

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال
مقره‌های خطوط انتقال نیرو (جلد دوم)
نشریه شماره ۲-۴۲۶

وزارت نیرو - شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.org.ir



omoorepeyman.ir

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
<http://tec.mporg.ir>



 omorepeyman.ir

جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال
مقره های خطوط انتقال نیرو
نشریه شماره ۲ - ۴۲۶

وزارت نیرو - شرکت توانیر
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
www.tavanir.ir

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
<http://tec.mporg.ir>



omoorepeyman.ir



🌐 omorepeyman.ir



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی

شماره : ۱۰۰/۱۶۲۴۸	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۷/۲/۲۴	
موضوع : مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - مقره‌های خطوط انتقال نیرو (جلد اول) و (جلد دوم)	
به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۲۶ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، در ۲ مجلد با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - مقره‌های خطوط انتقال نیرو (جلد اول) و (جلد دوم)» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست. عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله ارسال کنند. - - - امیرمنصور برقی معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور <i>(Signature)</i>	





 omorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل 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، ابهام 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، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی - تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱ - خیابان صفی علی شاه

<http://tec.mporg.ir>



omoorepeyman.ir



 omorepeyman.ir

بسمه تعالی

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 برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (معاونت نظارت راهبردی - دفتر نظام فنی اجرایی) با همکاری وزارت نیرو - شرکت توانیر در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق» اقدام به تهیه مجموعه کاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - مقره‌های خطوط انتقال نیرو- جلد دوم» در بر گیرنده مباحث مربوط به معرفی و شناخت، معیارهای انتخاب، الزامات و آزمون‌های استاندارد، و مشخصات و دستورالعمل‌های نگهداری و بهره‌برداری انواع مقره‌های سرامیکی، شیشه‌ای و ترکیبی خطوط هوایی انتقال نیرو در سطوح ولتاژ ۶۳ تا ۴۰۰ کیلو ولت می باشد که در پنج فصل ارائه شده است.

معاونت امور فنی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رسیدن 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 سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۷





🌐 omorepeyman.ir

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها و خطوط فوق توزیع و انتقال - مقره های خطوط انتقال نیرو (جلد دوم) نشریه شماره ۲- ۴۲۶

تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسين مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسين علیرضا سرودی، یزدان اعراییان، شهرام کاظمی و دکتر عارف درودی تهیه و تدوین شده است و توسط آقای اسماعیل زارعی مورد ویراستاری قرار گرفته است.

کمیته فنی

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

آقای مهندس جمال بیانی	وزارت نیرو - سازمان توانیر - مجری طرح
آقای مهندس بهمن الله مرادی	سازمان توسعه برق ایران
آقای دکتر عارف درودی	مهندسين مشاور نیرو
آقای مهندس رحمت ا... اکرم	شرکت مشانیر
آقای مهندس علیرضا ریسی	مهندسين مشاور قدس نیرو
خانم مهندس زیبا فاخری داریان	شرکت مشانیر
آقای مهندس شهرام کاظمی	مهندسين مشاور نیرو
آقای مهندس اباذر میرزایی	مشاور معاون هماهنگی و نظارت بر بهره برداری سازمان توانیر
آقای مهندس علی اصغر کسایان	شرکت قدس نیرو
خانم مهندس طاهره نوری	مهندسين مشاور نیرو
آقای مهندس احسان الله زمانی	وزارت نیرو - سازمان توانیر - دبیر کمیته فنی طرح

مسئولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفتر نظام فنی اجرایی به عهده آقایان مهندسين محمدرضا طلاکوب و پرویز سیداحمدی بوده است.





🌐 omorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - معرفی و شناخت مقره‌های خطوط هوایی انتقال نیرو	
مقدمه	۳
۱-۱- کلیات	۳
۲-۱- تعاریف	۳
۱-۲-۱- زنجیره مقره	۳
۲-۲-۱- مجموعه	۳
۳-۲-۱- قوس الکتریکی	۴
۴-۲-۱- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه خشک	۴
۵-۲-۱- ولتاژ جرقه ۵۰ درصد موج ضربه صاعقه خشک	۴
۶-۲-۱- ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب	۴
۷-۲-۱- نیروی شکست الکترومکانیکی	۴
۸-۲-۱- نیروی شکست مکانیکی	۴
۹-۲-۱- ولتاژ سوراخ شدن	۴
۱۰-۲-۱- فاصله خزشی	۵
۱۱-۳-۱- تغییر مکان محوری یا شعاعی	۵
۱۲-۲-۱- تغییر مکان زاویه‌ای	۵
۱۳-۲-۱- مقره اتکایی خط	۵
۱۴-۲-۱- مقره یکپارچه	۵
۱۵-۲-۱- زنجیره استاندارد کوتاه	۵
۱۶-۲-۱- مشخصه‌های معین	۶
۱۷-۲-۱- مجموعه کامل مقره	۶
۱۸-۲-۱- مجموعه کامل مقره‌آویزی	۶
۱۹-۲-۱- مجموعه کامل مقره کششی	۶
۲۰-۲-۱- ولتاژ جرقه فرکانس قدرت در شرایط مرطوب	۶
۲۱-۲-۱- ولتاژ تحمل موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب	۶
۲۲-۲-۱- ولتاژ جرقه ۵۰ درصد موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب	۷
۲۳-۲-۱- ولتاژ جرقه بحرانی (CFO)	۷
۲۴-۲-۱- دامنه جریان ضربه بحرانی	۷
۲۵-۲-۱- مقره ترکیبی	۷



۷	۲۶-۲-۱- هسته مفره ترکیبی
۷	۲۷-۲-۱- قطر هسته
۸	۲۸-۲-۱- محفظه و چترهای مفره ترکیبی
۸	۲۹-۲-۱- واسطه‌های مفره ترکیبی
۸	۳۰-۲-۱- اتصالات فلزی مفره ترکیبی
۸	۳۱-۲-۱- ناحیه اتصال
۸	۳۲-۲-۱- کوپلینگ
۸	۳۳-۲-۱- ترک خوردگی
۹	۳۴-۲-۱- پدیده درختی
۹	۳۵-۲-۱- فرسایش
۹	۳۶-۲-۱- پدیده گردآلود شدن
۹	۳۷-۲-۱- پدیده مو برداشتن
۹	۳۸-۲-۱- شکاف
۹	۳۹-۲-۱- پدیده تجزیه بوسیله آب
۱۰	۴۰-۲-۱- نیروی مکانیکی معین شده (SML)
۱۰	۴۱-۲-۱- نیروی آزمون جاری (RTL)
۱۰	۴۲-۲-۱- امیدانس موجی
۱۰	۴۳-۲-۱- قوس برگشتی
۱۰	۴۴-۲-۱- چگالی صاعقه‌های زمین
۱۰	۴۵-۲-۱- سطح کرونیک
۱۰	۳- مواد تشکیل دهنده عایقها و مفره‌ها
۱۱	۱-۳-۱- مفره‌های چینی
۱۲	۲-۳-۱- مفره‌های شیشه‌ای
۱۲	۳-۳-۱- مفره‌های ترکیبی
۱۳	۴- طراحی شکل مفره‌ها
۱۴	۵-۱- انواع مختلف مفره‌های مورد استفاده در خطوط هوایی انتقال نیرو
۱۴	۱-۵-۱- مفره بشقابی
۱۵	۱-۱-۵-۱- مفره بشقابی استاندارد
۱۵	۲-۱-۵-۱- مفره بشقابی ضد مه
۱۶	۳-۱-۵-۱- مفره‌های آیرودینامیک
۱۷	۴-۱-۵-۱- مفره زنگوله شکل
۱۷	۲-۵-۱- مفره‌های یکپارچه



۱۸	۳-۵-۱- مقره اتکایی خط
۱۸	۴-۵-۱- مقره‌های ترکیبی
۱۹	۵-۵-۱- مقره‌های ویژه
۱۹	۶-۱- شکل آرایش مقره‌ها در زنجیره مقره
۱۹	۱-۶-۱- زنجیره مقره‌های آویزی
۱۹	۱-۱-۶-۱- زنجیره مقره‌های آویزی یک ستونه (I شکل)
۲۰	۲-۱-۶-۱- زنجیره مقره آویزی دو ستونه (II شکل)
۲۱	۳-۱-۶-۱- زنجیره مقره آویزی سه ستونه (III شکل)
۲۱	۴-۱-۶-۱- زنجیره مقره آویزی V شکل
۲۳	۲-۶-۱- زنجیره مقره‌های دوزنقه‌ای
۲۴	۳-۶-۱- زنجیره مقره‌های کششی
۲۴	۱-۳-۶-۱- زنجیره مقره کششی یک ستونه (I شکل)
۲۵	۲-۳-۶-۱- زنجیره مقره کششی دو ستونه (II شکل)
۲۵	۳-۳-۶-۱- زنجیره مقره کششی سه ستونه (III شکل)
۲۵	۴-۶-۱- زنجیره مقره جامپر
۲۶	۷-۱- مشخصات عمومی مقره‌ها
۲۶	۱-۷-۱- ابعاد مقره‌ها
۲۷	۲-۷-۱- فاصله خزشی مقره‌ها
۲۷	۳-۷-۱- مقاومت مکانیکی مقره‌ها
۲۷	۴-۷-۱- حداقل ولتاژ جرقه در فرکانس قدرت
۲۷	۵-۷-۱- حداقل ولتاژ جرقه ضربه ۵۰ درصد
۲۷	۶-۷-۱- ولتاژ مجاز در فرکانس قدرت
۲۸	۷-۷-۱- ولتاژ سوراخ شدن مقره
۲۸	۸-۷-۱- وزن مقره
۲۸	۸-۱- مشخصات مقره‌های بشقابی (Cap & Pin) مطابق استاندارد IEC
۲۸	۱-۸-۱- مشخصه‌های مکانیکی و ابعادی
۳۲	۹-۱- مشخصات مقره‌های اتکایی خط مطابق استاندارد IEC
۳۵	۱-۹-۱- مشخصه‌های الکتریکی
۳۵	۲-۹-۱- مشخصه‌های مکانیکی
۳۶	۳-۹-۱- مشخصه‌های ابعادی
۳۸	۴-۹-۱- آرایش نشیمنگاه
۳۸	۵-۹-۱- سیستم علامت گذاری



۱۰-۱-.....	مشخصات مقره‌های یکپارچه مطابق استاندارد IEC	۴۱
۱۰-۱-۱-.....	مشخصه‌های مقره‌های یکپارچه	۴۱
۱۰-۲-.....	سیستم علامت‌گذاری	۴۲
۱۱-۱-.....	مشخصات مقره‌های ترکیبی مطابق استاندارد IEC	۴۵
۱۱-۱-۱-.....	مشخصه‌های مکانیکی و ابعادی مقره‌های ترکیبی	۴۵
۱۱-۲-.....	سیستم علامت‌گذاری	۴۵

فصل دوم - معیارهای انتخاب مقره‌های خطوط هوایی انتقال نیرو

.....	مقدمه	۵۱
۱-۲-.....	کلیات	۵۱
۲-۲-.....	انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای الکتریکی	۵۱
۱-۲-۲-.....	ملاحظات کلی	۵۱
۲-۲-۲-.....	روش انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای خارجی	۵۳
۳-۲-۲-.....	روش انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای داخلی و آلودگی	۵۶
۱-۳-۲-۲-.....	روش انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای کلیدزنی	۵۷
۲-۳-۲-۲-.....	روش انتخاب مقره‌ها با توجه به ولتاژهای فرکانس قدرت و آلودگی	۶۱
۴-۲-۲-.....	کرونا و تداخلات رادیویی	۶۴
۵-۲-۲-.....	حداقل فاصله هوایی مجاز بین هادی‌های فاز و برج	۶۵
۳-۲-.....	انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای مکانیکی	۶۶
۱-۳-۲-.....	انتخاب مقره‌ها در زنجیره مقره‌های آویزی	۶۷
۲-۳-۲-.....	انتخاب مقره‌ها در زنجیره مقره‌های V شکل	۶۹
۳-۳-۲-.....	انتخاب مقره‌ها در زنجیره مقره‌های کششی	۷۰
۴-۲-.....	انتخاب نهایی مقره‌ها	۷۰
۵-۲-.....	یک نمونه از طراحی	۷۱

فصل سوم - نیازمندیها و آزمونهای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای

.....	مقدمه	۸۳
۱-۳-.....	آزمونهای واحدهای مقره‌ای از جنس سرامیک یا شیشه	۸۳
۱-۱-۳-.....	دسته‌بندی انواع واحدهای مقره و مواد عایقی مورد استفاده در آنها	۸۳
۱-۱-۳-.....	دسته بندی واحدهای مقره	۸۳
۲-۱-۳-.....	انواع واحدهای مقره	۸۳



۸۴	۳-۱-۱-۳- مواد عایقی واحدهای مقره‌ای.....
۸۴	۳-۱-۲- نشانه‌گذاری مقره‌ها
۸۴	۳-۱-۳- دسته‌بندی آزمونها.....
۸۴	۳-۱-۳-۱- آزمونهاى نوعى
۸۵	۳-۱-۳-۲- آزمونهاى نمونه‌ای
۸۵	۳-۱-۳-۳- آزمونهاى جارى
۸۵	۳-۱-۴- تضمین کیفیت
۸۶	۳-۱-۵- رویه‌هایی برای آزمونهاى نوعى و نمونه‌ای
۸۶	۳-۱-۵-۱- انتخاب مقره برای آزمونهاى نوعى
۸۶	۳-۱-۵-۲- قواعد نمونه‌برداری و رویه‌هایی برای آزمونهاى نمونه‌ای
۸۶	۳-۱-۵-۳- روش آزمون مجدد برای آزمونهاى نمونه‌ای.....
۸۷	۳-۱-۶- رویه‌های آزمون برای آزمونهاى الکتریکی
۸۷	۳-۱-۶-۱- نیازمندیهای عمومی برای آزمونهاى ولتاژ بالا.....
۸۸	۳-۱-۶-۲- شرایط محیطی مبنای استاندارد و ضرایب تصحیح برای آزمونهاى الکتریکی.....
۸۸	۳-۱-۶-۳- پارامترهای باران مصنوعی برای آزمونهاى در شرایط مرطوب.....
۸۸	۳-۱-۶-۴- آرایش استقرار مقره برای آزمونهاى الکتریکی
۸۸	۳-۱-۶-۵- آزمونهاى ولتاژ ضربه صاعقه (آزمون نوعی).....
۸۹	۳-۱-۶-۶- آزمونهاى ولتاژ فرکانس قدرت در شرایط مرطوب (آزمون نوعی).....
۹۰	۳-۱-۶-۷- آزمون تحمل در برابر سوراخ‌شدگی مقره (آزمون نمونه‌ای، تنها برای مقره‌های کلاس B).....
۹۱	۳-۱-۶-۸- آزمون الکتریکی جارى (تنها برای مقره‌های کلاس B از جنس سرامیک یا شیشه انیله‌شده).....
۹۱	۳-۱-۷- رویه‌های آزمون برای آزمونهاى مکانیکی وسایر آزمونها.....
۹۲	۳-۱-۷-۱- تحقیق ابعاد مقره (آزمون نوعی و نمونه‌ای).....
۹۲	۳-۱-۷-۲- آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی (آزمون نوعی و نمونه‌ای).....
۹۳	۳-۱-۷-۳- آزمون نیروی شکست مکانیکی (آزمون نوعی و نمونه‌ای).....
۹۴	۳-۱-۷-۴- آزمون عملکرد حرارتی _ مکانیکی (آزمون نوعی).....
۹۶	۳-۱-۷-۵- بررسی جابجائی محوری، شعاعی و زاویه‌ای مقره (آزمون نمونه‌ای).....
۹۸	۳-۱-۷-۶- بررسی سیستم قفل‌کننده (آزمون نمونه‌ای).....
۱۰۰	۳-۱-۷-۷- آزمون دوره‌ای حرارتی (آزمون نمونه‌ای).....
۱۰۲	۳-۱-۷-۸- آزمون شوک حرارتی (آزمون نمونه‌ای).....
۱۰۳	۳-۱-۷-۹- آزمون تخریل (آزمون نمونه‌ای).....
۱۰۳	۳-۱-۷-۱۰- آزمون روکش روی (آزمون نمونه‌ای).....
۱۰۵	۳-۱-۷-۱۱- بازرسی بصری جارى



۱۰۷.....	۳-۱-۱۲-آزمون مکانیکی جاری
۱۰۷.....	۳-۱-۸-آزمونهای مقره‌های اتکایی خط
۱۰۹.....	۳-۱-۸-ضرایب مورد نیاز جهت تحلیل آماری نتایج آزمونهای انجام گرفته بر روی مقره‌های اتکایی خط
۱۰۹.....	۳-۱-۸-۲-آرایشهای نشیمنگاه برای انجام آزمونها بر روی مقره‌های اتکایی خط
۱۱۰.....	۳-۱-۹-آزمونهای واحدهای مقره زنجیره‌ای
۱۱۲.....	۳-۱-۹-۱-دستورالعمل‌های در رابطه با آزمونهای نوعی مقره‌های زنجیره‌ای
۱۱۳.....	۳-۱-۹-۲-ضرایب مورد نیاز جهت تحلیل آماری نتایج آزمونهای انجام گرفته بر روی مقره‌های زنجیره‌ای
۱۱۳.....	۳-۱-۹-۳-آرایش نشیمنگاه برای انجام آزمونهای الکتریکی بر روی واحد مقره‌های زنجیره‌ای
۱۱۴.....	۳-۲-آزمونهای زنجیره مقره و مجموعه کامل مقره‌های از جنس سرامیک یا شیشه
۱۱۴.....	۳-۲-۱-مقادیر الکتریکی مشخص کننده زنجیره مقره یا مجموعه مقره کامل
۱۱۵.....	۳-۲-۱-نیازمندی‌های عمومی برای آزمونهای ولتاژ بالا
۱۱۵.....	۳-۲-۲-شرایط محیطی استاندارد و ضرایب تصحیح برای آزمونهای الکتریکی
۱۱۵.....	۳-۲-۳-پارامترهای باران مصنوعی برای آزمونهای رطوبی
۱۱۵.....	۳-۲-۴-آرایش استقرار برای آزمونهای الکتریکی
۱۱۵.....	۳-۲-۵-آزمونهای ولتاژ ضربه صاعقه
۱۱۶.....	۳-۲-۶-آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت در شرایط مرطوب
۱۱۶.....	۳-۲-۷-آزمونهای ولتاژ ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب
۱۱۷.....	۳-۲-۸-روشهای استقرار
۱۱۹.....	۳-۳-سایر آزمونهای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای

فصل چهارم - نیازمندیها و آزمونهای مقره‌های ترکیبی

۱۲۹.....	مقدمه
۱۲۹.....	۴-۱-کلیات
۱۳۰.....	۴-۲-طبقه‌بندی آزمونهای مقره ترکیبی
۱۳۰.....	۴-۱-۲-آزمونهای طراحی
۱۳۱.....	۴-۲-۲-آزمونهای نوعی
۱۳۱.....	۴-۲-۳-آزمونهای نمونه‌ای
۱۳۱.....	۴-۲-۴-آزمونهای جاری
۱۳۱.....	۴-۳-۳-آزمونهای طراحی
۱۳۲.....	۴-۱-۳-نحوه انجام آزمون‌ها بر روی واسطه‌ها و اتصالات فیتینگهای فلزی
۱۳۴.....	۴-۳-۲-آزمون نیرو _ زمان هسته مونتاز شده
۱۳۵.....	۴-۳-۳-آزمون پوشش مقره: آزمون ترک خوردگی و فرسایش



۱۳۶	۴-۳-۴- آزمونهای برای مواد هسته
۱۴۰	۴-۳-۵- آزمون قابلیت اشتعال
۱۴۰	۴-۴- آزمونهای نوعی
۱۴۱	۴-۴-۱- آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه خشک
۱۴۱	۴-۴-۲- آزمون فرکانس قدرت در شرایط مرطوب
۱۴۱	۴-۴-۳- آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب
۱۴۱	۴-۴-۴- آزمون نیروی مکانیکی _ زمان و آزمون محکم بودن واسط مابین فیتینگها انتهایی و پوشش مفره
۱۴۳	۴-۵- آزمون تداخل رادیویی
۱۴۳	۴-۵- آزمونهای نمونه‌ای
۱۴۳	۴-۵-۱- قواعد کلی
۱۴۳	۴-۵-۲- آزمون تحقیق ابعاد مفره (E1 + E2)
۱۴۴	۴-۵-۳- آزمون تحقیق سیستم قفل کنندگی (E2)
۱۴۴	۴-۵-۴- آزمون تحقیق محکم بودن واسط مابین فیتینگهای انتهایی و محفظه مفره و آزمون نیروی مکانیکی معین شده
۱۴۵	۴-۵-۵- آزمون روکش روی (E2)
۱۴۵	۴-۵-۶- رویه آزمون مجدد
۱۴۵	۴-۶- آزمونهای جاری
۱۴۵	۴-۶-۱- شناسایی مفره‌های ترکیبی
۱۴۵	۴-۶-۲- بررسی‌های چشمی
۱۴۶	۴-۶-۳- آزمون مکانیکی جاری
۱۴۶	۴-۷- خلاصه آزمونها

فصل پنجم - مشخصات و دستورالعملهای نگهداری و بهره‌برداری

۱۵۹	مقدمه
۱۵۹	۵-۱- اهداف و دامنه کاربرد
۱۵۹	۵-۲- کلیات
۱۵۹	۵-۳- دستورالعملهای مقابله با آلودگی مفره‌ها



فصل ۱

معرفی و شناخت مقره‌های هوایی خطوط انتقال نیرو





 omorepeyman.ir

مقدمه

در خطوط انتقال نیرو مقره‌ها عامل اصلی جداسازی هادی‌ها از دکل‌ها و زمین می‌باشند و برای اینکه بتوانند وظایف خود را که در حقیقت تأمین فاصله عایقی مناسب می‌باشد به خوبی انجام دهند، می‌بایستی خواص مکانیکی و الکتریکی معینی را داشته باشند. انتخاب مناسب مقره‌ها در قابلیت اطمینان سیستم، هزینه‌های پرداخت شده جهت احداث و بهره‌برداری از خطوط، ابعاد و اندازه برج‌ها و دارای اهمیت فراوان می‌باشد. در این فصل انواع مقره‌ها و خصوصیات آنها مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱-۱- کلیات

برای اتصال هادی‌های خطوط انتقال به دکل‌ها که دارای ولتاژهای زیادی نسبت به بدنه دکل می‌باشند، از وسایل جدا کننده استفاده می‌شود. این جداکننده‌ها که عموماً به صورت مقره در خطوط انتقال به کار می‌روند، عمده‌تاً دارای وظایف زیر می‌باشند:

مقره‌ها باید دارای استقامت مکانیکی مناسب بوده و قادر باشند بارهای مکانیکی را تحت شرایط محتمل از قبیل برف، باد، باران و غیره به خوبی تحمل نمایند. از طرف دیگر مقره‌ها باید دارای خواص عایقی خوب بوده تا بتوانند از نظر الکتریکی هادی‌های دارای ولتاژ را بخوبی از دکل جدا نموده و علاوه بر تحمل ولتاژ بهره‌برداری خط، در مقابل ولتاژهای ضربه‌ای ناشی از صاعقه و کلیدزنی نیز به خوبی مقاومت کنند.

در ضمن جریان نشستی مقره‌ها که ممکن است در اثر تخلیه کرونا، تلفات عایقی مواد داخلی مقره و عبور جریان نشستی سطحی روی آنها بوجود آید، می‌بایستی حتی‌الامکان ناچیز باشد. شکست ولتاژ اعمال شده روی مقره ممکن است بدلیل تخلیه الکتریکی در هوای اطراف مقره، تخلیه الکتریکی سطحی از طریق گرد و غبار و آلودگی‌های روی سطح مقره و یا تخلیه الکتریکی از داخل خود مقره صورت گیرد که در حالت اخیر منجر به خرابی مقره می‌گردد.

ضریب اطمینان شبکه‌های قدرت به کیفیت و ضریب اطمینان مقره‌ها بستگی داشته و از این رو انتخاب مناسب مقره‌ها حائز اهمیت فراوان می‌باشد.

۱-۲- تعاریف

واژه‌های زیر که در بخش‌های آتی به آنها اشاره می‌شود دارای همان مفهومی می‌باشند که برای آنها در این بخش تعریف می‌شود:

۱-۲-۱- زنجیره مقره^۱

یک یا تعدادی مقره متصل به یکدیگر که در نقاط اتصال دارای قابلیت انعطاف بوده و وظیفه نگهداری هادی و تحمل نیروهای الکترومکانیکی را به عهده دارند. زنجیره مقره‌ها عموماً بوسیله نیروهای کششی تحت تنش قرار می‌گیرند.

۱-۲-۲- مجموعه^۲

یک سری از مقره‌ها با طراحی و شرایط ساخت یکسان که جهت انجام آزمون‌های مربوطه انتخاب می‌گردند.

1. Insulator string

2. Lot



۱-۲-۳- قوس الکتریکی^۱

تخلیه مخرب در سطح خارجی مقره که باعث می‌شود قسمتهایی که معمولاً بین آنها ولتاژ بهره‌برداری برقرار است به همدیگر ارتباط یابند. عبارت قوس الکتریکی استفاده شده در این بند شامل قوس روی سطح مقره و تخلیه مخرب در اثر جرقه در هوای مجاور مقره می‌باشد.

۱-۲-۴- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه خشک^۲

ولتاژ ضربه صاعقه‌ای که مقره خشک تحت شرایط مشخصی از آزمون تحمل می‌نماید.

۱-۲-۵- ولتاژ جرقه ۵۰ درصد موج ضربه صاعقه خشک^۳

مقداری از ولتاژ ضربه صاعقه که تحت شرایط مشخصی از آزمون به احتمال ۵۰ درصد موجب بروز قوس الکتریکی بر روی مقره خشک می‌گردد. این ولتاژ با U_{50} نشان داده می‌شود.

۱-۲-۶- ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب^۴

ولتاژ فرکانس قدرتی که مقره مرطوب، تحت شرایط مشخصی از آزمون تحمل می‌نماید.

۱-۲-۷- نیروی شکست الکترومکانیکی^۵

حداکثر نیروی الکترومکانیکی (تحت ولتاژ+ تحت کششی) است که تحت شرایط مشخص در آزمون، مقره و یا زنجیره مقره می‌تواند تحمل نماید.

۱-۲-۸- نیروی شکست مکانیکی^۶

حداکثر نیروی مکانیکی که مقره و یا زنجیره مقره تحت شرایط مشخص در آزمون تحمل نماید.

۱-۲-۹- ولتاژ سوراخ شدن^۷

ولتاژی که تحت شرایط مشخص، موجب سوراخ شدن مقره می‌گردد. در این وضعیت جریان الکتریکی از داخل مقره و یا زنجیره مقره عبور می‌نماید.

1. Flashover
2. Dry lightning impulse withstand voltage
3. 50% Dry lightning impulse flashover voltage
4. Wet power frequency withstand voltage
5. Electromechanical failing load
6. Mechanical failing load
7. Puncture voltage



۱-۲-۱۰ - فاصله خزشی^۱

کوتاهترین فاصله یا مجموع کوتاهترین فواصل بر روی سطح خارجی مقره مابین آن قسمتهایی که معمولاً ولتاژ بهره‌برداری بین آنها برقرار است. در این تعریف، طول فواصل غیر عایقی مابین مقره‌ها جزء فاصله خزشی محسوب نمی‌گردد. در صورت استفاده از لعاب مقاومتی بر روی قسمتهای عایقی مقره، این بخشها همچنان بعنوان سطوح عایقی مؤثر شناخته می‌شوند و طول فاصله خزشی آنها نیز جزء فواصل خزشی محسوب می‌گردد.

۱-۳-۱۱ - تغییر مکان محوری یا شعاعی^۲

حداکثر تغییر مکان مشاهده شده نقطه معینی از مقره هنگامی که حول محور خود یک گردش کامل می‌نماید.

۱-۲-۱۲ - تغییر مکان زاویه‌ای^۳

انحراف زاویه‌ای مشاهده شده پیرامون محور مقره مابین صفحات متناظر با دو قطعه کوپلینگ انتهایی.

۱-۲-۱۳ - مقره اتکایی خط^۴

مقره استوانه‌ای بلندی که دارای فرورفتگیها و برآمدگیهایی بر روی سطح استوانه‌ای خود بوده و از نظر ساخت می‌تواند به دو صورت توخالی و توپر ساخته شود. این مقره‌ها از طریق تکیه‌گاه خود به برج متصل می‌شوند.

۱-۲-۱۴ - مقره یکپارچه^۵

مقره‌های کششی یا آویزی که بخش عایقی آنها به صورت استوانه‌ای شکل به همراه یک سری فرورفتگی و برآمدگی‌های مناسب ساخته شده است و دو انتهای آنها به کوپلینگهای فلزی جهت انجام اتصالات مربوطه مجهز شده است.

۱-۲-۱۵ - زنجیره استاندارد کوتاه^۶

زنجیره استاندارد کوتاه به منظور تحقیق مشخصه‌های یک مقره واحد که تنها برای زنجیره مقره قابل توجه هستند به کار گرفته می‌شود و شامل موارد زیر می‌گردد:

- مقره‌های بشقابی:

زنجیره مقره‌ای مرکب از حداقل ۵ واحد مقره و با طول کمتر از ۱/۵ متر.



1. Creep age distance
2. Axial or radial displacement
3. Angular displacement
4. Line post insulator
5. Long rod insulator
6. Short standard string

– مقره‌های یکپارچه:

در مورد مقره‌های یکپارچه‌ای که بصورت زنجیره‌وار مورد استفاده قرار می‌گیرند، زنجیره‌ای با طول مابین ۱ تا ۲ متر بعنوان زنجیره استاندارد کوتاه استفاده می‌شود. در مورد مقره‌های یکپارچه‌ای که طول آنها کمتر از یک متر است و به تنهایی بعنوان زنجیره به کار می‌روند، خود مقره بعنوان زنجیره استاندارد کوتاه محسوب می‌شود.

۱-۲-۱۶- مشخصه‌های معین^۱

یک مشخصه معین عبارت است از:

- هر مقدار عددی ولتاژ و یا نیروی مکانیکی و یا هرگونه مشخصه دیگری که در استانداردهای IEC تعریف شده‌اند.
- هر مقدار عددی از هر گونه مشخصه‌ای که در مورد آن بین سازنده و خریدار توافق حاصل شده است.
- در هنگام استفاده از مشخصه‌های معین می‌بایستی به شرایط استاندارد در نظر گرفته شده در هنگام بیان آن مقدار دقت نمود. بعنوان مثال مقادیر عددی استاندارد برای ولتاژهای تحمل در برابر امواج ضربه تحت شرایط محیطی استاندارد ارائه می‌گردند.

۱-۲-۱۷- مجموعه کامل مقره^۲

یک پیکربندی متشکل از یک یا تعداد بیشتری زنجیره مقره که به شیوه مناسبی جهت دست یافتن به آرایش خاصی از زنجیره مقره‌ها به یکدیگر متصل شده‌اند و مجهز به یراق‌آلات و ادوات حفاظتی، مشابه آنچه که در هنگام بهره‌برداری واقعی با آنها به کار می‌روند، هستند.

۱-۲-۱۸- مجموعه کامل مقره‌آویزی^۳

یک دسته مقره کامل که به یراق‌آلات لازم جهت نگهداری هادی یا هادی‌های خط به صورت آویز از دکل مجهز شده است.

۱-۲-۱۹- مجموعه کامل مقره کششی^۴

یک دسته مقره کامل که به یراق‌آلات لازم جهت نگهداری هادی یا هادی‌های خط بصورت کششی مجهز شده است.

۱-۲-۲۰- ولتاژ جرقه فرکانس قدرت در شرایط مرطوب^۵

مقدار متوسط حسابی ولتاژهای فرکانس قدرت اندازه‌گیری شده‌ای که تحت شرایط معینی از آزمون موجب بروز قوس الکتریکی در مقره مرطوب شده‌اند.

۱-۲-۲۱- ولتاژ تحمل موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب^۶

ولتاژ ضربه کلیدزنی که مقره مرطوب تحت شرایط مشخصی از آزمون تحمل می‌نماید.

1. Specified characteristics
2. Insulator set
3. Suspension insulator set
4. Tension insulator set
5. Wet power frequency flashover voltage
6. Wet switching impulse withstand voltage



۱-۲-۲۲- ولتاژ جرقه ۵۰ درصد موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب^۱

مقداری از ولتاژ ضربه کلیدزنی که تحت شرایط مشخصی از آزمون به احتمال ۵۰ درصد موجب بروز قوس الکتریکی بر روی مقره مرطوب می‌گردد.

۱-۲-۲۳- ولتاژ جرقه بحرانی (CFO)^۲

میزان اضافه ولتاژ گذرای است که اگر به ترمینال تجهیز برسد، عایق تجهیز به احتمال ۵۰ درصد این اضافه ولتاژ را تحمل می‌کند.

۱-۲-۲۴- دامنه جریان ضربه بحرانی^۳

دامنه جریان موج ضربه‌ای است که اگر بر روی یک هادی جاری شود می‌تواند موجب ایجاد ولتاژی برابر با سطح ولتاژ جرقه بحرانی (CFO) آن هادی گردد.

۱-۲-۲۵- مقره ترکیبی^۴

مقره ترکیبی حداقل از دو بخش عایقی هسته و محفظه‌ای که به اتصالات فلزی مجهز شده است، ساخته می‌شود. مقره‌های ترکیبی بعنوان مثال می‌توانند از چترهای مجزایی که بر روی هسته با یا بدون غلاف واسط نصب شده‌اند، تشکیل شده باشند و یا اینکه محفظه مستقیماً در یک یا چند بخش بر روی هسته قالب‌گیری یا ریخته‌گری شود.

۱-۲-۲۶- هسته مقره ترکیبی^۵

هسته بخش عایق داخلی مقره ترکیبی را تشکیل می‌دهد و برای دست یافتن به مشخصه‌های مکانیکی مورد نیاز طراحی شده است. هسته معمولاً از الیاف‌های شیشه‌ای و در ماتریسی از قالب رزینی به گونه‌ای قرار داده می‌شود که حداکثر استقامت کششی حاصل آید.

۱-۲-۲۷- قطر هسته^۶

قطر هسته برابر یکی از دو عبارت زیر تعریف می‌گردد:

- برای هسته‌های استوانه‌ای شکل برابر قطر هندسی هسته می‌باشد.

- $2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$ ، برای هسته‌های با مقطع غیر دایره و مساحت A.

1. 50% wet switching impulse flash over voltage

2. Critical flashover voltage

3. Critical stroke amplitude

4. Composite insulator

5. Core of a composite insulator

6. Core diameter



۱-۲-۲۸- محفظه و چترهای مقره ترکیبی^۱

محفظه عبارت است از بخش عایق خارجی مقره ترکیبی که فاصله خزشی مورد نیاز را فراهم می‌نماید و هسته مقره را از شرایط آب و هوایی محافظت می‌نماید. غلافهای واسطه‌ای که از مواد عایقی ساخته شده‌اند نیز جزء محفظه محسوب می‌گردند. بخشی از محفظه مقره که بمنظور افزایش فاصله خزشی دارای برآمدگی است، چتر نامیده می‌شود. چترها می‌توانند با یا بدون شیار باشند.

۱-۲-۲۹- واسطه‌های مقره ترکیبی^۲

واسطه عبارت است از سطحی که بین مواد مختلف یا بخشهای مختلف مقره ترکیبی حائل می‌شود. واسطه‌های مختلفی در اغلب مقره‌های ترکیبی به وقوع می‌پیوندد، از قبیل:

- مابین الیاف شیشه‌ای و رزین اشباع کننده
- مابین ذرات مستحکم کننده و پلیمر
- مابین هسته و محفظه
- مابین بخشهای مختلف محفظه، مابین چترها یا مابین غلاف و چترها
- مابین محفظه، هسته و اتصالات فلزی

۱-۲-۳۰- اتصالات فلزی مقره ترکیبی^۳

اتصالات فلزی ابزارهایی از مقره ترکیبی هستند که بواسطه آنها اتصال مقره به نگهدارنده، یا به هادی یا به بخشی از تجهیز و یا به مقره دیگر میسر می‌گردد.

۱-۲-۳۱- ناحیه اتصال^۴

ناحیه‌ای که در آن نیروی مکانیکی مابین هسته و اتصالات فلزی منتقل می‌شود.

۱-۲-۳۲- کوپلینگ^۵

کوپلینگ بخشی از اتصالات فلزی مقره محسوب می‌شود که بواسطه آن نیروی مکانیکی به یراق آلات خارج از مقره منتقل می‌گردد.

۱-۲-۳۳- ترک خوردگی^۶

ترک خوردگی یک پدیده نامطلوب برگشتناپذیر است که بوسیله شروع و توسعه مسیریایی بر روی سطح مواد عایقی ایجاد می‌گردد. این مسیرها حتی در شرایط خشک نیز مسیری برای هدایت جریان الکتریکی محسوب می‌گردند. ترک خوردگی می‌تواند بر روی سطوحی که با هوا در تماس هستند و همچنین بر روی واسطه‌های مابین مواد عایقی مختلف بوقوع بپیوندد.

1. Housing and sheds of a composite insulator
2. Interface of composite insulator
3. Metal fitting of a composite insulator
4. Connection zone
5. Coupling
6. Tracking



۱-۲-۳۴- پدیده درختی^۱

پدیده درختی یک پدیده نامطلوب برگشت‌ناپذیر متشکل از کانالهای بسیار باریکی است که در اثر تخلیه‌های جزئی در داخل مواد عایقی بوجود می‌آیند. این میکروکانالها می‌توانند از طریق توده ماده عایقی بتدریج تا آنجا توسعه پیدا کنند که منجر به شکست الکتریکی گردند.

۱-۲-۳۵- فرسایش^۲

پدیده فرسایش یک پدیده برگشت‌ناپذیر و غیرهادی از سطح عایق می‌باشد که بواسطه از دست رفتن ماده اتفاق می‌افتد. این پدیده می‌تواند بصورت یکنواخت، موضعی یا به صورت درختی شکل بوقوع بپیوندد. (*)

۱-۲-۳۶- پدیده گردآلود شدن^۳

پدیده گردآلود شدن عبارت است از ظاهرشدن برخی از ذرات مواد پرکننده محفظه بصورت یک سطح زبر یا گردآلود.

۱-۲-۳۷- پدیده مو برداشتن^۴

پدیده موبرداشتن به شکستگیهای کوچکی اطلاق می‌گردد که بر روی سطح عایق و با عمق در حدود ۰/۱ تا ۰/۱ میلی‌متر تشکیل می‌گردند.

۱-۲-۳۸- شکاف^۵

هر گونه شکستگی بر روی سطح عایق که گودی آن بیش از ۰/۱ میلی‌متر باشد، شکاف نامیده می‌شود.

۱-۲-۳۹- پدیده تجزیه بوسیله آب^۶

پدیده تجزیه بوسیله آب یا هیدرولیز در مواردی در مقره ترکیبی بواسطه نفوذ آب بصورت مایع یا به صورت بخار آب می‌تواند بوقوع بپیوندد و این مسئله نقصان در خواص الکتریکی و یا مکانیکی مقره را در پی خواهد داشت.

۱-۲-۴۰- نیروی مکانیکی معین شده (SML)^۷

نیروی مکانیکی معین شده، میزان نیروی مکانیکی اعلام شده بوسیله سازنده مقره بوده که در این استاندارد جهت انجام آزمونهای مکانیکی مقره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نیروی مکانیکی مبنایی برای انتخاب مقره از دیدگاه تحمل نیروهای مکانیکی بحساب می‌آید.

1. Treeing

2. Erosion

* مسیرهای سطحی کم عمقی که پس از بروز تخلیه‌های جزئی بر روی مقره‌ها ایجاد می‌گردند و عموماً بصورت درختی شکل هستند تنها بر روی مقره‌های ترکیبی اتفاق می‌افتد تا مقره‌های سرامیکی. مادامیکه این مسیرها فاقد هدایت الکتریکی باشند می‌توان آنها را نادیده و فاقد عیب در نظر گرفت، اما در صورت هادی بودن، آنها را جزء رده ترک‌خوردگی به حساب می‌آورند.

3. Chalking (flouring)

4. Crazing

5. Crack

6. Hydrolysis phenomena

7. Specified mechanical load



۱-۲-۴۱- نیروی آزمون جاری (RTL)^۱

نیروی آزمون جاری، مقدار نیروی مکانیکی است که در هنگام انجام آزمون مکانیکی جاری به کلیه مقره‌های ترکیبی اعمال می‌گردد.

۱-۲-۴۲- امپدانس موجی^۲

نسبت ولتاژ به جریان موج سیاری که بر روی هادی حرکت می‌کند، امپدانس موجی نامیده می‌شود.

۱-۲-۴۳- قوس برگشتی^۳

قوس الکتریکی که در نتیجه برخورد صاعقه به بخشهایی از شبکه (مانند سیم محافظ یا دکل که عموماً دارای پتانسیلی برابر با زمین هستند) و افزایش پتانسیل آنها نسبت به سطوح ولتاژدار، در ایزولاسیون خط بوجود می‌آید.

۱-۲-۴۴- چگالی صاعقه‌های زمین^۴

تعداد متوسط برخورد صاعقه بر واحد سطح، در واحد زمان، در یک مکان مشخص را چگالی صاعقه‌های زمین در آن مکان گویند.

۱-۲-۴۵- سطح کرونیک^۵

سطح کرونیک عبارت است از تعداد متوسط آماری روزها یا ساعاتی از سال که رعد و برق در یک مکان مشخص رخ می‌دهد. سطح کرونیک به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شود:

سطح کرونیک روزانه: تعداد متوسط روزهایی از سال که رعد و برق در یک دوره ۲۴ ساعته مشاهده می‌شود.
سطح کرونیک ساعتی: تعداد متوسط ساعتهایی از سال که رعد و برق در یک دوره ۶۰ دقیقه‌ای مشاهده می‌شود.

۱-۳- مواد تشکیل‌دهنده عایق‌ها و مقره‌ها

مواد مختلفی وجود دارند که بعنوان عایق الکتریکی در ساخت مقره‌ها به کار می‌روند. این مواد عمدتاً به دو گروه سرامیکی و غیرسرامیکی (پلاستیک) تقسیم می‌گردند. گروه سرامیکی که از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد خود انواع مختلفی را شامل می‌شود که عمده آنها بخصوص برای خطوط انتقال، شامل چینی و شیشه می‌باشند. تقریباً در تمامی خطوط انتقال نیروی ایران از مقره‌های چینی و شیشه‌ای استفاده شده است، که در این بین مقره‌های چینی کاربرد گسترده‌تری دارند. هر یک از مقره‌های فوق‌الذکر دارای مزایا و معایب مختلفی می‌باشند که با توجه به شرایط جغرافیایی مسیر، عملکرد آنها متفاوت می‌باشد که برحسب مورد می‌تواند انتخاب و مورد استفاده قرار گیرند. در زیر به برخی از ویژگیهای مهم انواع مقره‌های متداول در خطوط انتقال نیرو اشاره می‌گردد [۱-۳].



1. Routine test load
2. Surge impedance
3. Back flashover
4. Ground flash density
5. keraunic level

۱-۳-۱- مقره‌های چینی^۱

مقره‌های چینی یا پورسلینی خود از انواع مختلفی تشکیل شده‌اند، که بر حسب مورد در خطوط نیرو مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع مقره‌ها را با مخلوطی از رس و کائولین یا سیلیکات هیدراته و کوارتز، فلدسپات یا سیلیکو آلومینات سود و پتاس می‌سازند و برای حفظ مشخصه‌های الکتریکی و مکانیکی ممکن است برحسب مورد از مواد دیگری نیز در ساخت آنها استفاده گردد. در ساختمان بعضی از پورسلینهای مخصوص ممکن است اکسیدهای ویژه شامل تیتان و زیرکونیم نیز موجود باشد. درصد کوارتز چیزی در حدود ۲۵ درصد و درصد فلدسپات یا سیلیکو آلومینات سود و پتاس نیز در همین حدود است و خواص الکتریکی و مکانیکی مقره تابعی از درصد مواد تشکیل دهنده آن می‌باشد. این مواد را پس از آردکردن خوب مخلوط کرده و به شکل مطلوب درآورده و در کوره با حرارتی حدود ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد می‌پزند.

پورسلین دارای خاصیت عایقی بسیار خوب و قوی بوده و گرادیان ولتاژی که باعث خرابی آن می‌گردد در حدود ۱۵ تا ۳۰ کیلوولت بر میلیمتر می‌باشد و در مقابل ولتاژ ضربه تا ۴۹ کیلوولت بر میلیمتر تحمل دارد. مقاومت مخصوص آن زیاد و در حدود $3 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ است که در نتیجه جریان نشتی آن ناچیز می‌باشد. ثابت دی‌الکتریک پورسلین $\epsilon_r = 4-6/5$ است. پورسلین در مقابل فشار حدود ۵۰ کیلوگرم بر میلیمتر مربع و در مقابل کشش تا حدود ۰/۱ مقدار فوق از خود مقاومت مکانیکی خوبی نشان می‌دهد. با ازدیاد کوارتز مقاومت مکانیکی آن افزایش یافته و افزایش درصد رس آن، اثرات درجه حرارت را بر روی آن کاهش می‌دهد. پورسلین به راحتی لعابدار می‌شود و این کار مقاومتش را در مقابل ترک خوردن و یا لب پریدگی زیاد می‌کند و براحتی تمیز می‌شود. از طرفی هدایت لعاب سطح آن باعث توزیع یکنواخت ولتاژ در سراسر طول رشته مقره می‌گردد. مرور زمان و تغییرات شرایط محیطی در دراز مدت ممکن است باعث آشکارشدن خلل و فرج و خرابی این مقره بشود. این نوع مقره در مقابل ضربه، معمولاً ترک برمی‌دارد یا دارای لب‌پریدگی می‌شود ولی کاملاً خرد نمی‌شود. از معایب پورسلین این است که چنانچه تحت اثر موج ولتاژی، تخلیه الکتریکی در داخل آن صورت گیرد موجب ایجاد کانال بسیار باریک و غیر قابل دیدن می‌گردد که سبب کاهش خواص عایقی آن می‌شود.

پورسلین‌ها خود به چهار نوع عمده تقسیم می‌گردند که عبارتند از :

- پورسلین معمولی یا پورسلین فلدسپات، که استقامت مکانیکی آن در مقابل خمش در حدود ۶۰۰ الی ۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.
- پورسلین آلومینیومی که به منظور افزایش استقامت مکانیکی به جای پورسلین معمولی به کار می‌رود. استقامت مکانیکی آن در مقابل خمش تقریباً دو برابر پورسلین معمولی و برابر با ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.
- پورسلین کریستو بالایت که از مزایای آن یکنواختی بهتر مواد آن است.
- پورسلین کریستو بالایت آلومینیومی که از جدیدترین انواع پورسلین بوده و دارای مزایای پورسلین کریستو بالایت از جمله یکنواختی مواد و نیز دارای مزایای پورسلین آلومینیومی یعنی استقامت مکانیکی خوب می‌باشد.



