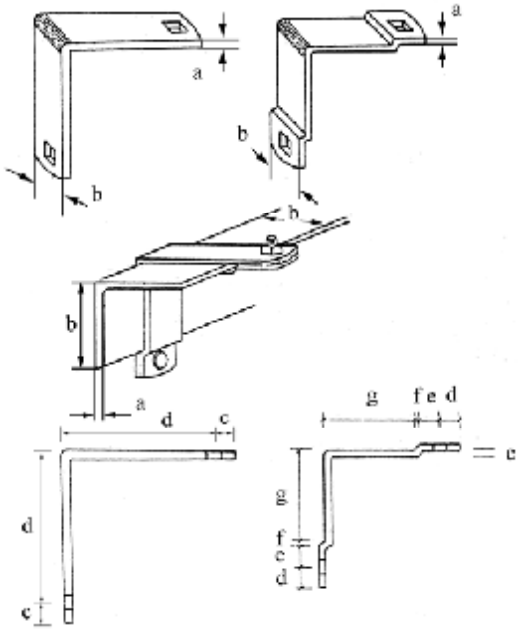
طبق بند (١-٥-٦) فصل اول برقگیر از طریق کوتاهترین مسیر موجود به سیستم زمین حفاظتی پست متصل می‌گردد. سطح مقطع سیم اتصال به زمین با توجه به جریان‌های اتصال کوتاه تعیین می‌شود.

٦-١٠-٢ آرایش‌های مختلف نصب برقگیر

جهت حفظ حریم الکتریکی برقگیرها با سایر تجهیزات، برقگیرها روی کراس‌آرم‌های چوبی یا فلزی نصب می‌گردند. به عنوان نمونه نحوه نصب برقگیر برروی کراس‌آرم چوبی با آرایش‌های ۹۰ و ۱۱۵ درجه در شکل (۶-۴) نشان داده شده است. پایه‌های مورد استفاده جهت نصب برقگیر برروی کراس‌آرم فلزی از جنس فولاد گالوانیزه گرم می‌باشند. ابعاد و مشخصات پایه‌های مورد نیاز جهت نصب برقگیر برروی کراس‌آرم‌های فلزی در شکل (۶-۵) و جدول (۶-۷) نشان داده شده است.



شکل ٦-٤- حالات مختلف نصب برقگیر برروی کراس‌آرم‌های چوبی



شکل ٦-٥- ابعاد و مشخصات پایه مورد استفاده جهت نصب برقگیر برروی کراس‌آرم‌های فلزی

جدول ٦-٧- ابعاد و مشخصات کراس‌آرم و پایه‌های فلزی جهت نصب برقگیر

قسمت		ابعاد (mm)	
		۲۰ (kV)	۳۳ (kV)
بست رویی	a	۸	۸
	b	۴۴	۴۴
	c	۲۰	۲۰
	d	۱۰۷	۱۳۸
بست تحتانی	a	۶	۶
	b	۴۸	۴۸
	c	۶	۷
	d	۲۰	۲۰
	e	۲۰	۲۰
	f	۵	۵
	g	۶۵	۹۵
کراس آرم	a	۹	۱۰
	b	۷۰	۱۰۰

٦-۱۰-۳ محل نصب برقگیر

برقگیرها در طول خطوط فشار متوسط عموما با آرایش‌های به شرح ذیل نصب می‌گردند.

۱- در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی همراه با کات‌اوت فیوز (طبق شکل (۵-۱۰) فصل پنجم)

۲- در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی بدون کات‌اوت فیوز (شکل ۶-۶)

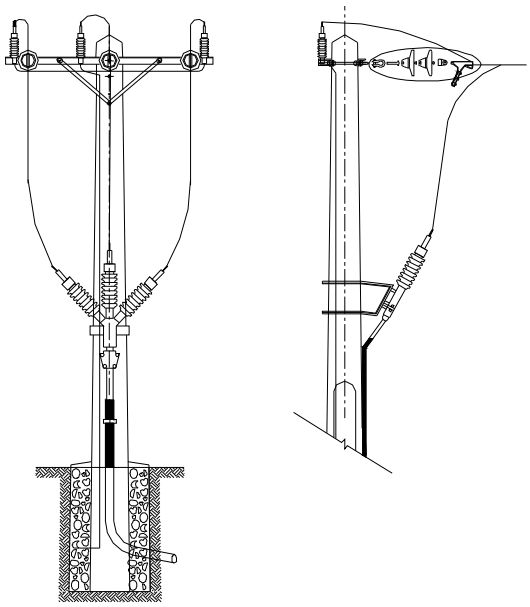
۳- در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی با آرایش کراس‌آرم جناقی همراه با کات‌اوت فیوز (شکل ۶-۷)