۱-۳-۲- مقره‌های شیشه‌ای^۱

از شیشه نیز در ساخت مقره‌ها استفاده می‌شود. ولی بدلیل پایین بودن استقامت مکانیکی شیشه لازم است به طریقی آن را تقویت نمود. شیشه مخلوطی از سیلیس (SiO_2 در حدود ۷۰ درصد)، اکسید سدیم (Na_2O)، اکسید کلسیم (CaO) و اکسید منیزیم (MgO) می‌باشد که در درجه حرارت حدود ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد ذوب و پخته می‌شود. خنک شدن شیشه پس از پخته شدن ممکن است به دو صورت کند و تدریجی و یا خنک شدن ناگهانی به کمک دمیدن هوا صورت گیرد که در حالت اخیر سطح خارجی شیشه زود سرد و سخت شده، در حالیکه قسمت داخلی آن هنوز حرارت خود را دارا است. در نتیجه پس از خنک شدن تدریجی قسمت داخلی آن تحت کشش و قسمت خارجی و سطح شیشه تحت فشار قرار خواهد داشت.

استقامت الکتریکی شیشه در حالت معمولی بهتر از پورسلین بوده (در حدود ۶۰ الی ۱۲۰ کیلوولت بر میلی‌متر) و در مقابل ولتاژ ضربه استقامت آن تا ۱۹۵ کیلوولت بر میلی‌متر می‌باشد. مقاومت مخصوص آن در حدود $10^{12} - 10^{19} \Omega \cdot \text{cm}$ بوده و با افزایش درجه حرارت مقدار آن کاهش می‌یابد، بطوری که در حرارت‌های بالاتر از ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد به مقداری کمتر از $10 \Omega \cdot \text{cm}$ می‌رسد. ثابت دی‌الکتریک شیشه $\epsilon_r = 5/5-10$ است.

از خصوصیات مقره‌های شیشه‌ای این است که در مقابل ضربه معمولاً خرد می‌شوند و مقاومت مکانیکی آن با زمان تحمل نیرو کاهش یافته و در حد گسیختگی به $\frac{2}{3}$ تقلیل می‌یابد. مقاومت مقره‌های شیشه‌ای در مقابل شکنندگی و تغییرات ناگهانی جوی در مقایسه با پورسلین چندان خوب نیست.

از معایب عمده شیشه این است که چون در ساختمان آن ترکیبات قلیایی شامل اکسید کلسیم و اکسید سدیم وجود دارد، هنگامی که جریان نشتی زیادی بر روی سطح آن در اثر آلودگی سطح مقره ایجاد گردد، ترکیبات مزبور در مقابل رطوبت واکنش نشان داده و باعث خوردگی سطح شیشه می‌شود که در نهایت ممکن است بدلیل برهم‌زدن تعادل نیروهای سطحی و داخلی منجر به شکستن مقره شود. به همین دلیل در مناطق با آلودگی زیاد از شیشه استفاده نمی‌شود. از مزایای شیشه شفافیت آن است به طوری که شکستگی و ترک در داخل آن با چشم قابل رؤیت می‌باشد. کم بودن ضریب انبساط و ارزانی قیمت آن در مقایسه با پورسلین از دیگر مزایای آن هستند.

۱-۳-۳- مقره‌های ترکیبی^۲

علاوه بر مقره‌های چینی و شیشه‌ای که عمدتاً دارای ترکیبات معدنی می‌باشند، در برخی موارد از مقره‌هایی استفاده می‌شود که عمدتاً از مواد مصنوعی ساخته شده و با عناوین مختلفی از جمله مقره‌های ترکیبی یا Silicon Rubber معرفی می‌شوند. همانند مقره‌های چینی و شیشه‌ای این نوع مقره‌ها نیز به شکل‌های مختلفی ساخته شده که یکی از کاربردهای انحصاری آنها استفاده در خطوط انتقال کمپاکت است.

وزن این مقره‌ها حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن مقره‌های چینی می‌باشد، حمل و نقل آنها آسانتر بوده و احتمال تخریب آنها در زمان حمل و نصب کمتر است. در مقایسه با سایر مقره‌ها مواد آلوده و قطرات آب در سطح آنها کمتر جمع می‌شوند. در عوض قیمت آنها بیشتر است، وزن کم آن باعث انحراف بیشتر زنجیره مقره‌ها در اثر وزش باد می‌شود و در نتیجه در مناطق بادخیز شاید نیاز به

1. Glass insulators
2. Composite insulators

افزایش فواصل فازی باشد. عدم اطمینان از عملکرد مواد پلیمری پوشش روی مقره‌ها در اثر پیری نیز از جمله معایب این قبیل مقره‌ها محسوب می‌گردد.

مزیت این مقره‌ها در دفع خوب آب می‌باشد زیرا مواد پلیمری این مزیت را دارند که قطرات آب باران روی سطح آن جاری نمی‌شود تا با قطرات دیگر ترکیب شده و مسیری را برای هدایت قوس فراهم کند، در صورتیکه در مقره‌های شیشه‌ای و چینی قطرات آب به راحتی روی سطح مقره جاری می‌شود.

۱-۴- طراحی شکل مقره‌ها

شکست الکتریکی بر روی مقره عمدتاً به دو علت تشکیل جرقه از داخل مقره و تشکیل جرقه سطحی می‌تواند صورت پذیرد که نوع اول به دلیل سوراخ شدن عایق حائز اهمیت بیشتری است. تخلیه نوع دوم خود ممکن است به سه صورت مختلف بوقوع پیوندد:

- تخلیه بین هادی و بدنه از طریق هدایت سطحی عایق: این حالت می‌تواند در شرایطی که مقره به علت کثیف بودن، آلودگی و مرطوب بودن خاصیت عایقی کمتری دارد رخ دهد. در این حالت کوتاه‌ترین مسیر بر روی سطح مقره که هادی را به بدنه مربوط می‌سازد فاصله خزشی نامیده می‌شود.

- تخلیه ناشی از افزایش ولتاژ ناگهانی بین هادی و بدنه در شرایط خشک: این حالت هنگامی که سطح مقره خشک و نسبتاً تمیز باشد رخ داده و معمولاً از طریق کوتاه‌ترین مسیر ممکن انجام می‌گیرد.

- تخلیه ناشی از افزایش ولتاژ ناگهانی بین هادی و بدنه در شرایط مرطوب: این حالت هنگامی رخ می‌دهد که سطح مقره مرطوب باشد. در این حالت تخلیه مسیر طولانی‌تری را نسبت به حالت قبلی طی کرده و به سطح مقره نزدیکی بیشتری را نشان می‌دهد.

با توجه به لزوم پایداری شبکه‌های فشار قوی و با اطلاع از مسائل فوق‌الذکر توجه به مسائل متعددی در طرح شکل و نحوه کاربرد مقره‌ها اهمیت پیدا میکند. پاره‌ای از این نکات طراحی و رسیدن به طرح مناسب از جهات مختلف ممکن است با یکدیگر متضاد باشند. بدیهی است که در چنین شرایطی حالت بهینه اتخاذ می‌گردد. پاره‌ای از نکات مهم که در مورد انتخاب شکل و نوع مقره‌ها باید در نظر داشت به شرح زیر می‌باشد [۳]:

- سطح مقره صاف باشد تا از نشستن و تشکیل گرد و غبار و آلودگی‌های موجود در هوا که باعث کاهش ایزولاسیون سطحی و به تبع آن افزایش جریان نشتی و بالا رفتن احتمال وقوع تخلیه سطحی می‌گردد، حتی‌الامکان جلوگیری شود. این امر در مناطق با هوای خیلی آلوده مستلزم به کاربردن مقره‌هایی با شیارهای کم عمق‌تر می‌باشد.

- به منظور کاهش جریان نشتی و احتمال وقوع تخلیه، طول فاصله خزشی حتی‌الامکان بیشتر شود. این امر مستلزم ایجاد شیارها و فرورفتگی‌های عمیق بر روی سطح زیرین مقره‌ها می‌باشد.

- شکل مقره چنان طراحی می‌گردد که آب باران بر روی سطح آن نماند و حتی‌الامکان سریع خشک شود. این امر عمدتاً به طراحی مقره‌های چتری شکل منجر شده است که از خواص مطلوب آن این نکته است که در شرایط بارانی و بدون باد، معمولاً بخش زیرین آن خشک باقی می‌ماند.



- ضخامت قسمتی از مقره که قسمتهای فلزی رابط بالا و پایین را از نظر الکتریکی از یکدیگر جدا می‌کند طوری انتخاب شود که در صورت افزایش ولتاژ، قبل از وقوع تخلیه الکتریکی از داخل، جرقه در سطح مقره تشکیل گردد. هر چه نسبت ولتاژ لازم برای وقوع تخلیه الکتریکی از داخل یعنی ولتاژ سوراخ شدن به ولتاژ لازم جهت وقوع تخلیه سطحی بیشتر باشد این ضریب اطمینان افزایش می‌یابد.
- از آنجائیکه ثابت دی‌الکتریک هوا و مقره متفاوت است، خطوط میدان در داخل هوا و عایق متفاوت بوده و دارای فشردگی بیشتر در هوا خواهند بود. این امر بخصوص در مواردی که عایق دارای شیارها و برآمدگیهای پیچیده باشد می‌تواند گاهی اوقات سبب تشکیل گرادیان ولتاژ قوی در هوا و در نتیجه وقوع تخلیه جزئی و نهایتاً تخلیه الکتریکی کامل گردد. لذا این مسئله را با طراحی مناسب به نحوی باید مرتفع نمود.
- در کاربرد و انتخاب مقره باید به شرایط جوی منطقه و میزان و نوع آلودگی هوای محل توجه کامل بشود.
- در انتخاب شکل و طول مقره‌ها به نکات اقتصادی می‌بایستی توجه نمود. بخصوص توجه به این مطلب حائز اهمیت است که ولتاژ تحمل در نظر گرفته شده برای مقره نمی‌بایستی آنچنان باشد که هر موج ولتاژ ممکن را تحمل نماید. زیرا این امر سبب طولانی شدن بیش از حد زنجیره مقره شده و در نتیجه موجب افزایش هزینه‌ها می‌گردد.

۱-۵ - انواع مختلف مقره‌های مورد استفاده در خطوط هوایی انتقال نیرو

مقره‌های مورد استفاده در خطوط دارای اشکال مختلفی می‌باشند که با توجه به شرایط مسیر و سطح ولتاژ انتخاب و مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع متداول مقره‌های مورد استفاده در خطوط انتقال ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت هوایی بشرح زیر می‌باشند [۱-۳]:

۱-۵-۱ - مقره بشقابی^۱

این نوع مقره‌ها از جنس شیشه و یا چینی و به شکل بشقاب بوده و از نظر کاربرد نیز رایج‌ترین مقره مورد استفاده در خطوط هوایی انتقال انرژی می‌باشند. این مقره‌ها می‌توانند به صورت زنجیره مقره مورد استفاده قرار گیرند. تعداد بشقابها در زنجیره مقره بستگی به سطح ولتاژ خط، محل استفاده و اضافه ولتاژها دارد. ارتباط هر کدام از این بشقابها با بشقابهای دیگر توسط دو قطعه فلزی بالا و پایین که توسط پودر سیمان و شیشه و چسب مخصوص به مقره محکم می‌شود انجام می‌گیرد. با توجه به سطح ولتاژ و شرایط جغرافیایی محل مورد استفاده، ارتفاع، پهنا و فاصله خزشی این مقره‌ها متفاوت می‌باشند. این مقره‌ها بسته به نوع اتصال به یکدیگر و با توجه به شکل آنها در انواع زیر وجود دارند.

۱-۵-۱-۱ - مقره بشقابی استاندارد

مقره بشقابی استاندارد به صورت دو نوع مختلف زیر عرضه می‌گردد:

- مقره‌های نوع توپی و سوکت^۲

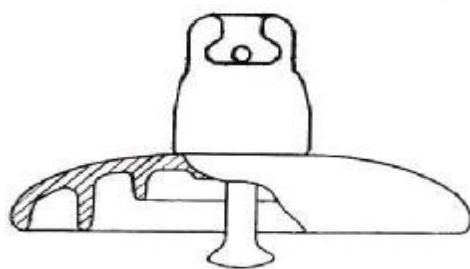
این نوع مقره‌ها به صورت شکل (۱-۱) ساخته می‌شوند.



omoorepeyman.ir

1. Disc insulator

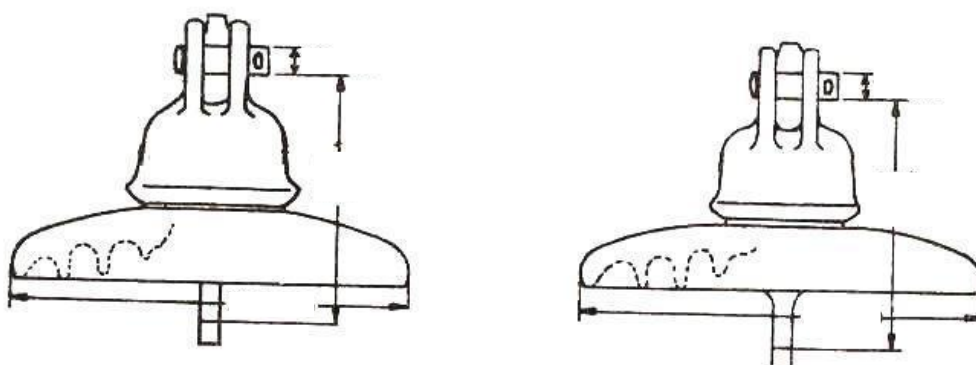
2. Ball & socket type insulator



شکل ۱-۱: مقره بشقابی استاندارد از نوع توپی و سوکت

مقره‌های نوع شیار و زبانه^۱

این نوع مقره‌ها به صورت شکل (۲-۱) ساخته می‌شوند.



شکل ۲-۱: مقره بشقابی استاندارد از نوع شیار و زبانه

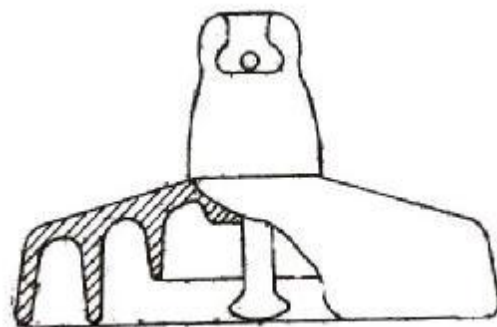
۱-۵-۲- مقره بشقابی ضد مه^۲

در مناطق آلوده یا مه آلود، فاصله خزشی بیشتری بر روی سطح مقره لازم است که در این حالت از مقره‌های بشقابی ضد مه استفاده می‌شود. در این مقره‌ها شیارهای پایین بزرگتر از شیارهای مقره‌های معمولی می‌باشند. به این ترتیب وزن مقره‌ها زیادتر بوده و موجب افزایش نیروی مکانیکی وارده به برج می‌شود. از طرفی به دلیل زیاد بودن فاصله خزشی، از این مقره‌ها به تعداد کمتری در زنجیره مقره استفاده می‌شود. این نوع مقره‌ها به صورت شکل (۳-۱) ساخته می‌شوند.



omoorepeyman.ir

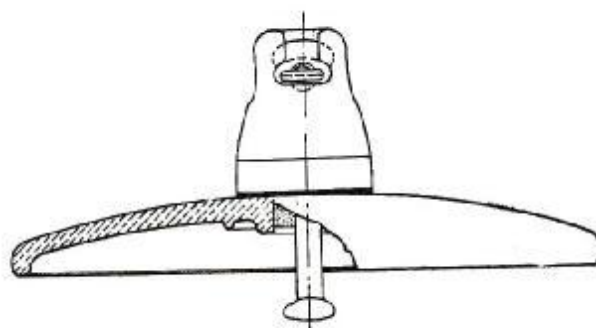
1. Tongue & clevis type insulator
2. Antifog insulator



شکل ۳-۱: مقره بشقابی از نوع ضد مه

۱-۵-۱-۳- مقره‌های آیرودینامیک^۱

از این نوع مقره‌ها در مناطق بادگیر استفاده می‌شود زیرا سطح بادگیر این نوع مقره‌ها کم بوده و در زنجیره مقره انحراف زوایه کمتری رخ می‌دهد. از طرفی نیروهای وارده به برج نیز کمتر خواهد شد. به علت کوچک بودن فاصله خزشی این نوع مقره‌ها، لازم است تعداد بیشتری از این نوع مقره جهت حفظ فاصله عایقی در زنجیره استفاده شود که اینکار موجب افزایش هزینه‌ها خواهد شد. شکل (۴-۱) نمونه‌ای از مقره آیرودینامیک را نشان می‌دهد.

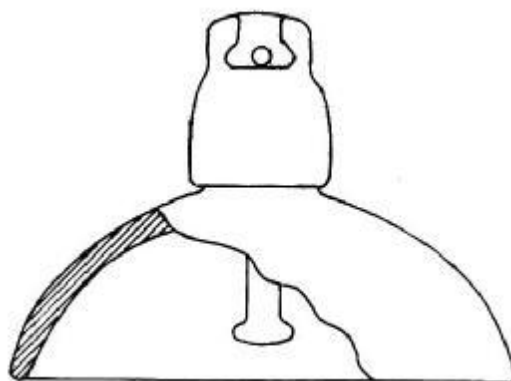


شکل ۴-۱: مقره بشقابی آیرودینامیکی

۱-۵-۱-۴- مقره زنگوله شکل^۲

این مقره به شکلی ساخته می‌شود که امکان نشستن گردوخاک و آلودگی روی آن حداقل باشد. از این مقره‌ها در مناطقی استفاده می‌شود که آلودگی زیاد است و باران کم می‌بارد. ساخت این مقره‌ها به شکلی است که حداقل ریزش باران قادر به تمیز کردن مقره می‌باشد. شکل (۵-۱) یک نمونه از این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد.

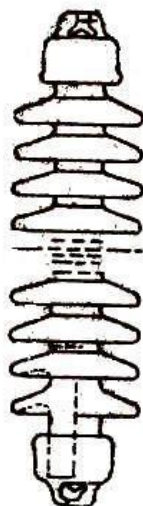




شکل ۱-۵: مقره بشقابی زنگوله‌ای شکل

۱-۵-۲- مقره‌های یکپارچه^۱

این مقره‌ها به شکل استوانه‌ای بلند بوده و دارای شیارها و برآمدگیهایی است. جنس این مقره‌ها معمولاً از چینی و سرامیک می‌باشد و به دو صورت توپر و توخالی ساخته می‌شوند. نوع توپر آن در مقایسه با نوع توخالی دارای استقامت مکانیکی بیشتری است. این مقره‌ها می‌توانند به صورتهای مختلفی به یکدیگر وصل شوند (عمودی یا مایل). شکل (۱-۶) نمونه‌ای از این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۶: مقره یکپارچه

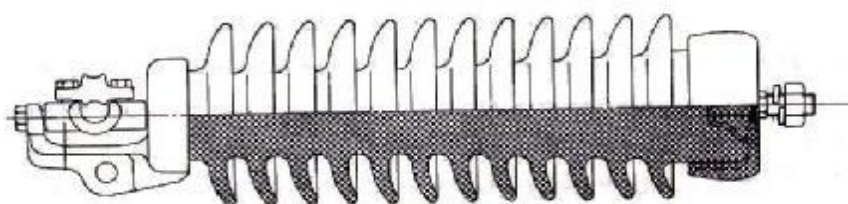


omoorepeyman.ir

1. Long rod insulator

۱-۵-۳- مقره اتکایی خط^۱

این مقره‌ها مشابه مقره‌های یکپارچه هستند و از نظر ساخت نیز می‌توانند به صورت توخالی یا توپر باشند. نوع توپر آن دارای استقامت مکانیکی و نیز استقامت الکتریکی بیشتری در مقابل سوراخ شدن است. امروزه مقره‌های نوع اتکایی بیشتر به صورت توپر ساخته می‌شوند. این نوع مقره‌ها معمولاً بصورت منفرد بکار می‌روند و در آرایشهای مختلفی (به صورت عمودی، افقی و یا مایل) بر روی برجها نصب می‌گردند. شکل (۷-۱) نمونه‌ای از این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱: مقره اتکایی خط

۱-۵-۴- مقره‌های ترکیبی^۲

این مقره‌ها از تعدادی بشقاب پلاستیکی تشکیل شده و بر روی محوری از جنس الیاف شیشه سوار می‌شوند. بشقابها از جنس پلاستیک فشرده می‌باشند. شکل (۸-۱) نمونه‌ای از این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱: مقره ترکیبی

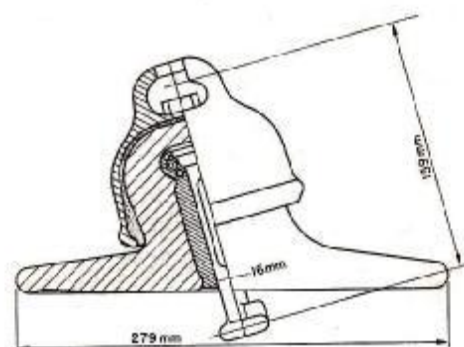


omoorepeyman.ir

1. Line post insulator
2. Composite insulator

۱-۵-۵- مقره‌های ویژه^۱

مقره‌هایی که در بالا راجع به آنها صحبت شد به شکل تیپ ساخته می‌شوند. در مواردی که نیاز به مقره‌های خاصی باشد بسته به محل و نحوه استفاده، مقره مورد نیاز طراحی و ساخته می‌شود. از جمله این مقره‌های ویژه، مقره‌های بشقابی ضدآلودگی است که بشقابهای هرواحد دارای انحراف ناچیزی نسبت به افق بوده و واحدهای متوالی آن چنان بهم مرتبط می‌گردند که بصورت یک در میان به چپ و راست انحراف داشته باشد، بطوری که این امر باعث افزایش طول فاصله خزشی زنجیره مقره می‌گردد. شکل (۹-۱) نمونه‌ای از این نوع مقره‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱: یک نمونه مقره ویژه از نوع مقره‌های آویزی بشقابی که نسبت به محورش دارای انحراف می‌باشد

۱-۶-۱- شکل آرایش مقره‌ها در زنجیره مقره

مقره‌های بشقابی با توجه به نیروهای مکانیکی و سطوح ولتاژ در شرایط الکتریکی به صورت تیپ ساخته می‌شوند. با توجه به سطوح ولتاژ و نیروهای مکانیکی لازم است این مقره‌ها به یکدیگر متصل شده و به شکل زنجیره مقره مورد استفاده قرار گیرند. بسته به سطوح ولتاژ و نیروهای مکانیکی، نحوه اتصال و تشکیل زنجیره مقره‌ها متفاوت و به شرح زیر می‌باشند [۶ و ۲]:

۱-۶-۱-۱- زنجیره مقره‌های آویزی^۲

این نوع زنجیره مقره‌ها دارای انواع مختلف زیر است:

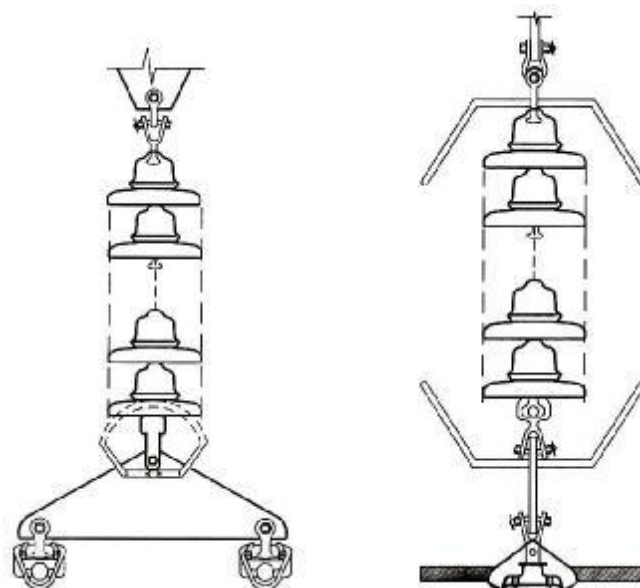
۱-۶-۱-۱-۱- زنجیره مقره‌های آویزی یک ستونه (شکل I)

در این فرم برحسب ولتاژ متداول، مقره‌ها به شکل I به یکدیگر متصل شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع زنجیره در مواردی استفاده می‌شود که نیروهای مکانیکی چندان زیاد نباشد. معمولاً در هادی‌های تک سیمه از این نوع آرایش استفاده می‌گردد. شکل (۱۰-۱) این نوع آرایش را نشان می‌دهد.



omoorepeyman.ir

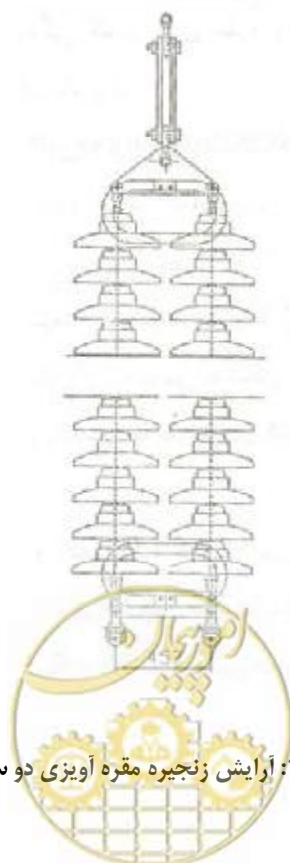
1. Specific insulators
2. Suspension string



شکل ۱-۱۰: آرایش زنجیره مقره آویزی یک ستونه

۱-۶-۱-۲- زنجیره مقره آویزی دو ستونه (شکل II)

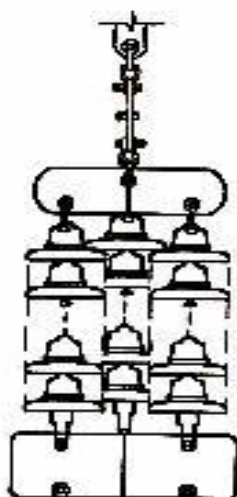
در این فرم جهت بالا بردن استقامت مکانیکی، دو ردیف زنجیره مقره به موازات یکدیگر و به شکل II مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً در هادیهای باندل از این نوع آرایش استفاده می‌گردد. شکل (۱-۱۱) این نوع آرایش را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۱: آرایش زنجیره مقره آویزی دو ستونه

۱-۶-۳- زنجیره مقره آویزی سه ستونه (III شکل)

در این حالت سه زنجیره مقره به موازات یکدیگر نصب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. مورد استفاده این نوع زنجیره مقره در هادیهای باندل سه تایی و یا در نقاطی است که به مقاومت مکانیکی بالایی برای زنجیره مقره نیاز است. شکل (۱-۱۲) این نوع آرایش را نشان می‌دهد.



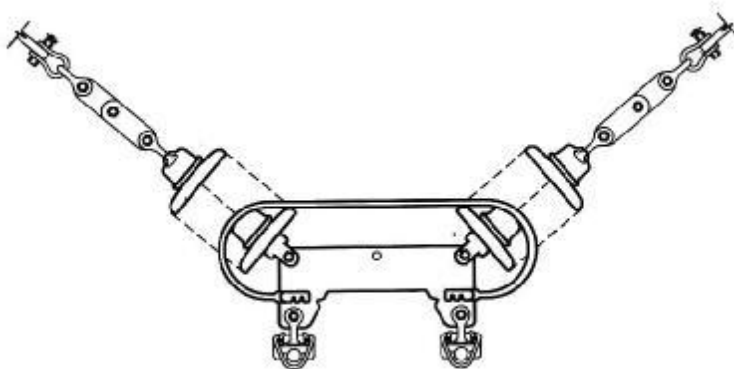
شکل ۱-۱۲: آرایش زنجیره مقره آویزی سه ستونه

۱-۶-۴- زنجیره مقره آویزی V شکل^۱

در مناطق دارای سرعت باد زیاد، نوسانات بوجود آمده بر روی زنجیره مقره و در نتیجه انحراف بیش از حد آن می‌تواند منجر به کاهش فاصله عایقی لازم بین هادی و برج گردیده و در نتیجه بروز قوس الکتریکی و اختلال در برق‌رسانی را به دنبال داشته باشد. جهت جلوگیری از نوسانات فوق در این مناطق، زنجیره مقره به شکل V نصب گردیده و به این ترتیب از نوسان زنجیره مقره جلوگیری می‌شود. جذب آلودگی کمتر روی مقره و همچنین انحراف مسیر برقراری جرقه از دو سر زنجیره به فاصله هوایی از دیگر مزایای این نوع آرایش می‌باشد. برای داشتن استقامت مکانیکی بیشتر، زنجیر مقره‌های V شکل می‌تواند به شکل دو ستونه نیز نصب و مورد استفاده قرار گیرد.

در زنجیره مقره‌های V شکل معمولاً طول دو بازو برابر می‌باشد، اما در مواردی که به دلیل زاویه خط نیاز به بازوهای متفاوت باشد، می‌توان با کاهش و یا افزایش طول یک بازو، زنجیر مقره V شکل با طول بازوهای مختلف داشت. در حالت نخست زنجیره مقره V شکل را متقارن و در حالت اخیر نامتقارن می‌نامند. بهترین مقدار برای زاویه داخلی (سمت هادی) زنجیره مقره V شکل متقارن ۹۰ تا ۱۰۰ درجه است بطوریکه نیمساز آن دو زاویه مساوی ۴۵ تا ۵۰ درجه بسازد. با اینکار نیروهای اعمال شده به زنجیر در شرایط عادی خط بطور مساوی بین دو شاخه تقسیم شده و زنجیره نیز شکل خود را به خوبی حفظ می‌کند. شکل (۱-۱۳) آرایش زنجیره مقره V شکل متقارن را نشان می‌دهد.

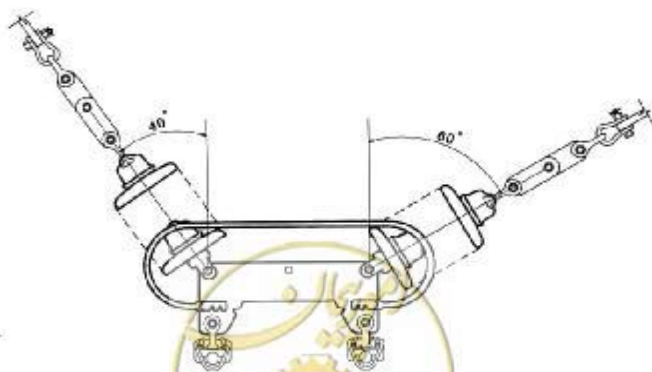




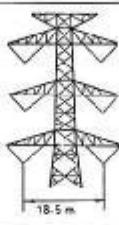
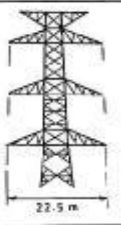
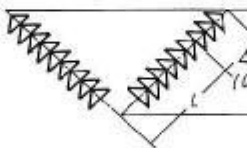
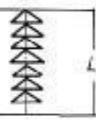
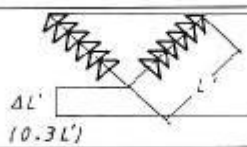
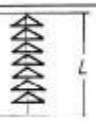
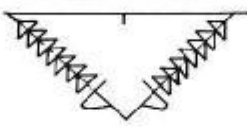
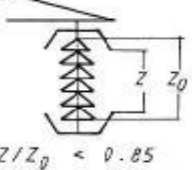
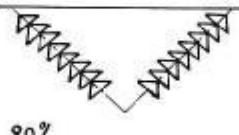
۱-۱۳: آرایش زنجیره مقره V شکل متقارن

در صورتیکه زنجیره مقره V شکل بر روی برجهای آویزی سنگین (با حداکثر زاویه ۱۰ تا ۱۵ درجه که به برجهای HS موسوم است) نصب گردد، در یک بازوی زنجیره مقره V شکل نیروی فشاری و در بازوی دیگر نیروی کششی خواهیم داشت و به دلیل وجود مولفه افقی ناشی از کشش سیم بطور دائم، نیروهای موجود به طور نامتعادل بین بازوها تقسیم خواهد شد. برای رفع این مشکل از زنجیره مقره V شکل نامتقارن استفاده می‌شود و زاویه بین دو بازوی زنجیره طوری انتخاب می‌گردد که در صورت نصب در زاویه خط منجر به تغییر شکل زنجیره مقره نشده و از طرف دیگر بارهای وارده در شرایط عادی خط نیز بطور مساوی بین دو بازوی زنجیره تقسیم گردد.

بدیهی است انتخاب زاویه مناسب برای زنجیره مقره V شکل نامتقارن به جهت حصول به خواسته فوق، منوط به اطلاع از زاویه قرارگیری برج در مسیر خط است. به عنوان مثال اگر برج در ۱۰ درجه زاویه خط قرار می‌گیرد، بایستی زاویه داخلی زنجیره ۱۰ درجه به طرف یکی از بازوها چرخشی داشته باشد و زنجیره مقره V شکل با زاویه ۱۰۰ درجه با دو زاویه ۴۰ و ۶۰ درجه طراحی گردد. شکل (۱-۱۴) نمونه‌ای از زنجیره مقره V شکل نامتقارن که به زنجیره V شکل اجرا در گوشه^۱ نیز موسوم است را نشان می‌دهد. در یک جمع‌بندی کلی مزایای استفاده از زنجیره مقره V شکل نسبت به زنجیره مقره I شکل در شکل (۱-۱۵) ارائه شده است.



شکل ۱-۱۴: آرایش نوعی از زنجیره مقره V شکل نامتقارن

مزیت	"V" String	"I" String
کاهش باند عبور خط و حریم های مورد نیاز		
قابلیت انعطاف برای طراحی در مقابل آلودگی		
کوتاهتر شدن ارتفاع برج		
انحراف چرخه از روی زنجیره مقره به فاصله هوایی	 SIMPLE ARCING HORN	 $Z/Z_0 < 0.85$
جذب کمتر آلودگی بر روی زنجیره	 80%	 100%

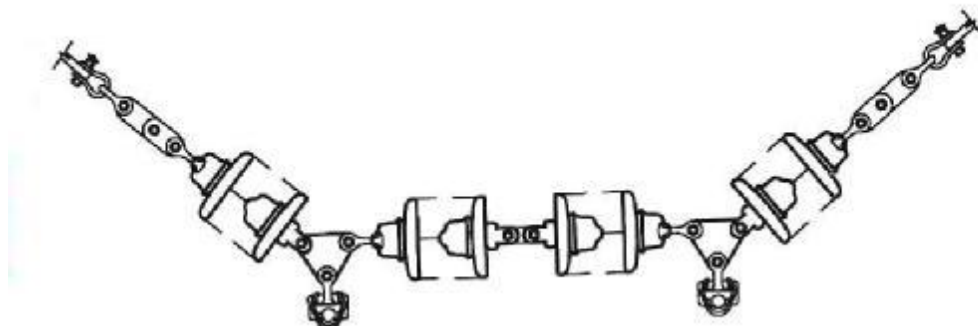
شکل ۱-۱۵: مقایسه مزایای استفاده از زنجیره مقره V شکل

نسبت به زنجیره مقره I شکل

۱-۶-۲- زنجیره مقره‌های دوزنقه‌ای

نوع دیگری از زنجیره مقره بصورت دوزنقه‌ای نیز وجود دارد. این طرح در مواردیکه آرایش فازهای دو مدار مختلف به صورت افقی باشد، به علت کاهش باند عبور خط طراحی مناسب می‌باشد و معمولاً روی هر زنجیره مقره، دو فاز مختلف قرار می‌گیرد. لیکن به لحاظ وجود ارتعاشات دائمی در حداقل باد در زنجیره مقره و در نتیجه خستگی سریع در اتصالات آن، مورد استقبال چندانی قرار نگرفته است و در مجموع عملکرد خوبی ندارد. شکل (۱-۱۶) این نوع آرایش را نشان می‌دهد.





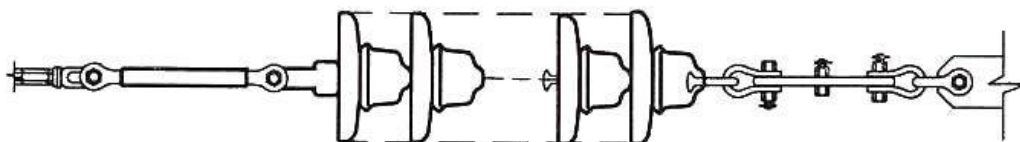
شکل ۱-۱۶: آرایش زنجیره مقره دوزنقه‌ای

۱-۳-۶-۱- زنجیره مقره‌های کششی^۱

در برجهای کششی، مقره‌ها به صورت زنجیره مقره وظیفه اتصال هادی به برج را به عهده دارند. این زنجیر مقره‌ها می‌توانند به صورت دو ستونه، سه ستونه و یا بیشتر مورد استفاده قرار گیرند که انتخاب آن بستگی به تعداد هادی‌های هر فاز و همچنین شرایط بارگذاری و نوع مقره‌ها دارد. در زنجیر مقره‌های کششی، مقره‌ها تحت اثر نیروی کششی سیم قرار می‌گیرند و کلیه بارهای وارده به هادی، مستقیماً از طریق زنجیره مقره به برج منتقل می‌گردد. بنابراین هنگام طراحی و انتخاب زنجیره مقره کششی می‌بایستی نیروهای موجود را به دقت محاسبه نمود و ضمن انتخاب شکل زنجیره مناسب، ضرایب اطمینان کافی را نیز در محاسبات بکار برد. در ادامه به بررسی ویژگیهای انواع مختلف زنجیره مقره‌های کششی می‌پردازیم.

۱-۳-۶-۱-۱- زنجیره مقره کششی یک ستونه (I شکل)

این نوع زنجیره مقره در خطوط با ولتاژ پایین توزیع و فوق توزیع و حداکثر با ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت کاربرد داشته و اصولاً در خطوط انتقال انرژی با ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت به لحاظ نداشتن ضریب اطمینان کافی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. شکل (۱-۱۷) این نوع آرایش را نشان می‌دهد.

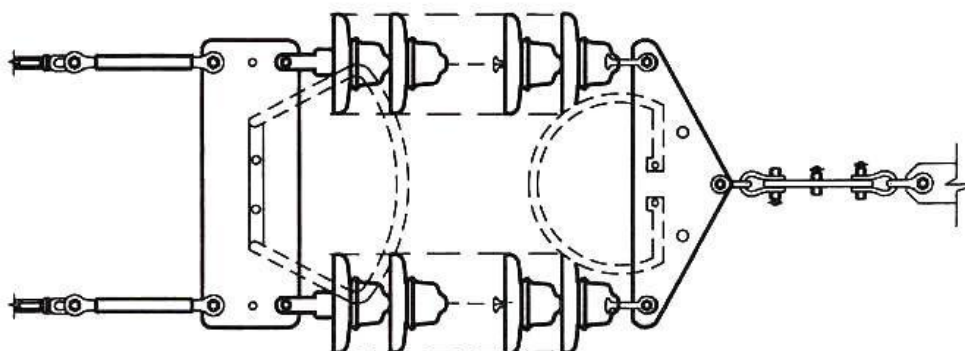


شکل ۱-۱۷: آرایش زنجیره مقره کششی I شکل



۱-۶-۳-۲- زنجیره مقره کششی دو ستونه (II شکل)

این نوع آرایش، متداولترین شکل زنجیره مقره برای برجهای کششی در ولتاژهای بالا می‌باشد. در این آرایش جهت بالابردن استقامت مکانیکی، دو ردیف زنجیره مقره به موازات یکدیگر و به شکل II مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً در هادیهای باندل از این نوع آرایش استفاده می‌گردد. شکل (۱-۱۸) این نوع آرایش را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۸: آرایش زنجیره مقره کششی II شکل

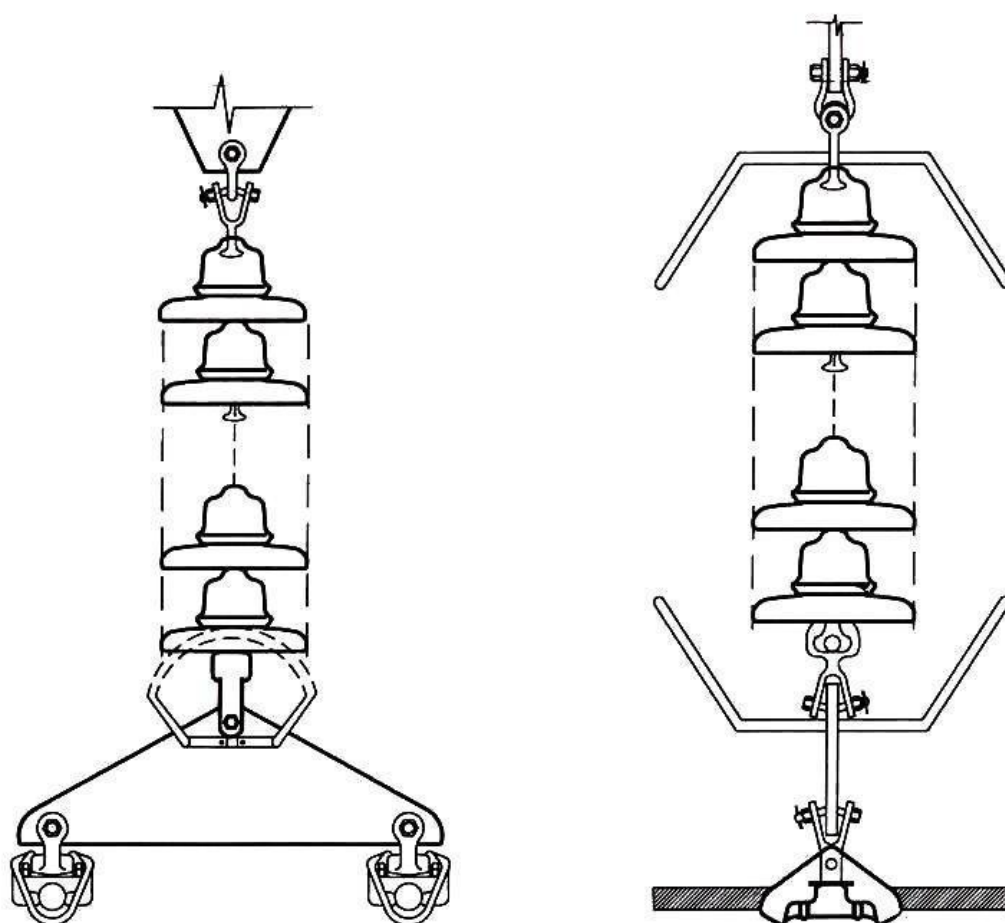
۱-۶-۳-۳- زنجیره مقره کششی سه ستونه (III شکل)

استفاده از زنجیره مقره کششی با بیش از دو بازو به صورت سه‌تایی (III) و بالاتر، اغلب از جهت حصول به نیروی مقاوم بالاتر زنجیره جهت تحمل نیروهای اعمالی بالا به آنها می‌باشد. با این کار ضمن تقسیم نمودن نیروی اصلی بر روی چند بازو (دو، سه، چهار و یا بیشتر) ضریب اطمینان خط نیز در مقابل پارگی احتمالی یکی از زنجیره‌ها افزایش خواهد یافت. مناسبترین ترکیب برای زنجیره‌های سه‌تایی به صورت مثلث متساوی‌الاضلاع است و استفاده از زنجیره تخت به علت محدودیتهای موجود از قبیل چرخش زنجیره و همچنین نزدیک شدن زنجیره به بدنه برج نسبت به نوع مثلثی، توصیه نمی‌گردد. معمولاً برای خطوط باندل دو سیمه استفاده از زنجیره کششی دوبل (II)، برای خطوط باندل سه سیمه استفاده از زنجیره کششی سه‌تایی و... بهترین انتخاب می‌باشد ولی این راه تنها روش ممکن نیست. بعنوان مثال استفاده از زنجیره مقره دوبل برای هادی تک سیم نیز امکان‌پذیر است.

۱-۶-۴- زنجیره مقره جامپر

این نوع زنجیره مقره در برجهای کششی جهت کنترل فاصله حلقه جامپر از بدنه برج تعبیه می‌گردد و تقریباً همان زنجیره مقره آویزی مربوطه با اندکی تغییر در شکل یراق‌آلات (به دلیل ناچیز بودن نیروهای وارد به زنجیره مقره) در اینجا استفاده می‌گردد. زنجیره مقره جامپر می‌تواند به شکل I و V مورد استفاده قرار گیرد. در صورت زیاد بودن زاویه برج (بیش از ۳۰ درجه) استفاده از دو ردیف زنجیره جامپر I برای هر فاز و یا استفاد از زنجیره V شکل جهت کنترل فاصله هادی از بدنه برج ضروری است. در مورد فازهایی که در زاویه داخلی برج قرار می‌گیرند استفاده از زنجیره جامپر ضرورتی ندارد. شکل (۱-۱۹) این نوع زنجیره مقره‌ها را نشان می‌دهد.





شکل ۱-۱۹: آرایش زنجیره مقره جامپر

۱-۷-۱- مشخصات عمومی مقره‌ها

مقره‌های خطوط که در حقیقت جداکننده هادیها از بدنه برجها می‌باشند باید حداقل شرایط الکتریکی و مکانیکی را در شرایط بهره‌برداری داشته باشند. این مقره‌ها ویژگیهای مختلفی دارند که برخی از مشخصات عمده آنها به شرح زیر است [۷]:

۱-۷-۱-۱- ابعاد مقره‌ها

معمولاً ابعاد مقره‌ها را با ارتفاع و قطر موثر دایره آن بیان می‌کنند. ارتفاع موثر مقره شامل ارتفاع مقره و اتصالات فلزی مربوط به آن است که با توجه به آنها می‌توان ارتفاع زنجیره مقره‌ها را محاسبه نمود. با توجه به اینکه یکی از عوامل موثر در تعیین تعداد مقره‌های هر زنجیره ارتفاع آن می‌باشد، لذا بر حسب شکل و نوع مقره‌ها ممکن است تعداد آنها تغییر نماید.



۱-۷-۲- فاصله خزشی مقره‌ها

برای اینکه جریان الکتریکی بین دو قسمت فلزی مقره‌ها جاری گردد لازم است از روی عایق‌ها عبور کند بطوریکه هر چه این فاصله بیشتر باشد امکان نشت جریان کمتر می‌باشد. برای افزایش این فاصله معمولاً مقره‌ها را با شیارهای متعدد می‌سازند و این فاصله را فاصله خزشی می‌نامند. هرچه مقدار فاصله خزشی بیشتر باشد امکان تجمع یکنواخت مواد آلوده در سطح زیرین مقره‌ها کمتر می‌شود و در نتیجه امکان بروز جرقه در سطح خارجی زنجیره مقره‌ها نیز کاهش می‌یابد. البته روشهای متعددی جهت برش و شیاردهی مقره‌ها وجود دارد که برحسب نیاز توسط سازندگان انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه اینگونه اقدامات نیاز به صرف وقت و هزینه بیشتری دارد، طبیعتاً قیمت این نوع مقره‌ها نیز بیشتر است و در نتیجه عموماً در مناطق آلوده از این نوع مقره‌ها استفاده می‌شود.

۱-۷-۳- مقاومت مکانیکی مقره‌ها

مقاومت مکانیکی یکی از عوامل مهمی است که در انتخاب مقره‌ها نقش موثری را ایفا می‌کند. هر چه قطر هادی و تعداد آنها در فاز بیشتر باشد نیاز به مقره‌های مقاوم‌تری است و مسلماً با افزایش فاصله برج‌ها و ازدیاد اضافه بارهای ناشی از باد و یخ بر نیروی تحمیلی بر مقره‌ها افزوده می‌گردد که در نتیجه نیاز به مقره‌های مقاوم‌تری خواهد بود. معمولاً چون با افزایش ولتاژ خطوط بر قطر و تعداد هادی‌های فرعی در هر فاز نیز افزوده می‌گردد و همچنین به دلیل استفاده از برجهای فولادی فاصله دو پایه (اسپن) هم افزایش می‌یابد، عملاً در ولتاژهای بالا استفاده از مقره‌های با تحمل و مقاومت مکانیکی زیاد اجتناب‌ناپذیر است.

۱-۷-۴- حداقل ولتاژ جرقه در فرکانس قدرت

ولتاژ ایجاد جرقه در این حالت تابعی از وضعیت خشک یا رطوبی بودن سطح مقره‌ها است. مقادیر ارائه شده برای این کمیت با فرض عدم وجود املاح آلوده بر روی مقره‌ها می‌باشد و مقدار آن در شرایط وجود آلودگی بشدت کاهش می‌یابد.

۱-۷-۵- حداقل ولتاژ جرقه ضربه ۵۰ درصد

یکی دیگر از پارامترهایی که در انتخاب مقره مدنظر قرار می‌گیرد ولتاژ جرقه ۵۰ درصد است که معادل با میزان ولتاژ ضربه‌ای است که تحت شرایط استاندارد به احتمال ۵۰ درصد موجب بروز قوس الکتریکی بر روی مقره می‌گردد.

۱-۷-۶- ولتاژ مجاز در فرکانس قدرت

میزان ولتاژ مجاز در فرکانس قدرت که مسلماً قدری کمتر از حداقل ولتاژ جرقه در فرکانس قدرت است برای حالت‌های خشک و مرطوب ارائه می‌گردد. البته در مناطق آلوده که املاح روی مقره‌ها را می‌پوشانند تحمل ولتاژ کاهش می‌یابد که حد مجاز آن تابعی از میزان آلودگی، فاصله خزشی مقره‌ها و همچنین درصد رطوبت هوا می‌باشد.



۱-۷-۷- ولتاژ سوراخ شدن مقره

ولتاژ سوراخ شدن مقره میزان ولتاژی ضربه‌ای است که تحت آن عایق مقره سوراخ می‌شود و طبیعی است که برای حفظ سلامت مقره‌ها ولتاژ اعمال شده به آنها در هیچ شرایطی نباید مساوی یا بیشتر از این ولتاژ باشد. برای حفاظت مقره‌ها در مقابل این نوع اضافه ولتاژها در برخی موارد از جرعه‌گیر^۱ استفاده می‌گردد. فاصله هوایی بین دو سر جرعه‌گیر باید طوری تنظیم گردد که در صورت وقوع اضافه ولتاژی بیش از حد مجاز که ممکن است باعث سوراخ شدن مقره‌ها گردد، جرعه از طریق فاصله هوایی انجام گیرد.

۱-۷-۸- وزن مقره

وزن هر واحد از مقره تابعی از نوع و اندازه آن است و مسلماً هرچه مقره بلندتر و پهن‌تر باشد وزن آن سنگین‌تر خواهد بود. این کمیت نیز بعنوان یکی از مشخصه‌های عمومی مقره‌ها می‌بایستی از سوی سازنده مقره جهت محاسبات مکانیکی مورد نیاز ارائه گردد.

۱-۸- مشخصات مقره‌های بشقابی (Cap & Pin) مطابق استاندارد IEC

استاندارد IEC شماره ۶۰۳۰۵ مشخصات مقره‌های بشقابی را که ماده عایقی آنها از جنس سرامیک یا شیشه بوده و در خطوط انتقال با ولتاژهای بالاتر از یک کیلوولت استفاده می‌شوند، ارائه نموده است. این استاندارد مقره‌های بشقابی استاندارد از نوع توپی و سوکت و نوع شیار و زبانه را در بر می‌گیرد و برای مقره‌های خطوط واقع در مناطق فاقد آلودگی کاربرد دارد. برای استفاده از استاندارد IEC شماره ۶۰۳۰۵ در سطوح با آلودگی زیاد یا سایر شرایط محیطی خاص، ممکن است برخی از ابعاد مقره‌ها تغییر یابد و واحدهای مقره‌ای با طول فاصله خزشی، ارتفاع و یا فرم متفاوت استفاده شود [۷].

استاندارد IEC شماره ۶۰۳۰۵ برای مشخصه‌های مکانیکی و ابعاد اصلی مقره‌های بشقابی مقادیری را ارائه می‌دهد. مشخصه‌های الکتریکی مقره از قبیل ولتاژ مجاز فرکانس قدرت و ولتاژهای تحمل ضربه و سوراخ شدن مقره در این استاندارد مشخص نشده است و این مقادیر می‌بایستی براساس توافق بین سازنده و خریدار مشخص گردد.

۱-۸-۱- مشخصه‌های مکانیکی و ابعادی

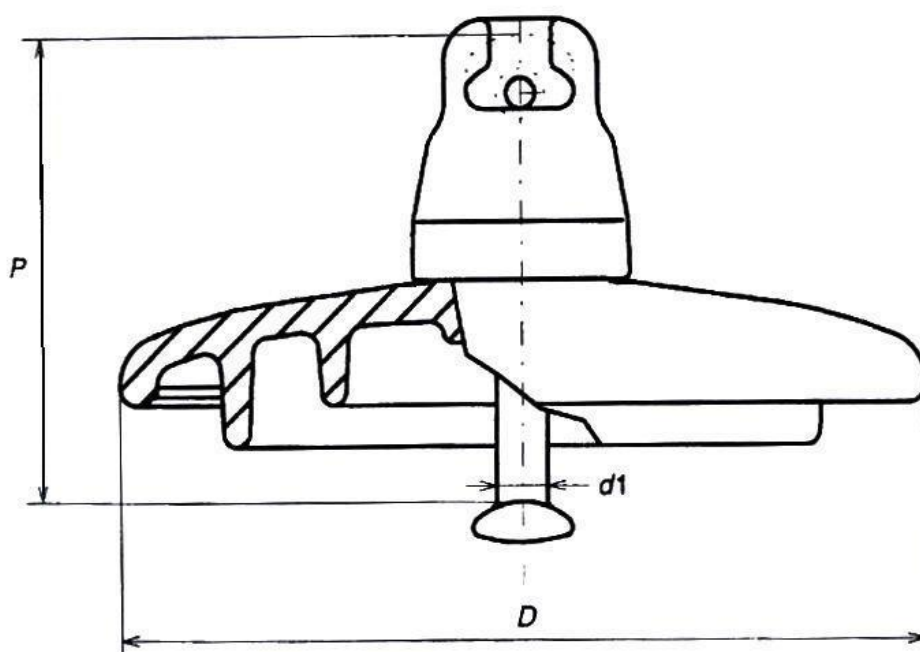
مقره‌های بشقابی بوسیله پارامترهای زیر مشخص می‌شوند:

- نیروی شکست (تحمل) الکترومکانیکی یا مکانیکی
- حداکثر قطر نامی بخش عایقی
- طول نامی
- حداقل فاصله خزشی نامی
- نوع کوپلینگ استاندارد

مطابق شکل‌های (۲۰-۱) و (۲۱-۱) این پارامترهای مشخصه در جداول (۱-۱) و (۲-۱) برای دو تیپ مقره بشقابی استاندارد از نوع توپ و سوکت و نوع شیار و زبانه، ارائه شده است.



در جداول (۱-۱) و (۲-۱) از یک سری حروف و اعداد جهت مشخص کردن پارامترهای مقره‌ها استفاده شده است. حرف U نشان دهنده مقره‌های بشقابی استاندارد می‌باشد و عددی که پس از آن درج می‌گردد نشان دهنده نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی مقره مورد نظر برحسب کیلو نیوتن می‌باشد. حروف B یا C نشان دهنده نوع اتصالات مقره بوده، به این صورت که حرف B نشان دهنده اتصالات از نوع توپی و سوکتی و حرف C نشان دهنده اتصالات از نوع شیار و زبانه است. از حروف S و L برای تمایز بین مقره‌های با مشخصات مکانیکی یکسان اما طول نامی متفاوت استفاده شده است. در این حالت مقره‌ای که با حرف اختصاری L مشخص شده نسبت به مقره بشقابی نشان داده شده با حرف S، طول نامی بزرگتری را دارا می‌باشد. مقره‌هایی که نسبت به مقره‌های مشابه خود فاصله خزشی بزرگتری دارند و در مناطق آلوده استفاده می‌گردند با حرف نهایی P مشخص شده‌اند.



شکل ۱-۲۰: مقره بشقابی استاندارد از نوع توپی و سوکت

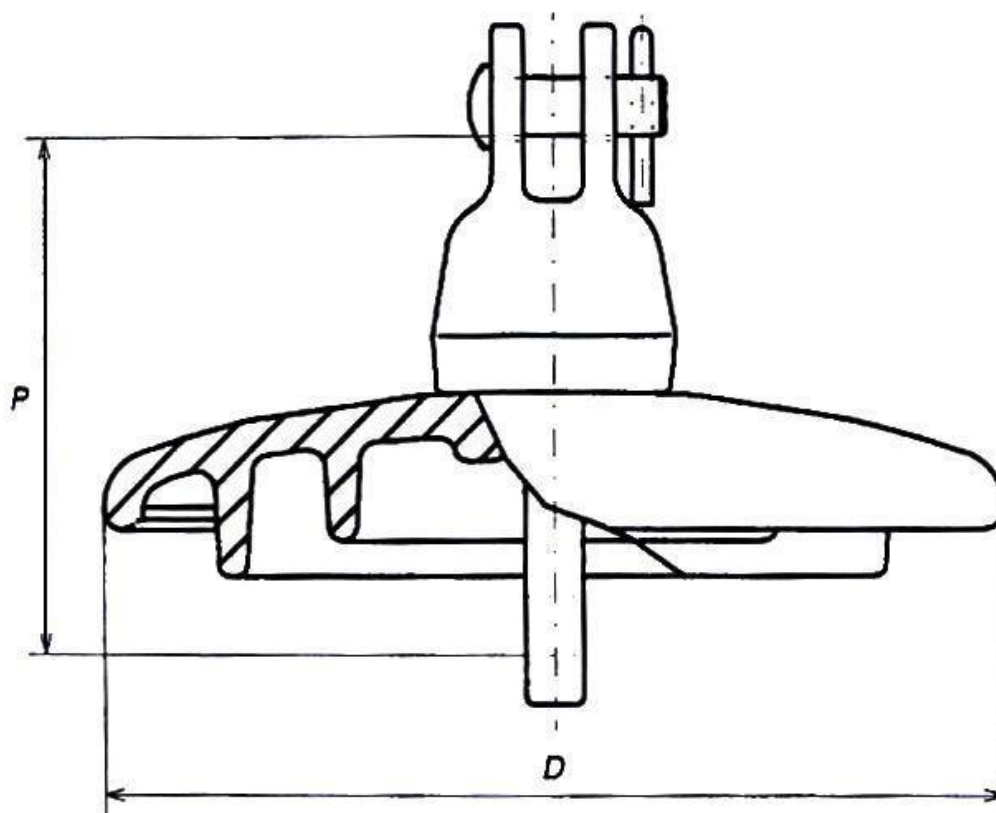


جدول ۱-۱: مقادیر مشخصه‌های مکانیکی و ابعادی مقره‌های بشقابی استاندارد از نوع توپی و سوکت

علامت مشخصه	نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی (KN)	حداکثر قطر نامی بخش عایقی (D مطابق شکل ۱-۲۰) (mm)	طول نامی (P مطابق شکل ۱-۲۰) (mm)	حداقل فاصله خزشی نامی (mm)	سایز کوپلینگ استاندارد (d ₁ مطابق شکل ۱-۲۰)
U 40 B	40	175	110	190	11
U 40 BP	40	210	110	295	11
U 70 BS	70	255	127	295	16
U 70 BL	70	255	146	295	16
U 70 BLP	70	280	146	440	16
U 100 BS	100	255	127	295	16
U 100 BL	100	255	146	295	16
U 100 BLP	100	280	146	440	16
U 120 B	120	255	146	295	16
U 120 BP	120	280	146	440	16
U 160 BS	160	280	146	315	20
U 160 BSP	160	330	146	440	20
U 160 BL	160	280	170	340	20
U 160 BLP	160	330	170	525	20
U 210 B	210	300	170	370	20
U 210 BP	210	330	170	525	20
U 300 B	300	330	195	390	24
U 300 BP	300	400	195	590	24
U 400 B	400	380	205	525	28
U 530 B	530	380	240	600	32

سایز کوپلینگ استاندارد مقره‌های بشقابی از نوع توپی و سوکت با مقدار ارائه شده برای d₁ (مطابق شکل ۱-۲۰) مشخص می‌گردد. با مشخص شدن d₁ و با استفاده از استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ می‌توان ابعاد استاندارد و تلورانس‌های ارائه شده برای کوپلینگ مورد نظر را استخراج نمود [۷ و ۸].

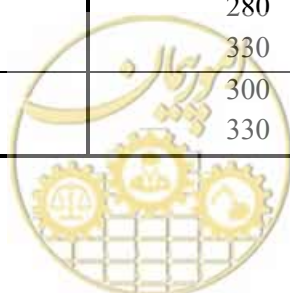




شکل ۱-۲۱: مقره بشقابی استاندارد از نوع شیار و زبانه

جدول ۲-۱: مقادیر مشخصه‌های مکانیکی و ابعادی مقره‌های بشقابی استاندارد از نوع شیار و زبانه

علامت مشخصه	نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی (kN)	حداکثر قطر نامی بخش عایقی (D مطابق شکل ۱-۲۱) (mm)	طول نامی (P مطابق شکل ۱-۲۱) (mm)	حداقل فاصله خزشی نامی (mm)	سایز کوپلینگ استاندارد
U 70 C	70	255	146	295	16C
U 70 CP	70	280	146	440	16C
U 100 C	100	255	146	295	16C
U 100 CP	100	280	146	440	16C
U 120 C	120	255	146	295	16C
U 120 CP	120	280	146	440	16C
U 160 C	160	280	170	340	19C
U 160 CP	160	330	170	525	19C
U 210 C	210	300	178	370	22C
U 210 CP	210	330	178	525	22C



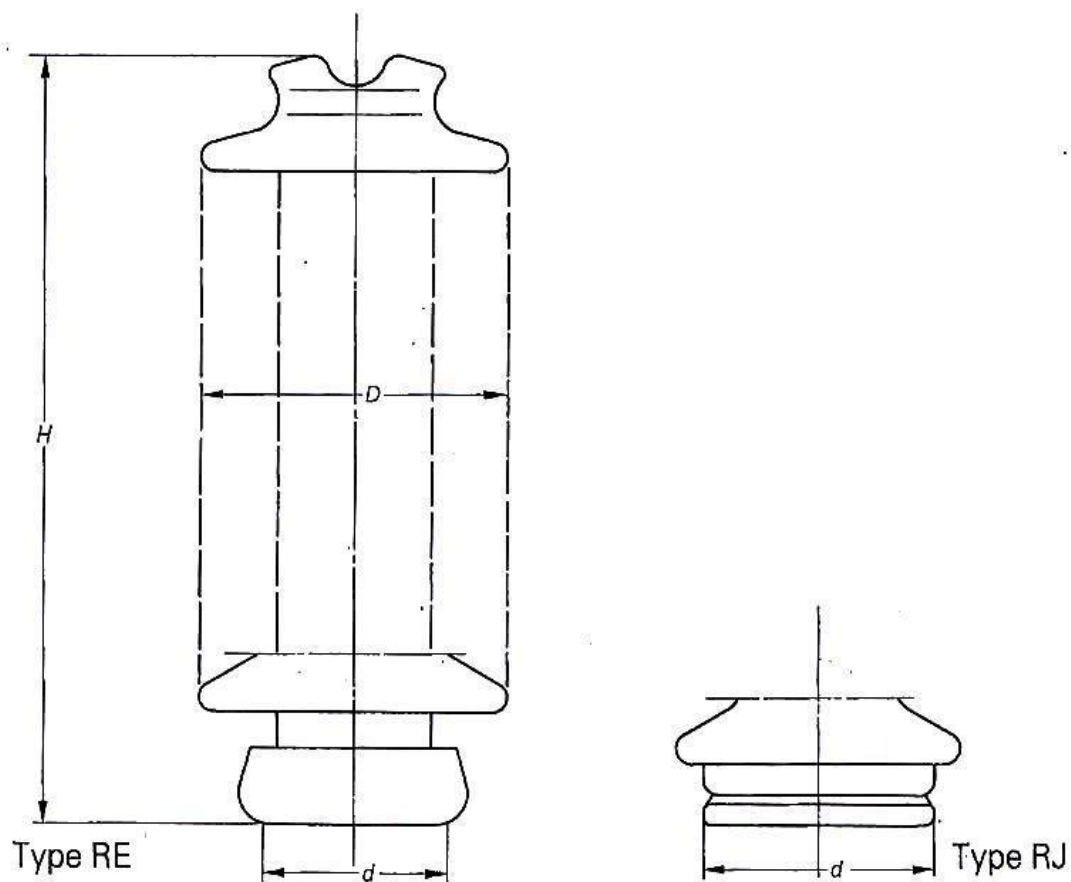
سایز کوپلینگ استاندارد مقره‌های بشقابی از نوع شیار و زبانه با استفاده از علامت مشخصه سایز کوپلینگ استاندارد (ستون آخر جدول ۲-۱) مشخص می‌گردد. با مشخص شدن علامت مشخصه نوع کوپلینگ و با استفاده از استاندارد IEC شماره ۶۰۴۷۱ می‌توان ابعاد استاندارد و تلورانسهای ارائه شده برای کوپلینگ مورد نظر را استخراج نمود [۷ و ۹].

مشخصات مقره‌هایی که نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی آنها بیش از ۲۱۰ کیلونیوتن است در جدول (۲-۱) ارائه نشده است. در صورت نیاز، می‌بایستی ترجیحاً از مقره‌های بشقابی استاندارد از نوع توپی و سوکت که در جدول (۱-۱) مشخصات آنها ارائه شده است استفاده نمود [۹].

۹-۱- مشخصات مقره‌های اتکایی خط مطابق استاندارد IEC

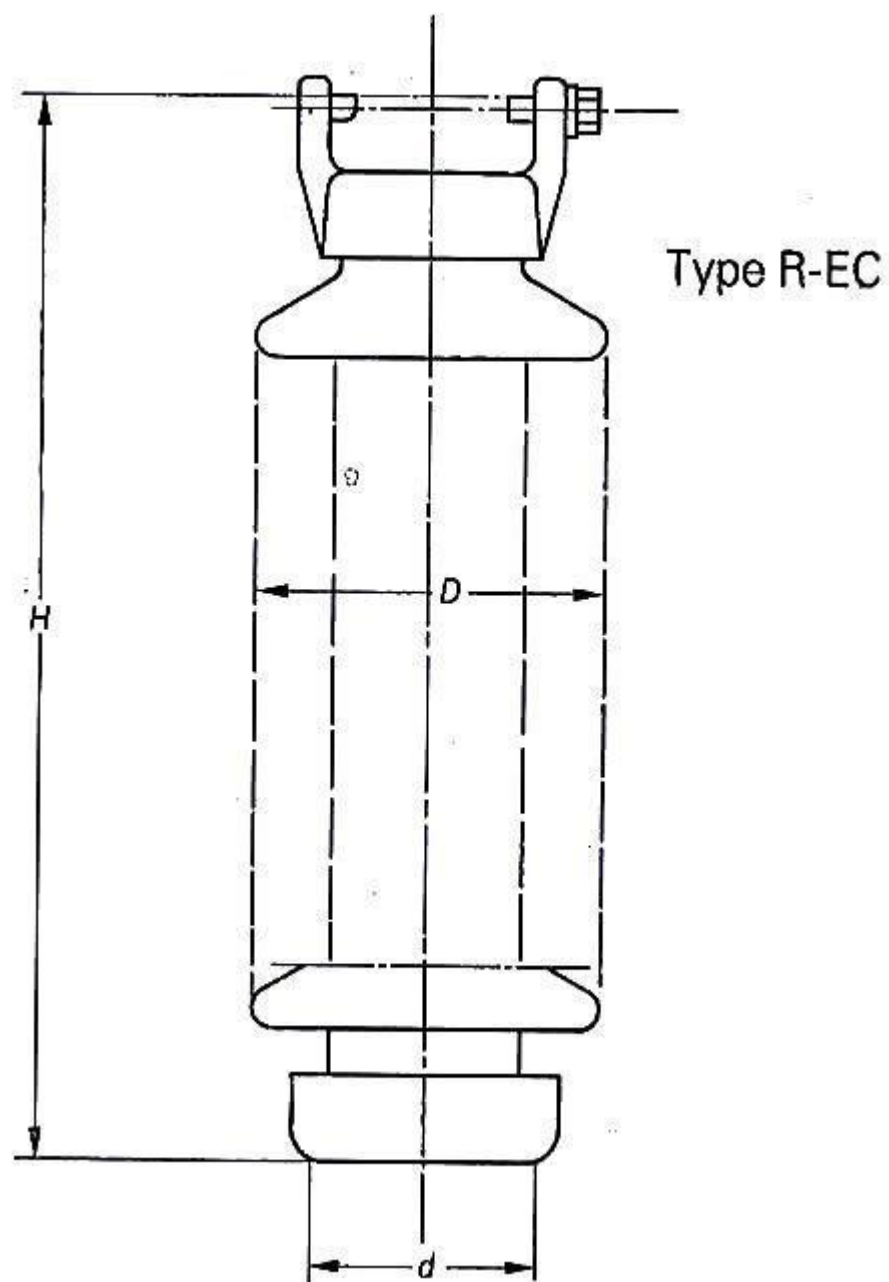
استاندارد IEC شماره ۶۰۷۲۰ مشخصات مقره‌های اتکایی خط را که ماده عایقی آنها از جنس سرامیک بوده و در خطوط با ولتاژهای بالاتر از یک کیلوولت استفاده می‌شوند، ارائه نموده است. این استاندارد مقره‌های اتکایی شیاردار^۱ که به صورت افقی یا عمودی نصب می‌شوند (مطابق شکل ۱-۲۲)، مقره‌های اتکایی کلمپ‌دار^۲ که به صورت عمودی نصب می‌شوند (مطابق شکل ۱-۲۳) و مقره‌های اتکایی کلمپ‌دار که بصورت افقی نصب می‌شوند (مطابق شکل ۱-۲۴)، را در بر می‌گیرد.





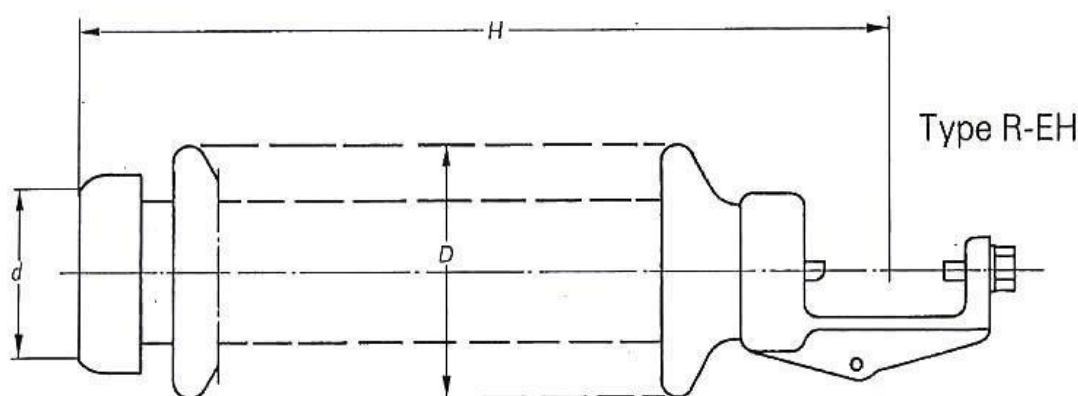
شکل ۱-۲۲: مقره‌های اتکایی شیاردار قابل استفاده بصورت عمودی یا افقی





شکل ۱-۲۳: مقره‌های اتکایی کلمپ‌دار قابل استفاده بصورت عمودی





شکل ۱-۲۴: مقره‌های اتکایی کلمپ‌دار قابل استفاده بصورت افقی

این استاندارد به مقره‌های اتکایی از جنس سرامیک، با فاصله خزشی نرمال برای استفاده در خطوط هوایی واقع در مناطق فاقد آلودگی یا آلودگی ملایم و مقره‌های اتکایی با فاصله خزشی طویل برای استفاده در خطوط هوایی واقع در مناطق آلوده می‌پردازد [۱۰].

۱-۹-۱- مشخصه‌های الکتریکی

هر مقره اتکایی خط توسط دو پارامتر ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه صاعقه و "ولتاژ نامی تحمل فرکانس قدرت تحت شرایط مرطوب" (مطابق تعاریف استاندارد IEC شماره ۶۰۰۷۱) مشخص می‌گردد. ولتاژ کار دائم مقره جزء مشخصات الکتریکی مقره محسوب نمی‌شود چرا که متناسب با شرایط محیطی محل استقرار مقره ممکن است به ازای یک ولتاژ کار دائم، لازم باشد که از مقره‌هایی با سطوح تحمل موج ضربه متفاوت استفاده نمود. این مشخصات در جداول (۱-۳) و (۱-۴) برای انواع مقره‌های اتکایی خط از نوع شیاردار و کلمپ‌دار ارائه شده است.

۱-۹-۲- مشخصه‌های مکانیکی

هر مقره اتکایی توسط حداقل نیروی خمشی که منجر به شکست آن می‌شود^۱، مشخص می‌شود. عموماً این نیروی شکست خمشی برابر ۱۲/۵ کیلونیوتن می‌باشد (تنها در مورد مقره‌های اتکایی از نوع شیاردار که سطوح استقامت موج ضربه آنها کوچکتر یا مساوی ۱۷۰ کیلوولت است، مقدار آن برابر ۸ کیلونیوتن می‌باشد). این نیروی خمشی در مورد مقره‌های اتکایی از نوع شیاردار به مرکز بخش شیاردار اعمال می‌شود و در مورد مقره‌های اتکایی از نوع کلمپ‌دار به نقطه‌ای اعمال می‌شود که در شکل (۱-۲۳) و (۱-۲۴) با H مشخص شده است. مقادیر نیروی تخریب خمشی و H برای انواع مقره‌های اتکایی از نوع شیاردار و نوع کلمپ‌دار در جداول (۱-۳) و (۱-۴) ارائه شده است. در این جداول به میزان $\pm 8\%$ درصد تلورانس برای H قابل قبول می‌باشد.



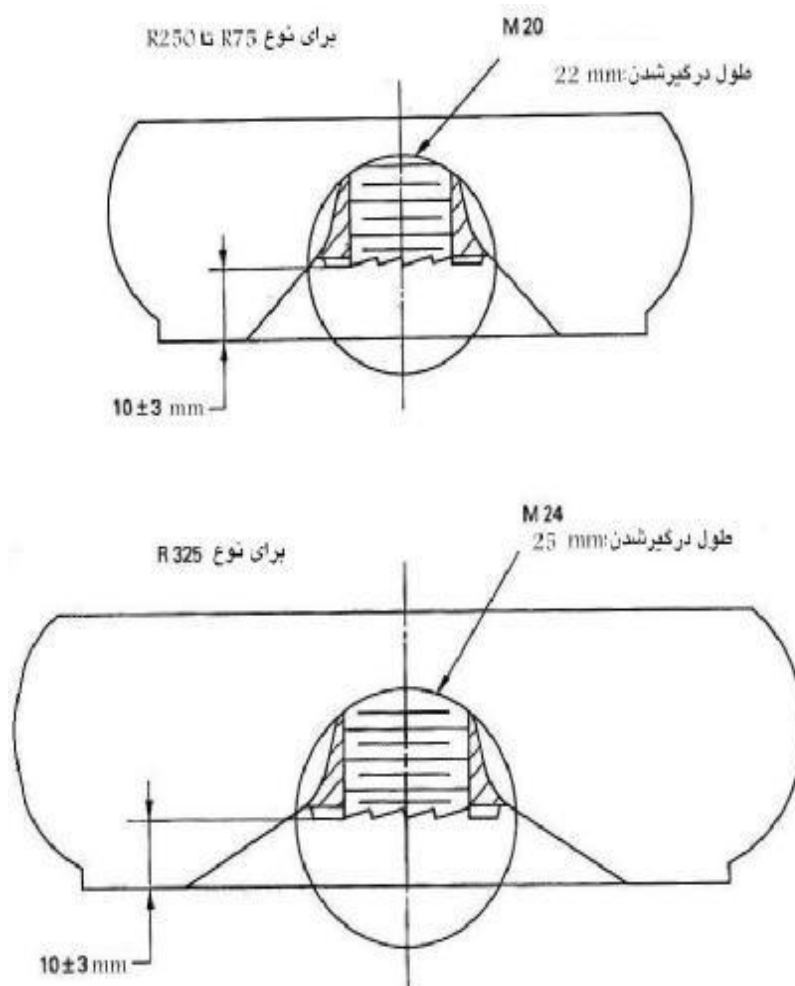
1. Specified minimum bending failing load

۱-۹-۳- مشخصه‌های ابعادی

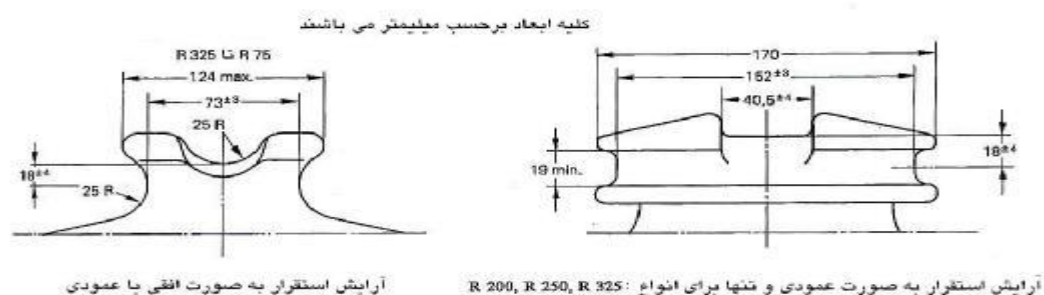
به طور کلی مشخصه‌های ابعادی زیر برای مقره‌های اتکایی خط ارائه می‌شوند:

- حداقل فاصله خزشی نامی
- ارتفاع نامی کل
- حداکثر قطر نامی بخش عایقی
- حداقل قطر نامی نشیمنگاه فلزی (d در شکل‌های ۱-۲۲ تا ۱-۲۴).
- ابعاد فرورفتگی و رزوه‌های سوراخ مرکزی نشیمنگاه فلزی (دو نوع M20 , M24 مطابق شکل ۱-۲۵).
- در مورد مقره‌های اتکایی خط از نوع شیاردار، مطابق شکل (۱-۲۶)، مشخصه‌های ابعادی زیر نیز ارائه می‌شوند:
- قطر پیشانی مقره.
- قطر تنگه یا قسمت باریک شده سر مقره.
- شعاع شیار فوقانی مقره.
- شعاع شیار جانبی مقره.
- فاصله مابین انتهای شیار فوقانی و خط مرکزی شیار جانبی مقره.
- در مورد مقره‌های اتکایی خط از نوع کلمپ‌دار، مطابق شکل (۱-۲۶) ابعاد کلمپ فوقانی مقره نیز ارائه می‌شود.



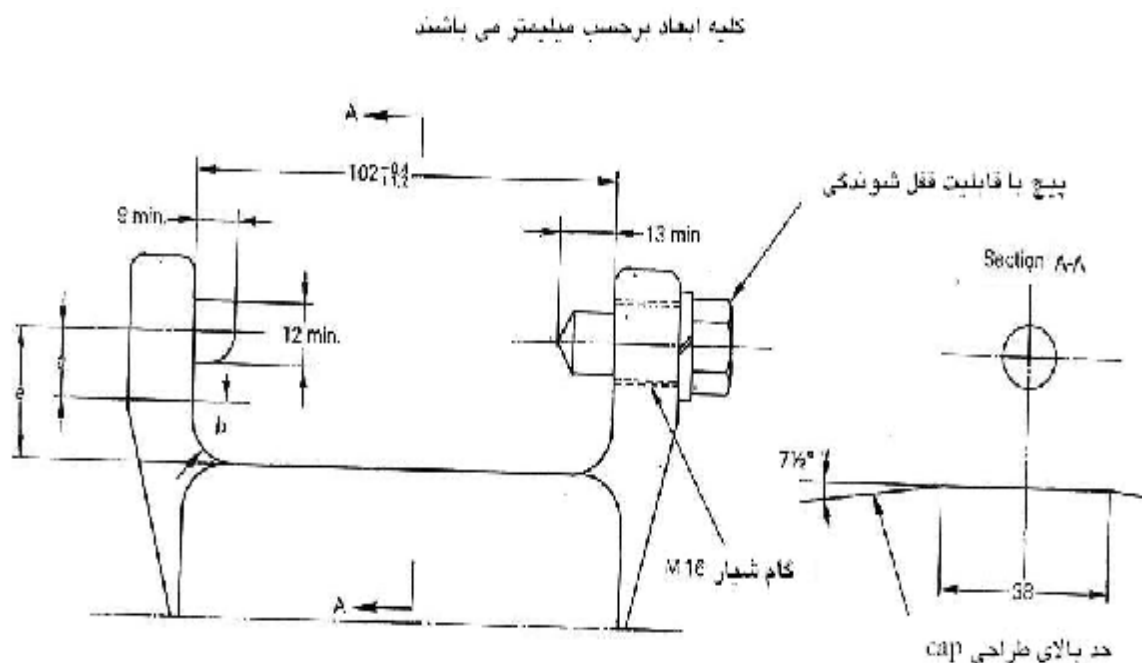


شکل ۱-۲۵: ابعاد فرورفتگی و رزوه‌های سوراخ نشیمنگاه فلزی در مقره‌های اتکایی خط نوع شیاردار و نوع کلمپ‌دار (برحسب میلیمتر)



شکل ۱-۲۶: ابعاد استاندارد قسمت فوقانی مقره‌های اتکایی خط از نوع شیاردار (برحسب میلیمتر)





شکل ۱-۲۷: ابعاد استاندارد قسمت فوقانی مقره‌های اتکایی خط از نوع کلمپ‌دار (برحسب میلیمتر)

۱-۹-۴- آرایش نشیمنگاه

نشیمنگاه مقره‌های اتکایی خط از نوع شیاردار و نوع کلمپ‌دار می‌بایستی مطابق آرایشهای نشان داده شده در شکل (۱-۲۵) باشد. قطر سوراخ مرکزی می‌بایستی دارای رزوه‌های متریک ISO بوده و به میزان کمتر از ۰/۲۵ میلیمتر، اندازه آن می‌تواند بزرگتر باشد. این رزوه‌ها می‌بایستی برای پیچهای فولادی دارای رزوه‌های استاندارد پس از گالوانیزه کردن آنها مناسب باشد.

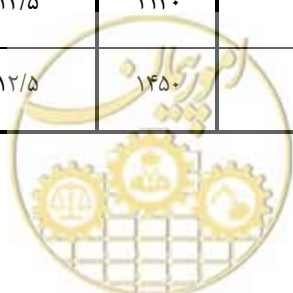
۱-۹-۵- سیستم علامت گذاری

مقره‌های اتکایی خط در جداول (۱-۳) و (۱-۴) با حرف لاتین R مشخص شده‌اند و عددی که بلافاصله بعد از آن قرار می‌گیرد نشان دهنده میزان نیروی شکست خمشی آنها برحسب کیلونیوتن می‌باشد. حروف E و L به ترتیب نشان دهنده نشیمنگاه بیرونی یا داخلی بخشهای فلزی است. پس از اینها یکی از حروف C، T یا H قرار می‌گیرد که به ترتیب نشان دهنده مقره اتکایی خط از نوع شیاردار، کلمپ‌دار قابل استفاده بصورت عمودی و کلمپ‌دار قابل استفاده بصورت افقی می‌باشد. عددی که پس از این حروف قرار می‌گیرد نشان دهنده سطح تحمل عایقی مقره در برابر موج ضربه صاعقه (برحسب کیلوولت) است. در پایان یکی از حروف N یا L قرار می‌گیرد که نشان دهنده وضعیت فاصله خزشی مقره است که به موجب آن مقره‌هایی که با حرف L مشخص می‌شوند نسبت به مقره‌هایی که با حرف N مشخص می‌شوند، فاصله خزشی طولانی‌تری را دارا هستند.

نیروی شکست مکانیکی و فاصله خزشی مقره می‌بایستی برروی چینی مقره درج گردد. به عنوان مثال علائم اختصاری R 12.5 N برروی چینی مقره‌های اتکایی خط با نیروی شکست خمشی ۱۲/۵ کیلونیوتن و فاصله خزشی نرمال درج می‌گردد [۱۰].

جدول ۱-۳: مقادیر مشخصه مقره‌های اتکایی خط از نوع شیاردار

حداکثر قطر نامی بخش عایقی D (mm)	رزوه سوراخ مرکزی نشیمنگاه فلزی تحتانی	حداقل قطر نامی نشیمنگاه فلزی تحتانی d (mm)	ارتفاع نامی کل H (mm)	حداقل نیروی شکست خمشی (kN)	حداقل فاصله خزشی (mm)	ولتاژ تحمیل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب (kV)	ولتاژ تحمیل در برابر موج ضربه صاعقه (kV)	علامت مشخصه مقره اتکایی خط
۱۴۰	M20	۹۰	۱۹۰	۸	۲۵۰	۲۸	۷۵	R 8ET 75L R 8JT 75L
۱۴۵	M20	۹۰	۲۲۲	۸	۳۵۰	۳۸	۹۵	R 8ET 95L R 8JT 95L
۱۵۰	M20	۹۰	۳۰۵	۸	۵۳۰	۵۰	۱۲۵	R 8ET 125L R 8JT 125L
۱۶۰	M20	۹۰	۳۷۰	۸	۷۲۰	۷۰	۱۷۰	R 8ET 170L R 8JT 170L
۱۶۰	M20	۱۰۰	۳۰۵	۱۲/۵	۴۰۰	۵۰	۱۲۵	R 12.5ET 125N R 12.5JT 125N
۱۷۰	M20	۱۱۰	۳۷۰	۱۲/۵	۵۸۰	۷۰	۱۷۰	R 12.5ET 170N R 12.5JT 170N
۱۸۰	M20	۱۲۰	۴۳۰	۱۲/۵	۶۲۰	۸۵	۲۰۰	R 12.5ET 200N R 12.5JT 200N
۱۹۰	M20	۱۲۰	۵۱۰	۱۲/۵	۸۶۰	۹۵	۲۵۰	R 12.5ET 250N R 12.5JT 250N
۲۰۰	M24	۱۴۰	۶۶۰	۱۲/۵	۱۲۰۰	۱۴۰	۳۲۵	R 12.5ET 325N R 12.5JT 325N
۱۶۰	M20	۹۰	۱۹۰	۱۲/۵	۲۵۰	۲۸	۷۵	R 12.5ET 75L R 12.5JT 75L
۱۶۵	M20	۱۰۰	۲۲۲	۱۲/۵	۳۵۰	۳۸	۹۵	R 12.5ET 95L R 12.5JT 95L
۱۷۰	M20	۱۰۰	۳۰۵	۱۲/۵	۵۳۰	۵۰	۱۲۵	R 12.5ET 125L R 12.5JT 125L
۱۸۰	M20	۱۱۰	۳۷۰	۱۲/۵	۷۲۰	۷۰	۱۷۰	R 12.5ET 170L R 12.5JT 170L
۱۹۰	M20	۱۲۰	۴۳۰	۱۲/۵	۹۰۰	۸۵	۲۰۰	R 12.5ET 200L R 12.5JT 200L
۲۰۰	M20	۱۲۰	۵۱۰	۱۲/۵	۱۱۴۰	۹۵	۲۵۰	R 12.5ET 250L R 12.5JT 250L
۲۱۰	M24	۱۴۰	۶۶۰	۱۲/۵	۱۴۵۰	۱۴۰	۳۲۵	R 12.5ET 325L R 12.5JT 325L



جدول ۱-۴: مقادیر مشخصه مقره‌های اتکایی خط از نوع کلمپ‌دار

علامت مشخصه مقره اتکایی خط	ولتاژ تحميل در برابر موج ضربه صاعقه (kV)	ولتاژ تحميل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب (kV)	حداقل فاصله خزشی (mm)	حداقل نیروی شکست خمشی (kN)	ارتفاع نامی کل H (mm)	حداقل قطر نامی نشیمگاه فلزی تحتانی d (mm)	رزوه سوراخ مرکزی نشیمگاه فلزی تحتانی	حداکثر قطر نامی بخش عایقی D (mm)
R 12.5EC 125N R 12.5EH 125N	۱۲۵	۵۰	۴۰۰	۱۲/۵	۳۵۰ ۳۷۰	۱۰۰	M20	۱۶۰
R 12.5EC 170N R 12.5EH 170N	۱۷۰	۷۰	۵۸۰	۱۲/۵	۴۲۰ ۴۴۰	۱۱۰	M20	۱۷۰
R 12.5EC 200N R 12.5EH 200N	۲۰۰	۸۵	۶۲۰	۱۲/۵	۴۹۵ ۵۱۵	۱۲۰	M20	۱۸۰
R 12.5EC 250N R 12.5EH 250N	۲۵۰	۹۵	۸۶۰	۱۲/۵	۵۷۰ ۵۹۰	۱۲۰	M20	۱۹۰
R 12.5EC 325N R 12.5EH 325N	۳۲۵	۱۴۰	۱۲۰۰	۱۲/۵	۷۱۰ ۷۳۰	۱۴۰	M24	۲۰۰
R 12.5EC 75L R 12.5EH 75L	۷۵	۲۸	۲۵۰	۱۲/۵	۲۳۵ ۲۵۵	۹۰	M20	۱۶۰
R 12.5EC 95L R 12.5EH 95L	۹۵	۳۸	۳۵۰	۱۲/۵	۲۷۰ ۲۹۰	۱۰۰	M20	۱۶۵
R 12.5EC 125L R 12.5EH 125L	۱۲۵	۵۰	۵۳۰	۱۲/۵	۳۵۰ ۳۷۰	۱۰۰	M20	۱۷۰
R 12.5EC 170L R 12.5EH 170L	۱۷۰	۷۰	۷۲۰	۱۲/۵	۴۲۰ ۴۴۰	۱۱۰	M20	۱۸۰
R 12.5EC 200L R 12.5EH 200L	۲۰۰	۸۵	۹۰۰	۱۲/۵	۴۹۵ ۵۱۵	۱۲۰	M20	۱۹۰
R 12.5EC 250L R 12.5EH 250L	۲۵۰	۹۵	۱۱۴۰	۱۲/۵	۵۷۰ ۵۹۰	۱۲۰	M20	۲۰۰
R 12.5EC 325L R 12.5EH 325L	۳۲۵	۱۴۰	۱۴۵۰	۱۲/۵	۷۱۰ ۷۳۰	۱۴۰	M24	۲۱۰



۱-۱۰-۱- مشخصات مقره‌های یکپارچه مطابق استاندارد IEC

استاندارد IEC شماره ۶۰۴۳۳ مشخصات مقره‌های یکپارچه‌ای را که ماده عایقی آنها از جنس سرامیک بوده و در خطوط انتقال با ولتاژهای بالاتر از یک کیلوولت استفاده می‌شوند، ارائه نموده است.

این استاندارد جهت واحدهای زنجیره مقره‌ای که با استفاده از مقره‌های یکپارچه ساخته شده‌اند نیز قابل استفاده می‌باشد. در این حالت کوپلینگ‌های انتهایی مقره یکپارچه می‌تواند از نوع شیاردار جهت کوپلینگ با استفاده از زبانه یا از نوع سوکت‌دار جهت کوپلینگ با استفاده از تویی باشد [۱۱].

هدف از این استاندارد ارائه مقادیر مشخصه‌ای برای مشخصه‌های الکتریکی و مکانیکی و برای ابعاد اصلی واحدهای مقره از نوع یکپارچه می‌باشد.

استاندارد IEC شماره ۶۰۴۳۳ مقره‌هایی را که در خطوط هوایی واقع در مناطق دارای آلودگی سبک، به کار رفته‌اند پوشش می‌دهد و مقادیر فواصل خزشی ارائه شده در این استاندارد با فرض میزان فاصله خزشی برابر با ۱۶ میلی‌متر بر کیلوولت، مطابق پیشنهاد IEC شماره ۶۰۸۱۵ برای مناطق دارای آلودگی سبک (I)، ارائه شده‌اند [۱۱ و ۱۲]. با این حال در صورت استفاده از این مقره‌ها در برخی از مناطق فاقد آلودگی استفاده از فواصل خزشی کوتاهتر نیز امکان پذیر خواهد بود. اگر شرایط بهره‌برداری خاص، استفاده از فواصل خزشی غیر استاندارد (کوتاهتر یا بلندتر) را مجاز یا ضروری سازد، مشخصه‌های مکانیکی به همراه حداکثر طول نامی‌ای که در این استاندارد ارائه شده است می‌بایستی استفاده گردد (مگر اینکه تحت شرایطی استفاده از فواصل خزشی طولانی استثنایی مستلزم استفاده از مقره‌هایی باشد که طول آنها بزرگتر از حداکثر طول نامی ارائه شده در این استاندارد است). تحت شرایط ویژه‌ای همچون مناطق دارای آلودگی بسیار سنگین و برای سایر شرایط محیطی ویژه، ممکن است ضروری باشد که برخی از ابعاد مقره تغییر کنند.

۱-۱۰-۱-۱- مشخصه‌های مقره‌های یکپارچه

واحد مقره‌های زنجیره‌ای از نوع یکپارچه بوسیله مشخصه‌های زیر شناسایی می‌شوند :

- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه استاندارد
- ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب
- نیروی شکست کششی
- حداکثر طول نامی مقره L
- حداکثر قطر نامی بخش عایقی D
- حداقل فاصله خزشی نامی
- نوع کوپلینگ استاندارد

مقادیر مشخصه مقره‌های یکپارچه در جدول (۱-۵) ارائه شده‌اند. حداقل فاصله خزشی نامی ارائه شده در این جدول بر مبنای میزان فاصله خزشی ۱۶ میلی‌متر بر کیلوولت (کوچکترین مقدار ارائه شده برای حداکثر ولتاژ تجهیز یا سیستم به ازای یک مقدار مشخص از ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه) می‌باشد. کوچکترین مقدار ارائه شده برای حداکثر ولتاژ تجهیز یا سیستم به ازای

یک مقدار مشخص از ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه از طریق جدول شماره ۲ استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۷۱ قابل حصول است [۱۱ و ۱۳].

در جدول (۵-۱) مقادیر ارائه شده برای ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه تحت شرایط خشک و ولتاژ استقامت فرکانس قدرت در شرایط مرطوب تنها برای واحدهای انفرادی از مقره یکپارچه قابل استفاده می‌باشد. در استاندارد IEC شماره ۶۰۴۳۳ مقادیر مشخصه‌ای از کمیات فوق برای زنجیره مقره‌های ساخته شده از مقره‌های یکپارچه ارائه نشده است.