۴- در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی با آرایش کراس‌آرم جناقی بدون کات‌اوت فیوز (شکل ۶-۸)

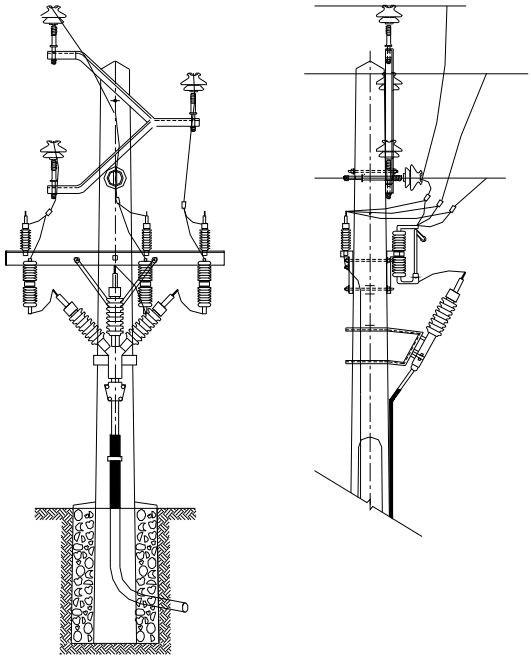
۵- در محل پست‌های هوایی وسط خط همراه با کات‌اوت فیوز (طبق شکل (۱-۷) فصل اول)

۶- در محل پست‌های هوایی انتهای خط همراه با کات‌اوت فیوز (طبق شکل (۱-۸) فصل اول)

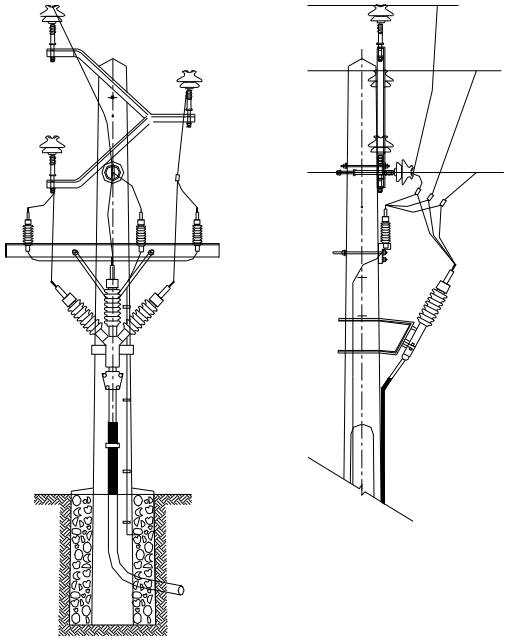
۷- در محل اتصال شبکه هوایی به پست زمینی همراه با فیوز کات‌اوت (طبق شکل (۵-۱۲) فصل پنجم)



شکل ٦-٦- نصب برقگیر در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی بدون کات‌اوت فیوز



شکل ٦-٧- نصب برقگیر در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی با آرایش کراس‌آرم جناقی همراه با کات‌اوت فیوز



شکل ٦-٨- نصب برقگیر در محل اتصال شبکه هوایی به کابل زمینی با آرایش کراس‌آرم جناقی بدون کات‌اوت فیوز

٦-١٠-٤ بازدیدهای دوره‌ای و تعمیرات

موارد بازدید از برقگیرها به شرح ذیل می‌باشد.

۱- به هنگام وقوع صاعقه در منطقه

۲- بعد از فصل‌های زمستان و تابستان به منظور اطمینان از عدم تاثیر شرایط سخت جوی برروی عملکرد برقگیر

۳- هر شش ماه یکبار در مناطقی که به خاطر طراحی‌های ضعیف موارد اتصال کوتاه زیاد اتفاق می‌افتد

۴- هر سه ماه یکبار در مناطق آلوده و در مناطق با آب و هوای گرم

به طور معمول توصیه می‌شود حدالمقدور هر شش ماه یکبار از برقگیرها بازدید به عمل آید.

به هنگام بازدید بایستی موارد به شرح ذیل بررسی گردند.