علاوه بر این مقدار، قطر میله‌ای مقره نیز در این جدول ارائه نشده است، چرا که این پارامتر به مشخصه‌های مکانیکی مواد عایقی به کار رفته در ساخت مقره وابسته می‌باشد. جهت اطلاع از خصوصیات مواد عایقی سرامیکی می‌توان به استاندارد IEC شماره ۶۰۶۷۲-۱ و ۶۰۶۷۲-۳ مراجعه نمود [۱۱، ۱۴ و ۱۵].

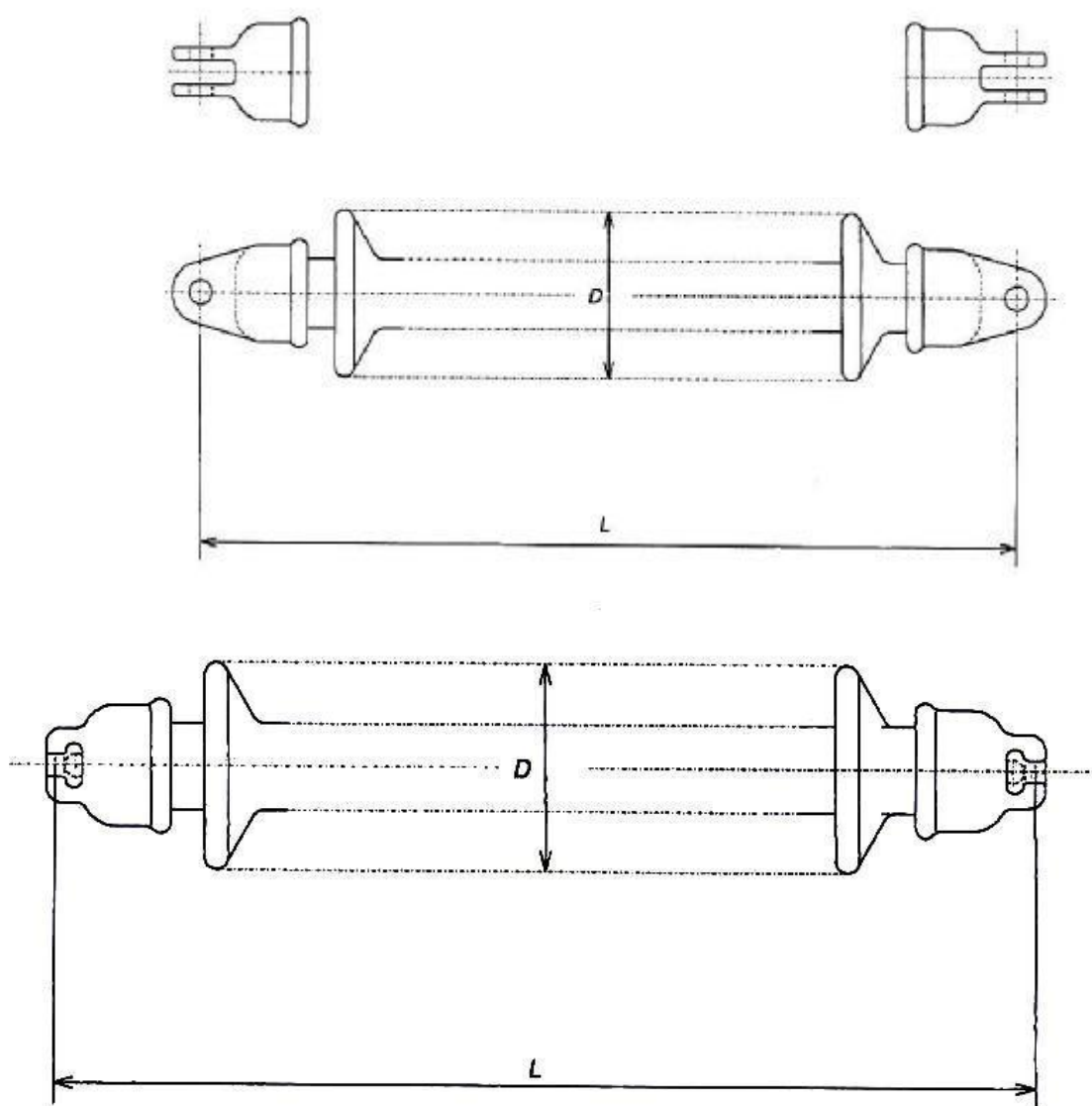
۱-۱۰-۲- سیستم علامت‌گذاری

مقره‌های یکپارچه در جدول (۵-۱) با حرف L مشخص شده‌اند و عددی که بلافاصله پس از آن قرار می‌گیرد نشان دهنده نیروی شکست کششی آن برحسب کیلونیوتن می‌باشد. پس از اینها یکی از حروف B یا C قرار می‌گیرد که به ترتیب نشان دهنده کوپلینگ انتهایی از نوع توپی و سوکت و نوع شیار و زبانه می‌باشد و در انتها عددی که نشان دهنده ولتاژ تحمل مقره در برابر موج ضربه صاعقه برحسب کیلوولت می‌باشد، قرار می‌گیرد.

برروی چتر فوقانی مقره یا بخشهای فلزی آن نام یا علامت تجاری سازنده می‌بایستی درج گردد. علاوه براین نیروی شکست مکانیکی مقره نیز می‌بایستی برروی مقره درج گردد. برای این منظور از بخش اول علامت مشخصه مقره استفاده می‌گردد، بعنوان مثال درج علامت اختصاری L160 برروی مقره نشان دهنده مقره یکپارچه‌ای است که نیروی شکست مکانیکی آن برابر ۱۶۰ کیلونیوتن است.

شکل (۱-۲۸) مقره یکپارچه را در حالت استفاده از کوپلینگ شیاردار و شکل (۱-۲۹) آن را در حالت استفاده از کوپلینگ سوکتی نشان می‌دهد.





شکل ۱-۲۹: مقره یکپارچه در حالت استفاده از کوپلینگ سوکتی

با مشخص شدن سایز کوپلینگ استاندارد مقره یکپارچه از جدول (۱-۵) می‌توان با استفاده از استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ برای کوپلینگ نوع توپی و سوکت و شماره ۶۰۴۷۱ برای کوپلینگ نوع شیار و زبانه، ابعاد استاندارد و تلورانسهای ارائه شده برای کوپلینگ مورد نظر را استخراج نمود [۸، ۹ و ۱۱].



جدول ۱-۵: مقادیر مشخصه مقره‌های یکپارچه

کوپلینگ از نوع شیاردار و زبانه		کوپلینگ از نوع تویی و سوکت		حداقل فاصله خزشی (mm)	حداکثر قطر نامی بخش عایقی D (mm)	نیروی شکست مکانیکی (kN)	ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب (kV)	ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه‌صاعقه استاندارد (kV)	علامت‌مشخصه مقره یکپارچه
سایز کوپلینگ استاندارد	حداکثر طول نامی L (mm)	سایز کوپلینگ استاندارد	حداکثر طول نامی L (mm)						
13L	۴۰۰	۱۱	۳۸۰	۵۷۶	۱۶۰	۴۰	۷۰	۱۷۰	L40B/C170
13L	۴۲۰	۱۱	۴۰۰	۵۷۶	۱۶۰	۶۰	۷۰	۱۷۰	L60B/C170
19L(16L)	۴۷۵	۱۶	۴۵۰	۵۷۶	۱۸۰	۱۰۰	۷۰	۱۷۰	L100B/C170
19L(16L)	۶۰۵	۱۶	۵۸۰	۸۳۲	۱۸۰	۱۰۰	۹۵	۲۵۰	L100B/C250
19L(16L)	۹۰۰	۱۶	۸۷۰	۱۱۶۰	۱۸۰	۱۰۰	۱۴۰	۳۲۵	L100B/C325
19L(16L)	۱۱۲۰	۱۶	۱۰۸۵	۱۹۶۸	۱۸۰	۱۰۰	۱۸۵	۴۵۰	L100B/C450
19L(16L)	۱۲۷۰	۱۶	۱۲۴۰	۱۹۶۸	۱۸۰	۱۰۰	۲۳۰	۵۵۰	L100B/C550
19L(16L)	۹۰۵	۱۶	۸۷۰	۱۱۶۰	۲۰۰	۱۲۰	۱۴۰	۳۲۵	L120B/C325
19L(16L)	۱۱۲۰	۱۶	۱۰۸۵	۱۹۶۸	۲۰۰	۱۲۰	۱۸۵	۴۵۰	L120B/C450
19L(16L)	۱۲۷۵	۱۶	۱۲۴۰	۱۹۶۸	۲۰۰	۱۲۰	۲۳۰	۵۵۰	L120B/C550
19L(16L)	۱۴۶۵	۱۶	۱۴۳۰	۲۳۳۰	۲۰۰	۱۲۰	۲۷۵	۶۵۰	L120B/C650
19L	۹۲۰	۲۰	۸۸۵	۱۱۶۰	۲۱۰	۱۶۰	۱۴۰	۳۲۵	L160B/C325
19L	۱۱۳۵	۲۰	۱۱۰۰	۱۹۶۸	۲۱۰	۱۶۰	۱۸۵	۴۵۰	L160B/C450
19L	۱۲۹۰	۲۰	۱۲۵۵	۱۹۶۸	۲۱۰	۱۶۰	۲۳۰	۵۵۰	L160B/C550
19L	۱۴۶۵	۲۰	۱۴۴۵	۲۳۳۰	۲۱۰	۱۶۰	۲۷۵	۶۵۰	L160B/C650
22L	۹۴۰	۲۰	۹۰۵	۱۱۶۰	۲۲۰	۲۱۰	۱۴۰	۳۲۵	L210B/C325
22L	۱۱۵۵	۲۰	۱۱۲۰	۱۹۶۸	۲۲۰	۲۱۰	۱۸۵	۴۵۰	L210B/C450
22L	۱۳۱۰	۲۰	۱۲۷۵	۱۹۶۸	۲۲۰	۲۱۰	۲۳۰	۵۵۰	L210B/C550
22L	۱۵۰۰	۲۰	۱۴۶۵	۲۳۳۰	۲۲۰	۲۱۰	۲۷۵	۶۵۰	L210B/C650
22L	۱۳۳۵	۲۴	۱۳۰۵	۱۹۶۸	۲۳۰	۲۵۰	۲۳۰	۵۵۰	L250B/C550
22L	۱۵۳۰	۲۴	۱۵۰۰	۲۳۳۰	۲۳۰	۲۵۰	۲۷۵	۶۵۰	L25B/C650
25L	۱۳۶۵	۲۴	۱۳۳۰	۲۹۶۸	۲۴۰	۳۰۰	۲۳۰	۵۵۰	L300B/C550
25L	۱۵۶۰	۲۴	۱۵۲۰	۲۳۳۰	۲۴۰	۳۰۰	۲۷۵	۶۵۰	L300B/C650
28L	۱۴۰۰	۲۸	۱۳۶۰	۱۹۶۸	۲۵۰	۳۳۰	۲۳۰	۵۵۰	L330B/C550
28L	۱۵۹۵	۲۸	۱۵۵۰	۲۳۳۰	۲۵۰	۳۳۰	۲۷۵	۶۵۰	L330B/C650
28L	۱۴۱۰	۲۸	۱۳۶۰	۱۹۶۸	۲۵۰	۳۶۰	۲۳۰	۵۵۰	L360B/C550
28L	۱۶۰۰	۲۸	۱۵۵۰	۲۳۳۰	۲۵۰	۳۶۰	۲۷۵	۶۵۰	L360B/C650
28L	۱۴۶۰	۲۸	۱۴۰۰	۱۹۶۸	۲۶۰	۴۰۰	۲۳۰	۵۵۰	L400B/C550
28L	۱۶۶۰	۲۸	۱۶۰۰	۲۳۳۰	۲۶۰	۴۰۰	۲۷۵	۶۵۰	L400B/C650
32L	۱۵۲۰	۳۲	۱۳۵۰	۱۹۶۸	۲۷۰	۵۳۰	۲۳۰	۵۵۰	L530B/C550
32L	۱۷۲۰	۳۲	۱۶۵۰	۲۳۳۰	۲۷۰	۵۳۰	۲۷۵	۶۵۰	L530B/C650

۱-۱۱-۱- مشخصات مقره‌های ترکیبی مطابق استاندارد IEC

استاندارد IEC شماره ۶۱۴۶۶-۱ مشخصات مقره‌های ساخته شده از مواد ترکیبی که در خطوط هوایی با ولتاژهای بالاتر از یک کیلوولت استفاده می‌شوند را ارائه نموده است. این استاندارد برای مقره‌های ترکیبی که کوپلینگ‌های انتهایی آن از نوع توپی، سوکتی، زبانه‌ای، شیاردار، شیاری Y شکل، حلقه‌ای و یا ترکیبی از اینها می‌باشد، قابل استفاده است [۱۶].

هدف از این استاندارد ارائه مقادیر مشخصه‌ای برای مشخصه‌های مکانیکی مقره‌های ترکیبی و ارائه ابعاد اصلی کوپلینگ‌ها، که در این قبیل مقره‌ها جهت فراهم نمودن امکان نصب یا مونتاژ آنها توسط سازندگان مختلف ارائه شده است، می‌باشد. علاوه بر این، استاندارد مذکور یک سیستم علامت گذاری استاندارد را برای این قبیل مقره‌ها ارائه می‌نماید.

۱-۱۱-۱-۱- مشخصه‌های مکانیکی و ابعادی مقره‌های ترکیبی

مقره‌های ترکیبی بوسیله دو پارامتر مشخصه زیر شناسایی می‌شوند:

- نیروی مکانیکی معین شده (SML)
 - نوع کوپلینگ استاندارد
- این مقادیر مشخصه در جدول (۶-۱) ارائه شده‌اند.

۱-۱۱-۲- سیستم علامت گذاری

در جدول (۶-۱) مقره‌های ترکیبی با حروف CS مشخص شده‌اند و عددی که بلافاصله بعد از آن قرار می‌گیرد نشان دهنده نیروی مکانیکی معین شده (SML) مقره برحسب کیلونیوتن می‌باشد. علاوه بر علائم مشخصه فوق، جهت شناسایی نوع کوپلینگ‌های انتهایی مقره نیز از یک سری علائم مشخصه استفاده می‌گردد. برای این منظور از حروف Y, C, T, S, B و E به ترتیب جهت نمایش کوپلینگ‌های از نوع توپی، سوکتی، زبانه‌ای، شیاردار، شیاری Y شکل و حلقه‌ای استفاده می‌گردد. سایز کوپلینگ نیز پس از حرف نشان دهنده کوپلینگ مورد نظر درج می‌گردد. چنانچه در مقره از دو نوع کوپلینگ مختلف استفاده شده باشد، ابتدا علامت مشخصه نوع و سایز کوپلینگ فوقانی و سپس علامت مشخصه نوع و سایز کوپلینگ تحتانی درج می‌گردد.

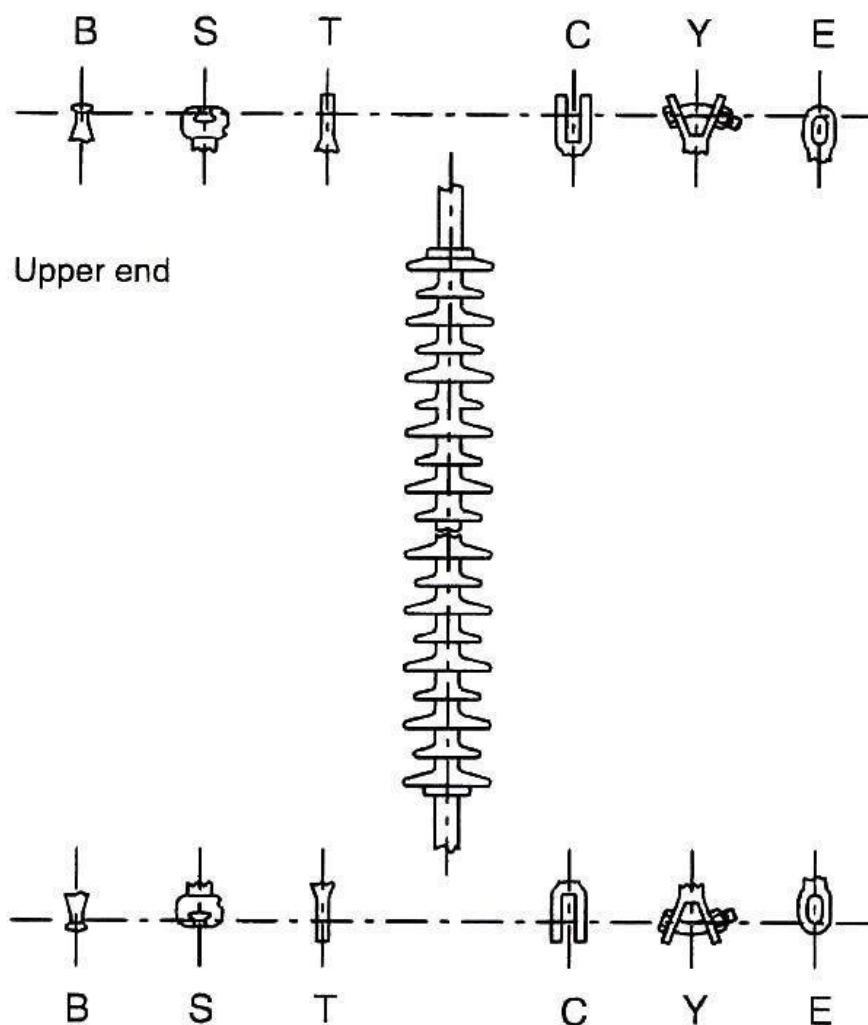
با مشخص شدن سایز کوپلینگ‌های مقره می‌توان با استفاده از استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ برای کوپلینگ‌های توپی و سوکتی متداول، شماره ۶۰۴۷۱ برای کوپلینگ‌های شیاردار و زبانه‌ای متداول و شماره ۶۱۴۶۶-۱ برای کوپلینگ‌های توپی، سوکتی، شیاردار و زبانه‌ای از نوع N و کوپلینگ‌های شیاری Y شکل و حلقه‌ای، ابعاد استاندارد کوپلینگ‌ها را بدست آورد.

بعنوان مثال علامت مشخصه CS 120 C19N T19N مقره ترکیبی با میزان نیروی مکانیکی معین شده (SML) ۱۲۰ کیلونیوتن، کوپلینگ فوقانی از نوع شیاردار و سایز 19N و کوپلینگ تحتانی از نوع زبانه‌ای و سایز 19N را نشان می‌دهد.

برروی هر مقره ترکیبی می‌بایستی نام یا علامت تجاری سازنده، سال ساخت، نیروی مکانیکی معین شده (SML) و علائم مشخص کننده بخشهای مختلف آن درج گردد. شکل (۱-۳۰) انواع مختلف کوپلینگ‌هایی که با مقره‌های ترکیبی استفاده می‌شوند را به همراه حروف اختصاری نشان دهنده آنها نشان می‌دهد.



مشخصات الکتریکی و ابعادی مقره‌های ترکیبی با میزان نیروی مکانیکی مشخص شده ۴۰ و ۷۰ کیلونیوتن که در خطوط توزیع با ولتاژهای بالاتر از ۱۰۰۰ ولت و حداکثر ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه ۳۲۵ کیلوولت مورد استفاده قرار می‌گیرند نیز در استاندارد IEC شماره ۲-۶۱۴۶۶ ارائه شده است [۱۷].



شکل ۱-۳۰: انواع مختلف کوبلینگ‌های قابل استفاده در مقره‌های ترکیبی و علائم مشخصه آنها



جدول ۱-۶: مقادیر مشخصه مقره‌های ترکیبی

نوع و سائز کویلینگهای انتهایی				نیروی مکانیکی معین شده SML (KN)	علامت مشخصه
نوع حلقه‌ای با سائزهای	نوع شیار ی شکل با سائزهای	نوع شیاردار و زبان‌های با سائزهای	نوع توپی و سوکتی با سائزهای		
---	---	---	11	40	CS 40
17(24)	16(19)	13L , 16N	16 , 16N	70	CS 70
24	19	16L,16N(19N)	16 , 16N	100	CS 100
24	19	16L,16N(19N)	16(20),18N	120	CS 120
25	22	19L,19N(22N)	20 , 22N	160	CS 160
25	22	22N	20(24)	210	CS 210
---	---	25L	24	300	CS 300
---	---	28L	28	400	CS 400
---	---	32L	32	530	CS 530

توجه : ساینزهای نشان داده شده در داخل پرانتزها عموماً ترجیح داده نمی‌شوند.



فصل ۲

معیارهای انتخاب مقره‌های خطوط هوایی انتقال نیرو



مقدمه

در این فصل معیارهای انتخاب مقره‌های خطوط هوایی انتقال و فوق توزیع نیرو جهت سطوح ولتاژی ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت بیان می‌گردد. در پایان جهت آشنایی با روش طراحی یک مثال کاربردی نیز ارائه خواهد شد.

۲-۱- کلیات

یکی از مهمترین موارد در طراحی خطوط هوایی انتقال نیرو، طراحی و انتخاب مقره‌ها می‌باشد. خطوط هوایی انتقال نیرو به علت گستردگی در مناطق مختلف کشور همواره در معرض تنشهای الکتریکی و مکانیکی مختلفی قرار دارند. مقره‌های خطوط هوایی علاوه بر تحت تنش قرار گرفتن دائمی بواسطه ولتاژ بهره‌برداری خط، همواره در معرض تنشهای ولتاژی ناخواسته دیگری از قبیل اضافه ولتاژهای خارجی ناشی از رعد و برق و برخورد صاعقه به خط انتقال و اضافه ولتاژهای داخلی ناشی از کلیدزنی قرار دارند. علاوه بر تنشهای الکتریکی، مقره‌های خط انتقال در معرض تنشهای مکانیکی که بواسطه وزن هادی، وزن یخ احتمالی بر روی هادیها، فشار و نیروهای ناشی از باد به آن اعمال می‌گردد، نیز قرار دارند. بنابراین مقره‌های خطوط هوایی می‌بایستی به گونه‌ای طراحی و انتخاب گردند که ضمن دارا بودن استقامت الکتریکی مطلوب از لحاظ مکانیکی نیز معیارهای لازم را برآورده نمایند.

به طور کلی انتخاب مقره‌های خطوط هوایی سه مرحله گزینشی زیر را شامل می‌شود:

- مرحله اول: انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای الکتریکی همچون اضافه ولتاژهای داخلی، اضافه ولتاژهای خارجی، کرونا و آلودگی
- مرحله دوم: انتخاب مقره‌ها از نقطه نظر مشخصات مکانیکی
- مرحله سوم: انتخاب مقره‌هایی که هر دوی معیارهای الکتریکی و مکانیکی را یکجا برآورده نمایند. بدیهی است که در کلیه مراحل فوق معیارهای فنی ذکر شده می‌بایستی با معیارهای اقتصادی نیز توأم باشند. به عبارت دیگر انتخاب نهایی مقره‌های خطوط هوایی می‌بایستی به گونه‌ای صورت گیرد که به یک طرح بهینه از لحاظ فنی و اقتصادی منجر گردد.

۲-۲- انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای الکتریکی

۲-۲-۱- ملاحظات کلی

در هر سطحی از ولتاژ تعداد و نوع مقره‌های خطوط هوایی متأثر از اضافه ولتاژهای اعمال شده به آنها، میزان آلودگی مسیر خط، مشخصات برج‌ها و شرایط محیطی مسیری است که خط از آن عبور می‌نماید. در انتخاب مقره براساس معیارهای الکتریکی نکات مختلفی از جمله موارد زیر می‌بایستی مورد توجه قرار گیرند:

- اضافه ولتاژهای داخلی

اضافه ولتاژهای داخلی یکی از عوامل مؤثر در انتخاب مقره‌های خطوط انتقال نیرو می‌باشند. این اضافه ولتاژها می‌توانند به دلیل افزایش ولتاژ فاز سالم در اثر اتصال کوتاه در فازهای دیگر به وجود آیند. همچنین کلیدزنی یا عوامل مختلف دیگر نیز می‌توانند از دیگر علل بوجود آورنده این نوع اضافه ولتاژها در خطوط انتقال نیرو باشند. باتوجه به اینکه در ولتاژهای بالای ۲۳۰ کیلوولت، اضافه

ولتاژهای کلیدزنی نقش مؤثری را در انتخاب مقره‌ها ایفا می‌نمایند، ضروری است که در سطوح ولتاژی بالا با دقت بیشتری مورد بررسی قرار گیرند.

– اضافه ولتاژهای خارجی

اضافه ولتاژهای خارجی تحت تأثیر برخورد مستقیم صاعقه به خطوط هوایی انتقال نیرو بوجود می‌آیند. گرچه در طراحی خطوط انتقال نیرو سعی می‌شود که با استفاده از سیم‌های محافظ (گارد) از برخورد مستقیم صاعقه به هادی‌های فاز ممانعت بعمل آید، اما این بدین مفهوم نیست که برخورد صاعقه هیچگونه حادثه‌ای در خطوط انتقال نیرو به وجود نمی‌آورد. حتی اگر صاعقه به سیم محافظ هم برخورد نماید، ممکن است باتوجه به مقاومت زمین پای برج‌ها اضافه ولتاژهای بزرگی در دو سر مقره‌های خط انتقال ظاهر شود که در برخی موارد می‌تواند موجب بروز قوس گردد (قوس برگشتی^۱). در طراحی خطوط انتقال سعی می‌شود با استفاده از تجهیزات حفاظتی همچون برقگیرها و جرقه‌گیرها و تقلیل مقاومت پای برج‌ها، شدت و فراوانی این پدیده را تا حد ممکن (حد بهینه از لحاظ فنی و اقتصادی) کاهش داد.

– شرایط محیطی

معمولاً مشخصه‌های الکتریکی مقره‌ها بر مبنای آزمونهای آزمایشگاهی تعیین و برای شرایط استاندارد (فشار ۷۶ سانتیمتر جیوه، درجه حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۱۱ گرم بر مترمکعب) تبدیل و اعلام می‌گردند. از آنجاکه در عمل خطوط انتقال نیرو از مسیرهای مختلفی عبور می‌کنند که قطعاً برخی از شرایط محیطی آن با شرایط استاندارد انطباق خواهد داشت، ضروری است که مشخصه‌های الکتریکی مقره‌ها با توجه به شرایط واقعی مسیر خط اصلاح شوند.

– آلودگی محیط

آلودگی محیط نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر در انتخاب نوع و تعداد مقره‌های خطوط هوایی بوده که با توجه به درجه آلودگی و شرایط محیطی مسیر خط می‌بایستی نسبت به انتخاب نوع و تعداد آنها اقدام نمود. در برخی مکانها که میزان آلودگی بسیار بالا است علاوه بر انتخاب نوع و تعداد مناسب از مقره‌ها، تدابیر دیگری همچون شستشوی دوره‌ای مقره‌ها و استفاده از گریسه‌های سیلیکونی جهت مقابله با این پدیده می‌تواند مفید واقع گردد.

– کرونا

کرونا یکی دیگر از عوامل مؤثری است که در طراحی خطوط نیرو مورد توجه قرار می‌گیرد. در خطوط نیرو، نویز رادیویی باید در محدوده مجاز باشد به طوری که نویز رادیویی ناشی از کرونا بر روی هادی و همچنین بر روی زنجیره مقره از حد مجاز تجاوز ننماید.

– حداقل فاصله هوایی مجاز بین هادی‌های فاز و برج

در هنگام طراحی و انتخاب تعداد و نوع مقره‌های خط انتقال می‌بایستی طول زنجیره مقره نیز در نظر گرفته شود به نحوی که حداقل فاصله هوایی بین هادی‌های فاز و برج باتوجه به شرایط محیطی منطقه از حد مجاز کمتر نشود. معمولاً طول فاصله هوایی بین هادی‌های فاز و برج چنان انتخاب می‌شود که تحت حداکثر انحراف زنجیره مقره (که منجر به حداقل فاصله هوایی بین هادی‌های فاز و برج می‌شود) در صورت ایجاد اضافه ولتاژ ضربه‌ای در فاصله هوایی مزبور، تخلیه الکتریکی بر روی سطح مقره یا شاخکهای آن زودتر اتفاق بیفتد.

۲-۲-۲- روش انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای خارجی

صاعقه اصلی‌ترین عامل بروز اضافه ولتاژهای خارجی در خطوط نیرو می‌باشد. برخورد مستقیم صاعقه به هادی‌ها یا برج‌های خط انتقال سبب اعمال اضافه ولتاژهای گذرای به مقره‌های خط انتقال می‌شود که ممکن است منجر به تخلیه الکتریکی از طریق زنجیره مقره یا فواصل هوایی گردد. برخی اضافه ولتاژها نیز ممکن است در اثر برخورد صاعقه به زمین اطراف و القا ولتاژ روی خطوط بوجود آیند که معمولاً این نوع اضافه ولتاژها به ندرت پیش می‌آیند و تأثیر سوئی در خطوط انتقال بوجود نمی‌آورند. به طور کلی میزان اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه و احتمال بروز جرقه در دو سر مقره‌ها به عوامل مختلف زیر بستگی دارند :

- ارتفاع برج
- تعداد سیم‌های گارد
- محل نصب سیم‌های گارد و هادی‌های فاز
- طول اسپن‌ها
- امپدانس موجی برج، هادی‌های فاز و سیم‌های گارد
- مقاومت پایه برج‌ها
- اندازه و شیب پیشانی موج ضربه جریان صاعقه
- حداقل فاصله هوایی بین نقاط برقدار و نقاط زمین شده
- سطح کروینیک در مسیر خط

معمولاً طراحی سیستم حفاظت از صاعقه خطوط به گونه‌ای صورت می‌گیرد که از برخورد مستقیم صاعقه‌های مشخصی با هادی‌های فاز ممانعت بعمل آید. آن دسته از ضربات صاعقه‌ای که قادر هستند از سیستم حفاظت از صاعقه عبور نموده و به هادی‌های فاز برخورد نمایند عمدتاً دارای جریانهای کوچکتر از جریان بحرانی خط انتقال بوده و معمولاً نمی‌توانند استقامت الکتریکی خط را با مشکل مواجه سازند. اما از طرف دیگر برخورد صاعقه‌های با دامنه‌های بزرگ به سیم‌های گارد یا برج‌ها در برخی موارد می‌تواند پدیده قوس برگشتی را به دنبال داشته باشند.

در عمل انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای خارجی با استفاده از نرخ مطلوبی از تعداد قطعی‌های خط انتقال که بواسطه قوس برگشتی حاصل می‌آیند، صورت می‌گیرد. در ادامه روش گام به گام طراحی ارائه می‌گردد :

گام اول :

تعداد قطعی‌های مطلوب در هر صد کیلومتر خط در سال که بواسطه قوس برگشتی بوجود می‌آیند (BFR)، برای خط مورد نظر انتخاب می‌گردد. مقدار این کمیت در پاره‌ای از موارد می‌تواند به شدت مسائل فنی و اقتصادی خط انتقال را تحت تأثیر قرار دهد و لذا طراح می‌بایستی باتوجه به عواملی همچون اهمیت خط و بارهای تغذیه شده بوسیله آن، مسائل فنی و اجرایی خط انتقال، سطح کروینیک مسیر خط و هزینه‌های طراحی، اجرا و بهره‌برداری از خط انتقال مقدار بهینه‌ای از این کمیت را جهت طراحی مورد استفاده قرار دهد.



گام دوم :

تعداد متوسط صاعقه‌های برخوردی به هر ۱۰۰ کیلومتر خط انتقال در سال (N_L) محاسبه می‌شود. برای محاسبه N_L می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود [۱ و ۲]:

$$N_L = \frac{N_g (28h^{0.6} + S_g)}{10} \quad (۱-۲)$$

کمیت‌های این رابطه به صورت زیر تعیین می‌شوند:

h - ارتفاع متوسط برج بر حسب متر است و از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$(۲-۲)$$

$$h = h_g - \frac{2}{3} f_g$$

که در آن:

h_g : ارتفاع سیم گارد بر روی برج، بر حسب متر

f_g : فلش سیم گارد، بر حسب متر

S_g : فاصله مابین دو سیم گارد بر حسب متر است. چنانچه در خط انتقال از یک سیم گارد استفاده شده باشد مقدار این کمیت برابر صفر فرض می‌شود.

N_g : چگالی صاعقه‌های برخورد کننده به سطح زمین، بر حسب تعداد ضربات برخورد کننده به هر کیلومتر مربع از سطح زمین در سال است و از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$(۳-۲)$$

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25}$$

که در آن T_d سطح کرونیک سالانه در مسیر خط انتقال، بر حسب تعداد روزهای رعد و برقی در سال می‌باشد.

گام سوم:

چنانچه دامنه جریان صاعقه برخورد کننده به برج از مقدار معینی بزرگتر باشد قوس برگشتی به وقوع می‌پیوندد. این جریان اصطلاحاً جریان بحرانی خط انتقال، از دیدگاه پدیده قوس برگشتی و برخورد مستقیم صاعقه به برج نامیده شده و آن را با I_c نشان می‌دهند. احتمال اینکه دامنه جریان صاعقه برابر یا بزرگتر از I_c باشد، $P(I_c)$ ، از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$P(I_c) = \frac{BFR}{0.6 N_L} \quad (۴-۲)$$

که در آن BFR نرخ قوس برگشتی می‌باشد که با نظر طراح تعیین می‌گردد.

جریان بحرانی I_c را نیز می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود [۱-۳]:

$$I_c = 31 \left(\frac{1 - P(I_c)}{P(I_c)} \right)^{\frac{1}{2.6}} \quad (۵-۲)$$



گام چهارم:

در این گام، ولتاژ جرقه بحرانی اضافه ولتاژ صاعقه CFO_L که متناظر با جریان بحرانی I_c است تعیین می‌شود. تعیین مقدار دقیق این ولتاژ مستلزم انجام محاسبات پیچیده‌ای است که جزئیات آن در مراجع [۳-۱] موجود می‌باشد. به هر حال به صورت تقریبی CFO_L را می‌توان از رابطه زیر نیز استخراج نمود [۲ و ۱]:

$$CFO_L = \frac{1}{K_{wf}} [(1-C)R_c I_c + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} K_{PF} E_m] \quad (۶-۲)$$

که در آن:

CFO_L = ولتاژ جرقه بحرانی اضافه ولتاژ صاعقه (برای امواج ضربه $1.2/50$ میکروثانیه) متناظر با I_c ، برحسب کیلوولت

I_c = جریان بحرانی خط انتقال، برحسب کیلوآمپر

E_m = حداکثر ولتاژ فاز- فاز خط انتقال، برحسب کیلوولت است. مقدار این کمیت برای خطوط انتقال ایران با سطوح ولتاژی ۶۳ (۶۶)،

۱۳۲، ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت به ترتیب برابر ۷۲/۵، ۱۴۵، ۲۴۵ و ۴۲۰ کیلوولت در نظر گرفته می‌شود.

C = ضریب کوپلینگ بین سیم‌های گارد و هادی‌های فاز است که مقدار پیشنهادی برای آن برابر ۰/۳ می‌باشد.

K_{wf} = ضریب تصحیح شکل موج از $1.2/50 \mu sec$ به $2/50 \mu sec$ بوده که مقدار پیشنهادی برای آن برابر ۱/۳۱ است [۴].

R_c = امپدانس موجی معادل برج برحسب اهم می‌باشد. مقدار این کمیت تابعی از سطح ولتاژ، مقاومت زمین پای برج‌ها، ارتفاع

متوسط برج‌ها، تعداد سیم گارد و غیره است. مقدار نوعی این کمیت بین ۱۰ تا ۳۰ اهم می‌باشد. جهت محاسبه این کمیت می‌توان به

مراجع [۳-۱] مراجعه نمود.

K_{PF} = ضریب اصلاح ولتاژ فرکانس قدرت خط است که به آرایش هادی‌های فاز و نسبت ولتاژ نامی خط به CFO آن بستگی دارد.

مرجع [۲] مقدار $K_{PF} = ۰/۸۳$ را برای کاربردهای عملی پیشنهاد نموده است.

گام پنجم:

با استفاده از اطلاعات استخراج شده فوق، حداقل فاصله هوایی مجاز جهت حصول به BFR مطلوب تعیین می‌شود. استقامت

عایقی فواصل هوایی برج‌های خط انتقال در برابر امواج ضربه صاعقه با پلاریته منفی برابر ۶۰.۵ kV/m در نظر گرفته می‌شود. لذا

حداقل فاصله هوایی مجاز برابر خواهد بود با [۱]:

$$S_L = \frac{CFO_L}{605\delta}, \quad \delta = e^{\frac{-H}{8150}} \quad (۷-۲)$$

که در آن:

S_L = حداقل فاصله هوایی مجاز جهت حصول به BFR مطلوب، برحسب متر

δ = ضریب تصحیح ارتفاع یا چگالی هوا [۵]

H = ارتفاع خط انتقال از سطح دریا برحسب متر می‌باشد.



گام ششم:

با استفاده از مقدار استخراج شده برای S_L ، طول زنجیره مقره و تعداد مقره‌های مورد نیاز جهت حصول به BFR مطلوب تعیین می‌گردد. طول زنجیره مقره برای فازمیان‌ی برج (فازی که از داخل پنجره برج عبور می‌کند) می‌بایستی حداقل ۵ درصد بزرگتر از S_L باشد. برای فازهای بیرونی که بر روی بازوهای برج قرار می‌گیرند طول زنجیره مقره حداقل می‌بایستی برابر S_L باشد [۱]. پس از تعیین طول زنجیره مقره و با توجه به طول واحدهای مقره‌ای مورد استفاده می‌توان تعداد واحدهای مقره‌ای مورد نیاز را از دیدگاه BFR مطلوب (اضافه ولتاژهای خارجی) تعیین نمود.

۲-۲-۳ روش انتخاب مقره‌ها براساس اضافه‌ولتاژهای داخلی و آلودگی

اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی اصلی‌ترین گروه از اضافه ولتاژهای داخلی در خطوط انتقال می‌باشند. امواج گذرای ناشی از کلیدزنی بسیار سریع میرا می‌شوند، اما زمان میرایی آنها بیشتر از امواج گذرای ناشی از برخورد صاعقه با خطوط انتقال نیرو است. گرچه شکل موج و زمان تداوم اضافه ولتاژها بیش از عوامل تولیدکننده آنها در طراحی عایقی خطوط انتقال نیرو مؤثر می‌باشند، اما دسته بندی و شناخت عوامل مؤثر در ایجاد اضافه ولتاژها می‌تواند عامل مؤثری در کنترل و مهار آنها باشد. اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی نوعاً در اثر مانورهای زیر به وجود می‌آیند [۵۳]:

- برق‌دار کردن خطوط انتقال
- وصل مجدد خطوط انتقال
- بروز و رفع اتصال کوتاه
- قطع بارهای خازنی
- قطع بارهای سلفی

میزان اضافه ولتاژ کلیدزنی تابعی از پارامترهای سیستم، نوع شبکه، وضعیت در مدار بودن نیروگاه‌ها و خطوط انتقال نیرو و همچنین مشخصات تجهیزات بخصوص نوع کلیدهای قدرت شبکه می‌باشد. علاوه بر این برخلاف اضافه ولتاژهای صاعقه که عملاً ارتباط مستقیمی با ولتاژ شبکه ندارند، اضافه ولتاژهای کلیدزنی مستقیماً به ولتاژ شبکه مربوط بوده و با افزایش سطح ولتاژ خط انتقال نقش این قبیل اضافه ولتاژها در تعیین طرح عایقی خطوط انتقال بالاتر می‌رود.

دسته دیگر از اضافه ولتاژهای داخلی، اضافه ولتاژهای موقت هستند که دارای شکل نوسانی بوده و در مقایسه با سایر اضافه ولتاژها دارای تداوم زمانی بیشتری می‌باشند. این قبیل اضافه ولتاژها تحت عوامل مختلفی از جمله موارد زیر به وجود می‌آیند [۵۳]:

- بروز اتصال کوتاه تک فاز به زمین (بخصوص در شبکه‌هایی که ضریب اتصال زمین در آنها بزرگتر از ۱/۳ می‌باشد).
- تغییرات ناگهانی بار
- باز شدن ناگهانی خط
- اضافه ولتاژ ناشی از بی‌باری خط
- رزونانس و فرورزونانس



ولتاژ بهره‌برداری و اضافه ولتاژهای موقت، مشخص‌کننده طول زنجیره مقره و طول فاصله خزشی آن در محیط‌های دارای آلودگی می‌باشند. در سیستم‌هایی که ضریب اتصال زمین آنها برابر یا کمتر از $\frac{1}{3}$ (سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده) است، مقره‌ها تنها می‌بایستی حداکثر ولتاژ بهره‌برداری فاز به زمین خط انتقال را تحمل کنند. درمورد سیستم‌هایی که ضریب اتصال زمین در آنها بزرگتر از $\frac{1}{3}$ است و یا اینکه دامنه این اضافه ولتاژها درمقابل حداکثر ولتاژ بهره‌برداری فاز به زمین خط انتقال قابل توجه است، ممکن است تدابیر خاصی به منظور کنترل اضافه ولتاژها ضروری باشد [۵].

۲-۲-۳-۱- روش انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای کلیدزنی

درحال حاضر جهت انتخاب مقره‌های خطوط انتقال براساس اضافه ولتاژهای کلیدزنی دو روش شناخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش اول که از سادگی و قدمت بیشتری برخوردار است به نام روش مرسوم^۱ شناخته می‌شود. اصول این روش بر مبنای تعیین حداقل تحمل عایقی خط انتقال براساس حداکثر اضافه ولتاژ ممکنه‌ای است که احتمال دارد به عایق خط انتقال اعمال شود. روش دوم که نسبت به روش اول قدری پیچیده‌تر است و درسالهای اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است به نام روش آماری^۲ شناخته می‌شود. هریک از این روشها دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند. امروزه به دلایل فراوانی استفاده از روش آماری نسبت به روش مرسوم، بخصوص درمورد خطوط انتقال با سطوح ولتاژی بالا، روش آماری مقبولیت بیشتری پیدا نموده است. شاید اصلی‌ترین عوامل مقبولیت امروزی روش آماری دسترسی به نرم‌افزارها و امکان استخراج اطلاعات آماری از اضافه ولتاژهای اعمال شده به عایق خط انتقال، توسعه روشهای آماری و آشنایی بیشتر مهندسين برق با تئوری آمار و احتمال و کاربرد آن در صنعت برق و مهم‌تر از همه امکان مقایسه فنی - اقتصادی طرحهای مختلفی است که درمورد یک خط انتقال مشخص قابل پیاده‌سازی می‌باشد. به هرحال به علت عوامل ذکر شده و به علت دستیابی به یک طرح بهینه عایقی از لحاظ فنی - اقتصادی در اینجا نیز روش آماری طراحی و انتخاب مقره‌های خطوط انتقال براساس اضافه ولتاژهای کلیدزنی ارائه می‌گردد. جهت آشنایی با اصول و مبانی روشهای مرسوم و آماری می‌توان به مراجع [۵۱] مراجعه نمود. در ادامه روش گام به گام انتخاب مقره‌های خطوط هوایی انتقال نیرو براساس اضافه ولتاژهای کلیدزنی ارائه می‌گردد:

گام اول :

تعداد قطعی‌های مطلوب درخط به ازای تعداد دفعات کلیدزنی مشخص (SSFOR)^۳، برای خط مورد نظر انتخاب می‌گردد. مقدار این کمیت در پاره‌ای از موارد می‌تواند مسائل فنی و اقتصادی خط انتقال را به شدت تحت تاثیر قرار دهد و لذا طراح می‌بایستی باتوجه به عواملی همچون: اهمیت خط و بارهای تغذیه شده بوسیله آن، مسائل فنی و اجرایی خط انتقال، سطح کرونیک در مسیر خط انتقال، هزینه‌های طراحی، اجرا و بهره‌برداری از خط انتقال و هزینه‌های احتمالی موردنیاز جهت اصلاح و بهبود شبکه به منظور کنترل اضافه ولتاژها، مقدار بهینه‌ای از این کمیت را جهت طراحی مورد استفاده قرار دهد.

گام دوم:



1. Deterministic method

2. Probabilistic

3. Switching surge flashover rate

توزیع آماری اضافه ولتاژهای کلیدزنی تعیین می‌شود. برای انجام این کار می‌توان از نرم‌افزارهای تجاری همچون EMTP یا PSCAD/EMTDC استفاده نمود. این اطلاعات آماری می‌بایستی با استفاده از یک توزیع نرمال که دارای مقدار میانگین μ_0 و انحراف معیار σ_0 است، نمایش داده شود. پس از تعیین μ_0, σ_0 می‌توان دو کمیت $\sigma_0/E_2, E_2$ که در بخشهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرند را تعیین نمود. E_2 برابر مقدار اضافه ولتاژ کلیدزنی است که احتمال وقوع اضافه ولتاژهای بزرگتر از آن کوچکتر از ۲ درصد است. با فرض توزیع نرمال برای اضافه ولتاژهای کلیدزنی، E_2 را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$E_2 = \mu_0 + 2.054\sigma_0 \quad (۸-۲)$$

در صورت عدم دسترسی به اطلاعات آماری اضافه ولتاژهای کلیدزنی می‌توان با استفاده از اطلاعات نمونه‌ای ارائه شده در جدول (۸-۲)، که از سوی موسسه CIGRE ارائه شده است، مقدار نمونه‌ای E_2 را برحسب پیک حداکثر ولتاژ فاز به زمین خط انتقال تخمین زد [۶].

در حالت کلی درمورد خطوط انتقالی که کلیدهای قدرت آنها فاقد مقاومت وصل می‌باشند و قادر هستند با سرعت بالا عمل وصل مجدد را انجام دهند مقدار E_2 در حدود ۲/۸ پریونیت است و در صورت مجهز بودن این کلیدها به مقاومت‌های وصل مقدار آن در حدود ۱/۸ پریونیت خواهد بود. میزان انحراف معیار یعنی σ_0 را نیز می‌توان از رابطه بدست آورد [۱]:

$$\sigma_0 = 0.17(E_2 - 1) \quad (۹-۲)$$

گام سوم:

معیار هماهنگی عایقی V_3 تعیین می‌شود. ولتاژ تحمل آماری V_3 بوده و به اندازه ۳ برابر انحراف معیار استاندارد از CFO خط انتقال کوچکتر است. به عبارت دیگر:

$$V_3 = CFO - 3\sigma_f = CFO(1 - 3\frac{\sigma_f}{CFO}) \quad (۱۰-۲) \text{ الف}$$

جدول ۲-۱: تخمین E_2 برای اضافه ولتاژهای کلیدزنی اعمال شده به ایزولاسیون خط انتقال

نوع عملیات				برق‌دار کردن				وصل مجدد سه فاز	
نوع شبکه تغذیه کننده خط				مختلط		اندوکتیو		مختلط	
آیا مقاومت وصل وجود دارد؟				بله	خیر	بله	خیر	بله	خیر
برای خطوط انتقالی که میزان جبران سازی موازی در آنها برابر یا بزرگتر از ۵۰٪ است.	حداکثر (pu)	۱/۲۴	۲/۱۷	۱/۸۸	۲/۷۸	۱/۹۴	۲/۴۵	۲/۲۰	۳/۵۴
	متوسط (pu)	۱/۱۸	۱/۸۵	۱/۵۱	۲/۲۴	۱/۷۴	۲/۰	۱/۶۳	۲/۷۴
	حداقل (pu)	۱/۱۱	۱/۶۲	۱/۳۱	۱/۸۱	۱/۶۲	۱/۵۲	۱/۳۲	۱/۸۹
برای خطوط انتقالی که میزان جبران سازی موازی در آنها کمتر از ۵۰٪ است.	حداکثر (pu)	۱/۹۹	۲/۵۹	۲/۲۰	۲/۹۰	۱/۸۰	۳/۴۸	۲/۱۴	۳/۶۶
	متوسط (pu)	۱/۵۵	۱/۹۰	۱/۷۷	۲/۳۱	۱/۵۲	۲/۵۵	۱/۷۲	۲/۹۰
	حداقل (pu)	۱/۲۷	۱/۴۱	۱/۳۵	۱/۶۶	۱/۲۰	۱/۴۶	۱/۳۷	۲/۱۴
توجه: هر پریونیت معادل است با $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}E_m$ ، که E_m حداکثر ولتاژ کاری خط مورد مطالعه می‌باشد.									