۱- بررسی ترک خوردگی و ایجاد رسوبات برروی بدنه برقگیر

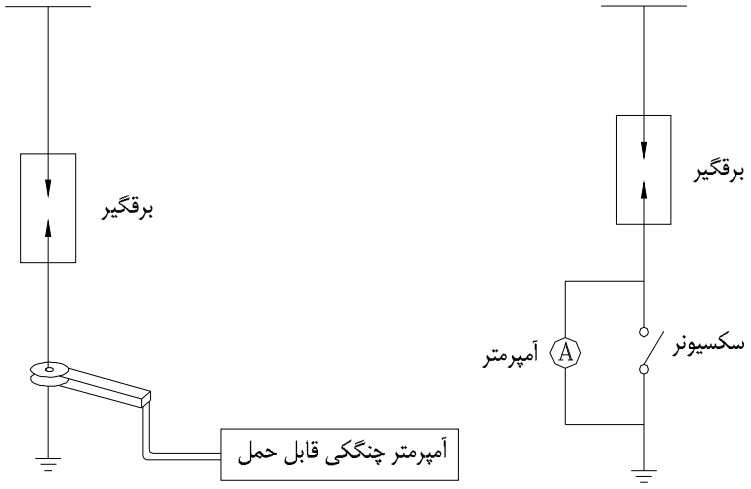
۲- بررسی پایه‌های اتصال برقگیر جهت رؤیت هر گونه اثر جرقه و یا علائم سوختگی

۳- بررسی اتصالات و اطمینان از صحت و سلامت آنها

۴- بررسی وضعیت شمارنده

۵- اندازه‌گیری جریان نشتی

جهت اندازه‌گیری جریان نشتی می‌توان از آمپرمتر سری با برقگیر (روش قدیمی) و یا از آمپرمترهای چنگکی بدون قطع سیم ارتباط به زمین برقگیر (روش جدید) طبق شکل (۶-۹) استفاده نمود.



الف- توسط آمپرمتر سری

ب- توسط آمپرمتر چنگکی

شکل ٦-٩- اندازه‌گیری جریان نشتی برقگیر

مراجع

[۱] ضـوابط و معـیارهای فنـی شـبکه‌های توزیع، "استاندارد تابلوهای فشار ضعیف و متوسط"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۲] ضـوابط و معـیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد پست‌های هوایی توزیع"، پژوهشگاه نیرو،گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۳] ضـوابط و معـیارهای فنـی شبکه‌های توزیع، "کلیات پست‌های توزیع ۲۰ و ۳۳ کیلوولت زمینی"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۴] ضـوابط و معـیارهای فنـی شبکه‌های توزیع، "استاندارد تاسیسات پست‌های ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۵] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد معماری و ساختمان پست‌های هوایی توزیع"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۶] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد سیستم زمین پست‌های توزیع"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۷] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد ترانسفورماتورهای توزیع"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۸] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد کلیدهای قدرت ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۹] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد سکسیونرهای ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۱۰] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد کات‌اوت فیوزهای فشار متوسط"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۱۱] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد برقگیرهای فشار متوسط"، پژوهشگاه نیرو ،گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۱۲] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۱۳] ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های توزیع، "استاندارد ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، پژوهشگاه نیرو، گروه پژوهشی خط و پست، آبان ماه ۱۳۸۲.

[۱۴] "استاندارد اجرایی پستهای توزیع زمینی ۲۰ کیلوولت "، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، خرداد ماه ۱۳۷۴.

[۱۵] "استاندارد ترانسفورماتورهای ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت برای نصب در سلولهای تمام بسته فلزی"، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، دی ماه ۱۳۷۵.

[۱۶] "استاندارد ترانسفورماتورهای جریان ۲۰ و ۳۳ کیلوولت برای نصب در سلولهای تمام بسته فلزی"، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، دی ماه ۱۳۷۵.

[۱۷] "استاندارد کات اوت فیوزهای ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، وزارت نیرو–شرکت توانیر– معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، ۱۳۷۱.

[۱۸] "استاندارد برقگیرهای اکسید فلزی برای سیستمهای با ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت "، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، شهریور ماه ۱۳۷۵.

[۱۹] "استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع"، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، فروردین ماه ۱۳۷۵.

[۲۰] "استاندارد ترانسفورماتورهای روغنی توزیع"، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، دی ماه ۱۳۷۵.

[۲۱] "استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع"، وزارت نیرو–شرکت توانیر – معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها، دی ماه ۱۳۷۴.

[22] IEC 60076, “Power transformers”
- a) Part 1 - “general”, 1993.
- b) Part 2 - “Temperature rise”, 1993.
- c) Part 5 – “Ability withstand short circuit”, 1994.
- d) Part 8 – “Application guide”, 1997.

[23] IEC 60296, “Specification for unused mineral insulating oils for transformer and switchgear”, 1986.

[24] IEC 60044, “Instrument transformers”
- a) Part 1- “Current transformer”, 1996.
- b) Part 2 – “Voltage transformer”, 1996

[25] IEC 60694, “Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards”, 2002.

[26] IEC 62274, “High-voltage switchgear and controlgear”
- a) Part 100 – “High-voltage alternative-current circuite-breakers ”, 2002.
- b) Part102 - “High-voltage alternative-current disconnectors and earthing switches ”, 2001.

[27] IEC 60050-441, “International electrotechnical vocabulary Chapter441: switchgear, controlgear and fuses”, 2000.

[28] IEC 60282, “High-voltage fuses”
- a) Part 1 – “Current-limiting fuses”, 1998.
- b) Part 2 – “Expulsion fuses”, 1997.

[29] IEC 60099, “Surge arresters”
- a) Part 1 – “Nonlinear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems”, 1999.

b) Part 3 – "Artificial pollution testing of surge arresters", 1990.
c) Part 4 – "Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems", 1998.
d) Part 5- "Selection and application recommendations", 1996.

[30] IEC 60038, "IEC standard voltages", 1997.

[31] IEC 60466, "A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1kV and up to and including 38 kV", 1986.

[32] IEC 60493, "Low voltage switchgear and controlgear assemblies"
a) Part 1 – "Type-test and Partially type-tested assemblies", 1999.

[33] IEC 60529, "Degeers of protection provided by enclosures(IP code) ", 2001.

[34] IEC 60364, "Electrical installations of buildings"
a) Part 4-41 – "Protection for safety – protection against electri shock", 2001.
b) Part 5-54 – "Selection and erection of electrical equipment – earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductor", 2002.
c) Part 5-51 – "Selection and erection of electrical equipment – common rules", 2001.

[35] IEC 60439, "Low-voltage switchgear and controlgear assemblies"
a) Part 1 – "Type-tested and Partially type-tested assemblies", 1999.

[36] IEC 60947, "Low-voltage switchgear and controlgear"
a) Part 1 – "General rules", 2001.
b) Part 4 – "Contactors and motor-starters – AC semiconductor controllers and contactors for non-motor loads", 1999.

[37] IEC 60298, "A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and including 52 kV", 1990.

[38] IEEE Std 241, "IEEE Recommendedpractice for electric power system in commerical buldings", 1990.

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سالهای اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

فهرست نشریات منتشر شده در سالهای اخیر
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی کارهای ساختمانی جلد دوم – تأسیسات برق جریان ضعیف	۱۱۰-۲	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان جلد ششم – نقشه‌های جزئیات	۱۲۸-۶	۱۳۸۵		۱	
ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی جلد اول – مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۲۳۵-۱) جلد دوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲۳۵-۲) جلد سوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۲۳۵-۳) جلد چهارم – معیارهای فنی و تحویل موقت سیلو (۲۳۵-۴)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱ ۱۳۸۳ ۱۳۸۴		۳	
راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران	۲۴۰	۱۳۸۲		۳	
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات مرحله دوم تسطیح و قطعه‌بندی اراضی کشاورزی	۲۴۴-۱	۱۳۸۵		۳	
ضوابط طراحی سینما	۲۴۵	۱۳۸۲		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی حرکتی	۲۴۶	۱۳۸۲		۱	
دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی	۲۴۷	۱۳۸۲		۳	
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	۲۴۸	۱۳۸۲		۳	
فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۲		۲	
آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود	۲۵۱	۱۳۸۲		۳	
رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی درحین اجرا	۲۵۲	۱۳۸۲		۳	
آیین نامه نظارت و کنترل برعملیات و خدمات نقشه برداری	۲۵۳	۱۳۸۲		۱	
دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول – دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی(۲۵۴-۱) جلد دوم – شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثارزیست محیطی طرح عمرانی (۲۵۴-۲) جلد سوم – دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب .....(۲۵۴-۳)	۲۵۴	۱۳۸۲		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمایشهای آبشویی خاکهای شور وسدیمی در ایران	۲۵۵	۱۳۸۲		۳	
استانداردهای نقشه کشی ساختمانی	۲۵۶	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب	۲۵۸	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹	۱۳۸۲		۳	
راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله باآن درمحدوده پایه های پل	۲۶۰	۱۳۸۲		۳	
ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار	۲۶۱	۱۳۸۲		۱	
فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبگیری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)	۲۶۲	۱۳۸۲		۲	