نسبت $\frac{V_3}{E_2}$ به عوامل مختلفی همچون میزان SSFOR طراحی، وضعیت پروفیل اضافه ولتاژها در طول خط انتقال، شکل توزیع آماری اضافه ولتاژها و همچنین خصوصیات آماری استقامت عایقی خط انتقال وابسته است. این نسبت را می‌توان با استفاده از رابطه زیر و اطلاعات ارائه شده در جداول (۲-۲) و (۳-۲) محاسبه نمود:

$$\frac{V_3}{E_2} = K_f K_G \quad (۲-۱۰)$$

که در آن کمیت‌های K_G, K_f با استفاده از اطلاعات ارائه شده در جداول (۲-۲) و (۳-۲) استخراج می‌شوند. در مورد خطوط طویل میزان اضافه ولتاژی که در یک زمان به برج‌های مختلف خط انتقال اعمال می‌شوند با یکدیگر متفاوت است (برج‌های دورتر از محل اصابت موج ضربه، اضافه ولتاژ بیشتری را تجربه می‌کنند)، علاوه بر این افزایش تعداد برج‌ها نیز احتمال خروج خط انتقال را به واسطه اعمال اضافه ولتاژ تحت تاثیر قرار می‌دهد. لذا در جدول (۲-۲) ضریب K_f براساس دو کمیت $\frac{\sigma_f}{CFO}$ و n_e انتخاب می‌گردد. میزان $\frac{\sigma_f}{CFO}$ برای خطوط انتقال نوعاً برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته می‌شود [۱]. از آنجا که در برخی مراجع مقادیر متفاوتی برای این کمیت ارائه شده‌اند (به عنوان مثال در مرجع [۵] مقدار ۰/۰۶ پیشنهاد شده است)، در جدول (۲-۲) مقادیر دیگری برای این کمیت ارائه شده‌اند که بسته به مقدار انتخاب شده بوسیله طراح، سایر اطلاعات را می‌توان با استفاده از درونیابی استخراج نمود. مقدار کمیت n_e نیز از رابطه زیر تعیین می‌شود [۱]:

$$\begin{cases} n_e = \frac{0.4}{1-\gamma} \cdot \frac{\sigma_f}{CFO} \cdot n & \text{If } \gamma < 1 - 0.4 \frac{\sigma_f}{CFO} \\ n_e = n & \text{If } \gamma \geq 1 - 0.4 \frac{\sigma_f}{CFO} \end{cases} \quad (۲-۱۱)$$

$$\gamma = \frac{E_s}{E_R} = 1 - 0.15(E_2 - 1)$$

که در آن:

n_e : تعداد برج‌های معادل خط انتقال بوده که اثر پروفیل ولتاژ و تعدد برج‌ها در آن لحاظ شده است.

n : تعداد متوسط برج‌هایی که در طول خط انتقال مورد استفاده قرار می‌گیرند.

γ : نشان‌دهنده نحوه توزیع پروفیل اضافه ولتاژها در امتداد خط است.

E_R, E_s : به ترتیب نشان‌دهنده میزان اضافه ولتاژهایی هستند که در یک زمان به ابتدا و انتهای خط اعمال می‌شوند.

توجه:

در رابطه (۲-۱۱) معادله ارائه شده برای محاسبه γ تقریبی بوده و در صورت اطلاع از پروفیل واقعی اضافه ولتاژها در طول خط، استفاده از مقدار واقعی γ پیشنهاد می‌شود.



جدول ۲-۲: کمیت K_f برای تعیین معیار هماهنگی عایقی $\frac{V_3}{E_2}$ در رابطه (۲-۱۰)

مقدار کمیت K_f برای $\frac{\sigma_f}{CFO}$ برابر است با:			η_e
۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۲	
۰/۷۹۰۰	۰/۸۵۰۰	۰/۹۴۰۰	۱
۰/۸۵۷۸	۰/۹۰۰۹	۰/۹۶۱۷	۵
۰/۸۸۲۶	۰/۹۱۸۹	۰/۹۶۹۱	۱۰
۰/۹۰۵۷	۰/۹۳۵۳	۰/۹۷۵۶	۲۰
۰/۹۳۴۱	۰/۹۵۵۳	۰/۹۸۳۳	۵۰
۰/۹۵۴۵	۰/۹۶۹۳	۰/۹۸۸۷	۱۰۰
۰/۹۷۴۲	۰/۹۸۲۷	۰/۹۹۳۷	۲۰۰
۰/۹۹۹۳	۰/۹۹۹۶	۰/۹۹۹۸	۵۰۰
۱/۰۱۷۸	۱/۰۱۱۸	۱/۰۰۴۲	۱۰۰۰
۱/۰۳۶۰	۱/۰۲۳۶	۱/۰۰۸۴	۲۰۰۰

جدول ۲-۳: کمیت K_G برای تعیین معیار هماهنگی عایقی $\frac{V_3}{E_2}$ در رابطه (۲-۱۰ ب)

مقدار کمیت K_G با فرض توزیع نرمال برای اضافه ولتاژها و برای $\frac{\sigma_0}{E_2}$ برابر است با:				میزان SSFOR طراحی بر حسب تعداد قطعی‌ها در هر ۱۰۰ بار کلیدزنی
۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۵	
۰/۸۱۸۱	۰/۸۷۸۷	۰/۹۱۵۱	۰/۹۳۹۴	۱۰
۰/۸۸۴۱	۰/۹۲۲۸	۰/۹۴۵۹	۰/۹۶۱۴	۵
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱
۱/۰۴۰۹	۱/۰۲۷۳	۰/۰۱۹۱	۱/۰۱۳۶	۰/۵
۱/۰۸۹۷	۱/۰۵۹۸	۱/۰۴۱۹	۱/۰۲۹۹	۰/۲
۱/۱۲۳۶	۱/۰۸۲۴	۱/۰۵۷۷	۱/۰۴۱۲	۰/۱

گام چهارم:

مقداری از CFO که خط انتقال تحت شرایط محیطی مسیر (CFO_A) می‌بایستی دارا باشد از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$CFO_A = \frac{V_3}{1 - 3 \frac{\sigma_f}{CFO}}$$

(۲-۲)



گام پنجم:

حداقل فاصله هوایی مجاز جهت حصول به SSFOR مطلوب از رابطه زیر، تعیین می‌شود [۷]:

$$S_s = \frac{8}{\frac{0.96(3400)K_g \delta^m}{CFO_A} - 1} \quad (۱۳-۲)$$

که در آن:

S_s : حداقل فاصله هوایی مجاز جهت حصول به SSFOR مطلوب، برحسب متر

δ : ضریب تصحیح ارتفاع یا چگالی هوا بوده که از رابطه (۲-۷) تعیین می‌شود.

K_g : ضریب شکل فاصله هوایی می‌باشد. مقدار این ضریب برای فاز میانی برج (فازی که از داخل پنجره برج عبور می‌کند) برابر

۱/۲۵ و برای فازهای بیرونی که بر روی بازوهای برج قرار می‌گیرند برابر ۱/۴۵ پیشنهاد شده است [۸].

m : مقدار این کمیت از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$m = 1.25G_0(G_0 - 0.2)$$

$$G_0 = \frac{CFO_s}{500S_s} \quad (۱۴-۲)$$

$$CFO_s = 0.96K_g \frac{3400}{1 + (8/S_s)}$$

همانطور که از روابط (۲-۱۳) و (۲-۱۴) مشاهده می‌گردد، تعیین S_s مستلزم انجام عملیاتی مبتنی بر تکرار است. برای این کار

ابتدا مقدار S_s از رابطه (۲-۱۳) با فرض مقدار اولیه $m=0.5$ تعیین می‌گردد، سپس با استفاده از معادله (۲-۱۴) مقدار جدیدی برای m محاسبه شده و با استفاده از این مقدار جدید و رابطه (۲-۱۳) مقدار جدیدی برای S_s بدست می‌آید. این رویه چندین بار تکرار می‌گردد تا به ازای خطای ناچیز، مقدار نهایی S_s حاصل شود.

گام ششم:

با استفاده از مقدار استخراج شده برای S_s ، طول زنجیره مقره و تعداد مقره‌های موردنیاز جهت حصول به SSFOR مطلوب تعیین می‌گردد. طول زنجیره مقره برابر ۱/۰۵ تا ۱/۱ حداقل فاصله هوایی مجاز S_s در نظر گرفته می‌شود [۶]. پس از تعیین طول زنجیره مقره برای فازهای مختلف برج، با توجه به طول واحدهای مقره‌ای مورد استفاده در زنجیره مقره می‌توان تعداد واحدهای مقره‌ای موردنیاز را از دیدگاه SSFOR مطلوب تعیین نمود.

۲-۳-۲-۲- روش انتخاب مقره‌ها با توجه به ولتاژهای فرکانس قدرت و آلودگی

یکی از عواملی که همواره به عنوان تحدیدی برای تداوم برق‌رسانی شناخته شده عبارت است از کاهش تدریجی کیفیت عایقی خطوط انتقال به علت قرارگیری در مناطق آلوده، به طوریکه دوائر نشست آلودگی بر روی سطح مقره‌ها به تدریج خاصیت عایقی آنها کاهش یافته و جرقه‌های جزئی بر روی سطح آنها مشاهده گردد. اصولاً خاصیت عایقی مقره‌ها در حضور آلودگی همراه با

رطوبت به شدت تقلیل می‌یابد. درجه آلودگی و تاثیر آن در کاهش میزان استقامت عایقی مقره‌ها تابعی است از نوع آلودگی، درصد مواد و املاح موجود در مواد آلوده‌کننده. به عبارت دیگر قابلیت اطمینان خطوط انتقال نیرو از این دیدگاه تابعی است از شرایط مسیر عبور خط انتقال و برحسب اینکه از خط چه منطقه‌ای عبور می‌کند و یا نوع املاح آلوده‌کننده، رطوبت هوا، درجه حرارت محیط و دیگر شرایط منطقه چه باشد، نوع مقره‌ها و تعداد آنها در زنجیره مقره تغییر می‌یابد.

ابتدایی‌ترین راه برای مقابله با پدیده آلودگی افزایش فاصله خزشی زنجیره مقره است، اما استفاده از این روش در برخی مناطق که میزان آلودگی در آنجا بسیار سنگین بوده می‌تواند مشکلاتی را به همراه داشته باشد. به عنوان مثال دست‌یافتن به فاصله خزشی مورد نیاز ممکن است مستلزم استفاده از زنجیره مقره‌های طولی باشد که می‌توانند منجر به افزایش فواصل هوایی مورد نیاز در برج گردند و این مسئله از لحاظ فنی و اقتصادی قابل قبول نمی‌باشد. از طرف دیگر طراحی و ساخت مقره‌های معمولی که جهت مناطق آلوده مورد استفاده قرار می‌گیرند علاوه بر مشکلات فنی و اجرایی خاص خود (درهنگام ساخت، حمل و نقل، نصب و نگهداری) در برخی موارد نیز از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست. براین اساس انتخاب مقره‌ها با توجه به ولتاژهای فرکانس قدرت و آلودگی، بویژه در مناطقی که میزان آلودگی در آنها بسیار سنگین یا ویژه می‌باشند، مستلزم بررسی‌های خاصی خواهد بود. با انجام این بررسی‌ها طراح تصمیم می‌گیرد که یک یا تعدادی از تدابیر زیر را انتخاب نماید:

- افزایش فاصله خزشی زنجیره مقره
- اثر ضریب شکل مقره
- استفاده از مقره‌های مخصوص مناطق آلوده (مانند مقره‌های ضد مه)
- شستشوی دوره‌ای
- گریسکاری مقره‌ها
- استفاده از مقره‌های با لعاب نیمه هادی^۱
- استفاده از مقره‌های ترکیبی
- استفاده از مقره‌های یکپارچه^۲

در ادامه روش انتخاب مقره‌ها براساس ولتاژهای فرکانس قدرت و آلودگی، با استفاده از دستورالعمل‌های ارائه‌شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۸۱۵، ارائه می‌گردد [۹]. دستورالعمل‌های ارائه‌شده در استاندارد مذکور برای مقره‌های شیشه‌ای و چینی متداولی که در خطوط انتقال بکار می‌روند مورد استفاده قرار می‌گیرد و استفاده مستقیم از مطالب آن برای مقره‌های خاصی همچون مقره‌های ترکیبی و مقره‌های با لعاب نیمه هادی توصیه نمی‌شود. درچنین مواردی می‌توان از توصیه‌های ارائه‌شده از سوی سازندگان مقره‌ها، که با دلایل متقن به اثبات رسیده باشد، استفاده نمود.

روش گام‌به‌گام طراحی به شرح ذیل می‌باشد:

گام اول:



1 . Semiconducting glaze insulators

2 . Long rod

سطح آلودگی موردانتظار در مسیر خط انتقال تعیین می‌گردد. مطابق استاندارد IEC این سطوح به چهارگروه : سبک، متوسط، سنگین و خیلی سنگین تقسیم‌بندی می‌شوند. برای تعیین سطح آلودگی مورد انتظار در مسیر خط انتقال می‌توان از اطلاعات ارائه شده در گزارش "طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و محیطی" استفاده نمود.

گام دوم:

براساس سطح آلودگی مورد انتظار در مسیر خط انتقال، مطابق جدول (۲-۴) حداقل فاصله خزشی نامی برحسب میلی‌متر بر کیلوولت حداکثر ولتاژ فاز- فاز سیستم، تعیین می‌شود.

جدول ۲-۴: حداقل فاصله خزشی نامی با توجه به سطح آلودگی موردانتظار در مسیر خط انتقال

سطح آلودگی	حداقل فاصله خزشی نامی برحسب میلی‌متر بر کیلوولت حداکثر ولتاژ فاز- فاز سیستم
سبک	۱۶
متوسط	۲۰
سنگین	۲۵
خیلی سنگین	۳۱

توجه:

- در مناطقی که میزان آلودگی در آنجا ناچیز است، می‌توان از فواصل خزشی کمتر از ۱۶ نیز استفاده نمود اما حد پایین این فاصله نمی‌بایستی کمتر از ۱۲ باشد.
- در مناطقی که میزان آلودگی در آنجا بسیار زیاد یا ویژه می‌باشد، میزان فاصله خزشی ۳۱ ممکن است کفایت ننماید که در چنین مواردی براساس تجارب و نتایج آزمونهای آزمایشگاهی می‌توان مقادیر بزرگتری از فاصله خزشی را مورد استفاده قرار داد. در برخی موارد شاید استفاده از گزینه‌های دیگری همچون : شستشوی دوره‌ای مقره‌ها، گریس‌زدن مقره‌ها و ... مناسب‌تر باشد.

گام سوم:

کل فاصله خزشی مورد نیاز در زنجیره مقره از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$L_e = E_m CD_1 K_D \quad (۲-۱۵)$$

که در آن:

L_e : کل فاصله خزشی مورد نیاز در زنجیره مقره، برحسب میلی‌متر

E_m : حداکثر مقدار مؤثر ولتاژ فاز- فاز فرکانس قدرت سیستم، برحسب کیلوولت

CD_1 : حداقل فاصله خزشی نامی برحسب میلی‌متر بر کیلوولت می‌باشد که در گام دوم تعیین شده است.

K_D : اثر ضریب شکل است که با متوسط قطره مقره افزایش می‌یابد. این ضریب به صورت زیر بدست می‌آید:

$$K_D = 1$$

برای $D_m < 300mm$

برای $300 < D_m \leq 500 \text{ mm}$ $K_D = 1/1$

برای $D_m > 500 \text{ mm}$ $K_D = 1/2$

که در رابطه‌های فوق D_m قطر متوسط مقره می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد IEC شماره ۶۰۳۸۳-۱ مراجعه شود.

گام چهارم:

با استفاده از مقدار استخراج شده برای L_e ، طول زنجیره مقره، تعداد و نوع مقره‌ها جهت حصول به عملکرد رضایت بخش خط انتقال در شرایط آلودگی منطقه‌ای که خط از آن عبور می‌کند، تعیین می‌شود. مقره‌های مورد استفاده در محیط‌های آلوده دارای ابعاد و اشکال خاصی می‌باشند. مشخصات ابعادی که این قبیل مقره‌ها می‌بایستی دارا باشند در استاندارد IEC شماره ۶۰۸۱۵ ارائه شده‌اند. پس از انتخاب نوع خاصی از مقره‌ها، تعداد مقره‌ها با تقسیم کردن L_e بر طول فاصله خزشی مقره انتخاب شده بدست می‌آید و در نهایت طول زنجیره مقره با ضرب کردن تعداد مقره‌ها در طول نامی یکی از مقره‌ها تعیین می‌شود.

۲-۲-۴- کرونا و تداخلات رادیویی^۱

تخلیه الکتریکی ناقص یا کرونا سبب انتشار امواجی با فرکانس بالا می‌شود که به نوبه خود سبب ایجاد پارازیت و نویز در گیرنده‌های رادیویی نزدیک می‌گردد. در سطوح ولتاژی بالا این اثرات بسیار مهم بوده و حتی از بررسی میزان تلفات کرونا نیز دارای اهمیت بیشتری خواهد بود. تداخل در امواج رادیویی در هوای بارانی و مرطوب بیشتر بوده و می‌تواند مزاحم جدی برای ساکنان مجاور خط انتقال باشد.

در خطوط انتقال، نویز رادیویی باید حتی‌الامکان کم باشد به طوری که نویز رادیویی ناشی از کرونا بر روی هادی و همچنین بر روی زنجیره مقره هر دو از حدود مجاز تجاوز ننمایند. در عمل بیان اینکه چه سطحی از تداخلات رادیویی موجب نویز غیرمجاز می‌شود بسیار مشکل است. این بدان معنی است که همیشه مقداری سطح تداخل در محیط (بدون وجود خط و ناشی از عوامل دیگر) وجود دارد. از سوی دیگر شدت سیگنال دریافتی رادیویی در محل نیز بسیار مهم است. خط انتقالی که در اطراف شهرها به علت پایین بودن سطح تداخل رادیویی در محیط و همچنین پایین بودن شدت سیگنال رادیویی دریافتی به عنوان خط اغتشاشی محسوب می‌گردد در یک منطقه شهری که سطح اغتشاشات محیطی و نیز شدت سیگنال دریافتی رادیویی قوی می‌باشد به عنوان خط با اغتشاش کم مطرح می‌شود. به همین دلیل از واژه سیگنال به نویز (SNR) برای روشن شدن این مسئله استفاده می‌شود. این واژه به معنای نسبت قدرت متوسط سیگنال در یک باند رادیویی به قدرت متوسط سطح نویز در همان باند رادیویی می‌باشد. عموماً در طراحی خطوط انتقال میزان نویز به حدی کاهش داده می‌شود که نسبت سیگنال به نویز بیش از ۲۰ دسی بل باشد. استاندارد IEC شماره ۶۰۴۳۷ نحوه اندازه‌گیری تداخلات رادیویی را برای مقره‌های خشک و تمیز بیان نموده است. علاوه بر این از استانداردهای NEMA شماره ۱۰۷ و ANSI C29.1 نیز می‌توان برای مقاصد ذکر شده استفاده نمود.

در عمل با انتخاب پراک‌آلات مناسب برای زنجیره مقره (همچون رینگهای کرونا) می‌توان به نحو مؤثری از بروز پدیده کرونا و تداخلات رادیویی در زنجیره مقره جلوگیری نموده و یا حداقل شدت آن را کاهش داد.

۲-۲-۵- حداقل فاصله هوایی مجاز بین هادی‌های فاز و برج

در طراحی خطوط انتقال نیرو علاوه بر اینکه پارامترهای الکتریکی نقش بسیار مؤثری را ایفا می‌کنند، عوامل دیگری نیز آنها را دچار مخاطره می‌سازند که از جمله می‌توان به تاثیر باد و یخ اشاره نمود. باد و طوفان یکی از عوامل مؤثر در کاهش فاصله بین فازها یا فاصله فازها با بدنه برج‌ها می‌باشند. زنجیره مقره‌هایی که به صورت V شکل به برج وصل می‌شوند در اثر وزش باد، خیلی کم منحرف می‌شوند، حال آنکه میزان انحراف در مقره‌های آویزان یا I شکل زیاد بوده و باید در تعیین حداقل فاصله هوایی مجاز بین هادی‌های فاز و برج مورد توجه و محاسبه قرار گیرند.

همانطور که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است، بامشخص بودن طول زنجیره مقره، S_L ، طول بخش آویزی بازوی برج که زنجیره مقره به آن متصل است، H_L ، و طول بخش پائینی که هادی به آن متصل است می‌توان طول بخش معلق زنجیره مقره و متعلقات آن، L ، را تعیین نمود.

دایره‌ای به شعاع $S+r$ از مرکز هادی فاز رسم می‌گردد (S حداقل فاصله هوایی مجاز می‌باشد و برابر بزرگترین مقدار S_S, S_L بدست آمده از نتایج بندهای ۲-۲-۲ و ۳-۲-۲ در نظر گرفته می‌شود و r نیز شعاع معادل هادی فاز و بخشهای فلزی است که زنجیره مقره را به هادی فاز متصل می‌کند). کلیه بخشهای زمین شده برج می‌بایستی خارج از این دایره قرار گیرند. به عبارت دیگر تحت حداکثر زاویه انحراف زنجیره مقره‌ها، α_S ، مطابق شکل (۱-۲) روابط زیر می‌بایستی برقرار باشند:

$$S_H \geq A_L - L \sin \alpha_S - r$$

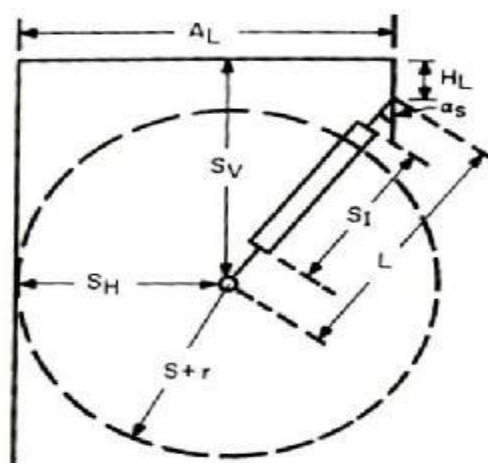
$$S_V \geq H_L + L \cos \alpha_S - r \quad (۱۶-۲)$$

$$S_L \geq 1.05S$$

که در آن:

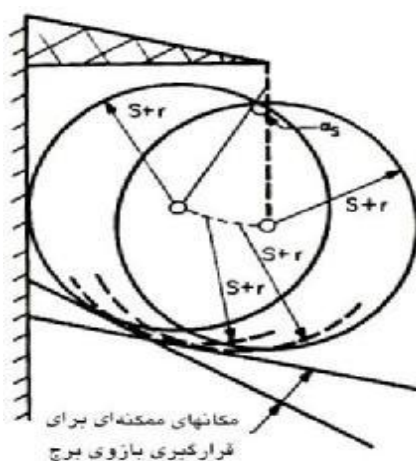
S_H : حداقل فاصله افقی مجاز بین بیرونی‌ترین بخش برقدار زنجیره مقره و بدنه برج تحت حداکثر زاویه انحراف زنجیره مقره
 S_V : حداقل فاصله عمودی مجاز بین بیرونی‌ترین بخش برقدار زنجیره مقره و بدنه یا بازوی برج تحت حداکثر زاویه انحراف زنجیره مقره
 A_L : طول افقی بازوی برج می‌باشد.

درمورد برخی از برجها، همچون برجهای دומداره، فاز دیگر مستقیماً در زیر فاز بالایی قرار می‌گیرد. در این حالت نیز فاصله هوایی مجاز بین هادی‌های فازهای فوقانی و بازوی زمین شده برج که در پایین آنها قرار دارد تحت نوسانهای زنجیره مقره می‌بایستی از حد مجاز کمتر نباشد. به عبارت دیگر حداقل فاصله S می‌بایستی تحت نوسانهای زنجیره مقره بین نقاط برقدار زنجیره مقره و بخشهای فلزی زمین شده برج برقرار باشد. وضعیت مربوط به این حالت به همراه دو محل ممکن برای قرارگیری بازوی پایینی برج در شکل (۲-۲) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱: حداقل فاصله هوایی مجاز بین هادی‌های فاز، بدنه و بازوی فوقانی برج تحت حداکثر انحراف زنجیره مقره برای زنجیره مقره I شکل.

توجه: محاسبات فواصل فوق مربوط به حداکثر انحراف زنجیره است و در مورد انحراف نرمال زنجیره می‌بایست ولتاژ فرکانس قدرت نیز بازیابی شود.



شکل ۲-۲: حداقل فاصله هوایی مجاز بین هادی‌ها فاز، بدنه، بازوی فوقانی و بازوی تحتانی برج تحت حداکثر انحراف زنجیره مقره برای زنجیره مقره I شکل.

۲-۳- انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای مکانیکی

مقره‌های خط انتقال می‌بایستی از نظر استقامت مکانیکی چنان باشند که بتوانند نیروهای وارد بر زنجیره مقره را در شرایط طبیعی و نرمال، از جمله وزن هادی، نیروی وارد بر مقره در اثر زاویه‌دار بودن خط، نیروی باد و نیروهای ناشی از وزن یخ و برف به راحتی

تحمل کنند و همچنین تحمل نیروهای غیرطبیعی ناشی از تخلیه ناگهانی برف و یخ از روی هادی، پارگی سیم، شکستن یک زنجیره مقره و غیره را داشته باشد. همچنین مقره‌ها باید قابلیت اطمینان طولانی مدت را داشته باشند. برای مقره‌های آویزی که می‌توانند در امتداد مسیر خط حرکت آزادانه داشته باشند نیروی افقی در جهت خط انتقال در نظر گرفته نمی‌شود. این نیرو تنها برای مقره‌های فاقد حرکت همچون مقره‌های اتکایی خط به حساب می‌آید.

به هنگام انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای مکانیکی می‌بایستی نتایج محاسبات بارگذاری مربوط به شرایط بارگذاری منطقه عبور خط مورد توجه قرار گیرد. در ادامه رویه انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای مکانیکی برای زنجیره مقره‌های آویزی، V شکل و کششی تشریح می‌گردد.

۲-۳-۱- انتخاب مقره‌ها در زنجیره مقره‌های آویزی

نیروی قائمی که از طرف هادی بر زنجیره مقره اعمال می‌شود از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P_v = (W_c + W_s).S_m + \left(\frac{h_1}{S_1} + \frac{h_2}{S_2}\right)T \quad (۱۷-۲)$$

که در آن:

P_v : بار قائم وارد بر زنجیره مقره، برحسب کیلوگرم، ناشی از یک هادی

S_m : متوسط طول اسپن، $\frac{1}{2}(S_1 + S_2)$ ، برحسب متر

S_1 : طول اسپن از برج بعدی تا برج مورد مطالعه، برحسب متر

S_2 : طول اسپن از برج قبلی تا برج مورد مطالعه، برحسب متر

h_1 : اختلاف ارتفاع برج مورد مطالعه با برج قبلی، برحسب متر

h_2 : اختلاف ارتفاع برج مورد مطالعه با برج بعدی، برحسب متر

T : کشش هادی، برحسب کیلوگرم

W_c : وزن واحد طول هادی، برحسب کیلوگرم بر متر

W_s : وزن یخ قرار گرفته روی هادی، برحسب کیلوگرم بر متر است و از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$W_s = \frac{\pi}{4}[(d + 2t)^2 - d^2] \times 0.9 \times 10^3 \quad (۱۸-۲)$$

که در آن t ضخامت یخ قرار گرفته بر روی هادی برحسب متر و d قطر هادی برحسب متر است.

نکته:

در صورتیکه برج مورد مطالعه بلندتر از برج قبلی و یا بعدی باشد علامت h مثبت خواهد بود و در صورتیکه برج مورد مطالعه کوتاه‌تر از برج قبلی و یا بعدی باشد علامت h منفی خواهد بود.

نیرویی که در جهت افقی و در امتداد عمود بر مسیر خط انتقال از طرف هادی بر زنجیره مقره اعمال می‌شود از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$P_A = W_w.S_m + 2T \sin \frac{\theta}{2} \quad (۱۹-۲)$$



که در آن :

P_A : نیروی عمود بر امتداد خط، برحسب کیلوگرم، ناشی از یک هادی

θ : زاویه انحراف خط در محل دکل مورد مطالعه (درمورد خطوط مستقیم مقدار θ برابر صفر است)، برحسب درجه

W_W : نیروی ناشی از باد بر واحد طول هادی، برحسب کیلوگرم بر متر که از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$W_W = 0.0625 R_d C_d V^2 (d + 2t) \quad (20-2)$$

که در آن:

V : سرعت باد، برحسب متر بر ثانیه

C_d : ضریب دینامیک هوا که برای سیم‌هایی با قطر بیش از ۱۵ میلیمتر برابر با یک و برای سیم‌های با قطر کمتر از ۱۵ میلیمتر

برابر با ۱/۲ در نظر گرفته می‌شود.

R_d : ضریب کاهش طول بادخور خط انتقال بوده که از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$\begin{cases} R_d = 1 & S_m < 100m \\ R_d = \frac{600 - S_m}{500} & 100 < S_m < 300m \\ R_d = 0.6 & S_m > 300m \end{cases} \quad (21-2)$$

در مورد مقره‌های آویزی باید استقامت مکانیکی آنها طوری در نظر گرفته شود که از حداکثر نیروی کشش وارد بر مقره در حالت معمولی و در بدترین شرایط غیرطبیعی بیشتر باشد تا مانع از هم‌گسیختگی زنجیره مقره گردد.

حداکثر کششی که در شرایط طبیعی برای مقره در نظر گرفته می‌شود شامل وجود یخ و باد می‌باشد که در این حالت برآیند نیروهای وارد بر زنجیره مقره به ازای هر هادی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R = \sqrt{(P_V + W_i)^2 + (P_A + H_i)^2} \quad (22-2)$$

که در آن:

R : نیروی برآیند وارد بر زنجیره مقره، برحسب کیلوگرم، به ازای یک هادی

H_i : نیروی عمود بر امتداد خط در اثر فشار باد بر زنجیره مقره، برحسب کیلوگرم

W_i : وزن زنجیره مقره برحسب کیلوگرم می‌باشد.

چنانچه N تعداد هادی‌های هر فاز (تعداد هادی باندل) و SF ضریب اطمینان در نظر گرفته شده برای کشش و P استقامت مکانیکی زنجیره مقره باشد، انتخاب مقره از نظر مکانیکی می‌بایستی چنان باشد که در رابطه زیر صدق کند:

$$P \geq SF \times N \times R \quad (23-2)$$

در شرایط خاص (شرایط غیرطبیعی) نیروی وارد بر زنجیره مقره ممکن است خیلی بیشتر از مقدار فوق باشد. معمولاً بدترین شرایط غیرطبیعی که برای زنجیره مقره از نظر مکانیکی در نظر گرفته می‌شود وقتی است که هادی یا هادی‌هایی از یک طرف مقره پاره شوند و مقره تحت کشش قرار گیرد. تحت چنین شرایطی نیروی وارد بر زنجیره مقره تقریباً برابر با نیروی کشش هادی در سمت

دیگر مقره خواهد بود. برای لحاظ شرایط غیرطبیعی و پدیده‌های دینامیکی اعمال شده به مقره، مقدار ضریب ایمنی SF را بسته به شرایط محیطی مسیر خط انتقال و قابلیت اطمینان مورد نیاز نوعاً بزرگتر از ۲/۵ در نظر می‌گیرند. نیروی باد نیز معمولاً برحسب سرعت باد ۴۰ متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۲- انتخاب مقره‌ها در زنجیره مقره‌های V شکل

در خطوط انتقال برای کاهش حریم جانبی خطوط و نیز کاهش فاصله بین فازهای مختلف می‌بایستی حتی‌الامکان از حرکت هادی‌ها در جهت عرضی جلوگیری نمود. برای این منظور به جای زنجیره مقره‌های آویزی به صورت معمول از ترکیب V شکل استفاده می‌شود. در این حالت طراحی مکانیکی زنجیره مقره می‌بایستی دارای شرایط زیر باشد:

- چون بازوهای ترکیب V شکل از ترکیب سری مقره‌ها ساخته می‌شود، در حالت معمولی به صورت منحنی شنت قرار می‌گیرند و برای اینکه بازوها به صورت مستقیم قرار گیرند و از حالت خمیده خارج شوند، نیروی عمودی وارد بر مقره‌ها باید حداقل ۵۰۰ کیلوگرم باشد. (برای مقره‌های کامپوزیتی این نیرو از ۵۰۰ کیلوگرم کمتر است) یعنی می‌بایستی:

$$[NW_c S_m + N(\frac{h_1}{S_1} + \frac{h_2}{S_2})T] \geq 500 \text{ Kg} \quad (24-2)$$

- در شرایطی که نیروی عمود بر امتداد خط کوچکتر از نصف نیروی عمود وارد بر مجموعه مقره‌ها باشد می‌توان گفت که تقریباً نقطه آویز هادی جابجایی عرضی نخواهد داشت، این شرط ایجاب می‌کند که رابطه زیر برقرار باشد:

$$\frac{W_w \times S_m + 2T \sin \frac{\theta}{2}}{W_c S_m + (\frac{h_1}{S_1} + \frac{h_2}{S_2})T} \leq \frac{1}{2} \quad (25-2)$$

در این حالت، W_w نیروی ناشی از باد بر واحد طول هادی است (با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه).

- برای بادهای با نیروی بیشتر در جهت عمود بر امتداد خط که باعث انحراف عرضی نقطه آویز هادی می‌شوند، نیرو فقط توسط بازویی تامین خواهد شد که در سمت وزش باد قرار دارد. بنابراین این بازو به تنهایی باید تحمل کشش موجود را داشته باشد. در این حالت معمولاً سرعت ۴۰ متر بر ثانیه به عنوان حداکثر سرعت باد در نظر گرفته می‌شود و نیروی کششی وارد بر بازوی مربوطه از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$R' = \sqrt{(P_v + W'_i)^2 + (P_A + H'_i)^2} \quad (26-2)$$

که در آن W'_i وزن یک بازوی مقره V شکل و H'_i نیروی باد بر بازوی مزبور می‌باشد.

انتخاب مقره می‌بایستی به گونه‌ای صورت گیرد که استقامت مکانیکی آن (P) در رابطه زیر صدق نماید:

$$P \geq SF.N.R' \quad (27-2)$$

که در آن کلیه پارامترها همانند قبل تعریف می‌شوند.



۲-۳-۳- انتخاب مقره‌ها در زنجیره مقره‌های کششی

در این حالت زنجیره مقره مستقیماً تحت نیروی کشش هادی قرار دارد و بنابراین برای مجموعه‌هایی که فقط شامل یک زنجیره مقره می‌باشند انتخاب مقره می‌بایستی به گونه‌ای صورت گیرد که استقامت مکانیکی آن (P) در رابطه زیر صدق نماید:

$$P \geq SF.N.T_m \quad (2-28)$$

که در آن T_m حداکثر کشش کاری هادی برحسب کیلوگرم است و سایر پارامترها همانند قبل تعریف می‌شوند. برای مواردی که مجموعه مقره‌ها شامل دو یا تعداد بیشتری رشته موازی می‌باشند می‌بایستی اولاً نیروی وارد بر کل مجموعه به نسبت مساوی بین رشته‌ها تقسیم گردد، که این مسئله بستگی به دقت نصب و ترکیب صحیح یراق آلات استفاده شده در زنجیره مقره دارد و ثانیاً هر کدام از رشته‌ها می‌بایستی قادر باشند بارهای اضافی که به جهت گسیختن یک رشته از مجموعه به آنها اعمال می‌گردد را تحمل نمایند. برای این منظور باید حداقل استقامت مکانیکی مقره‌ها چنان باشد که بار اعمال شده بر رشته‌های سالم در هنگام گسیختن یک رشته بیشتر از بار نقطه تسلیم^۱ مواد تشکیل دهنده مقره‌ها نباشد.

بار نقطه تسلیم برای زنجیره مقره برابر ۶۰ درصد استقامت شکست^۲ آن و برای یراق آلات برابر ۵۵ درصد استقامت شکست آنها در نظر گرفته می‌شود. اگر کشش اعمال شده بر رشته‌های سالم بعد از گسیختن یک رشته برابر T_B و بار نقطه تسلیم رشته‌های سالم برابر P_0 باشد، باید داشته باشیم [۱۰]:

$$P_0 \geq T_B$$

$$T_B = \alpha.T_A \quad (2-29)$$

که در آن T_A میزان نیروی کششی متحمل شده بوسیله هریک از رشته‌ها قبل از پاره شدن یکی از رشته‌ها برحسب کیلوگرم است (هنگامی که کشش هادی‌ها برابر ۷۰ درصد حداکثر کشش کاری هادی در نظر گرفته شده باشد) و α نسبت ضربه^۳ بوده که مقدار آن در مورد زنجیره مقره‌های کششی بسته به آرایش زنجیره مقره متغیر می‌باشد. آزمون‌ها نشان داده است که مقدار مناسب برای α در هنگام طراحی زنجیره مقره‌های کششی دورشته‌ای تحت بدترین شرایط برابر ۳ و برای زنجیره مقره‌های کششی سه رشته‌ای مجهز به یوغهای متعادل کننده^۴ برابر ۲ می‌باشد (برای اطلاعات بیشتر به Technical guide, NGK Insulators, Gt. No.91R مراجعه شود).

۲-۴- انتخاب نهایی مقره‌ها

گزینش نهایی مقره‌ها براساس معیارهای فنی و اقتصادی مؤثر در طراحی خط انتقال نیرو صورت می‌پذیرد، در این انتخاب نهایی ملاک‌های زیر می‌بایستی در نظر گرفته شوند:

- مقره‌های انتخاب شده می‌بایستی هر دو معیارهای الکتریکی و مکانیکی بندهای (۲-۲) و (۳-۲) را برآورده سازند.
- مقره‌های انتخاب شده می‌بایستی قابلیت اطمینان خود را در طولانی مدت از دست ندهند.
- مقره‌های انتخاب شده به همراه آرایش زنجیره مقره می‌بایستی به یک طرح بهینه از لحاظ فنی و اقتصادی منجر شود.

1 . Yield point
2 . Breaking strength
3 . Impact ratio
4 . Balance yokes



- در صورت استفاده از تجهیزات حفاظتی همچون جرقه‌گیرها، برقگیرها و رینگ‌های کرونا در زنجیره مقره، می‌بایستی مشخصات این قبیل تجهیزات نیز در هنگام انتخاب مقره‌ها مورد توجه قرار گیرد.
- در چنین مواردی پیشنهاد می‌شود که از اطلاعات ارائه شده از سوی سازندگان مقره‌ها و این قبیل تجهیزات حفاظتی استفاده گردد.

۲-۵- یک نمونه از طراحی

- در این بخش یک مثال کاربردی از انتخاب مقره‌ها در یک خط انتقال ۴۰۰ کیلوولت ارائه می‌شود. اطلاعات ورودی مورد نیاز با توجه به سایر نیازمندیهای خط مذکور به شرح ذیل می‌باشد:
- طراحی خط با فرض امکان استفاده از هر سه نوع آرایش زنجیره مقره‌های آویزی، V شکل و کششی صورت گرفته است.
- هر فاز این خط تک مداره از دو هادی ACSR از نوع CURLEW که در یک باندل ۴۵۰ میلیمتری قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است.
- استقامت نامی هر هادی فاز برابر ۱۶۶۰۰ کیلوگرم و حداکثر کشش کاری آن برابر ۵۵۳۳ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.
- ارتفاع متوسط برجهای خط مذکور برابر ۴۰ متر است.
- ارتفاع خط انتقال از سطح دریا برابر ۸۰۰ متر می‌باشد.
- امپدانس موجی معادل برج‌ها برابر ۲۰ اهم فرض می‌شود.
- سطح کرومیک سالانه در مسیر خط انتقال برابر ۲۵ روز رعدوبرق در سال است.
- سیستم حفاظت از صاعقه خط مذکور از دو سیستم حفاظتی که بر روی برج قرار گرفته‌اند تشکیل شده است. زاویه حفاظتی برابر ۱۵ درجه و فاصله سیم‌ها از یکدیگر برابر ۱۸/۵ متر می‌باشد.
- سطح آلودگی در مسیر خط انتقال، متوسط (مطابق تعریف استاندارد IEC) محسوب می‌شود.
- مقدار اضافه ولتاژ کلیدزنی دو درصد (E_2) برابر ۲/۵ پیرونیت فرض می‌شود.
- تعداد برجهای مورد استفاده در خط انتقال مذکور برابر ۲۰۰ برج است.
- محاسبات بارگذاری مربوط به شرایط بارگذاری منطقه‌ای که خط از آن عبور می‌کند نشان می‌دهد که حداکثر نیروی وارد بر زنجیره مقره‌های آویزی و V شکل در بدترین شرایط ۶۹۵۰ کیلوگرم می‌باشد و حداکثر نیروی کششی اعمال شده به زنجیره مقره‌های کششی نیز برابر حداکثر کشش کاری هادی‌ها می‌باشد.
- ضریب ایمنی در محاسبات مکانیکی مقره‌ها (SF) برابر ۳ در نظر گرفته شود.
- تعداد قطعی‌های مطلوب در هر صدکیلومتر خط انتقال در سال که بواسطه جرقه برگشتی بوجود می‌آیند (BFR)، برابر 1 flash / 100 Km – year در نظر گرفته می‌شود.
- تعداد قطعی‌های مطلوب در خط انتقال که بواسطه کلیدزنی بوجود می‌آیند (SSFOR)، برای خط مذکور برابر یک بار قطعی در هر ۱۰۰ بار کلیدزنی در نظر گرفته می‌شود.
- مشخصات عمومی مقره‌های استاندارد موجود به شرح جدول زیر است:



جدول ۲-۵: مشخصات عمومی مقره‌های استاندارد موجود

نوع مقره استاندارد	نیروی شکست مکانیکی یا الکترومکانیکی (kN)	حداکثر قطر بخش عایقی (mm)	طول نامی (mm)	حداقل فاصله خزشی نامی (mm)
U120B	۱۲۰	۲۵۵	۱۴۶	۲۹۵
U120BP	۱۲۰	۲۸۰	۱۴۶	۴۴۰
U160BS	۱۶۰	۲۸۰	۱۴۶	۳۱۵
U160BSP	۱۶۰	۳۳۰	۱۴۶	۴۴۰
U210B	۲۱۰	۳۰۰	۱۷۰	۳۷۰
U210BP	۲۱۰	۳۳۰	۱۷۰	۵۲۵

حل:

- انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای خارجی (صاعقه)

باتوجه به BFR انتخابی، تعداد صاعقه‌های برخوردی به هر ۱۰۰ کیلومتر خط انتقال در سال، N_L ، با استفاده از روابط (۲-۱) و (۲-۳) برابر خواهد بود با:

$$N_L = \frac{N_g(28h^{0.6} + S_g)}{10}$$

$$N_g = 0.04T_d^{1.25} = 0.04(25)^{1.25} = 2.236 \text{ flash/km}^2 - \text{year}$$

$$\Rightarrow N_L = \frac{2.236(28(40)^{0.6} + 18.5)}{10} = 61.4 \text{ flash/100km} - \text{year}$$

جریان بحرانی ایزولاسیون خط با استفاده از روابط (۲-۴) و (۲-۵) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P(I_C) = \frac{BFR}{0.6N_L} = \frac{1.0}{0.6 \times 61.4} = 0.027145$$

$$\Rightarrow I_C = 31 \left(\frac{1 - P(I_C)}{P(I_C)} \right)^{\frac{1}{2.6}} = 31 \left(\frac{1 - 0.027145}{0.027145} \right)^{\frac{1}{2.6}} = 122.8 \text{ kA}$$

ولتاژ جرعه بحرانی اضافه ولتاژ صاعقه، CFO_L ، که متناظر با جریان بحرانی I_C است، با استفاده از رابطه (۲-۶) به صورت زیر

بدست می‌آید:

$$CFO_L = \frac{1}{K_{wf}} \left[(1 - C) R_e I_C + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} K_{PF} E_m \right]$$

$$K_{wf} = 1.31, C = 0.3, R_e = 20 \Omega, K_{PF} = 0.83, E_m = 420 \text{ kV}$$

$$\Rightarrow CFO_L = \frac{1}{1.31} \left[(1 - 0.3) 20 \times 122.8 + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} 0.83 \times 420 \right] = 1529.6 \text{ kV}_{peak}$$

حداقل فاصله هوایی مجاز جهت حصول به BFR مطلوب با استفاده از روابط (۲-۷) برابر خواهد بود با:

$$S_L = \frac{CFO_L}{605\delta}$$

$$\delta = e^{-\frac{H}{8150}} = e^{-\frac{800}{8150}} = 0.9065$$

$$\Rightarrow S_L = \frac{1529.6}{0.9065 \times 605} = 2.79 \text{ m}$$

با استفاده از مقدار بدست آمده برای S_L طول زنجیره مقره و تعداد مقره‌های مورد نیاز جهت حصول به BFR مطلوب تعیین می‌گردد. برای زنجیره مقره‌هایی که در فاز میانی برج (فازی که از داخل پنجره برج عبور می‌کند) مورد استفاده قرار می‌گیرند، طول زنجیره مقره می‌بایستی حداقل به اندازه ۵ درصد بزرگتر از S_L ، یعنی ۲/۹۳ متر، در نظر گرفته شود و برای فازهای بیرونی برج (آرایش‌هایی که به بازوهای بیرونی برج متصل می‌شوند) طول زنجیره مقره برابر ۲/۷۹ متر انتخاب می‌شود. لذا تعداد مقره‌های مورد نیاز از دیدگاه اضافه ولتاژهای خارجی ناشی از صاعقه به صورت جداول (۶-۲) و (۷-۲) می‌باشند.