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبگیری (سردخانه سازی)	۲۶۳	۱۳۸۲		۲	
آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران	۲۶۴	۱۳۸۲		۱	
برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵	۱۳۸۲		۳	
۱- دستورالعمل تعیین اسیدیته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶	۱۳۸۲		۳	
آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ۱-۲۶۷ ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ۲-۲۶۷ ایمنی علائم (جلد سوم) ۳-۲۶۷ تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) ۴-۲۶۷ تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ۵-۲۶۷ ایمنی بهره‌برداری (جلد ششم) ۶-۲۶۷ ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم) ۷-۲۶۷	۲۶۷	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها	۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب	۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
معیارهای برنامه‌ریزی و طراحی کتابخانه‌های عمومی کشور	۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها	۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه‌ها به روش انیشتین و کلبی	۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه‌برداری آب	۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶				
راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال‌های روباز	۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم – تصفیه ثانویه	۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار	۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی- جراحی ۱-۲۸۷	۱-۲۸۷	۱۳۸۳		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات					
طراحی بناهای درمانی (۲)					
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
بخش مراقبت‌های ویژه I.C.U ۲۸۷-۲	۲۸۷-۲			۳	
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی					
طراحی بناهای درمانی (۳) بخش اعمال زایمان ۲۸۷-۳	۲۸۷-۳	۱۳۸۴		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی					
طراحی بناهای درمانی (۴) بخش بستری زایمان ۲۸۷-۴	۲۸۷-۴	۱۳۸۴		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
طراحی بناهای درمانی (۵) بخش نوزادان NICU ۲۸۷-۵	۲۸۷-۵	۱۳۸۵		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
طراحی بناهای درمانی (۶) بخش خدمات زایمان ۲۸۷-۶	۲۸۷-۶	۱۳۸۵		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
طراحی بناهای درمانی (۷) بخش خدمات قلب ۲۸۷-۷	۲۸۷-۷	۱۳۸۵		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
طراحی بناهای درمانی (۸) بخش مراقبت قلب ۲۸۷-۸	۲۸۷-۸	۱۳۸۶		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
طراحی بناهای درمانی (۹) بخش خدمات تشخیصی غیرتهاجمی قلب ۲۸۷-۹	۲۸۷-۹	۱۳۸۶		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن	۲۸۸	۱۳۸۳		۱	
راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان‌ها	۲۸۹	۱۳۸۳			
دستورالعمل تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش دستورالعمل تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش	۲۹۰				
جزئیات تیپ کارهای آب و فاضلاب	۲۹۱	۱۳۸۴		۳	
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۲				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۳				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۴				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۵				
راهنمای بهسازی رویه‌های شنی و آسفالتی	۲۹۶	۱۳۸۴		۳	
فرهنگ واژگان نظام فنی و اجرایی کشور	۲۹۷	۱۳۸۴			

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
مجموعه مقالات کارگاه مشترک ایران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳)	۲۹۸	۱۳۸۴			
فهرست جزئیات خدمات ساماندهی و تجهیز و نوسازی اراضی تحت پوشش تعاونی تولید روستایی	۲۹۹	۱۳۸۵		۲	
آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (۱۱ جلد) ۱- ملاحظات محیطی و بارگذاری ۲- مصالح ۳- مکانیک خاک و پی ۴- اصول و مبانی مطالعات و طراحی بنادر ۵- موج‌شکنها و سازه‌های حفاظتی ۶- سازه و تجهیزات پهلوگیری ۷- آبراهه و حوضچه ۸- تسهیلات و تجهیزات بهره‌برداری و پشتیبانی بنادر ۹- سکوهای دریایی ۱۰- ملاحظات زیست‌محیطی بنادر ۱۱- سازه و تجهیزات تعمیر شناور	۳۰۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی عمومی روسازی راه‌آهن	۳۰۱	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل	۳۰۲	۱۳۸۴		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله‌های آب و فاضلاب شهری	۳۰۳	۱۳۸۵		۱	
راهنمای طراحی نمای ساختمان‌های عمومی	۳۰۴				
شرح خدمات مطالعات برنامه‌ریزی و تهیه طرح‌های تفصیلی – اجرایی جنگلداری جنگل‌های شمال کشور	۳۰۵				
آماده‌سازی و تمیزکاری سطوح فلزی جهت اجرای پوشش	۳۰۶	۱۳۸۴		۳	
راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه	۳۰۷	۱۳۸۴		۳	
راهنمای طراحی دیوارهای حائل	۳۰۸	۱۳۸۴		۳	
راهنمای طراحی سازه‌ای تونل‌های آب‌بر	۳۰۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور	۳۱۰	۱۳۸۴			
راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی	۳۱۱	۱۳۸۴		۳	
ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی	۳۱۲	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری	۳۱۳	۱۳۸۴		۳	
ارزیابی ظرفیت وام‌گیری کشاورزان در طرح‌های آبیاری و زهکشی	۳۱۴	۱۳۸۴			
راهنمای نگهداری سامانه‌های زهکشی	۳۱۵	۱۳۸۴			
راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه	۳۱۶	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی»	۳۱۷	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل کنترل کیفیت در تصفیه‌خانه‌های آب	۳۱۸	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی تعیین فاصله و زهکش‌های زیرزمینی	۳۱۹	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات ارزیابی عملکرد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی	۳۲۰	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده	۳۲۱	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک	۳۲۲	۱۳۸۴			

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله اجمالی	۳۲۳	۱۳۸۴			
ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خرجینی	۳۲۴	۱۳۸۵		۱	
ضوابط طراحی و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی	۳۲۵	۱۳۸۵		۱	
دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه	۳۲۷	۱۳۸۵		۳	
واژه‌های و اصلاحات اکتشافات معدنی	۳۲۸	۱۳۸۵			
فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۲۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل آماربرداری از منابع آب	۳۳۰	۱۳۸۴			
راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب	۳۳۱	۱۳۸۴			
راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه	۳۳۲	۱۳۸۴			
شرح خدمات توجیه فنی و اقتصادی- اجتماعی سامانه‌های آبیاری تحت فشار (در سه سطح الف- ب- پ)	۳۳۳	۱۳۸۵		۳	
روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار	۳۳۴	۱۳۸۵		۳	
راهنمای بهره‌برداری هیدرولیکی از مخزن سدهای بزرگ	۳۳۵	۱۳۸۴		۳	
راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۳۶	۱۳۸۵		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ساختمان‌های حفاظتی و تقاطعی، تبدیل و ایمنی و ساختمان‌های حفاظت در مقابل فرسایش سامانه‌های آبیاری	۳۳۷	۱۳۸۵		۳	
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله تفصیلی	۳۳۸	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت	۳۳۹	۱۳۸۵		۱	
تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی؛ واژه‌ها و اصطلاحات پایه استخراج معدن	۳۴۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی اجرایی بازیافت گرم آسفالت	۳۴۱	۱۳۸۵		۱	
راهکار کاهش نوفه ترافیک برای ساختمانهای حواشی بزرگراه‌های شهری	۳۴۲	۱۳۸۵		۳	
راهنمای طراحی آکوستیکی فضاهای آموزشی	۳۴۳	۱۳۸۵		۳	
آیین‌نامه سازه‌های بتنی حجیم	۳۴۴	۱۳۸۵			
راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی تقویت ساختمانهای بتنی موجود با استفاده از الیاف تقویتی FRP	۳۴۵	۱۳۸۵		۳	
ضوابط و مبانی طراحی، تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی خشکه‌زاری (پنج جلد)	۳۴۶	۱۳۸۵		۳	
راهنمای طراحی تلمبه‌خانه‌های آب	۳۴۷				
ضوابط انتخاب و طراحی مزرعه آزمایشی زهکشی زیرزمینی	۳۴۸	۱۳۸۵		۳	
راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها	۳۴۹	۱۳۸۶		۳	
مقررات تهویه در معادن	۳۵۰				
مراحل مختلف اکتشاف ذغال سنگ	۳۵۱				
معیارهای فنی طراحی پایانه‌های مسافری جاده‌ای	۳۵۲	۱۳۸۶			
راهنمای طراحی روسازی فرودگاه	۳۵۳				