جدول ۶-۲: تعداد مقره‌های مورد نیاز جهت فاز میانی برج از دیدگاه اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه

نوع مقره استاندارد	طول نامی هر واحد مقره (mm)	تعداد مقره‌های مورد نیاز بین هادی‌های فاز و بدنه برج
U120B	۱۴۶	۲۰
U120BP	۱۴۶	۲۰
U160BS	۱۴۶	۲۰
U160BSP	۱۴۶	۲۰
U210B	۱۷۰	۱۸
U210BP	۱۷۰	۱۸

جدول ۷-۲: تعداد مقره‌های مورد نیاز برای فازهای بیرونی برج از دیدگاه اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه

نوع مقره استاندارد	طول نامی هر واحد مقره (mm)	تعداد مقره‌های مورد نیاز بین هادی‌های فاز و بدنه برج
U120B	۱۴۶	۲۰
U120BP	۱۴۶	۲۰
U160BS	۱۴۶	۲۰
U160BSP	۱۴۶	۲۰
U210B	۱۷۰	۱۷
U210BP	۱۷۰	۱۷

- انتخاب مقره‌ها براساس اضافه ولتاژهای کلیدزنی

از آنجا که در داده‌های مسئله اطلاعات آماری اضافه ولتاژهای کلیدزنی ارائه نشده است، مقدار انحراف معیار σ_0 با استفاده از

رابطه (۹-۲) بدست می‌آید:

$$\sigma_0 = 0.17(E_2 - 1) = 0.17(2.5 - 1) = 0.255 \text{ pu}$$

معیار هماهنگی عایقی $\frac{V_3}{E_2}$ با استفاده از معادلات (۱۰-۲)، (۱۱-۲) و جداول (۱-۲) و (۲-۲) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{V_3}{E_2} = K_f K_G$$

$$n_e = \frac{0.4}{1 - \gamma} \times \frac{\sigma_f}{\text{CFO}} \times n$$

$$n = 200, \frac{\sigma_f}{\text{CFO}} = 0.05, E_2 = 2.5 \text{ pu}, \frac{\sigma_0}{E_2} = \frac{0.255}{2.5} = 0.102$$

$$\gamma = 1 - 0.15(E_2 - 1) = 1 - 0.15(2.5 - 1) = 0.775$$

$$\Rightarrow n_e = \frac{0.4}{1 - 0.775} (0.05)(200) \approx 18$$

$$K_f = 0.92619$$

با استفاده از جدول (۱-۲)

$$K_G = 1.0$$

با استفاده از جدول (۲-۲)

$$\Rightarrow \frac{V_3}{E_2} = 0.92619 \times 1.0 = 0.92619$$

$$\Rightarrow V_3 = 0.92619 \times 2.5 = 2.315 \text{ pu} = 794 \text{ kV}_{\text{peak}}$$

میزان CFO خط انتقال تحت شرایط محیطی مسیر خط انتقال با استفاده از رابطه (۱۲-۲) تعیین می‌شود:

$$\text{CFO}_A = \frac{V_3}{1 - 3 \times 0.05} = 934 \text{ kV}_{\text{peak}}$$

حداقل فاصله هوایی مجاز جهت حصول به SSFOR مطلوب برای فاز میانی برج با استفاده از روابط (۱۳-۲) و (۱۴-۲) به

صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$S_s = \frac{8}{\frac{0.96(3400)K_g \delta^m}{\text{CFO}_A} - 1}$$

$$K_g = 1.25, \delta = 0.9065, \text{CFO}_A = 934 \text{ kV}_{\text{peak}}$$

$$m = 1.25 G_0 (G_0 - 0.2), G_0 = \frac{\text{CFO}_s}{500 S_s}$$

$$\text{CFO}_s = 0.96 K_g \frac{3400}{1 + \frac{8}{S_s}}$$



بافرض مقدار اولیه $m = ۰/۵$ و با انجام عملیات تکراری مطابق جدول (۸-۲) مقدار S_s برابر با $۲/۵۵$ m بدست می‌آید.

جدول ۸-۲: نحوه محاسبه S_s برای فاز میانی برج

S_s	CFO_s	G_0	m	S_s
۲/۵۳	۹۸۱	۰/۷۷۵۵	۰/۵۵۷۸	۲/۵۵
۲/۵۵	۹۸۶	۰/۷۷۳۸	۰/۵۵۵۰	۲/۵۵

حداقل فاصله هوایی جهت حصول به SSFOR مطلوب برای فازهای بیرونی که بر روی بازوهای برج قرار می‌گیرند با استفاده از معادلات فوق و به ازای $K_g = ۱/۴۵$ مطابق جدول (۹-۲) برابر با $۲/۱۸$ متر بدست می‌آید.

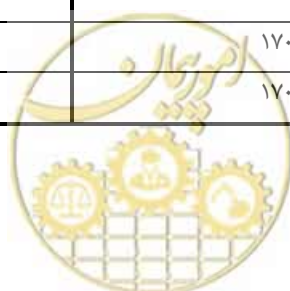
جدول ۹-۲: نحوه محاسبه S_s برای فازهای بیرونی برج

S_s	CFO_s	G_0	m	S_s
۲/۰۹	۹۸۱	۰/۹۳۸۷	۰/۸۶۶۹	۲/۱۹
۲/۱۹	۱۰۱۷	۰/۹۲۸۹	۰/۸۴۶۴	۲/۱۸
۲/۱۸	۱۰۱۵	۰/۹۲۹۸	۰/۸۴۲۸	۲/۱۸

طول زنجیره مقره می‌بایستی حداقل ۵ درصد بزرگتر از حداقل فاصله هوایی S_s باشد. لذا حداقل طول زنجیره مقره فازهای میانی برج می‌بایستی $۲/۶۸$ متر و حداقل طول زنجیره مقره‌های فازهای بیرونی که بر روی بازوهای برج قرار می‌گیرند می‌بایستی برابر با $۲/۲۹$ متر باشد. لذا تعداد مقره‌های موردنیاز از دیدگاه اضافه ولتاژهای داخلی ناشی از کلیدزنی مطابق جداول (۱۰-۲) و (۱۱-۲) می‌باشد.

جدول ۱۰-۲: تعداد مقره‌های موردنیاز جهت فاز میانی برج از دیدگاه اضافه ولتاژهای کلیدزنی

نوع مقره استاندارد	طول نامی هرواحد مقره (mm)	تعداد مقره موردنیاز بین هادی‌های فاز و بدنه برج
U120B	۱۴۶	۱۹
U120BP	۱۴۶	۱۹
U160BS	۱۴۶	۱۹
U160BSP	۱۴۶	۱۹
U210B	۱۷۰	۱۶
U210BP	۱۷۰	۱۶



جدول ۲-۱۱: تعداد مقره‌های موردنیاز جهت فازهای بیرونی برج از دیدگاه اضافه ولتاژهای کلیدزنی

نوع مقره استاندارد	طول نامی هرواحد مقره (mm)	تعداد مقره موردنیاز بین هادی‌های فاز و بدنه برج
U120B	۱۴۶	۱۶
U120BP	۱۴۶	۱۶
U160BS	۱۴۶	۱۶
U160BSP	۱۴۶	۱۶
U210B	۱۷۰	۱۴
U210BP	۱۷۰	۱۴

- انتخاب مقره‌ها باتوجه به ولتاژهای فرکانس قدرت و آلودگی

براساس سطح آلودگی موردانتظار در مسیر خط انتقال، مطابق جدول (۲-۴) حداقل فاصله خزشی نامی برابر ۲۰ میلی‌متر برکیلوولت حداکثر ولتاژ فاز - فاز سیستم استخراج می‌گردد.

کل فاصله خزشی موردنیاز در زنجیره مقره خط انتقال بااستفاده از رابطه (۲-۱۵) تعیین می‌شود:

$$L_e = E_m CD_1, E_m = 420 \text{ kV}, CD_1 = 20 \text{ mm/kV}$$

$$\Rightarrow L_e = 420 \times 20 = 8400 \text{ mm}$$

لذا تعداد مقره‌های موردنیاز از دیدگاه ولتاژهای فرکانس قدرت و آلودگی به صورت جدول (۲-۱۲) می‌باشد.

جدول ۲-۱۲: تعداد مقره‌های موردنیاز جهت کلیه فازها از دیدگاه آلودگی

نوع مقره استاندارد	حداقل فاصله خزشی نامی (mm)	تعداد مقره موردنیاز بین هادی‌های فاز و بدنه برج
U120B	۲۹۵	۲۹
U120BP	۴۴۰	۱۹
U160BS	۳۱۵	۲۷
U160BSP	۴۴۰	۱۹
U210B	۳۷۰	۲۳
U210BP	۵۲۵	۱۶

- انتخاب مقره‌ها براساس معیارهای مکانیکی

برای زنجیره مقره‌های آویزی انتخاب مقره‌ها می‌بایستی به‌گونه‌ای صورت گیرد که رابطه (۲-۲۳) برقرار باشد، یعنی :

$$P \geq SF(N.R)$$

$$P \geq 3(6950)$$

$$\Rightarrow P \geq 20850 \text{ kg} = 208.5 \text{ kN}$$



لذا برای زنجیره مقره‌های آویزی می‌توان از مقره‌هایی مطابق جدول (۲-۱۳) استفاده نمود.

جدول ۲-۱۳: نوع، تعداد رشته و ضریب ایمنی مقره‌های مورد استفاده در آرایش آویزی براساس معیارهای مکانیکی

نوع مقره استاندارد	تعداد رشته‌ها در زنجیره	ضریب ایمنی فراهم شده
U120B	۲	۳/۴۵
U120BP	۲	۳/۴۵
U160BS	۲	۴/۶
U160BSP	۲	۴/۶
U210B	۱	۳/۰۲
U210BP	۱	۳/۰۲

برای زنجیره مقره‌های V شکل نیز می‌توان از مقره‌هایی مطابق جدول (۲-۱۴) استفاده نمود.

جدول ۲-۱۴: نوع، تعداد رشته و ضریب ایمنی مقره‌های مورد استفاده در آرایش V شکل براساس معیارهای مکانیکی

نوع مقره استاندارد	تعداد رشته‌ها در زنجیره	ضریب ایمنی فراهم شده
U120B	۲	۳/۴۵
U120BP	۲	۳/۴۵
U160BS	۲	۴/۶
U160BSP	۲	۴/۶
U210B	۱	۳/۰۲
U210BP	۱	۳/۰۲

برای زنجیره مقره‌های کششی انتخاب مقره‌ها می‌بایستی به گونه‌ای باشد که روابط (۲-۲۸) و (۲-۲۹) برقرار باشند، یعنی اینکه:

$$P \geq SF(N.T_m)$$

$$P \geq 3(2 \times 5533)$$

$$\Rightarrow P \geq 33190 \text{ kg} = 331.98 \text{ kN}$$

به جهت افزایش قابلیت اطمینان و به منظور ممانعت از چرخش هادی‌ها (به علت وجود دو هادی در باندل) از زنجیره مقره‌های کششی دورشته‌ای استفاده می‌شود. اولین انتخاب مقره برمبنای تحمل نصف نیروی کششی فوق (۱۶۶ kN) بوسیله هریک از رشته‌ها می‌باشد. فرض می‌کنیم که یکی از رشته‌ها پاره شود، تحت چنین شرایطی میزان نیروی وارد شده بر رشته باقی‌مانده طبق معادله (۲-۲۹) برابر است با:

$$T_B = \alpha.T_A, \quad \alpha = 3$$

برای زنجیره مقره کششی دورشته‌ای

T_A میزان نیروی متحمل شده بوسیله هریک از دو رشته قبل از پاره شدن هادی به ازای ۷۰ درصد حداکثر کشش کاری هادی

می‌باشد، یعنی اینکه:

$$T_A = 0.7 \times 5533 = 3873 \text{ kg} = 38.73 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow T_B = 3 \times 38.73 = 116.19 \text{ kN}$$



مطابق معادله (۲-۲۹) بار نقطه تسلیم رشته باقی‌مانده می‌بایستی بزرگتر از T_B باشد، یعنی اینکه:

$$P_0 \geq 116.19 \text{ kN}$$

از آنجا که برای مقره‌ها، P_0 تقریباً معادل 0.6 بارشکست مکانیکی آنها در نظر گرفته می‌شود، مقره‌های انتخاب شده می‌بایستی میزان نیروی بزرگتر یا مساوی با مقدار زیر را تحمل کنند:

$$\geq \frac{116.19}{0.6} = 193.65 \text{ kN}$$

نیروی شکست مکانیکی یا الکترومکانیکی یک رشته مقره

لذا انتخاب نهایی زنجیره مقره‌های کششی به جای 166 kN برای هر رشته بر مبنای 193.65 kN صورت می‌گیرد، لذا از بین مقره‌های موجود تنها می‌توان از مقره‌هایی که استقامت نامی آن برابر 210 kN است استفاده نمود (U210BP, U210B). تحت چنین شرایطی ضریب اطمینان برابر $3/79$ خواهد بود.

- انتخاب نهایی مقره‌ها

مقره‌هایی که هردوی معیارهای الکتریکی و مکانیکی را برآورده می‌سازند برای کلیه آرایش‌های زنجیره مقره در جداول (۲-۱۵) تا (۲-۱۸) مشخص شده‌اند.

جدول ۲-۱۵: مقره‌هایی که هردوی معیارهای الکتریکی و مکانیکی را برای زنجیره مقره‌های آویزی و V شکل فاز میانی برج فراهم می‌نمایند.

نوع مقره استاندارد	تعداد رشته‌های مورد نیاز	تعداد مقره در هر رشته	عامل تعیین کننده در گزینش الکتریکی مقره‌ها	ضریب ایمنی فراهم شده در گزینش مکانیکی مقره‌ها
U120B	۲	۲۹	آلودگی	۳/۴۵
U120BP	۲	۲۰	صاعقه	۳/۴۵
U160BS	۲	۲۷	آلودگی	۴/۶
U160BSP	۲	۲۰	صاعقه	۴/۶
U210B	۱	۲۳	آلودگی	۳/۰۲
U210BP	۱	۱۸	صاعقه	۳/۰۲

جدول ۲-۱۶: مقره‌هایی که هردوی معیارهای الکتریکی و مکانیکی را برای زنجیره مقره‌های آویزی و V شکل فازهای بیرونی برج فراهم می‌نمایند.

نوع مقره استاندارد	تعداد رشته‌های مورد نیاز	تعداد مقره در هر رشته	عامل تعیین کننده در گزینش الکتریکی مقره‌ها	ضریب ایمنی فراهم شده در گزینش مکانیکی مقره‌ها
U120B	۲	۲۹	آلودگی	۳/۴۵
U120BP	۲	۲۰	صاعقه	۳/۴۵
U160BS	۲	۲۷	آلودگی	۴/۶
U160BSP	۲	۲۰	صاعقه	۴/۶
U210B	۱	۲۳	آلودگی	۳/۰۲
U210BP	۱	۱۷	صاعقه	۳/۰۲

جدول ۲-۱۷: مقره‌هایی که هردوی معیارهای الکتریکی و مکانیکی را برای زنجیره مقره‌های کششی فازمیان برج فراهم می نمایند.

نوع مقره استاندارد	تعداد رشته‌های موردنیاز	تعداد مقره در هر رشته	عامل تعیین کننده در گزینش الکتریکی مقره‌ها	ضریب ایمنی فراهم شده در گزینش مکانیکی مقره‌ها
U210B	۲	۲۳	آلودگی	۳/۷۹
U210BP	۲	۱۸	صاعقه	۳/۷۹

جدول ۲-۱۸: مقره‌هایی که هردوی معیارهای الکتریکی و مکانیکی را برای زنجیره مقره‌های کششی فازهای بیرونی برج فراهم می نمایند.

نوع مقره استاندارد	تعداد رشته‌های موردنیاز	تعداد مقره در هر رشته	عامل تعیین کننده در گزینش الکتریکی مقره‌ها	ضریب ایمنی فراهم شده در گزینش مکانیکی مقره‌ها
U210B	۲	۲۳	آلودگی	۳/۷۹
U210BP	۲	۱۷	صاعقه	۳/۷۹

گزینش نهایی مقره‌ها براساس معیارهای فنی و اقتصادی مؤثر در طراحی خط انتقال نیرو صورت می‌پذیرد. معیارهایی همچون نقش طول زنجیره مقره و نوع آرایش آن در میزان فواصل مجاز الکتریکی و ابعاد برج، قابلیت اطمینان طولانی مدت مقره‌ها و خط انتقال، نوع عملکرد مقره‌ها درمقابل پدیده آلودگی، میزان کرونا و تداخل رادیویی ایجادشده بوسیله زنجیره مقره‌ها و ... درانتخاب نهایی مقره‌ها و زنجیره مقره‌ها مؤثر هستند.

درمورد زنجیره مقره‌های کششی و آویزی باتوجه به وضعیت قرارگیری مقره‌ها در زنجیره مقره، از نظر جذب آلودگی این قبیل آرایش‌ها آلودگی کمتری را جذب می‌نمایند و علاوه‌براین از جهت شستشوی طبیعی یا مصنوعی عملکرد بهتری را دارا می‌باشند. براین اساس براساس تجارب طراحی و نتایج بدست آمده از عملکرد سایر خطوط مشابه می‌توان طول زنجیره مقره‌هایی که بوسیله آلودگی محدود می‌شوند را قدری کمتر درنظرگرفت، اما تعداد مقره‌های نهایی می‌بایستی از دیدگاه اضافه ولتاژهای صاعقه و کلیدزنی نیز قابل قبول باشند.



فصل ۲

نیازمندیها و آزمونهای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای



مقدمه

در این فصل نحوه انجام آزمونهای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای مورد استفاده در خطوط هوایی انتقال نیرو با سطوح ولتاژی ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت، جهت حصول از کار صحیح و مورد انتظار آنها تشریح می‌گردد.

۳-۱- آزمونهای واحدهای مقره‌ای از جنس سرامیک یا شیشه

در این بخش نحوه انجام آزمونهای الکتریکی و مکانیکی مقره‌ها شامل آزمونهای نوعی، نمونه‌ای و جاری برای واحدهای مقره‌ای از جنس سرامیک یا شیشه تشریح و حدود مجاز پارامترهای اندازه‌گیری شده برای این نوع مقره‌ها ارائه می‌گردد. در هنگام استفاده از این بخش به کارگیری مراجع ذکر شده در این بخش الزامی است.

۳-۱-۱- دسته‌بندی انواع واحدهای مقره و مواد عایقی مورد استفاده در آنها

۳-۱-۱-۱- دسته بندی واحدهای مقره

- مقره‌های خطوط هوایی بر اساس نوع طراحی‌شان به دو دسته زیر دسته‌بندی می‌گردند :
- دسته A: مقره‌هایی که کوتاهترین مسیر سوراخ شدن آنها از طریق مواد صلب عایقی‌شان حداقل برابر نصف طول مسیر جرقه باشد. از این نوع مقره‌ها می‌توان به مقره‌های یکپارچه با فیتینگهای بیرونی^۱ اشاره نمود.
 - دسته B: مقره‌هایی که کوتاهترین مسیر سوراخ شدن آنها از طریق مواد صلب عایقی‌شان کمتر از نصف طول مسیر جرقه باشد. از این نوع مقره‌ها می‌توان به مقره‌های بشقابی^۲ اشاره نمود.

۳-۱-۱-۲- انواع واحدهای مقره

- انواع مقره‌هایی که در خطوط انتقال هوایی ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از :
- مقره‌هایی اتکایی خط
 - مقره‌هایی که بصورت زنجیره مورد استفاده قرار می‌گیرند و به دو دسته زیر تقسیم‌بندی میشوند :
 - مقره‌های بشقابی
 - مقره‌های یکپارچه



1 . External fittings

2 . (Cap & pin)

۳-۱-۱-۳- مواد عایقی واحدهای مقره‌ای

آزمونهای ارائه شده در این فصل قابل اعمال به مقره‌هایی می‌باشد که جنس مواد عایقی به کاررفته در آنها بشرح ذیل می‌باشد :

- مواد سرامیکی، پورسلین
- شیشه انیله شده^۱: شیشه‌ای که تنشهای مکانیکی ایجاد شده در آن بوسیله عملیات حرارتی کاهش یافته است .
- شیشه سخت شده^۲: شیشه‌ای که تنشهای مکانیکی کنترل شده‌ای بوسیله عملیات حرارتی در آن ایجاد شده است.

توجه : اطلاعات جزئی‌تر در ارتباط با تعاریف و دسته‌بندی مواد عایقی شیشه‌ای و سرامیکی در استانداردهای IEC شماره ۶۰۶۷۲-۱ و ۶۰۶۷۲-۳ ارائه شده است.

۳-۱-۲- نشانه‌گذاری مقره‌ها^۳

هر مقره می‌بایستی علامت مشخصه‌ای بر روی بخش عایقی یا قسمت فلزی دارا باشد که در آن نام یا علامت تجاری سازنده، سال ساخت و نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی معین شده آن درج شده باشد. این علامت مشخصه می‌بایستی خوانا و ماندگار باشد.

سیستم نشانه‌گذاری انواع مختلف مقره‌ها مطابق استانداردهای IEC شماره ۶۰۳۰۵، ۶۰۷۲۰ و ۶۰۴۳۳ می‌باشد.

۳-۱-۳- دسته‌بندی آزمونها

آزمونهای واحدهای مقره به سه گروه زیر دسته‌بندی می‌گردند :

۳-۱-۳-۱- آزمونهاى نوعی^۴

آزمونهای نوعی به منظور تحقیق مشخصات اصلی مقره که اساساً به طراحی آن بستگی دارند، انجام می‌شوند. این قبیل آزمونها معمولاً بر روی تعداد کمی از مقره‌ها و تنها یک بار در زمان طراحی جدید یا فرآیند ساخت مقره بعمل می‌آیند و تنها زمانی تکرار می‌شوند که طراحی یا فرآیند ساخت مقره تغییر کند. در صورتی که تغییرات انجام گرفته تنها برخی مشخصه‌های معین از مقره را تحت تأثیر قرار دهد، آنگاه فقط ضروری است که آزمون یا آزمون‌های مرتبط با این قبیل مشخصه‌ها مجدداً انجام گیرند. علاوه بر این در صورت وجود تأییدیه آزمون معتبر بر روی مقره‌ای با طراحی و فرآیند ساخت مشابه، انجام آزمونهاى نوعی الکتریکی، مکانیکی و حرارتی _ مکانیکی بر روی طراحی جدید مقره ضرورتی ندارد (مفهوم طراحی مشابه در بندهای آتی و در محل‌های مناسب ارائه می‌گردد).

برای آزمونها مکانیکی ، تأییدیه ارائه شده از تاریخ صدور برای مدت زمان ۱۰ سال معتبر می‌باشد.
برای آزمونهاى الکتریکی محدودیت زمانی جهت اعتبار تأییدیه‌ها وجود ندارد.



omoorepeyman.ir

1. Annealed glass
2. Toughened glass
3. Identification of insulators
4. Type Tests

با رعایت حدود ارائه شده فوق، مادامیکه هیچگونه مغایرت کلی مابین نتایج حاصل از آزمونهای نوعی و آزمونهای نمونه‌ای متناظر بعدی وجود نداشته باشد، تأییدیه‌های آزمون نوعی معتبر باقی خواهند ماند. روش مقایسه نتایج حاصل از آزمونهای نوعی و نمونه‌ای در پیوست (۱-۳) ارائه شده است. آزمونهای نوعی می‌بایستی تنها بر روی مقره‌هایی از مجموعه صورت گیرند که کلیه نیازمندیهای آزمونهای نمونه‌ای و جاری مربوطه که در آزمونهای نوعی در نظر گرفته نشده‌اند را برآورده سازند.

۳-۱-۳-۲- آزمونهای نمونه‌ای^۱

آزمونهای نمونه‌ای به منظور تحقیق آن دسته از مشخصه‌های مقرر که با فرآیند ساخت و کیفیت مواد المانهای مقرر می‌تواند تغییر نمایند، بعمل می‌آیند. آزمونهای نمونه‌ای به عنوان آزمونهای پذیرش بر روی نمونه‌ای از مقره‌ها که بصورت اتفافی از مجموعه‌ای که نیازمندیهای آزمونهای جاری مربوطه را برآورد نموده‌اند، انجام می‌شود.

۳-۱-۳-۳- آزمونهای جاری^۲

آزمونهای جاری به منظور آشکار شدن مقره‌های معیوب در حین فرآیند ساخت به کار می‌رود و می‌بایستی بر روی هر مقرر انجام پذیرد.

توجه:

- هنگامی که تحت شرایط خاصی، آزمونهای نوعی، نمونه‌ای و جاری بصورت یکجا بر روی طراحی جدیدی از مقرر بعمل می‌آیند، عنوان آزمونهای الگو^۳ به آنها اطلاق می‌گردد.
- آزمونهای جاری ارائه شده در این گزارش تنها به آن دسته از مقره‌ها که کاملاً مونتاژ شده‌اند قابل اعمال می‌باشد. انتخاب آن دسته از آزمونهای جاری که بر روی مقره‌های غیر مونتاژ شده صورت می‌پذیرند به سازنده واگذار می‌شود چرا که اغلب آنها در حین مراحل ساخت بعمل می‌آیند.

۳-۱-۴- تضمین کیفیت^۴

برنامه تضمین کیفیت، جهت دستیابی به نیازمندیهای این بخش، می‌تواند پس از توافق بین خریدار و سازنده جهت تحقیق کیفیت مقره‌ها در حین مراحل ساخت، در نظر گرفته شود.

اطلاعات کامل‌تر در ارتباط با استفاده از تضمین کیفیت در استاندارد بین‌المللی ISO شماره‌های ۹۰۰۰ تا ۹۰۰۴ ارائه شده است.

استانداردهای معتبر بین‌المللی نیز برای برنامه‌های تضمین کیفیت قابل رجوع می‌باشند.



1. Sample tests
2. Routine test
3. Prototype tests
4. Quality assurance

۳-۱-۵- رویه‌هایی برای آزمونهای نوعی و نمونه‌ای

۳-۱-۵-۱- انتخاب مقره برای آزمونهای نوعی

برای هر آزمون می‌بایستی تعداد مشخصی از مقره‌ها، از مجموعه‌ای از مقره‌ها که کلیه نیازمندیهای آزمونهای نمونه‌ای و جاری مربوطه را برآورده می‌سازند، تهیه شوند. تعداد مقره‌های لازم برای انجام آزمونهای نوعی در بخش‌های آتی، در هنگام ارائه آزمونها برای انواع مقره‌ها، معین می‌شوند.

۳-۱-۵-۲- قواعد نمونه‌برداری و رویه‌هایی برای آزمونهای نمونه‌ای

برای آزمونهای نمونه‌ای دو دسته نمونه، که با عناوین E_1 و E_2 مشخص می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعداد مقره‌های موجود در این نمونه‌ها در جدول (۳-۱) ارائه شده است. وقتی که تعداد مقره‌هایی که نمونه‌ها قرار است از آنها انتخاب شوند بیش از ۱۰۰۰۰ مقره باشد می‌بایستی این تعداد مقره را به تعداد مناسبی از مجموعه‌هایی یکسان که تعداد مقره‌های موجود در هر یک از آنها بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مقره است، تقسیم کرده و سپس مطابق جدول (۳-۱) تعداد نمونه لازم را از هر مجموعه انتخاب نمود. در این حالت نتایج بدست آمده برای هر یک از مجموعه‌ها به صورت مجزا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

جدول ۳-۱: تعداد نمونه‌های لازم برای انجام آزمونهای نمونه‌ای

تعداد مقره‌های لازم برای هر دسته نمونه		تعداد مقره‌های موجود در مجموعه (N)
E2	E1	
بر اساس توافق بین سازنده و خریدار		$N \leq 300$
۳	۴	$2000 < N \leq 2000$
۴	۸	$300 < N \leq 5000$
۶	۱۲	$5000 < N \leq 10000$

نمونه‌ها می‌بایستی بصورت تصادفی از مجموعه انتخاب شوند و خریدار این حق را دارد که مقره‌ها را انتخاب نماید. نمونه‌های انتخاب شده می‌بایستی تحت آزمونهای نمونه‌ای که در بخشهای آتی، برای انواع مختلف مقره‌ها ارائه می‌گردد، قرار گیرند. در صورتیکه نمونه‌ای دربرآوردن شرایط گذراندن آزمون دچار خطا شود، روش آزمون مجدد مربوطه‌ای که دربخش بعدی ارائه می‌شود بایستی دنبال گردد.

آن دسته از مقره‌هایی که در آزمونهای نمونه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، به جهت امکان تغییر مشخصه‌های مکانیکی ویا الکتریکی آنها در حین انجام آزمونها، نمی‌بایستی در هنگام بهره‌برداری مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۱-۵-۳- روش آزمون مجدد برای آزمونهای نمونه‌ای

برای آزمونهای نمونه‌ای، (در صورتیکه در معیار پذیرش ذکر گردیده باشد)، روش آزمون مجدد باید به صورت زیر اعمال گردد.



اگر عدم اتمام آزمونهای نمونه‌ای تنها به جهت خطای یک مقره یا بخش فلزی آن باشد، یک دسته نمونه جدید، که تعداد مقره‌های موجود در آن معادل با دو برابر تعداد مقره‌های اولیه مورد استفاده در آن آزمون می‌باشد، می‌بایستی برای آزمون مجدد استفاده شود. روش آزمون مجدد می‌بایستی دربرگیرنده آزمونی که در آن خطا رخ داده است بوده و قبل از آن نیز آن دسته از آزمونهایی که ممکن است اثر قابل توجهی بر روی نتایج آزمون اصلی دارا باشند انجام گیرند.

اگر عدم اتمام آزمونهای نمونه‌ای به جهت خطای دو یا تعداد بیشتری مقره یا بخشهای فلزی آنها باشد، یا اینکه در حین انجام آزمون مجدد خطایی رخ دهد، کل مجموعه به صورت مردود تلقی شده و می‌بایستی به سازنده بازگردانده شود.

با فرض اینکه علت خطا را بتوان به وضوح مشخص نمود، سازنده ممکن است کلیه مقره‌هایی که دارای این نقیصه هستند از مجموعه جدا کند (در مواردی که مجموعه به چندین مجموعه کوچکتر تقسیم شده است، اگر یکی از مجموعه‌های کوچکتر پذیرفته نشود ممکن است سایر مجموعه‌ها نیز مورد تحقیق قرار گیرند)، آنگاه مجموعه یا مجموعه‌هایی که مقره‌های ناقص از آنها جدا شده است می‌تواند برای آزمون دوباره پذیرفته شوند. در این حالت تعداد مقره‌های انتخابی می‌بایستی سه برابر تعداد مقره‌های اولیه مورد استفاده در آزمونها باشد. آزمون مجدد می‌بایستی در برگیرنده همان آزمونی که در آن خطا رخ داده است باشد و قبل از آن می‌بایستی آن دسته از آزمونهایی که ممکن است اثر قابل توجهی بر روی نتایج آزمون اصلی دارا باشند نیز انجام گیرند. اگر مقره‌ای در حین انجام این آزمون مجدد دچار خطا شود، کل مجموعه انتخاب شده مردود تلقی می‌گردد.

۳-۱-۶- رویه‌های آزمون برای آزمونهای الکتریکی

در این قسمت رویه‌ها و نیازمندیهای مربوط به آزمونهای الکتریکی انواع مختلف مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای مورد استفاده در خطوط انتقال ارائه می‌گردد. لیست آزمونها، آرایش‌های استقرار و ثباتهای پذیرش برای انواع مقره‌ها در بخشهای آتی ارائه می‌شوند.

۳-۱-۶-۱- نیازمندیهای عمومی برای آزمونهای ولتاژ بالا

- آزمون ولتاژ ضربه صاعقه و آزمون ولتاژ فرکانس قدرت می‌بایستی بر اساس رویه ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ به عمل آیند.

- ولتاژهای ضربه صاعقه می‌بایستی بر حسب مقادیر پیک خود و ولتاژهای فرکانس قدرت می‌بایستی بر حسب مقدار پیک تقسیم بر $\sqrt{2}$ بیان شوند.

- وقتی که شرایط جوی طبیعی در زمان انجام آزمون متفاوت از شرایط استاندارد باشد، می‌بایستی از ضرایب تصحیح شرایط جوی استفاده نمود. شرایط استاندارد و نحوه استفاده از ضرایب تصحیح شرایط جوی در بند بعدی ارائه می‌شوند.

- قبل از آغاز آزمونهای فشارقوی مقره‌ها می‌بایستی تمیز و خشک باشند.

- تدابیر ویژه‌ای جهت جلوگیری از تقطیر آب بر روی سطح مقره‌ها می‌بایستی صورت گیرد (بوژه وقتی که رطوبت نسبی نسبتاً زیاد می‌باشد). به عنوان مثال، مقره می‌بایستی در دمای محیط و در محل آزمون برای مدت زمان مناسبی قرارداده شود تا تعادل حرارتی قبل از آغاز آزمون‌ها فراهم شود.

در صورتیکه رطوبت نسبی هوا بیش از ۸۵ درصد باشد، جز در موارد توافق شده مابین سازنده و خریدار، آزمونهای خشک نمی‌بایستی انجام شوند.

- به منظور کاهش آثار ناشی از اعمال ولتاژهای قبلی در آزمونهای جرقه و استقامت، بازه‌های زمانی مناسبی می‌بایستی مابین اعمال پی در پی و متوالی ولتاژها در نظر گرفته شود.

۳-۶-۱-۲- شرایط محیطی مبنای استاندارد و ضرایب تصحیح برای آزمونهای الکتریکی

- شرایط محیطی مبنای استاندارد

شرایط محیطی مبنای استاندارد مطابق با شرایط ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۰-۱ می‌باشند.

- ضرایب تصحیح شرایط محیطی

ضرایب تصحیح شرایط محیطی می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۶۰-۱ تعیین گردند. چنانچه شرایط محیطی در هنگام انجام آزمون متفاوت از شرایط محیطی مبنای استاندارد باشد، ابتدا می‌بایستی ضرایب تصحیحی برای چگالی هوا (K_1) و رطوبت نسبی هوا (K_2) محاسبه شده و حاصلضرب $K = K_1 * K_2$ تعیین شود و سپس ولتاژهای آزمون به صورت زیر تعیین گردند.

$$\text{ولتاژ استقامت تعیین شده در شرایط استاندارد} = K \cdot I = \text{ولتاژ آزمون اعمالی} \quad (۱-۳)$$

برای ولتاژهای موج ضربه صاعقه و فرکانس قدرت:

$$(۲-۳) \quad \text{ولتاژ اندازه‌گیری شده} \div \text{دارولتاژ ثبت شده} = K$$

توجه: برای آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت در حالت مرطوب، تصحیح رطوبت نسبی هوا لازم نمی‌باشد و مقدار آن برابر یک در نظر گرفته می‌شود، یعنی اینکه $K_2 = 1$ و $K = K_1$.

۳-۶-۱-۳- پارامترهای باران مصنوعی برای آزمونهای در شرایط مرطوب

رویه آزمون در شرایط مرطوب می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۶۰-۱ انجام گیرد. باران مصنوعی نیز می‌بایستی مطابق با نیازمندیهای این استاندارد باشد.

توجه: در هنگام انجام آزمونها بر روی مقره‌هایی که بصورت افقی یا شیب‌دار نصب می‌گردند، برای ملاحظه جهت ریزش باران، آرایش استقرار مقره می‌بایستی مطابق با توافق سازنده و خریدار باشد.

۳-۶-۱-۴- آرایش استقرار مقره برای آزمونهای الکتریکی

آرایش ویژه استقرار هر مقره در بخش‌های مربوط به نوع مقره‌ای که قرار است مورد آزمون قرار گیرد، مشخص می‌شوند.

۳-۶-۱-۵- آزمونهای ولتاژ ضربه صاعقه (آزمون نوعی)

عموماً ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه خشک بر روی مقره‌های منفرد و زنجیره‌های استاندارد کوتاه می‌بایستی از طریق محاسبه و با استفاده از سطح ولتاژ جرقه ۵۰ درصد، که با استفاده از روش بالا و پایین^۱ ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۶۰-۱ مشخص شده است، تعیین گردد.



توجه: در صورت توافق بین سازنده و خریدار، ولتاژ استقامت ممکن است بوسیله روش ۱۵ موج ضربه ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ مورد تحقیق قرار گیرد.

- رویه آزمون

برای انجام آزمون می‌بایستی از موج ضربه صاعقه استاندارد $\frac{1/2}{50}$ میکرو ثانیه استفاده نمود. موجهای ضربه‌ای از هردو پلاریته مثبت و منفی می‌بایستی استفاده شود. با این حال، در صورتیکه مشخص باشد که کدام پلاریته منجر به ولتاژ تحمل کوچکتری می‌گردد، انجام آزمون با این پلاریته کفایت می‌نماید. تعداد مقره‌هایی که تحت آزمون قرار می‌گیرند مطابق بند (۱-۵-۱-۳) انتخاب شود.

- معیار پذیرش

ولتاژ موج ضربه صاعقه ۵۰ درصدی که به روش فوق تعیین گردید می‌بایستی مطابق بند (۲-۶-۱-۳) تصحیح شود. در صورت انجام آزمون بر روی یک مقره یا یک زنجیره استاندارد کوتاه، آزمون موفقیت‌آمیز خواهد بود، اگر ولتاژ موج ضربه صاعقه ۵۰ درصد کمتر از $\frac{1}{1-1.3\sigma} = ۱/۰۴$ ، با فرض $\sigma = ۳\%$ برابر ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه تعیین شده نباشد، که در آن σ انحراف معیار می‌باشد. در صورت انجام آزمون بر روی سه واحد مقره، مقدار میانگین سه ولتاژ جرقه موج ضربه صاعقه ۵۰ درصد محاسبه می‌گردد. مقره‌ها آزمون را به سلامت پشت سر خواهند گذاشت اگر مقدار میانگین ولتاژ جرقه موج ضربه صاعقه ۵۰ درصد کمتر از $\frac{1}{1-1.3\sigma} = ۱/۰۴$ ، با فرض $\sigma = ۳\%$ برابر ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه تعیین شده نباشد. مقره‌ها نمی‌بایستی بواسطه این آزمونها معیوب شوند، اما آثار جزئی بر روی سطوح بخشهای عایقی یا لب پریدگی سیمان یا سایر مواد استفاده شده برای مونتاژ مقره مجاز می‌باشد.

۳-۱-۶-۶- آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت در شرایط مرطوب (آزمون نوعی)

- رویه آزمون

مدار آزمون می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ باشد. مقره می‌بایستی تحت شرایط مشخص شده در بندهای (۱-۶-۱-۳) و (۲-۶-۱-۳) تحت آزمون قرار گیرد. مشخصات باران مصنوعی می‌بایستی مطابق با نیازمندیهای ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ باشد. مطابق بند (۲-۶-۱-۳) مقدار ولتاژ اعمال شده به مقره می‌بایستی مقدار تصحیح شده ولتاژ استقامت فرکانس قدرت تعیین شده باشد. ولتاژ آزمون می‌بایستی برای مدت زمان یک دقیقه در این مقدار باقی بماند. تعداد مقره‌هایی که تحت آزمون قرار می‌گیرند می‌بایستی مطابق بند (۱-۵-۱-۳) انتخاب گردند.

- معیار پذیرش

در صورت انجام آزمون بر روی یک واحد مقره یا یک زنجیره استاندارد کوتاه، آزمون موفقیت‌آمیز خواهد بود اگر هیچگونه جرقه یا سوراخ شدنی در حین انجام آزمون به وقوع نپیوندد. در صورت انجام آزمون بر روی سه واحد مقره، آزمون موفقیت‌آمیز خواهد بود اگر هیچگونه جرقه یا سوراخ شدنی بر روی هر یک از واحدها مشاهده نگردد.



توجه: اگر جرقه‌ای بر روی یکی از مقره‌های تحت آزمون رخ دهد، آزمون دوم بر روی واحد مشابه می‌تواند پس از تحقیق شرایط ریزش باران بعمل آید.

به منظور تهیه اطلاعات، به ویژه در صورت درخواست در هنگام تهیه پیشنهاد، ولتاژ جرقه در شرایط مرطوب مقره را می‌توان بوسیله افزایش تدریجی ولتاژ از حدود ۷۵ درصد ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب مقره، با میزان نرخ افزایش ۲ درصد این ولتاژ بر ثانیه، تعیین نمود. ولتاژ جرقه برابر متوسط حسابی^۱ پنج مقدار قرائت شده متوالی خواهد بود و این مقدار پس از تصحیح به شرایط استاندارد (مطابق بند ۳-۶-۲) بعنوان ولتاژ جرقه در شرایط مرطوب مقره تحت شرایط محیطی استاندارد ثبت می‌گردد.

۳-۶-۱-۷- آزمون تحمل در برابر سوراخ‌شدگی مقره (آزمون نمونه‌ای، تنها برای مقره‌های کلاس B)

آزمون سوراخ‌شدگی مقره می‌تواند بصورت آزمون تحمل در برابر سوراخ‌شدگی در اثر ولتاژ فرکانس قدرت و یا با توافق سازنده و خریدار به صورت آزمون تحمل در برابر سوراخ‌شدگی در اثر اضافه ولتاژهای ضربه بعمل آید.

- آزمون تحمل در برابر سوراخ‌شدگی در اثر ولتاژ فرکانس قدرت

مقره‌ها پس از آنکه کاملاً تمیز و خشک شدند می‌بایستی کاملاً در داخل تانکی که از ماده عایقی مناسبی پر شده است فرو برده شوند تا بدینوسیله از بروز جرقه در سطح آنها در حین آزمون جلوگیری بعمل آید. اگر تانک مورد نظر از فلز ساخته شده باشد، ابعاد آن می‌بایستی به گونه‌ای باشد که کوتاهترین فاصله مابین هر قسمت از مقره و دیواره تانک کوچکتر از ۱/۵ برابر قطر بزرگترین چتر مقره نباشد. دمای ماده عایقی داخل تانک می‌بایستی در محدوده درجه حرارت اتاق آزمون باشد. معرفی مشخصات دقیق ماده عایقی داخل تانک امکان‌پذیر نیست، اما یک ویژگی مطلوب برای آن دارا بودن هدایت الکتریکی پایین است (مقاومت ویژه‌ای از مرتبه 10^6 تا 10^8 اهم - متر).

ولتاژ آزمون می‌بایستی بین قسمتهایی که عموماً ولتاژ بهره‌برداری مابین آنها اعمال می‌شود، اتصال یابد. در هنگام فرو بردن مقره در داخل ماده عایقی داخل تانک، ملاحظات خاصی به منظور جلوگیری از ایجاد حبابهای هوا در زیر چترهای مقره می‌بایستی صورت گیرد. ولتاژ آزمون باید با سرعتی که با مقدار مشخص شده بوسیله دستگاه اندازه‌گیری سازگار است تا ولتاژ سوراخ‌شدگی تعیین شده افزایش یابد. به ازای ولتاژهای پایین‌تر از مقدار ولتاژ سوراخ‌شدگی تعیین شده، هیچگونه سوراخ‌شدگی نباید رخ دهد.

برای تهیه اطلاعات و در صورت درخواست در حین تهیه پیشنهاد، ولتاژ می‌تواند تا زمانی که سوراخ‌شدگی به وقوع می‌پیوندد افزایش یابد و مقدار ولتاژ سوراخ‌شدگی ثبت گردد. رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۵-۱-۳) ارائه شد برای این آزمون نیز قابل استفاده است.

- آزمون استقامت در برابر سوراخ‌شدگی در اثر اضافه ولتاژهای ضربه

روش انجام این آزمون از سوی استاندارد IEC در دست تهیه می‌باشد.



۳-۱-۶-۸- آزمون الکتریکی جاری (تنها برای مقره‌های کلاس B از جنس سرامیک یا شیشه انیله‌شده)

واحدهای مقره زنجیره‌ای^۱ یا مقره‌های صلب^۲ که از جنس سرامیک یا شیشه انیله شده هستند می‌بایستی در معرض ولتاژ متناوبی که به صورت دائم اعمال می‌شود، قرار گیرند.

مقره‌های صلب می‌بایستی به صورت وارونه در داخل تانکی که حاوی آب می‌باشد قرار داده شوند. میزان عمق آب داخل تانک می‌بایستی به گونه‌ای باشد که تحت چنین شرایطی شیار جانبی سر مقره بطور مناسبی در داخل آب قرار گرفته باشد. ولتاژ آزمون می‌بایستی مابین تانک و آب که عملاً سوراخ پین یا گودی هر مقره را پوشانده است، اعمال گردد. به روش دیگر، به شرط اینکه تنشهای الکتریکی در شیشه یا چینی کاهش نیابد، می‌توان از الکترودهای فلزی استفاده نمود.

ولتاژ متناوب اعمال شده می‌تواند دارای فرکانسی برابر با فرکانس قدرت یا بالاتر باشد. در صورت استفاده از ولتاژ با فرکانس قدرت، ولتاژ آزمون می‌بایستی برای سه تا پنج دقیقه متوالی اعمال شود و دامنه آن می‌بایستی برای تولید جرقه‌های پراکنده یا اتفاقی^۳ (هرچند ثانیه) به اندازه کافی بزرگ باشد. در صورت استفاده از ولتاژی با فرکانس بالاتر از فرکانس قدرت، این ولتاژ آزمون می‌بایستی یک ولتاژ متناوب میرا شونده مناسب با فرکانس مابین ۱۰۰ تا ۵۰۰ کیلوهرتز باشد. ولتاژ آزمون می‌بایستی حداقل برای سه ثانیه متوالی اعمال شود و اندازه آن باید برای ایجاد جرقه‌های پیوسته^۴ به اندازه کافی بزرگ باشد. با اعمال ولتاژ فرکانس قدرت یا هر روش مناسب دیگری باید سوراخ‌شدگی مقره در حین یا بعد از آزمون فرکانس بالا را ردیابی نمود. مقره‌هایی که در حین آزمون سوراخ شده‌اند در آزمون مردود شده‌اند.

جز در مواردی که مشخص شده است، این آزمون به جهت حذف مقره‌هایی که ممکن است بصورت جزئی در آزمون مکانیکی صدمه دیده باشد، می‌بایستی پس از آزمون مکانیکی جاری انجام گیرد.

توجه: در مواردی ممکن است که انجام آزمون فوق برای طراحی‌های ویژه‌ای از مقره صلب کلاس B امکان‌پذیر نباشد. در صورت حصول توافق بین خریدار و سازنده، انجام آزمون برروی بخشهای عایقی مقره قبل از مونتاژ می‌تواند به جای انجام آزمون برروی مقره مونتاژ شده جایگزین شود.

۳-۱-۷- رویه‌های آزمون برای آزمونهای مکانیکی وسایر آزمونها

در این بخش رویه‌ها و نیازمندیهای آزمونهای مکانیکی انواع مختلف مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای که در خطوط انتقال نیرو مورد استفاده قرار می‌گیرند، ارائه می‌شود. لیست آزمونها، آرایش استقرار و ثابتهای پذیرش در بخشهای آتی و بندهای مربوط به انواع مقره‌های مورد نظر ارائه می‌گردند. برای آزمونهای مکانیکی و سایر آزمونها، پاره‌ای از رویه‌های آزمون برای هر دو گروه آزمونهای نوعی و نمونه‌ای یکسان است اما معیارهای پذیرش ممکن است متفاوت باشد.