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
راهنمای طراحی و اجرای بتن غلتکی در روسازی راه‌های کشور	۳۵۴				
دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه‌آهن	۳۵۵				
ضوابط و دستورالعمل پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای ETM در استخراج نقشه کاربری و پوشش اراضی مطالعات ساماندهی دشت	۳۵۶				
ضوابط عمومی و دستورالعمل ایجاد پایگاه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای کاربردهای مطالعاتی بخش کشاورزی و منابع طبیعی	۳۵۷				
ضوابط طراحی سازه‌های اتصال و تخلیه زهکشهای روباز	۳۵۸				
راهنمای کاربرد مدلهای تجربی و نظری آبشویی نمکهای خاکهای شور	۳۵۹				
دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود	۳۶۰				
تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود	۳۶۱				
جزئیات اجرایی بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود	۳۶۲				
راهنمای کار برای دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای موجود	۳۶۳				
دستورالعمل ارزیابی سریع لرزه‌ای ساختمانهای موجود	۳۶۴				
شرح خدمات بهسازی لرزه‌ای سامانه‌های آبرسانی	۳۶۵				
شرح خدمات بهسازی لرزه‌ای تأسیسات صنعت برق	۳۶۶				
شناسنامه فنی پلها	۳۶۷				
راهنمای طراحی و انتخاب مواد و مصالح برای زهکشهای زیرزمینی	۳۶۸				
ضوابط احداث تونل مشترک تأسیسات شهری	۳۶۹				
راهنمای نگهداری علائم و تجهیزات ایمنی راه	۳۷۰				
مجموعه مقالات همایش تکنولوژیهای نوین بهسازی لرزه‌ای (۲۷-۲۶ دی ماه ۱۳۸۵)	۳۷۱	۱۳۸۵			
مجموعه مقالات کنفرانس هفتم تونل ایران (۱۹-۲۱ تیر ماه ۱۳۸۵)	۳۷۲	۱۳۸۶			
مبانی طراحی بیمارستانهای ۲۰۰ تختخوابی آموزشی (عنوان اولیه)	۳۷۳				
مشخصات فنی عمومی اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف	۳۷۴			۲	
مشخصات فنی عمومی اجرایی پستهای توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت	۳۷۵			۲	
دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمانهای بنایی غیرمسلح موجود	۳۷۶			۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار	۳۷۷				
مبانی طراحی بیمارستانهای ۲۰۰ تختخوابی آموزشی	۳۷۸			۱	
مبانی طراحی بیمارستانهای ۱۶۰ تختخوابی آموزشی	۳۷۹			۱	
مبانی طراحی بیمارستانهای ۱۰۰ تختخوابی آموزشی	۳۸۰			۱	
مبانی طراحی بیمارستانهای ۶۴ تختخوابی آموزشی	۳۸۱			۱	
مبانی طراحی بیمارستانهای ۳۲ تختخوابی آموزشی	۳۸۲			۱	
راهنمای مطالعات فرسایش و رسوب در ساماندهی رودخانه‌ها	۳۸۳				

Islamic Republic of Iran

General Technical Specification and Execution Procedures for Distribution Network
Pole Mounted & Ground Substations 20/30 KV

No: 375

Management and Planning Organization
Office of Deputy for Technical Affairs
Technical, Criteria Codification and
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau

Tavanir Organization
Standards, Quality Control
and Inspection Bureau

2007

این نشریه
با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت مشتمل" بر انواع پست‌های برق با توجه به ظرفیت، موارد استفاده و شرایط اقلیمی ارایه شده است. این نشریه مشتمل بر شش فصل می‌باشد که به ترتیب تحت عنوان‌های پست هوایی توزیع، پست‌های زمینی، ترانسفورماتورهای قدرت و اندازه‌گیری، تابلوهای فشار متوسط و ضعیف، تجهیزات کلید زنی و برق گیرهای فشار متوسط تهیه شده است.
مطالب مورد بحث در هر فصل مشتمل بر کلیات و تعاریف، استاندارد و مشخصات فنی ساخت، انواع و موارد کاربرد، روش‌های محاسباتی، اصول و روش‌های نصب می‌باشد که همراه با جداول لازم و برخی جزییات شماتیک بیان شده است.