1. String insulator units

2. Rigid insulators

3. Sporadic or occasional flashover

4. Continuous flashover

۳-۱-۷-۱-تحقیق ابعاد مقره (آزمون نوعی و نمونه‌ای)

ابعاد مقره‌های تحت آزمون می‌بایستی براساس نقشه‌های ابعادی ارائه شده برای آن نوع مقره بازبینی شود و این کار با در نظر گرفتن میزان تلورانس مجاز برای هر یک از ابعاد و جزئیات موثر در قابلیت تغییر ابعاد مقره همراه می‌باشد. برای این منظور می‌توان از ابعاد و تلورانسهای مجاز ارائه شده در استانداردهای IEC شماره ۶۰۳۰۵، ۶۰۴۳۳، ۶۰۱۲۰ و ۶۰۴۷۱ استفاده نمود.

اندازه‌گیری کوپلینگهای توپی و سوکتی واحد مقره‌ای زنجیره‌ای می‌بایستی برای هر دو دسته نمونه‌های آزمون E_1 ، E_2 تحقیق گردد. برای سایر ابعاد و سایر انواع مقره‌ها تنها دسته E_2 می‌بایستی استفاده شود.

جز در موارد توافق شده، میزان تلورانس برابر مقادیر زیر خواهد بود:

$(\pm 0.04 d + 1/5)$ میلی‌متر وقتی که $d \leq 300 \text{ mm}$ و برای کيله فواصل خزشی

یا

$(\pm 0.025 d + 6)$ میلی‌متر وقتی که $d > 300 \text{ mm}$

این مقادیر در مورد کلیه ابعادی که تلورانسهای ویژه آنها ارائه نشده است، مجاز می‌باشد (d بعدی از مقره بر حسب میلی‌متر است که اندازه آن تحت کنترل می‌باشد).

تلورانسهای فوق در مورد فواصل خزشی نیز قابل استفاده می‌باشند، حتی اگر این فاصله بصورت حداقل مقدار نامی مشخص شده باشد. رویه آزمون مجددی که در بند ۳-۱-۳ ارائه گردید برای این آزمون نیز قابل استفاده می‌باشد.

۳-۱-۷-۲-آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی (آزمون نوعی و نمونه‌ای)

- رویه آزمون

این آزمون می‌بایستی به آن دسته از مقره‌های زنجیره‌ای اعمال شود که تخلیه الکتریکی داخلی در آنها در نمایان شدن تخریب مکانیکی بخشهای عایقی‌شان مؤثر است.

واحدهای مقره زنجیره‌ای می‌بایستی جداگانه و بطور همزمان تحت ولتاژ فرکانس قدرت و نیروی کششی اعمال شده مابین قسمت‌های فلزی، قرار گیرند. ولتاژ اعمالی می‌بایستی در طول آزمون تداوم داشته باشد.

مقدار ولتاژ اعمالی می‌بایستی معادل با ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب تعیین شده برای زنجیره استاندارد کوتاه تقسیم بر تعداد واحدهای مقره استفاده شده در این زنجیره باشد.

قطعات کوپلینگ ماشین آزمون می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ (برای مقره‌هایی که مجهز به کوپلینگهای توپی و سوکتی هستند) و IEC شماره ۶۰۴۷۱ (برای مقره‌هایی که مجهز به کوپلینگهای شیاردار و زبانه‌ای هستند) باشند. قطعات کوپلینگ با استقامت یکسان (استاندارد یا تقویت شده) می‌بایستی در آزمونه‌های نوعی و نمونه‌ای استفاده گردند.

نیروی کششی می‌بایستی از مقدار صفر تا حدود ۷۵ درصد نیروی شکست الکترومکانیکی تعیین شده به سرعت اما به صورت پیوسته افزایش یابد و پس از آن می‌بایستی به آرامی و تحت نرخ افزایشی مابین ۳۵ تا ۱۰۰ درصد نیروی شکست الکترومکانیکی تعیین شده بر دقیقه افزایش یابد تا اینکه نیروی شکست تعیین شده به مقره اعمال گردد و ثبت شود (نرخهای افزایشی اشاره شده متناظر با رسیدن به نیروی شکست الکترومکانیکی تعیین شده در مدت زمانی بین ۱۵ تا ۴۵ ثانیه می‌باشد).

- معیار پذیرش

معیار پذیرش این آزمون در بند بعدی ارائه می‌شود.

۳-۷-۱-۳- آزمون نیروی شکست مکانیکی (آزمون نوعی و نمونه‌ای)

- رویه آزمون برای مقره‌های اتکایی خط

مقره‌های اتکایی خط می‌بایستی به شیوای که در ادامه و در قسمتهای مربوط به آزمونهای این نوع مقره ارائه می‌گردد نصب شود و بار مکانیکی خمشی به آن اعمال گردد. بار مورد نظر باید به سرعت اما به صورت پیوسته از صفر تا حدود ۷۵ درصد نیروی شکست مکانیکی تعیین شده افزایش یابد و سپس به آرامی و تحت نرخ افزایشی مابین ۳۵ تا ۱۰۰ درصد نیروی شکست مکانیکی تعیین شده بردقیقه افزایش یابد تا اینکه نیروی شکست تعیین شده حاصل آید (نرخهای افزایشی اشاره شده متناظر با رسیدن با نیروی تخریب مکانیکی مشخص شده در مدت زمانی بین ۱۵ تا ۴۵ ثانیه می‌باشد). نیروی شکست مقره‌های اتکایی خط می‌بایستی ثبت گردد.

- رویه آزمون برای واحدهای مقره زنجیره‌ای

واحدهای مقره زنجیره‌ای می‌بایستی جداگانه تحت نیروی کششی که مابین قسمتهای فلزی آنها اعمال می‌شود، قرار گیرند. قطعات کوپلینگ ماشین آزمون می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ برای مقره‌های مجهز به کوپلینگهای توپی و سوکت‌دار و IEC شماره ۶۰۴۷۱ برای مقره‌های مجهز به کوپلینگهای شیاردار و زبانه‌ای باشند. قطعات کوپلینگ با استقامت یکسان (استاندارد یا تقویت شده) می‌بایستی در آزمونهای نوعی و نمونه‌ای استفاده گردند.

نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما پیوسته از صفر تا حد ۷۵ درصد نیروی شکست مکانیکی تعیین شده مقره افزایش یابد و پس از آن به آرامی و تحت نرخ افزایشی مابین ۳۵ تا ۱۰۰ درصد نیروی شکست مکانیکی تعیین شده بر دقیقه افزایش یابد تا نیروی شکست تعیین شده مقره حاصل آید و مقدار مورد نظر ثبت گردد (نرخهای افزایشی اشاره شده متناظر با رسیدن به نیروی شکست مکانیکی تعیین شده در مدت زمانی بین ۱۵ تا ۴۵ ثانیه می‌باشد).

- معیار پذیرش برای مقره‌های زنجیره‌ای و مقره‌های اتکایی خط

با استفاده از مقادیر نیروی شکست هر مقره موجود در دسته نمونه (X)، که در حین انجام آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی به دست آمده‌اند، مقدار متوسط $\bar{X}$ و انحراف معیار σ_{n-1} می‌بایستی محاسبه شوند. در روابط آتی از سمبلهای زیر استفاده می‌شود:

SFL: نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی تعیین شده

X_T : مقدار متوسط نتایج آزمون نوعی

$\bar{X}_1$: مقدار متوسط نتایج آزمون نمونه‌ای

$\bar{X}_2$: مقدار متوسط نتایج آزمون مجدد

σ_T : انحراف از معیار نتایج آزمون نوعی

σ_1 : انحراف از معیار نتایج آزمون نمونه‌ای

σ_2 : انحراف از معیار نتایج آزمون مجدد



C_{0123} : ثابتهای پذیرش

آزمون نوعی موفقیت‌آمیز خواهد بود اگر رابطه زیر برقرار باشد :

$$\bar{X}_T \geq SFL + C_0 \sigma_T \quad (3-3)$$

آزمون نمونه‌ای موفقیت‌آمیز خواهد بود اگر رابطه زیر برقرار باشد :

$$\bar{X}_1 \geq SFL + C_1 \sigma_1 \quad (4-3)$$

اگر رابطه زیر برقرار باشد، آزمون مجدد می‌تواند با دو برابر شدن تعداد نمونه‌ها در آزمونهای نمونه‌ای انجام گیرد :

$$SFL + C_2 \sigma_T \leq \bar{X}_1 < SFL + C_1 \sigma_1 \quad (5-3)$$

آزمون مجدد موفقیت‌آمیز خواهد بود اگر رابطه زیر برقرار باشد :

$$\bar{X}_2 \geq SFL + C_3 \sigma_2 \quad (6-3)$$

که در آن مقدار متوسط $\bar{X}_2$ و انحراف معیار σ_2 تنها با استفاده از نتایج آزمون مجدد بدست آمده‌اند. اگر آزمون مجدد موفقیت‌آمیز نباشد، مجموعه از دیدگاه استاندارد IEC شماره ۶۰۳۸۳-۱ پذیرفته شده نبوده و تحقیقاتی به منظور یافتن علت خطا می‌بایستی صورت گیرد (در مواردی که مجموعه به چندین مجموعه کوچکتر تقسیم شده است و یکی از مجموعه‌ها پذیرفته نگردد، در مورد سایر مجموعه‌ها نیز ممکن است تحقیقاتی صورت گیرد).

ثابت‌های پذیرش C_0 ، C_1 ، C_2 و C_3 در بندهای (۱-۸-۱-۳) و (۲-۹-۱-۳) ارائه می‌شوند.

روش مقایسه نتایج بدست آمده از آزمونهای نوعی و نمونه‌ای الکترومکانیکی و مکانیکی در پیوست (۱-۳) ارائه شده است. جدول کامل پذیرش برای آزمونهای نوعی و نمونه‌ای نیز به همراه مثالهای محاسباتی در پیوست (۲-۳) آمده است.

توجه : در هنگام محاسبه انحراف از معیار σ ، باید دقت نمود که مخرج معادل با $n-1$ است.

۳-۱-۷-۴- آزمون عملکرد حرارتی _ مکانیکی^۱ (آزمون نوعی)

- رویه آزمون

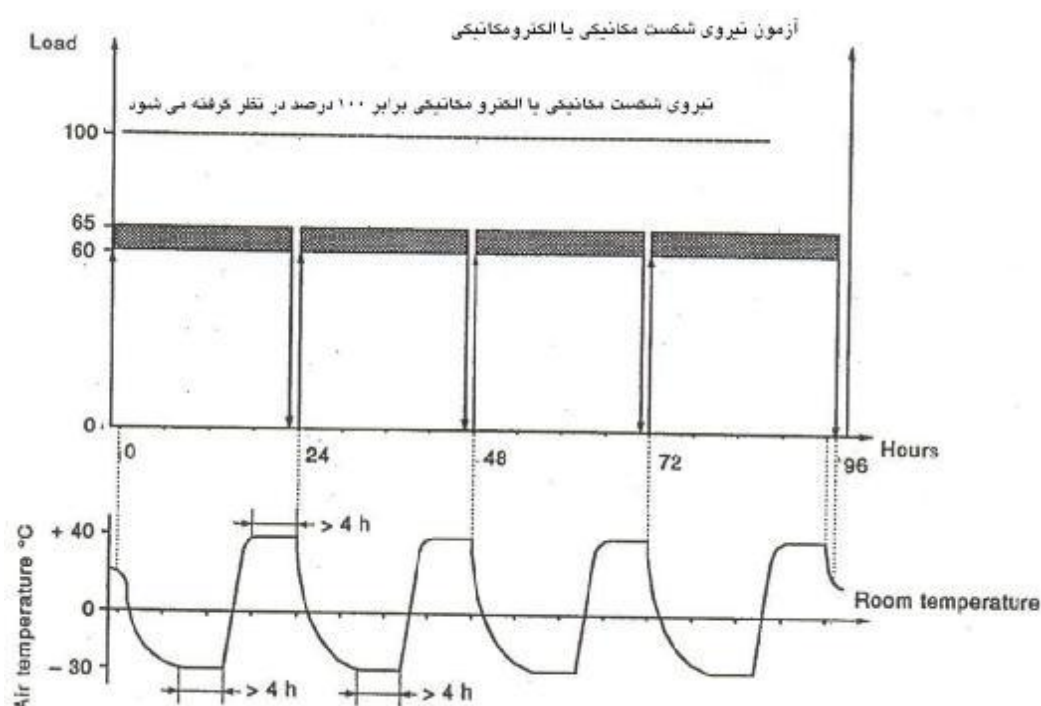
واحد مقره می‌بایستی برای چهار دوره^۲ ۲۴ ساعته تحت گرمایش و سرمایش همراه با اعمال همزمان نیروی کششی دائم مابین ۶۰ تا ۶۵ درصد نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی تعیین شده‌اش قرار گیرد. هر دوره ۲۴ ساعته می‌بایستی با یک پریرود سرمایش ± 5 -۳۰ درجه سانتیگراد و پس از آن یک پریرود گرمایش ± 5 +۴۰ درجه سانتیگراد آغاز گردد. تلورانس‌های در نظر گرفته شده برای دمای دوره‌های گرمایش و سرمایش می‌بایستی به گونه‌ای انتخاب شود که حداقل اختلاف دمای ۷۰ درجه سانتیگراد مابین دمای‌های گرمایش و سرمایش ثبت شده فراهم گردد. دماهای حداقل و حداکثر می‌بایستی حداقل برای چهار ساعت متوالی از دوره حرارتی اعمال گردند. نرخ تغییر حرارت عملاً مهم نمی‌باشد و به تجهیزات آزمون وابسته می‌باشد. کلیه دماها می‌بایستی برروی یا نزدیک بخش فلزی یکی از مقره‌ها اندازه‌گیری شود.



1. Thermal – mechanical performance test
2. Cycle

نیروی کششی می‌بایستی در درجه حرارت اتاق و قبل از آغاز اولین دوره حرارتی به واحد مقره اعمال گردد. این نیروی کششی جز در مورد آخرین پریود می‌بایستی در انتهای هر یک از پریودهای حرارتی کاملاً برداشته شود و سپس دوباره اعمال گردد. شمایی کلی از انجام آزمون در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.

آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی (بند ۳-۷-۱-۲) و آزمون نیروی شکست مکانیکی (بند ۳-۷-۱-۳) می‌بایستی در همان روزی که نیروی کششی از روی واحد مقره برداشته می‌شود، انجام گیرند.



شکل ۳-۱: نمای کلی از آزمون عملکرد حرارتی - مکانیکی

توجه :

- واحدهای مقره ممکن است در هنگام اعمال دوره‌های حرارتی و نیروی مکانیکی بصورت سری و یا موازی با یکدیگر قرار گیرند. در صورتی که واحدها بصورت موازی با یکدیگر باشند، واحدهای مقره می‌بایستی به طور یکسان بارگذاری گردند.
- پینهای کوپلینگ لقی^۱، همانند آنهایی که با مقره‌های یکپارچه به کار می‌روند، نمی‌بایستی در آزمون مکانیکی دخیل گردند چرا که آنها جزء طراحی داخلی مقره محسوب نمی‌شوند.

- معیار پذیرش

معیار پذیرش آزمونهای نیروی شکست الکترومکانیکی و مکانیکی می‌بایستی برای این آزمون مورد استفاده قرار گیرد (رجوع کنید به بند ۳-۷-۱-۳). چنانچه مقره‌ای در حین دوره‌های سرمایش و گرمایش دچار خطا شود، مقره‌ها براساس دستورات این بخش پذیرفته نمی‌شوند.



۳-۱-۷-۵- بررسی جابجائی محوری، شعاعی و زاویه‌ای مقره^۱ (آزمون نمونه‌ای)

- رویه آزمون

واحد مقره زنجیره‌ای باید تحت نیروی کششی سبکی که مابین قطعات کوپلینگ آن (که به طور مناسبی بر روی مقره و مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ یا ۶۰۴۷۱ نصب شده‌اند) اعمال می‌گردد، قرار گیرد. در مواردی که از کوپلینگ‌های شیار و زبانه استفاده می‌گردد ممکن است ضروری باشد که خارهایی به مرکز اتصالات فلزی در کوپلینگ‌ها افزوده شود. دو قطعه کوپلینگ می‌بایستی بر روی یک محور عمودی مشترک قرار داشته باشند و قادر به چرخش آزادانه باشند.

- رویه آزمون برای واحد مقره‌های بشقابی

قطعه نگهدارنده فوقانی دستگاه آزمون می‌بایستی یکی از انواع سوکتی یا زبانه‌ای باشد به نحوی که مقره تحت آزمون بتواند از طریق اتصال تویی یا شیاردار فوقانی‌اش به این قطعه نگهدارنده متصل شود. دو وسیله اندازه‌گیری A و B مطابق شکل (۳-۲الف) به گونه‌ای قرار می‌گیرند که آنها به ترتیب با بخش عایقی در نقطه حداکثر قطر و در سر بیرونی‌ترین شیار^۲ تماس پیدا کنند.

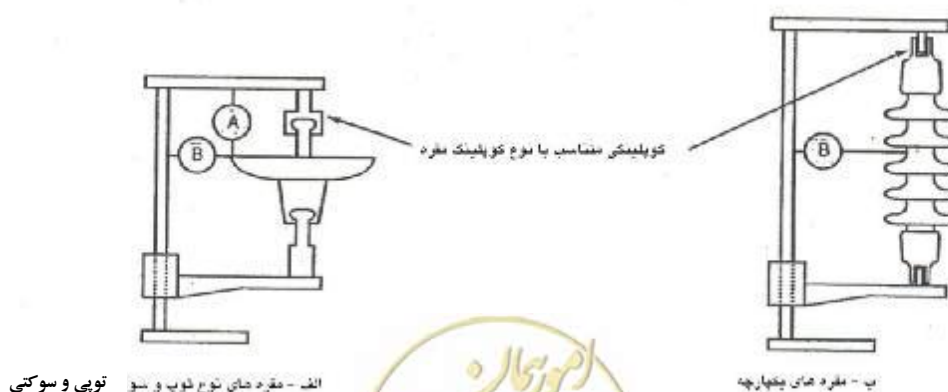
مقره به اندازه ۳۶۰ درجه چرخانده می‌شود و حداکثر تغییرات قرائت شده از دستگاه‌های اندازه‌گیری یادداشت می‌گردد.

- رویه آزمون برای واحدهای مقره‌ای یکپارچه

دستگاه اندازه‌گیری B می‌بایستی مطابق شکل (۳-۲ب) به گونه‌ای در تماس با هسته بخش عایق مقره قرار گیرد که در صورت امکان به مرکز مقره نزدیکتر باشد.

مقره به اندازه ۳۶۰ درجه چرخانده می‌شود و حداکثر تغییرات قرائت شده از دستگاه اندازه‌گیری یادداشت می‌شود.

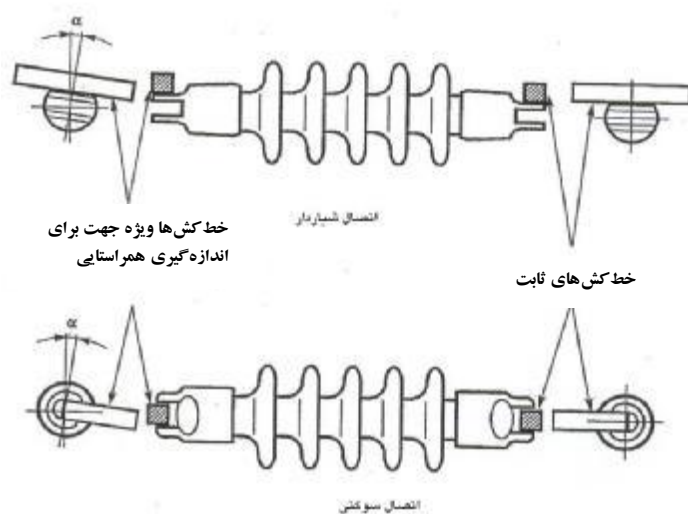
علاوه بر این، جابجائی زاویه‌ای قطعات کوپلینگ، α ، می‌بایستی به شیوه مناسبی، مثلاً مطابق شکل (۳-۳)، اندازه‌گیری شود.



شکل ۳-۲: شیوه اندازه‌گیری جابجائی زاویه‌ای مقره

1. Verification of axial, radial and angular displacements

2. Rib



شکل ۳-۳: شیوه اندازه‌گیری جابجائی زاویه‌ای واحدهای مقره‌ای یکپارچه

- معیار پذیرش برای واحد مقره‌های بشقابی

حداکثر تغییرات مجاز قرائت شده از وسایل اندازه‌گیری که در زیر ارائه شده‌اند تنها جهت راهنمایی بوده و مقادیر اجباری نمی‌باشند:

- تغییرات در مقدار اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه اندازه‌گیری A : ۴ درصد قطر نامی مقره.
 - تغییرات در مقدار اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه اندازه‌گیری B : ۳ درصد قطر نامی مقره.
- رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۵-۱-۳) ارائه شد، برای این آزمون نیز مورد استفاده خواهد بود.



- معیار پذیرش برای واحدهای مقره‌ای یکپارچه

حداکثر تغییرات مجاز قرائت شده از دستگاه‌های اندازه‌گیری که در زیر ارائه شده‌اند تنها جهت راهنمایی بوده و مقادیر اجباری نمی‌باشند:

- تغییرات در مقدار اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه اندازه‌گیری B برابر $1/4$ درصد طول مقره، برای مقره‌هایی که طول آنها کوچکتر مساوی ۷۵۰ میلی‌متر است و برابر $1/2$ درصد طول مقره، برای مقره‌هایی که طول آنها بزرگتر از ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد.
 - مقدار جابجائی زاویه‌ای قطعات کوپلینگ، α ، نمی‌بایستی از مقادیر ارائه شده زیر بیشتر باشند :
 - برای کوپلینگ‌های از نوع شیار و زبانه α می‌بایستی کوچکتر یا مساوی ۴ درجه باشد.
 - برای کوپلینگ‌های از نوع توپی و سوکتی α می‌بایستی کوچکتر یا مساوی ۱۵ درجه باشد.
 - برای سایر ترکیبات کوپلینگها، جز در موارد توافق شده بین سازنده و خریدار، α می‌بایستی کوچکتر یا مساوی ۱۵ درجه باشد.
- رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۱-۳-۵) ارائه شده است می‌بایستی برای این آزمون نیز استفاده گردد.

۳-۱-۷-۶- بررسی سیستم قفل‌کننده^۱ (آزمون نمونه‌ای)

این آزمون در مورد مقره‌های زنجیره‌ای که دارای کوپلینگ‌های از نوع توپی و سوکتی هستند به عمل می‌آید. آزمون از چهار قسمت به شرح زیر تشکیل یافته است:

- تطابق وسیله قفل‌کننده
- بررسی قفل‌شدگی
- وضعیت وسیله قفل‌کننده (فقط برای انواع پین چاک‌دار)^۲
- آزمون عملکرد^۳

رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۱-۳-۵) ارائه گردید برای این آزمون‌ها نیز استفاده می‌گردد.

- تطابق وسیله قفل‌کننده

سازنده مقره یا اتصالات می‌بایستی بررسی نماید که وسایل قفل‌کننده با نیازمندیهای استاندارد IEC شماره ۶۰۳۷۲ مطابقت داشته باشند [۱۸ و ۲۰]. این بررسی می‌بایستی با معیار آزمونی که در اختیار سازنده مقره است، مطابقت گردد.

توجه: اگر هیچگونه مدرکی مبنی بر تعلق وسایل قفل‌کننده سوار شده بر روی مقره‌های ارائه شده برای آزمون به یک مجموعه یکسان، که تصدیق آن قبلاً بدست آمده است، وجود نداشته باشد، آزمونهایی مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۳۷۲ می‌تواند بر روی تعدادی از وسایل قفل‌کننده، که تعداد آنها بیشتر از سیزد دسته نمونه E_2 نمی‌باشد، به عمل آیند.



omoorepeyman.ir

1. Verification of the locking system
2. Split – pin types
3. Operation test

- بررسی قفل‌شدگی

مقره‌های بشقابی به صورت زنجیره‌ای به هم متصل می‌شوند. در مورد مقره‌های یکپارچه، واحد مقره با توپی اتصال^۱ متناظر مونتاژ می‌گردد. در این حالت ابتدا وسیله قفل‌کننده در وضعیت قفل‌شوندگی قرار می‌گیرد. آنگاه با اعمال حرکت‌هایی مشابه آنچه که در هنگام سرویس انجام می‌گیرد، زنجیره یا توپی اتصال به منظور مشاهده عدم جدا شدگی کنترل می‌شود.

- وضعیت وسیله قفل‌کننده

برای انواع پین چاک‌دار^۲، وضعیت قفل‌شوندگی برای ساقها^۳ کنترل می‌شود تا از سوراخ ورودی سوکت خارج نشده باشند. این امکان وجود دارد که با فرو کردن یک وسیله نوک تیز و باریک که قطر آن نصف قطر سوراخ سوکت است، وضعیت سیستم قفل‌کنندگی را از حالت قفل به وضعیت کوپلینگ منتقل کرد.

توجه: برای آشنایی با وضعیت قرارگیری در حالت کوپلینگ و قفل‌شدگی به استاندارد IEC شماره ۶۰۳۷۲ مراجعه نمایید.

در مورد انواع پین‌های چاک‌دار، می‌بایستی احتیاط نمود که نیروی زیادی در هنگام جازدن پین به سر آن وارد نشود چرا که این مسئله ممکن است موجب معیوب شدن قابلیت قفل‌شوندگی شود. در هنگام خارج کردن پین چاک‌دار نیز می‌بایستی دقت کافی صورت گیرد تا معیوب شدن نوک پین منجر به معیوب شدن قابلیت قفل‌شوندگی نشود.

برای کوپلینگ استاندارد ۱۱، ساقهای پین چاک‌دار حداکثر تا ۵ میلی‌متر می‌توانند از سوراخهای سوکت بیرون باشند.

- رویه آزمون کارکرد

وسیله قفل‌کننده در وضعیت قفل قرار داده می‌شود. برای انواع پین چاک‌دار، با استفاده از وسیله مناسبی، نیروی کششی F به سوراخ پین چاک‌دار و در امتداد با محور آن اعمال می‌گردد. برای گیره‌های W شکل، با استفاده از یک میله فلزی با سطح مقطع چهار گوش و ابعاد $F_5 \times T$ (برای مشاهده این ابعاد به استاندارد IEC شماره ۶۰۳۷۲ مراجعه نمایید)، نیروی F به دو انتهای گرد گیره و در امتداد محور آن اعمال می‌گردد.

نیرو به تدریج تا زمانی که وسیله قفل‌کننده از وضعیت قفل به وضعیت کوپلینگ برسد، افزایش می‌یابد. این عمل می‌بایستی برای سه مرتبه پشت سرهم انجام گیرد. در هر بار انجام این عملیات میزان نیرویی که موجب انتقال از وضعیت قفل به وضعیت کوپلینگ می‌شود، یادداشت می‌گردد. پس از این، میزان نیروی F_{max} که مطابق معیار ارائه شده زیر تعیین می‌گردد، می‌بایستی به وسیله قفل‌کننده اعمال شود و به موجب آن نمی‌بایستی وسیله قفل‌کننده به طور کامل از سوکت خارج شود.

- معیار پذیرش آزمون عملکرد

مقادیر نیروی F برای سه بار عملکرد می‌بایستی در داخل مقادیر F_{min} و F_{max} زیر قرار گیرند:

- برای کوپلینگ استاندارد 11، مقدار F_{min} برابر ۳۰ و ۲۵ و مقدار F_{max} برابر ۳۰۰ و ۲۵۰ نیوتن به ترتیب برای پین‌های چاک‌دار و گیره‌های W شکل می‌باشد.
- برای کوپلینگ‌های استاندارد 16A-16B، 20 و 24، مقدار F_{min} برابر ۵۰ و ۲۵ و مقدار F_{max} برابر ۵۰۰ و ۲۵۰ نیوتن به ترتیب برای پین‌های چاک‌دار و گیره‌های W شکل می‌باشد.



- رویه آزمون برای مقره‌های زنجیره‌ای و اتکایی خط متشکل از شیشه انیله شده

مقره‌های از جنس شیشه همراه با قسمتهای فلزی ادغام شده، (در صورت وجود) می‌بایستی به سرعت و به طور کامل، بدون قرار گرفتن در داخل یک ظرف واسطه، در حمام آبی که درجه حرارت آن به میزان θ درجه سانتیگراد بالاتر از درجه حرارت باران مصنوعی است که بعداً در این آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرد، فرو برده شوند و برای مدت زمان ۱۵ دقیقه در این حمام غوطه‌ور باقی نگه‌داشته شوند. پس از آن، می‌بایستی آنها را به سرعت بیرون آورده و به مدت ۱۵ دقیقه در معرض باران مصنوعی با شدت ۳ میلیمتر بر دقیقه، قرار داد.

این دوره گرمایش و سرمایش می‌بایستی برای سه مرتبه متوالی انجام شود. مدت زمان صرف شده برای انتقال مقره‌ها از حمام گرم به محل ریزش باران یا بالعکس نمی‌بایستی بیش از ۳۰ ثانیه باشد.

توانایی شیشه انیله شده در تحمل تغییرات حرارت به عوامل مختلفی بستگی دارد که یکی از مهمترین این عوامل، ترکیبات شیشه است. بنابراین، درجه حرارت θ می‌بایستی با توافق بین سازنده و خریدار انتخاب شود.

به محض پایان دوره سوم، مقره‌ها مورد بازرسی قرار می‌گیرند تا مشخص شود که فاقد هرگونه ترک خوردگی هستند و پس از آن می‌بایستی تحت آزمون زیر قرار گیرند :

- برای مقره‌های کلاس A که آزمون مکانیکی جاری برای آنها مشخص شده است :
- برای مدت زمان یک دقیقه نیروی مکانیکی معادل با ۸۰ درصد نیروی شکست مکانیکی تعیین شده مقره به آن اعمال می‌گردد.
- برای مقره‌های کلاس B :

برای مدت زمان یک دقیقه آزمون فرکانس قدرتی که رویه آن در بند (۳-۱-۶-۸) ارائه گردید، به مقره اعمال می‌گردد.

- رویه آزمون ویژه برای مقره‌های دارای بخشهای نازک یا مقره‌های بسیار بزرگ

برای مقره‌های بسیار بزرگ یا واحدهای مقره‌ای که دارای بخش‌های نازک هستند، آزمونهای ارائه شده فوق ممکن است بسیار طاقت فرسا بوده و بر این اساس می‌توان آزمون با شدت کمتر با توافق سازنده و خریدار مورد استفاده قرار گیرد. اختلاف دمای ۵۰ درجه سانتیگراد عموماً برای این آزمون مناسب است. برای این منظور، مقره‌های صلب بسیار بزرگ یا واحد مقره‌های زنجیره‌ای که ابعاد آنها در محدوده‌های مشخص شده زیر قرار بگیرند، جزء این دسته از مقره‌ها محسوب می‌گردند :

$$\begin{cases} L > 1200\text{mm} \\ D^2 L > 80 \times 10^6 \text{ mm}^3 \\ d > 90\text{mm} \\ \phi > 25\text{mm} \end{cases} \quad (۹-۳)$$

که در آن :

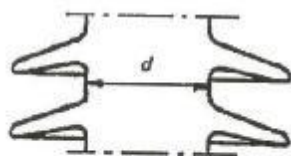
L = طول مقره، برحسب میلیمتر.

D = بزرگترین قطر خارجی مقره، برحسب میلیمتر.

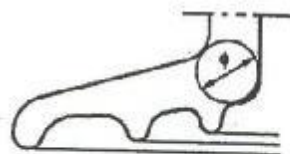
d = قطر هسته برای مقره‌های توپر، برحسب میلیمتر (به شکل ۳-۴ الف مراجعه کنید).

ϕ = حداکثر ضخامت مشخص شده بوسیله قطر بزرگترین دایره‌ای که می‌توان داخل طرح مقطع مقره در امتداد محور محاط کرد، برحسب میلیمتر (به شکل ۳-۴ ب مراجعه کنید).





الف - مقره یکپارچه



ب - مقره‌های بشقابی

شکل ۳-۴: ابعاد d و ϕ مقره برای استفاده در آزمون حرارتی ویژه

- مشخصات تکمیلی

- برای آزمونهای بالا، میزان آب موجود در ظروف می‌بایستی به اندازه کافی زیاد باشد به نحوی که غوطه‌ور کردن مقره‌ها در داخل آنها موجب تغییرات حرارتی بیش از ± 5 درجه در آب نشود.
- محدودیت در استفاده از ظرف واسطه، شامل استفاده از سبدهای بافته شده‌ای که دارای جرم حرارتی پائین هستند و امکان دسترسی آزادانه به آب را فراهم می‌آورند، نمی‌شود.

- معیار پذیرش

مقره‌ها می‌بایستی این آزمون را بدون ترک برداشتن یا سوراخ شدن یا شکست مکانیکی تحمل کنند. رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۵-۱-۳) ارائه شده است برای این آزمون نیز قابل اعمال است.

۳-۷-۸- آزمون شوک حرارتی-(آزمون نمونه‌ای)

- رویه آزمون

مقره‌ها می‌بایستی به سرعت و به طور کامل در آبی که درجه حرارت آن نمی‌بایستی بیش از ۵۰ درجه تغییر نماید فرو برده شوند. این مقره‌ها قبلاً بوسیله هوای داغ یا وسایل مناسب دیگری تا دمای یکنواختی که حداقل ۱۰۰ درجه بالاتر از دمای آب است، گرم شده‌اند.

مقره‌ها می‌بایستی حداقل برای مدت زمان ۲ دقیقه در آب باقی بمانند.

- معیار پذیرش

مقره‌ها می‌بایستی این آزمون را بدون شکست بخشهای عایقی تحمل کنند. رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۵-۱-۳) ارائه گردید، برای این آزمون نیز قابل استفاده می‌باشد.



۳-۱-۷-۹- آزمون تخلخل^۱ (آزمون نمونه‌ای)

- رویه آزمون

تکه‌های سرامیکی که از مقره برداشته شده‌اند یا در صورت توافق تکه‌هایی از سرامیک که در مجاورت مقره پخته شده است، می‌بایستی در محلول الکلی فوکسین یک درصد (یک گرم فوکسین در ۱۰۰ گرم جوهر متیل) تحت فشاری که نمی‌بایستی از 10×15 نیوتن بر متر مربع کمتر باشد و برای مدت زمانی که حاصل ضرب تداوم آن برحسب ساعت در فشار آزمون برحسب نیوتن بر متر مربع نمی‌بایستی کمتر از 10×180 باشد، فرو برده شوند.

پس از آن تکه‌های سرامیکی از محلول خارج شده و پس از شسته و خشک شدن دوباره شکسته می‌شوند.

- معیار پذیرش

بررسی‌های انجام گرفته از سطوح تازه شکسته شده با استفاده از چشم غیر مسلح نمی‌بایستی هرگونه نفوذ زنگ را آشکار نماید. از نفوذ در شکافهای کوچکی که در مراحل اولیه شکستن بوجود آمده‌اند می‌بایستی صرف‌نظر شود. رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۵-۱-۳) ارائه گردید، برای این آزمون نیز استفاده می‌شود.

۳-۱-۷-۱۰- آزمون روکش روی^۲ (آزمون نمونه‌ای)

جز در مواردی که مشخص شود، برای انجام این آزمون، استاندارد ISO شماره ۱۴۵۹(E)، ۱۴۶۰(E)، ۱۴۶۱(E)، ۱۴۶۳(E)، ۲۰۶۴(E) و ۲۱۷۸(E) قابل استفاده می‌باشند.

توجه: در مواردی انجام تعمیرات روی بخش گالوانیزه سطوح کوچک که آسیب دیده‌اند، ممکن است به واسطه حرارت زیاد تولید شده در حین تعمیر، خسارتهایی را به دنبال داشته باشد. در چنین شرایطی می‌بایستی تعمیرات لازم را به دقت و با استفاده از میله‌های آلیاژ روی با نقطه ذوب پائین که برای این منظور تهیه شده‌اند انجام داد. به هر حال ممکن است این روش بعنوان یک توصیه عمومی امکان پذیر نباشد. ضخامت روکش تعمیر شده می‌بایستی حداقل معادل با ضخامت لایه روکش روی قبلی باشد. حداکثر مساحتی که این قبیل تعمیرات برای آن قابل قبول است به نوع بخش آهنی و ابعاد آن بستگی دارد، اما به عنوان یک راهنمایی کلی این مساحت برابر ۴۰ میلی‌متر مربع و حداکثر مقدار ۱۰۰ میلی‌متر مربع برای اتصالات بزرگ مقره پیشنهاد می‌شود. علی‌رغم تمام موارد فوق، تعمیر روکش آسیب دیده تنها در موارد استثنائی و در اثر خطاهای جزئی و پس از توافق سازنده و خریدار مجاز می‌باشد. می‌بایستی توجه نمود که انجام تعمیرات با استفاده از میله‌های تعمیراتی مخصوص این کار تنها بر روی بخشهای آهنی لق امکان پذیر است چرا که دمای بخش آهنی در حین این عملیات حرارتی به اندازه کافی برای استفاده از این روش در مقره‌های کامل، بالا می‌باشد.



- رویه‌های آزمون

بخشهای آهنی مقره می‌بایستی پس از تعیین جرم روکش روی که با استفاده از روش آزمون مغناطیسی انجام می‌گیرد، مورد آزمون بازرسی وضعیت ظاهری قرار گیرد. در موارد بروز اختلاف در مورد نتایج حاصل از روش مغناطیسی، آزمون قطعیت^۱ می‌بایستی انجام گیرد:

- یا بوسیله روش ثقل سنجی^۲ برای مواد ریخته‌گری شده^۳ و آهنگری شده^۴ و برای واشرها با توافق. در این حالت نیازمندیهای استاندارد ISO شماره ۱۴۶۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- و یا به روش میکروسکوپی^۵ برای پیچها، مهره‌ها و واشرها. در این حالت نیازمندیهای استاندارد ISO شماره ۱۴۶۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توجه: با توافق سازنده و خریدار روشهای آزمون دیگری نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، بعنوان مثال می‌توان آزمونهایی را با فروربردن در محلول سولفات مس یا روش گازومتريک^۶ مورد استفاده قرار داد. در توافق مذکور شرایط عمومی انجام آزمون می‌بایستی مشخص گردد.

- آزمون بازرسی وضعیت ظاهری

قسمتهای فلزی مقره می‌بایستی به صورت چشمی مورد بازرسی قرار گیرند.

- تعیین جرم روکش روی با استفاده از روش آزمون مغناطیسی

این آزمون می‌بایستی تحت شرایط مشخص شده در استاندارد ISO شماره ۲۱۷۸، بویژه موارد ذکر شده در بند ۳ (فاکتورهای مؤثر در دقت اندازه‌گیری) و بند ۴ (کالیبره کردن) استاندارد مذکور، بعمل آید.

در مورد هر نمونه‌ای که مورد آزمون قرار می‌گیرد، مطابق با ابعاد نمونه، ۳ تا ۱۰ نوبت اندازه‌گیری می‌بایستی بعمل آید. این اندازه‌گیری‌ها می‌بایستی یکنواخت بوده و به طور اتفاقی در کل نمونه (به منظور اجتناب از ایجاد نقاط تیز و لبه‌دار) توزیع گردند.

توجه: تعیین جرم روکش روی بخشهای فلزی مقره با استفاده از روش مغناطیسی یک روش غیر مخرب، ساده، سریع، با دقت مطلوب و در بیشتر موارد قابل قبول می‌باشد. در نتیجه، این روش بعنوان یک آزمون پایه مشخص شده است.

- معیار پذیرش

- معیار پذیرش برای آزمون بازرسی وضعیت ظاهری

روکش روی می‌بایستی پیوسته، یکنواخت و در صورت امکان به منظور جلوگیری از آسیب دیدن در هنگام حمل و نقل نرم و هموار باشد و از هر موردی که در استاندارد ISO شماره ۱۴۵۹ بند ۴-۵-۲ اشاره شده است به دور باشد. لکه‌های کوچک فاقد روکش مجاز می‌باشند. حداکثر سطح یک بخش فاقد روکش می‌تواند برابر ۴ میلیمتر مربع باشد، اما مساحت کل سطوح فاقد روکش نمی‌بایستی حدوداً بیش از ۰/۵ درصد کل سطح بخش فلزی باشد. این مساحت مجاز نمی‌بایستی از ۲۰ میلیمتر متر مربع فراتر رود. روکش می‌بایستی به شیوه مناسبی به بخشهای فلزی بچسبد. بدون اینکه پوست انداخته یا اینکه ورقه ورقه شود.

1. Decisive test
2. Gravimetric method
3. Casting
4. Forging
5. Microscopically method
6. Gazometric method



روش آزمون مجددی که در بند (۳-۱-۵-۳) ارائه گردید، برای این آزمون نیز قابل استفاده است.

توجه: قسمتهای دارای رزوه پس از رزوه کاری گالوانیزه می‌شوند. مهره‌ها و موارد مشابه آن جز در موارد توافق شده بین سازنده و خریدار پس از گالوانیزه کردن نوارپیچی و محافظت می‌شوند.

- معیار پذیرش برای آزمون جرم روکش

متوسط حسابی اندازه‌گیری‌های انجام گرفته روی جرم روکش روی نمی‌بایستی از مقادیر مشخص شده زیر کمتر باشد.

جز در موارد توافق شده بین سازنده و خریدار مبنی بر اولویت مقادیر بزرگتر (مثلاً ۵۰۰ گرم بر متر مربع بعنوان مقدار متوسط برای هر نمونه مجزا از پیچ‌ها، مهره‌ها و واشرها)، در شرایط سرویس غیر معمول، حداقل مقادیر استاندارد زیر قابل استفاده می‌باشند.

حداقل مقدار میانگین جرم روکش

- برای آهن و فولاد ریخته‌گری شده یا آهن‌گری شده برابر ۶۰۰ گرم بر متر مربع برای کلیه نمونه‌ها و با مقدار متوسط ۵۰۰ گرم بر متر مربع بر روی هر نمونه مجزا.

- برای پیچ‌ها، مهره‌ها و واشرها برابر ۳۷۵ گرم بر متر مربع برای کلیه نمونه‌ها و با مقدار متوسط ۳۰۰ گرم بر متر مربع بر روی هر نمونه مجزا

توجه:

بعنوان راهنمایی، مقدار ضخامت تقریبی معادل با مقادیر بالا برابرند با:

$$۶۰۰ \text{ g/m}^2 = ۸۵ \text{ } \mu\text{m}$$

$$۵۰۰ \text{ g/m}^2 = ۷۰ \text{ } \mu\text{m}$$

$$۳۷۵ \text{ g/m}^2 = ۵۴ \text{ } \mu\text{m}$$

$$۳۰۰ \text{ g/m}^2 = ۴۳ \text{ } \mu\text{m}$$

با این وجود، اگر مقدار متوسط تنها برای یکی از نمونه‌ها برآورده نشود رویه آزمون مجددی که در بند (۳-۱-۵-۳) ارائه گردید می‌بایستی مورد استفاده قرار گیرد. اگر نتیجه آزمون برای هر نمونه مجزا برآورده شود اما مقدار متوسط بدست آمده برای کلیه نمونه‌ها در محدوده مجاز قرار نگیرد، آزمون قطعیت می‌بایستی با استفاده از هر یک از روشهای ثقل سنجی یا میکروسکوپی بعمل آید.

۳-۱-۷-۱۱- بازرسی بصری جاری^۱

هر مقره می‌بایستی مورد بازرسی قرار گیرد. استقرار بخشهای فلزی بر روی قسمتهای عایقی می‌بایستی مطابق با طرح باشد.

- مقره‌های دارای بخشهای عایقی سرامیکی

رنگ مقره تقریباً می‌بایستی مطابق با رنگ مشخص شده در طرح باشد. برخی تغییرات در درجه رنگ لعاب مقره مجاز می‌باشد و نمی‌بایستی به واسطه آن مقره مردود شود.



سطوحی که براساس طرح می‌بایستی لعاب کاری شوند، باید با استفاده از یک لعاب پیوسته، براق و سخت که فاقد هر گونه ترک‌خوردگی و عیبی است (که موجب لطمه زدن به عملکرد صحیح مقره در شرایط سرویس می‌گردد) پوشانده شود. عیوب لعاب عبارتند از لکه‌های فاقد لعاب، تراشه‌ها، نفوذ مواد خارجی در لعاب و سوراخها. تلورانس‌های مشخص شده زیر برای عیوب قابل رویت می‌بایستی به هر واحد مقره اعمال گردد. کل سطح معیوب لعاب روی هر مقره نمی‌بایستی از مقدار ارائه شده بوسیله رابطه زیر بیشتر باشد:

$$(۱۰-۳) \quad 100 + \frac{D \times F}{2000} \text{ mm}^2 \leq \text{میزان مجاز کل سطح معیوب لعاب بر روی هر مقره}$$

مساحت هر بخش معیوب لعاب روی هر مقره نمی‌بایستی از مقدار ارائه شده بوسیله رابطه زیر بیشتر باشد.

$$(۱۱-۳) \quad 50 + \frac{D \times F}{20000} \text{ mm}^2 \leq \text{میزان مجاز مساحت هر بخش معیوب لعاب بر روی هر مقره}$$

که در آنها D بزرگترین قطره مقره برحسب میلیمتر و F فاصله خزشی مقره بر حسب میلیمتر است.

وجود لعاب معیوب بر روی هسته مقره‌های یکپارچه توپر قابل قبول نمی‌باشد.

روی هسته مقره‌های توپر دیگر، مساحت خالهای مجزای فاقد لعاب نمی‌بایستی بیش از ۲۵ میلیمتر مربع باشد. وجود مواد زائد خارجی در چتر لعاب کاری شده (مثلاً نشست گرد و خاک بر روی چتر فوقانی) نمی‌بایستی سطحی بیش از ۲۵ میلیمتر مربع را دارا باشد و علاوه بر این هر جسم خارجی مجزا نمی‌بایستی بیش از ۲ میلیمتر از سطح مقره ارتفاع داشته باشد.

تجمع مواد زائد خارجی (به عنوان مثال، دانه‌های شن) بعنوان یک نقصیه مجزا از لعاب در نظر گرفته می‌شود. مساحت نواحی پیرامون آنها می‌بایستی در مساحت کل قسمتهای معیوب لعاب در نظر گرفته شود.

سوراخهای^۱ بسیار کوچکی که قطر آنها کمتر از ۱ میلیمتر است (مثلاً آن دسته از سوراخهایی که بوسیله ذرات گرد و غبار ایجاد می‌گردند) نمی‌بایستی در مساحت کل قسمتهای معیوب لعاب در نظر گرفته شوند. با این وجود، در هر سطح ۱۰mm × ۵۰mm تعداد این سوراخها نمی‌بایستی بیش از ۱۵ عدد باشد. علاوه بر این، تعداد کل سوراخهای روی واحد مقره‌ای نمی‌بایستی از مقدار ارائه شده زیر بیشتر باشد:

$$(۱۲-۳) \quad 50 + \frac{D \times F}{1500} \leq \text{تعداد مجاز کل سوراخهای روی واحد مقره}$$

که در آن D و F مطابق روابط قبلی تعریف می‌شوند.

مقره‌های دارای بخشهای عایقی شیشه‌ای

قسمتهای عایقی می‌بایستی فاقد هر گونه عیبی باشند که باعث مختل شدن عملکرد صحیح مقره در هنگام سرویس می‌شوند. همچنین حبابهایی با قطر بیش از ۵ میلیمتر نمی‌بایستی در شیشه وجود داشته باشند.



۳-۱-۷-۱۲- آزمون مکانیکی جاری^۱

- آزمون مکانیکی جاری بر روی مقره‌های اتکایی خط

آزمون مکانیکی جاری تنها برای آن دسته از مقره‌های اتکایی خط که ارتفاع نامی آنها بیش از ۶۰۰ میلیمتر است، مورد نیاز خواهد بود. مقره‌ای که قرار است مورد آزمون قرار گیرد می‌بایستی به طور مناسبی نصب شده و نیروی عمود بر محور طولی آنها^۲ با مقدار ۵۰ درصد نیروی شکست تعیین شده آن در چهار جهت مختلف عمود بر هم در طرفین به سر مقره اعمال گردد. هر یک از این نیروها حداقل می‌بایستی به مدت زمان ۳ ثانیه اعمال گردند.

مقره‌هایی که شکسته می‌شوند یا اینکه بخشهای فلزی آنها در حین آزمون پاره یا جدا می‌شوند می‌بایستی مردود اعلام گردند. **توجه:** برای انواع مشخصی از مقره‌ها که از مواد سرامیکی ساخته می‌شوند یک آزمون آلتراسونیک^۳ به منظور ردیابی عیوب پنهانی مواد عایقی، پس از انجام آزمون مکانیکی جاری، ممکن است مفید باشد.

- آزمون مکانیکی جاری بر روی واحد مقره‌های زنجیره‌ای

واحد مقره‌های زنجیره‌ای از کلاس A می‌بایستی برای مدت زمان حداقل یک دقیقه در معرض نیروی کششی معادل با ۸۰ درصد نیروی شکست مکانیکی تعیین شده قرار بگیرند.

واحد مقره‌های زنجیره‌ای از کلاس B می‌بایستی برای مدت زمان حداقل ۳ ثانیه در معرض نیروی کششی معادل با ۵۰ درصد نیروی شکست الکترومکانیکی تعیین شده قرار بگیرند.

مقره‌هایی که شکسته می‌شوند و یا اینکه بخشهای فلزی آنها در حین آزمون پاره یا جدا می‌گردد می‌بایستی مردود اعلام گردند. **توجه:** برای انواع مشخصی از مقره‌ها که از مواد سرامیکی ساخته می‌شوند یک آزمون آلتراسونیک صوت به منظور ردیابی عیوب پنهانی مواد عایقی، پس از انجام آزمون مکانیکی، ممکن است مفید باشد.

۳-۱-۸- آزمونهای مقره‌های اتکایی خط

آزمونهایی که قابل اعمال به مقره‌های اتکایی خط هستند در جدول (۳-۲) ارائه شده‌اند.



omoorepeyman.ir

1. Routine mechanical test
2. Cantilever load
3. Ultrasonic test

جدول ۳-۲: آزمونهای قابل اعمال به مقره‌های اتکایی خط

نوع مقره: مقره اتکایی خط						تعداد مقره‌های مورد نیاز جهت انجام آزمونها					
جنس عایق مقره						سرامیک		شیشه انبلیه شده		شیشه سخت شده	
ارتفاع نامی مقره (mm)						$H > 700$	$H \leq 700$	$H > 700$	$H \leq 700$	$H > 700$	$H \leq 700$
کلاس مقره						A	A	A	A	A	A
آزمونهای نوعی	تحقیق ابعاد مقره					۵	۵	۵	۵	۵	۵
	آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه در شرایط خشک					۳	۱	۳	۱	۳	۱
	آزمون ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب					۳	۱	۳	۱	۳	۱
	آزمون نیروی شکست مکانیکی					۵	۵	۵	۵	۵	۵
آزمونهای نمونه‌ای	تحقیق ابعاد مقره					E_2	E_2	E_2	E_2	E_2	E_2
	آزمون دوره حرارتی					$E_1 \& E_2$	$E_1 \& E_2$	$E_1 \& E_2$	$E_1 \& E_2$	—	—
	آزمون نیروی شکست مکانیکی					E_1	E_1	E_1	E_1	E_1	E_1
	آزمون شوک حرارتی					—	—	—	—	E_2	E_2
	آزمون تخلخل					E_1	E_1	—	—	—	—
	آزمون روکش روی					E_2	E_2	E_2	E_2	E_2	E_2
آزمونهای جاری	بازرسی بصری جاری					کلیه مقره‌ها					
	آزمون مکانیکی جاری					—	کلیه مقره‌ها	—	کلیه مقره‌ها	—	کلیه مقره‌ها

در هنگام استفاده از این جدول موارد زیر می‌بایستی در نظر گرفته شود:

- روش انجام آزمونهای ارائه شده در جدول (۳-۲) مطابق رویه‌های آزمون ارائه شده در بخشهای قبلی و نکات ارائه شده در این بخش می‌باشد.
- E_1 و E_2 نشان دهنده دسته نمونه‌های آزمونی می‌باشند که مطابق توضیحات بند (۳-۱-۵-۲) می‌بایستی انتخاب گردند.
- ارتفاع نامی مقره مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۲۷۰ تعریف می‌شود.
- آزمونهای نوعی ارائه شده در جدول (۳-۲) تنها برای یکبار بر روی یک مقره مشخصی انجام می‌شود.
- مطابق این جدول آزمونهای نمونه‌ای بر روی دسته نمونه‌های E_1 و E_2 انجام می‌شوند.
- تعداد این دسته نمونه‌ها در بند (۳-۱-۵-۲) ارائه شده‌اند. آزمونهای نمونه‌ای می‌بایستی به ترتیبی که در جدول مشخص شده‌اند انجام شوند. با این حال، این امکان وجود دارد که آزمونهایی که تنها به دسته نمونه E_1 (یا E_2) اعمال می‌شوند قبل از اعمال آزمونها بر روی دسته نمونه دیگر انجام گیرند به شرط آنکه آزمونهای که به هر دو دسته اعمال می‌گردند قبلاً انجام شده باشد.
- آزمونهای جاری ارائه شده در این جدول می‌بایستی بر روی همه مقره‌ها به عمل آیند.
- آرایش نشیمنگاههای مقره‌های اتکایی خط در بند (۳-۱-۸-۲) ارائه می‌شوند.

۳-۱-۸-۱- ضرایب مورد نیاز جهت تحلیل آماری نتایج آزمونهای انجام گرفته بر روی مقره‌های اتکایی خط

- ضرایب برای آزمونهای نوعی

جهت تحلیل نتایج آزمون نوعی نیروی شکست مکانیکی مقره‌های اتکایی خط ضریب C_0 برابر $1/2$ در نظر گرفته می‌شود.

- ضرایب برای آزمونهای نمونه‌ای

ضرایب مورد استفاده جهت تحلیل نتایج آزمون نمونه‌ای نیروی شکست مکانیکی مقره‌های اتکایی خط می‌بایستی مطابق جدول (۳-۳) در نظر گرفته شوند.

جدول ۳-۳: ضرایب مورد نیاز جهت تحلیل نتایج آزمون نمونه‌ای نیروی شکست مکانیکی مقره‌های اتکایی خط

تعداد مقره‌های موجود در دسته نمونه E_1			ضرایب
۱۲	۸	۴	
$1/7$	$1/42$	۱	C_1
$1/5$	$1/2$	$0/8$	C_2
$1/7$	$1/42$	۱	C_3

۳-۱-۸-۲- آرایشهای نشیمنگاه برای انجام آزمونها بر روی مقره‌های اتکایی خط

- آرایش نشیمنگاه استاندارد برای آزمونهای الکتریکی

مقره می‌بایستی به صورت عمودی بر روی مرکز یک استراکچر فلزی زمین شده که به فرم کانال U شکل وارونه و به صورت افقی ساخته شده است، نصب گردد. استراکچر فلزی می‌بایستی دارای پهنایی تقریباً معادل با قطر پایه مقره تحت آزمون بوده و طول آن حداقل معادل دو برابر ارتفاع مقره باشد. استراکچر می‌بایستی در ارتفاعی حداقل یک متر بالاتر از سطح زمین قرار گیرد. استقرار هر وسیله‌ای در مجاورت مقره که ارتفاع آن بزرگتر از یک متر تا $1/5$ برابر ارتفاع مقره (هر کدام که بزرگتر هستند) باشد، مجاز نمی‌باشد. بر روی شیار جانبی مقره یک هادی که قطر آن نمی‌بایستی کمتر از ۱۳ میلی‌متر باشد می‌بایستی به صورت عمود بر کراس آرم با استراکچر نشیمنگاه مقره نصب گردد. این هادی می‌بایستی از هر دو طرف چتر فوقانی مقره حداقل به اندازه دو برابر ارتفاع مقره امتداد داشته باشد. با استفاده از پیچیدن مفتول فلزی با قطر حدود $2/5$ میلی‌متر در اطراف هادی مورد نظر و به فاصله تقریبی دو برابر قطر چتر فوقانی مقره، که از دو طرف به یک اندازه توسعه یافته‌اند، هادی مورد نظر را می‌بایستی به روی مقره محکم نمود. طول این مفتول می‌بایستی به گونه‌ای باشد که در دو انتهای آن جرقه به وقوع نپیوندد. برای آزمونهای مرطوب، هادی نصب شده بر روی مقره می‌بایستی به صورت عمود بر جهت ریزش باران و در طرفی از مقره نصب گردد که به تجهیز افشانه باران مصنوعی نزدیکتر باشد.

اگر مقره مجهز به کلمپ است، هادی مورد نظر می‌بایستی در داخل کلمپ قرار گیرد. ولتاژ آزمون می‌بایستی بین هادی و زمین اعمال گردد.



- آرایش نشیمنگاه برای آزمونهای الکتریکی مشابه سازی شده با شرایط سرویس واقعی

در صورت توافق، آزمونهای الکتریکی مقره‌های اتکایی خط می‌تواند تحت شرایطی که تا حد امکان به شرایط سرویس واقعی نزدیک شده است انجام گیرند. محلی که شرایط سرویس واقعی در آن شبیه‌سازی می‌شود می‌بایستی مورد توافق سازنده و خریدار باشد و کلیه عواملی که ممکن است به روی نتایج بدست آمده تأثیر داشته باشند، می‌بایستی در نظر گرفته شوند.

توجه: تحت این قبیل شرایط غیر استاندارد، مشخصه‌های بدست آمده ممکن است با مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از روش استقرار و نصب استاندارد متفاوت باشد.

- آرایش استقرار برای آزمون نیروی شکست مکانیکی

مقره‌های اتکایی خط می‌بایستی بر روی یک نشیمنگاه ثابت صلب که قادر به تحمل همه نیروهای ممکن در حین آزمونها (بدون بروز هرگونه تغییر شکلی در آن) می‌باشد، نصب گردد. در آزمونهای نوعی و نمونه‌ای می‌بایستی از اتصالات یا پیچهای با استقامت یکسان استفاده گردد. اگر این اتصالات یا پیچها قابل جدا شدن هستند، استقامت آنها را می‌توان در هنگام انجام آزمون نیروی شکست افزایش داد.

نیروی مکانیکی می‌بایستی به صورت عمود بر محور مقره و محور هادی نصب شده بر روی مقره اعمال شود. برای مقره‌هایی که فاقد اتصالات فلزی در قسمت فوقانی می‌باشند، نیروی مکانیکی می‌بایستی با استفاده از مفتولی که شیار جانبی مقره را به صورت حلقه وار در برگرفته است اعمال شود. این مفتول می‌بایستی به گونه‌ای استفاده شود که از اعمال تنشهای متمرکز محلی به شیار جانبی مقره جلوگیری شود. برای مقره‌هایی که مجهز به اتصالات فلزی در قسمت فوقانی می‌باشند، نیروی مکانیکی مورد نظر می‌بایستی به این اتصالات اعمال گردد. اگر مقره به کلمپ مجهز باشد، نیروی مکانیکی می‌بایستی به بهترین وجهی که تنشهای سرویس واقعی را مشابه سازی نماید، اعمال گردد.

۳-۱-۹- آزمونهای واحدهای مقره زنجیره‌ای

آزمونهایی که قابل اعمال به واحد مقره‌های زنجیره‌ای هستند در جدول (۳-۴) ارائه شده‌اند.

در هنگام استفاده از این جدول موارد زیر را می‌بایستی مدنظر قرار داد :

- روش انجام آزمونهای ارائه شده در این جدول مطابق رویه‌های آزمون ارائه شده در بخشهای قبلی و نکات ارائه شده در این بخش می‌باشد.
- E_1 و E_2 نشان دهنده دسته نمونه‌های آزمونی می‌باشند که مطابق توضیحات بند (۳-۵-۲) می‌بایستی انتخاب گردند.
- آزمونهای نوعی ارائه شده در این جدول تنها یک بار بر روی یک مقره مشخص یا مقره‌ای با طراحی مشابه انجام می‌شود.
- مطابق این جدول آزمونهای نمونه‌ای بر روی دسته نمونه‌های E_1 و E_2 انجام می‌شوند.
- تعداد این دسته نمونه‌ها در بند (۳-۵-۲) ارائه شده‌اند. آزمونهای نمونه‌ای می‌بایستی به ترتیبی که در جدول مشخص شده‌اند انجام شوند. با این حال، این امکان وجود دارد که آزمونهایی که تنها به دسته نمونه E_1 (یا E_2) اعمال می‌شوند قبل از اعمال آزمونها بر روی دسته نمونه دیگر انجام گیرند. به شرط آنکه آزمونهایی که به هر دو دسته اعمال می‌گردند، قبلاً انجام شده باشند.
- آزمونهای جاری ارائه شده در این جدول می‌بایستی بر روی تمامی مقره‌ها انجام گیرند.
- آرایش نشیمنگاه‌های ویژه واحد مقره‌های زنجیره‌ای در بند (۳-۹-۳) ارائه می‌شوند.

- 1SS به این معنا است که آزمون مورد نظر باید بر روی یک زنجیره کوتاه به عمل آید و ۱ یا SS به این معنا است که آزمون مورد نظر می‌بایستی بر روی یک مقره یا یک زنجیره کوتاه به عمل آید.
- در آزمون تحقیق ابعاد مقره نمونه‌های E_1 & E_2 برای اندازه‌گیری کوپلینگ مورد استفاده قرار می‌گیرند و در تحقیق سایر ابعاد تنها از نمونه‌های E_2 استفاده می‌گردد.
- آزمون تحقیق تغییر مکان زاویه‌ای و محوری تنها در صورت قابل اعمال بودن آنها به عمل می‌آیند.

جدول ۳-۴: آزمونهای قابل اعمال به واحد مقره‌های زنجیره‌ای

تعداد مقره‌های مورد نیاز جهت انجام آزمونها				واحد مقره‌های زنجیره‌ای	
مقره‌های یکپارچه		مقره‌های بشقابی		نوع مقره	
مواد سرامیکی		شیشه سخت شده		جنس عایق مقره	
B	A	B	B	کلاس مقره	
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	تحقیق ابعاد مقره	
SS یا 1	SS یا 1	1SS	1SS	آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه در شرایط خشک	
۵	—	—	۱۰	آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی	
—	۵	۱۰	—	آزمون نیروی شکست مکانیکی	
۵	۵	۱۰	۱۰	آزمون عملکرد حرارتی _ مکانیکی	
E_1 & E_2	E_1 & E_2	E_1 & E_2	E_1 & E_2	تحقیق ابعاد مقره	
E_1 & E_2	E_1 & E_2	E_1 & E_2	E_1 & E_2	تحقیق تغییر مکان زاویه‌ای و محوری	
E_2	E_2	E_2	E_2	آزمون تحقیق سیستم قفل کننده	
E_1 & E_2	E_1 & E_2	—	E_1 & E_2	آزمون دوره حرارتی	
E_1	—	—	E_1	آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی	
—	E_1	E_1	—	آزمون نیروی شکست مکانیکی	
—	—	E_2	—	آزمون شوک حرارتی	
E_2	—	E_2	E_2	آزمون تحمل در مقابل سوراخ شدن	
E_1	E_1	—	E_1	آزمون تخلخل	
E_2	E_2	E_2	E_2	آزمون روکش روی	
کلیه مقره‌ها				بازرسی بصری جاری	
کلیه مقره‌ها				آزمون مکانیکی جاری	
کلیه مقره‌ها	—	—	کلیه مقره‌ها	آزمون الکتریکی جاری	



۳-۱-۹-۱- دستورالعمل‌های در رابطه با آزمونهای نوعی مقره‌های زنجیره‌ای^۱

- آزمونهای نوعی الکتریکی

در آزمونهای نوعی الکتریکی که بر روی زنجیره استاندارد کوتاه انجام می‌شوند بهتر است مقایسه‌ای مابین عملکرد واحد مقره‌های زنجیره‌ای مختلف، بر مبنای استاندارد، با ملاحظه اثر وجود واحدهای مجاور انجام گیرد. نتایج آزمون بدست آمده از زنجیره‌های استاندارد کوتاه می‌بایستی برحسب kV/m بیان گردند.

توجه : نتایج آزمون بدست آمده از زنجیره‌های استاندارد کوتاه نمی‌تواند لزوماً به صورت خطی برای زنجیره‌های طولانی‌تر بسط پیدا کند. با این وجود، اگر آزمون ولتاژ تحمل بر روی دو زنجیره کوتاه با طولهای مختلف (مثلاً یک متری و دو متری) انجام گیرد، آنگاه نتایج را می‌توان برای دست یافتن به اطلاعات مربوط به عملکرد زنجیره‌هایی که طول آنها مابین دو طول آزمایش شده است و به صورت خطی درونیابی نمود. باتوجه به توضیحات بند (۳-۱-۳)، معادل الکتریکی یک واحد مقره‌ای، مقره‌ای است که در یک کارخانه، با مواد و فرآیند ساخت یکسان ساخته شده است و علاوه بر این مشخصه‌های زیر را نیز دارا می‌باشد.

- برای مقره‌های یکپارچه :

- ◀ قطر نامی هسته یکسان یا کوچکتر.
- ◀ فاصله نامی چتر یکسان با میزان تلورانس $\pm 5\%$ درصد.
- ◀ شیب چتر یکسان با میزان تلورانس $\pm 5\%$ درصد.
- ◀ پروفیل چتر یکسان

- برای مقره‌های بشقابی :

- ◀ المانهای عایقی یکسان
- ◀ فاصله نامی یکسان با میزان تلورانس $\pm 5\%$ درصد.

- آزمونهای نوعی مکانیکی

باتوجه به توضیحات بند (۳-۱-۳)، معادل مکانیکی یک واحد مقره‌ای، مقره‌ای است که در یک کارخانه با مواد، فرآیند ساخت و کلاس استقامت یکسان، سازه کوپلینگ و طراحی اتصالات مابین بخشهای عایقی و بخشهای فلزی مشابه ساخته شده است و علاوه بر این مشخصه‌های زیر را نیز دارا می‌باشد.

- برای مقره‌های یکپارچه :

- ◀ قطر نامی هسته یکسان
- ◀ فاصله نامی چتر یکسان یا طولانی‌تر.
- ◀ شیب نامی چتر یکسان یا کوچکتر.
- ◀ فاصله خزشی نامی یکسان یا کوچکتر.
- ◀ فاصله نامی جرعه یکسان یا کوچکتر.



omoorepeyman.ir

- برای مقره‌های بشقابی :

- ◀ قطر نامی یکسان یا کوچکتر.
- ◀ فاصله خزشی نامی یکسان یا کوچکتر.

۳-۹-۱-۲- ضرایب مورد نیاز جهت تحلیل آماری نتایج آزمون‌های انجام گرفته بر روی مقره‌های زنجیره‌ای

- ضرایب برای آزمونهای نوعی

برای تحلیل نتایج آزمونهای نوعی شکست مکانیکی، نیروی شکست الکترومکانیکی و آزمونهای عملکرد حرارتی _ مکانیکی بر روی مقره‌های زنجیره‌ای مقدار C_0 برای نمونه‌هایی که تعداد آنها ۵ عدد است برابر $1/2$ و برای نمونه‌هایی که تعداد آنها ۱۰ عدد است برابر $0/72$ در نظر گرفته می‌شود.

- ضرایب برای آزمونهای نمونه‌ای

ضرایب مورد استفاده برای تحلیل نتایج آزمون نمونه‌ای نیروی شکست مکانیکی، نیروی شکست الکترومکانیکی و آزمونهای عملکرد حرارتی - مکانیکی بر روی مقره‌های زنجیره‌ای می‌بایستی مطابق جدول (۳-۵) در نظر گرفته شوند.

جدول ۳-۵ : ضرایب مورد نیاز جهت تحلیل نتایج آزمونهای نمونه‌ای بر روی مقره‌های زنجیره‌ای

تعداد مقره‌های موجود در دسته نمونه E_1			ضرایب
۱۲	۸	۴	
$1/7$	$1/42$	۱	C1
$1/5$	$1/2$	$0/8$	C2
$1/7$	$1/42$	۱	C3

۳-۹-۱-۳- آرایش نشیمنگاه برای انجام آزمونهای الکتریکی بر روی واحد مقره‌های زنجیره‌ای

آرایش‌های نشیمنگاه تشریح شده در این بخش برای انجام آزمونهای الکتریکی بر روی زنجیره‌های استاندارد کوتاه متشکل از واحدهای بشقابی، واحدهای یکپارچه، واحد مقره‌های زنجیره‌ای یکپارچه که طول آنها بزرگتر از یک متر است و واحدهای یکپارچه‌ای که به صورت زنجیره‌ای استفاده می‌شوند، قابل استفاده می‌باشد.

واحد مقره زنجیره‌ای یا زنجیره مقره می‌بایستی به صورت عمودی با استفاده از یک رشته مفتول زمین شده یا هر هادی مناسب دیگری از استراکچر نگهدارنده آویزان شود. فاصله مابین بالاترین نقطه بخش فلزی مقره و استراکچر نگهدارنده نمی‌بایستی کمتر از یک متر باشد. در مجاورت مقره نمی‌بایستی وسیله دیگری با طولی بزرگتر از $1/5$ برابر طول زنجیره مقره قرار گیرد.

تکه هادی مستقیمی به شکل میله یا لوله فلزی می‌بایستی به فیتینگ پائین واحد مقره زنجیره‌ای یا زنجیره مقره به گونه‌ای متصل شود که به صورت موازی با سطح زمین قرار گیرد. فاصله پائین‌ترین چتر بخش چینی یا شیشه‌ای تا سطح بالایی هادی می‌بایستی تا حد امکان کوتاه باشد اما این فاصله باید بیش از نصف قطر پائین‌ترین مقره باشد.

قطر هادی مورد نظر می‌بایستی برابر ۲۵ میلیمتر باشد.

طول هادی مورد نظر می‌بایستی برابر ۳ متر باشد.

به منظور جلوگیری از بروز جرقه از دو انتهای هادی مورد نظر تدابیر لازم می‌بایستی اتخاذ گردد. ولتاژ آزمون می‌بایستی مابین هادی و زمین اعمال گردد.

۳-۲- آزمونهای زنجیره مقره و مجموعه کامل مقره‌های از جنس سرامیک یا شیشه

در این بخش روشهای انجام آزمونهای الکتریکی استاندارد و معیارهای پذیرش آنها برای دسته‌ای از مشخصه‌های تعریف شده زنجیره مقره‌ها و مجموعه مقره‌های کامل از جنس سرامیک یا شیشه که در خطوط انتقال و فوق توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرند، ارائه می‌شود. در هنگام استفاده از این بخش به کارگیری مراجع ذکر شده در این بخش الزامی است.

آزمونها و مشخصات ارائه شده در این بخش به منظور فراهم آوردن مبنایی مشترک برای طراحان، استفاده‌کنندگان و تأمین‌کنندگان خطوط هوایی، مقره‌ها و تجهیزات خط در هنگام تعریف، ارزیابی یا تحقیق مشخصه‌های الکتریکی این قبیل تجهیزات تهیه گردیده است.

آزمونهای ارائه شده در این بخش بعنوان آزمونهای اجباری بر روی مقره‌ها محسوب نمی‌گردند، خواه این مقره‌ها به صورت مجزا باشند یا در غالب زنجیره یا مجموعه تهیه گردیده باشند.

۳-۲-۱- مقادیر الکتریکی مشخص‌کننده زنجیره مقره یا مجموعه مقره کامل

یک زنجیره مقره یا مجموعه مقره بوسیله یک یا تعدادی از مقادیر الکتریکی زیر مشخص می‌گردد:

- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه تعیین شده در شرایط خشک.
- ولتاژ تحمل موج ضربه کلیدزنی تعیین شده در شرایط مرطوب.
- ولتاژ تحمل فرکانس قدرت تعیین شده در شرایط مرطوب.

کاربرد هر یک از مشخصه‌های فوق تابع حداکثر ولتاژ سیستمی است که زنجیره مقره در آن نصب می‌شود (رجوع شود به استاندارد IEC شماره‌های ۱-۶۰۰۷۱ تا ۳-۶۰۰۷۱).

ولتاژ بهره‌برداری به عنوان مشخصه زنجیره مقره یا مجموعه کامل مقره در نظر گرفته نمی‌شود.

ولتاژهای جرقه و تحمل مقره‌ها تحت شرایط سرویس واقعی ممکن است با ولتاژهای جرقه و تحمل مربوطه تحت شرایط استاندارد متفاوت باشند. این مسئله ابتدا در هنگام آزمون موج ضربه صاعقه بویژه برای ولتاژهای بسیار بالا مورد توجه قرار گرفت اما بعدها مشاهده شد که اثر شرایط محیطی و آرایش مقره‌ها و آرایش فلزی آنها در مورد امواج ضربه کلیدزنی بسیار قوی‌تر می‌باشد. علت این مسئله وجود تفاوت بین توزیع میدان الکتریکی در آرایش آزمون استاندارد و آرایش استقرار در سرویس واقعی می‌باشد.

ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی زنجیره مقره یا مجموعه کامل مقره ضرورتاً یک مشخصه قطعی و تعریف شده نمی‌باشد چرا که عوامل متعددی همچون ساختار دکل و توزیع میدان الکتریکی در مقره‌ها که به شکل و موقعیت کلیه بخشهای فلزی وابسته می‌باشد، این مشخصه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین تحقیق ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی تعیین شده عموماً نیازمند آرایشی مشابه با شرایط سرویس واقعی می‌باشد. از این رو در هنگام خرید، جزئیات استقرار مقره‌های می‌بایستی مشخص گردد.

۳-۲-۲- رویه‌های آزمون برای آزمونهای الکتریکی

۳-۲-۲-۱- نیازمندی‌های عمومی برای آزمونهای ولتاژ بالا

- آزمون ولتاژ ضربه صاعقه و کلیدزنی و آزمون ولتاژ فرکانس قدرت می‌بایستی براساس رویه ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ به عمل آیند [۱۹ و ۲۱].
- ولتاژهای ضربه صاعقه و کلیدزنی می‌بایستی برحسب مقادیر پیک مربوطه و ولتاژهای فرکانس قدرت برحسب مقادیر پیک تقسیم بر $\sqrt{2}$ نشان داده شوند.
- سایر نیازمندیهای عمومی که برای آزمونهای ولتاژ بالا در بند (۳-۱-۶-۱) ارائه شده است، برای مقاصد این بخش نیز می‌بایستی رعایت شوند.

۳-۲-۲-۲- شرایط محیطی استاندارد و ضرایب تصحیح برای آزمونهای الکتریکی

توضیحات ارائه شده در بند (۳-۱-۶-۲) در اینجا نیز قابل استفاده می‌باشد.

۳-۲-۲-۳- پارامترهای باران مصنوعی برای آزمونهای رطوبی

توضیحات ارائه شده در بند (۳-۱-۶-۳) در اینجا نیز قابل استفاده می‌باشد.

۳-۲-۲-۴- آرایش استقرار برای آزمونهای الکتریکی

آرایش ویژه استقرار در بند (۳-۲-۲-۸) ارائه می‌شود.

۳-۲-۲-۵- آزمونهای ولتاژ ضربه صاعقه

یک زنجیره مقره یا یک مجموعه کامل مقره می‌بایستی براساس روش ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ تحت آزمون قرار گیرد.

برای انجام آزمون می‌بایستی از موج ضربه صاعقه استاندارد $\frac{1/2}{50}$ میکروثانیه استفاده نمود.

زنجیره مقره می‌بایستی تحت شرایط توصیف شده در بندهای (۳-۲-۲-۱) و (۳-۲-۲-۲) مورد آزمون واقع شود.

موجهای ضربه‌ای از هر دو پلاریته مثبت و منفی می‌بایستی استفاده شود. با این حال، در صورتی که مشخص باشد که کدام پلاریته منجر به ولتاژ تحمل کوچکتری می‌گردد، انجام آزمون با این پلاریته می‌بایستی کفایت نماید.

عموماً تعیین ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه خشک برروی زنجیره مقره‌ها و مجموعه کامل مقره‌ها می‌بایستی از طریق محاسبه و با استفاده از سطح ولتاژ جرقه ۵۰ درصد، که با استفاده از روش بالا و پائین ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ تعیین شده است، انجام گیرد.

در مورد زنجیره مقره‌ها و مجموعه کامل مقره‌های بسیار طویل، که در آنها طول زنجیره یا دسته مقره به واسطه آلودگی تعیین می‌شود تا عملکرد موج ضربه، ضروری است که از رویه تحمل با ۱۵ موج ضربه استفاده نمود (این رویه در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ ارائه شده است).

مقره‌ها نمی‌بایستی بواسطه این آزمونها معیوب شوند، اما آثار جزئی بر روی سطوح بخشهای عایقی یا لب پریدگی سیمان یا سایر مواد استفاده شده برای مونتاژ مقره مجاز می‌باشد.

۳-۲-۲-۶- آزمونها و ولتاژ فرکانس قدرت در شرایط مرطوب

یک زنجیره مقره یا یک مجموعه مقره کامل می‌بایستی براساس روش ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ تحت آزمون قرار گیرد.

مدار آزمون می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ باشد.

مقره می‌بایستی تحت شرایط توصیف شده در بندهای (۳-۲-۲-۳) تا (۳-۲-۲-۳) تحت آزمون قرار گیرد.

مشخصه‌های باران مصنوعی می‌بایستی مطابق با نیازمندیهای استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ باشد.

مطابق توضیحات بند (۳-۲-۲-۳)، ولتاژ آزمون اعمال شده می‌بایستی مقدار تصحیح شده ولتاژ تحمل فرکانس قدرت تعیین شده برای شرایط جوی در زمان انجام آزمون باشد. ولتاژ آزمون می‌بایستی برای مدت زمان یک دقیقه در این مقدار باقی بماند.

هیچگونه جرقه یا سوراخ شدنی در حین آزمون نمی‌بایستی به وقوع بپیوندد.

برای تهیه اطلاعات به ویژه در صورت درخواست خریدار، ولتاژ جرقه مقره در شرایط مرطوب مقره ممکن است بوسیله افزایش تدریجی ولتاژ از حدود ۷۵ درصد ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط مرطوب، با میزان نرخ افزایش ۲ درصد این ولتاژ بر ثانیه، تعیین گردد.

ولتاژ جرقه برابر متوسط حسابی پنج مقدار قرائت شده متوالی خواهد بود و این مقدار پس از تصحیح به شرایط استاندارد (به بند

۳-۲-۲-۲ مراجعه کنید) به عنوان ولتاژ جرقه مقره در شرایط مرطوب و تحت شرایط محیطی استاندارد ثبت می‌گردد.

۳-۲-۲-۷- آزمونها و ولتاژ ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب

یک زنجیره مقره یا یک مجموعه کامل مقره می‌بایستی براساس روش ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ تحت آزمون قرار گیرد.

برای انجام آزمون می‌بایستی از موج ضربه کلیدزنی استاندارد ۲۵۰/۲۵۰۰ استفاده نمود (به استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ مراجعه نمائید).

مقره می‌بایستی تحت شرایط توصیف شده در بندهای (۳-۲-۲-۳) تا (۳-۲-۲-۳) مورد آزمون واقع شود.

مشخصه‌های باران مصنوعی می‌بایستی مطابق با نیازمندیهای استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ باشد. موجهای ضربه‌ای از هر دو پلاریته مثبت و منفی می‌بایستی استفاده شود.

تعیین ولتاژ تحمل موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب بر روی زنجیره مقره‌ها و مجموعه کامل مقره‌ها می‌بایستی از طریق محاسبه و با استفاده سطح ولتاژ جرقه ۵۰ درصد، که با استفاده از روش بالا و پائین ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۰۶۰-۱ تعیین شده است، انجام گیرد.

برخی اوقات در هنگام اعمال روش جرقه ۵۰ درصد ممکن است مشکلاتی به وقوع بپیوندد. به عنوان مثال در نقاط دیگری غیر از زنجیره مقره ممکن است جرقه‌های زیادی به وقوع بپیوندد یا اینکه به ولتاژ آزمون بسیار بالایی به جهت غیر عادی بودن ابعاد زنجیره مقره احتیاج باشد. در صورت بروز چنین مشکلاتی با توافق سازنده و خریدار می‌توان از روش ۱۵ موج ضربه استفاده شود.



مقره‌ها نمی‌بایستی بواسطه این آزمونها معیوب شوند، اما آثار جزئی بر روی سطوح بخشهای عایقی یا لب پریدگی سیمان یا سایر مواد استفاده شده برای مونتاژ مقره مجاز می‌باشد.

۳-۲-۸- روشهای استقرار

آرایشهای استقرار برای آزمونهای الکتریکی بر روی زنجیره مقره‌ها یا مجموعه کامل مقره‌ها به این موضوع وابسته است که آیا آزمونهای موج ضربه کلیدزنی مورد نیاز هستند و آیا شرایط سرویس واقعی لازم است شبیه‌سازی شود یا خیر (لازم به تذکر است که مطابق توضیحات بند ۳-۲-۱ در پاره‌ای از موارد با توجه به حداکثر ولتاژ کاری سیستمی که مقره در آن نصب می‌شود، ممکن است ضرورتی برای انجام آزمون کلیدزنی وجود نداشته باشد).

- آرایش استقرار استاندارد یک زنجیره مقره یا یک مجموعه مقره کامل وقتی که آزمونهای موج ضربه کلیدزنی مورد نیاز نمی‌باشند

زنجیره یا مجموعه کامل مقره می‌بایستی به صورت آویزی با استفاده از یک رشته مفتول زمین شده یا هر هادی مناسب دیگر از استراکچر نگهدارنده آویزان شود. فاصله مابین بالاترین نقطه بخش فلزی مقره و استراکچر نگهدارنده نمی‌بایستی کمتر از یک متر باشد. در مجاورت مقره نمی‌بایستی شیء یا وسیله دیگری با طولی بزرگتر از یک متر یا $1/5$ برابر طول زنجیره، هر کدام که بزرگتر هستند، قرار گیرد. تکه هادی مستقیمی به شکل میله یا لوله فلزی می‌بایستی به فیتینگ پائینی زنجیره مقره به گونه‌ای متصل شود که به صورت موازی با سطح زمین قرار گیرد و فاصله پائین‌ترین چتر بخش چینی یا شیشه‌ای تا سطح هادی می‌بایستی تا حد امکان کوتاه باشد اما این فاصله باید بیش از نصف قطر پائین‌ترین واحد مقره باشد.

قطر هادی مورد نظر می‌بایستی حدود $1/5$ درصد طول زنجیره مقره با حداقل مقدار ۲۵ میلی‌متر باشد. طول هادی نیز می‌بایستی حداقل $1/5$ برابر طول زنجیره مقره باشد و باید حداقل به اندازه یک متر از هر طرف محور عمودی زنجیره مقره امتداد داشته باشد. به منظور جلوگیری از بروز جرقه در دو انتهای هادی مورد نظر تدابیر لازم می‌بایستی اتخاذ گردد. ولتاژ آزمون می‌بایستی مابین هادی و زمین اعمال گردد.

- آرایش استقرار استاندارد یک زنجیره مقره یا مجموعه کامل مقره وقتی که آزمونهای موج ضربه کلیدزنی مورد نیاز هستند

زنجیره یا مجموعه کامل مقره می‌بایستی از پیکره‌ای که بدنه و بازوی (کراس‌آرم) دکل را شبیه‌سازی می‌کند آویزان شود. بازوی دکل با استفاده از یک المان افقی شبیه‌سازی می‌شود. زنجیره مقره در یک انتها و المان عمودی که بدنه (پیکره) دکل را شبیه‌سازی می‌کند در سمت دیگر قرار می‌گیرد. هر دو المان افقی و عمودی و اتصال نگهدارنده زنجیره مقره می‌بایستی زمین شوند. پهنای هر المان پوشش‌دهنده زنجیره مقره می‌بایستی از ۴۰۰ میلی‌متر تا حداقل ۲۰ درصد طول زنجیره مقره باشد. فاصله مابین محور زنجیره مقره و محور المان عمودی (شبیه‌ساز پیکره دکل) می‌بایستی مابین $1/2$ تا $1/5$ برابر طول زنجیره مقره باشد. فاصله بین بالاترین نقطه زنجیره مقره و پائین‌ترین بخش المان افقی (شبیه‌ساز بازوی دکل) می‌بایستی حدوداً ۳۰۰ میلی‌متر باشد. المان عمودی می‌بایستی حداقل به اندازه دو برابر طول زنجیره مقره در پائین المان افقی امتداد داشته باشد.

یک باندل متشکل از دو هادی به فرم میله یا لوله فلزی می‌بایستی به پائین‌ترین فیتینگ زنجیره مقره و به صورت عمود بر بازوی دکل متصل شود. دو هادی باندل می‌بایستی با استفاده از نگهدارنده‌های افقی^۱ به صورت موازی با یکدیگر نگهداری شوند. باندل مذکور می‌بایستی تقریباً به اندازه طول زنجیره مقره در هر طرف محور زنجیره مقره امتداد داشته باشد. قطر هر یک از هادی‌های باندل می‌بایستی بین ۰/۷۵ تا ۱/۲۵ درصد طول زنجیره مقره باشد.

به منظور جلوگیری از بروز جرقه در دو انتهای باندل، هر یک از این دو انتها می‌بایستی با استفاده از وسایل مناسبی (همچون حلقه‌های فلزی) حفاظت گردند. ارتفاع هادی از سطح زمین می‌بایستی حدوداً معادل با ۱/۵ برابر طول زنجیره مقره باشد اما نمی‌بایستی کمتر از ۶ متر باشد.

ولتاژ آزمون می‌بایستی ما بین هادی باندل و زمین اعمال گردد. اتصال ولتاژ بالا در یک انتهای هادی باندل صورت می‌گیرد. در حین آزمون، غیر از اشیاء توصیف شده در این بند وجود هر شی یا وسیله دیگری در مجاورت زنجیره مقره که طول آن بزرگتر از ۱/۵ برابر طول زنجیره مقره باشد، مجاز نیست.

زنجیره مقره می‌بایستی با بخشهایی که جزء الزامات ساختار زنجیره مقره هستند و بوسیله سازنده مشخص می‌شوند، تکمیل گردد.

توجه: برای زنجیره مقره‌هایی که طول آنها بزرگتر از ۵ متر است، در عمل ممکن است اصلاح برخی ابعاد استاندارد به ویژه در مورد تعداد و فاصله هادی‌ها در باندل ضروری باشد.

- آرایش استقرار شبیه‌سازی کننده شرایط سرویس واقعی

در صورت توافق، آزمونهای زنجیره یا مجموعه کامل مقره می‌تواند تحت شرایطی که تا حد امکان به شرایط سرویس واقعی نزدیک شده است، انجام گیرد. به عنوان مثال آزمونها می‌تواند بر روی استراکچر فلزی که شبیه‌ساز یک دکل واقعی تحت سرویس می‌باشند، انجام گیرند.

مکانی که در آن شرایط سرویس واقعی شبیه‌سازی می‌شود، می‌بایستی مورد توافق سازنده و خریدار باشد و می‌بایستی کلیه عواملی که ممکن است بر روی عملکرد مقره تأثیر داشته باشد، در نظر گرفته شود.

توجه: تحت چنین شرایط غیر استاندارد، مشخصه‌های استخراج شده برای زنجیره یا مجموعه مقره کامل ممکن است با مشخصه‌های استخراج شده از طریق روش استقرار استاندارد متفاوت باشد.



۳-۳- سایر آزمونهای مقره‌های سرامیکی و شیشه‌ای

علاوه بر آزمونهایی که در بخشهای (۱-۳) و (۲-۳) برای واحدهای مقره‌ای، زنجیره و مجموعه کامل مقره‌های از جنس سرامیک و شیشه ارائه گردید، آزمونهای دیگری وجود دارند که در موارد خاصی بنا به درخواست خریدار می‌توانند بر روی این قبیل مقره‌ها به عمل آیند. این آزمونها عبارتند از :

- آزمون‌های آلودگی مصنوعی^۱
 - آزمون تداخلات رادیویی^۲
 - آزمون استقامت پس ماند مقره‌ها پس از بروز خسارت مکانیکی در عایق مقره^۳
- در مواقع ضرورت برای انجام آزمونهای فوق می‌بایستی به ترتیب از روش‌های ارائه شده در استانداردهای IEC شماره ۶۰۵۰۷، ۶۰۴۳۷ و ۶۰۷۹۷ استفاده نمود.



1. Artificial pollution tests
 2. Radio interference
 3. Residual strength of insulator after mechanical damage of the dielectric

پیوست (۳-۱): روش مقایسه نتایج آزمونهای نوعی و نمونه‌ای نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی

برای تحقیق این مسئله که آیا مقره‌هایی که در آزمون نمونه‌ای مورد آزمون قرار گرفته‌اند قادر هستند خصوصیتی مشابه آن دسته از مقره‌هایی که در آزمون نوعی تحت آزمون واقع شده‌اند را به نمایش بگذارند مقادیر متوسط و انحراف معیار بدست آمده از نتایج آزمونها می‌بایستی با هم مقایسه گردند.

اگر محدودیت‌های ارائه شده در روابط زیر برآورده شوند، به احتمال ۹۵ درصد مقره‌هایی که در آزمون نمونه‌ای تحت آزمون قرار گرفته‌اند از همان نوعی هستند که در آزمون نوعی تحت آزمون قرار گرفته‌اند. حدود ارائه شده بر مبنای استفاده از ۵ یا ۱۰ واحد در آزمون نوعی خواهد بود. در صورت عدم برقراری حدود زیر نمی‌بایستی مجموعه را مردود تلقی نمود.

- برای مواردی که آزمون مجدد صورت نگرفته است :

$$\begin{cases} |\bar{X}_T - \bar{X}_1| \leq a \cdot \sqrt{\sigma_T^2 + b\sigma_1^2} \\ \frac{\sigma_1}{\sigma_T} < c \end{cases} \quad (۳-۱۳)$$

که ثوابت a , b و c می‌بایستی مطابق جدول (۳-۶) انتخاب گردند.

جدول ۳-۶ : ثوابت مورد استفاده در رابطه (۳-۱۳)

ثوابت	تعداد نمونه‌های مورد استفاده در آزمون نوعی برابر ۵ واحد			تعداد نمونه‌های مورد استفاده در آزمون نوعی برابر ۱۰ واحد		
	سایز دسته نمونه E_1 در آزمون نمونه‌ای			سایز دسته نمونه E_1 در آزمون نمونه‌ای		
	۴	۸	۱۲	۴	۸	۱۲
A	۱/۲	۰/۷۶	۰/۵۹	۱/۱۲	۰/۷۵	۰/۶
B	۰/۷۵	۱/۷۵	۲/۷۵	۰/۳۳	۰/۷۸	۱/۲۲
C	۲/۵۷	۲/۴۷	۲/۴۴	۱/۹۶	۱/۸۱	۱/۷۶

- برای مواردی که آزمون مجدد نیز صورت گرفته است :

$$\begin{cases} |\bar{X}_T - \bar{X}_2| \leq e \cdot \sqrt{\sigma_T^2 + f\sigma_2^2} \\ \frac{\sigma_2}{\sigma_T} < g \end{cases} \quad (۳-۱۴)$$

که ثوابت e , f و g می‌بایستی مطابق جدول (۳-۷) انتخاب گردند.



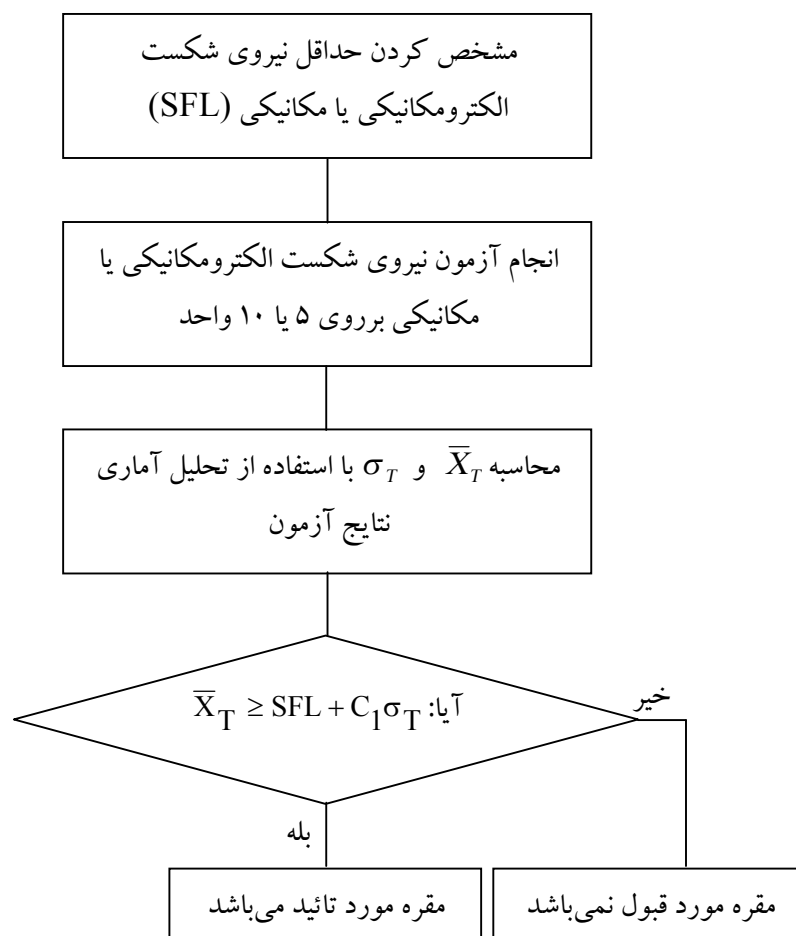
جدول ۳-۷: ثوابت مورد استفاده در معادله (۳-۱۴)

ثوابت	تعداد نمونه‌های مورد استفاده در آزمون نوعی برابر ۵ واحد			تعداد نمونه‌های مورد استفاده در آزمون نوعی برابر ۱۰ واحد		
	سایز دسته نمونه E_1 در آزمون نمونه‌ای			سایز دسته نمونه E_1 در آزمون نمونه‌ای		
	۸	۱۶	۲۴	۸	۱۶	۲۴
E	۰/۷۶	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۷۵	۰/۵۱	۰/۴۱
F	۱/۷۵	۳/۷۵	۵/۷۵	۰/۷۸	۱/۶۷	۲/۵۶
G	۲/۴۷	۲/۴۲	۲/۴۰	۱/۸۱	۱/۷۴	۱/۷۱

در روابط فوق :

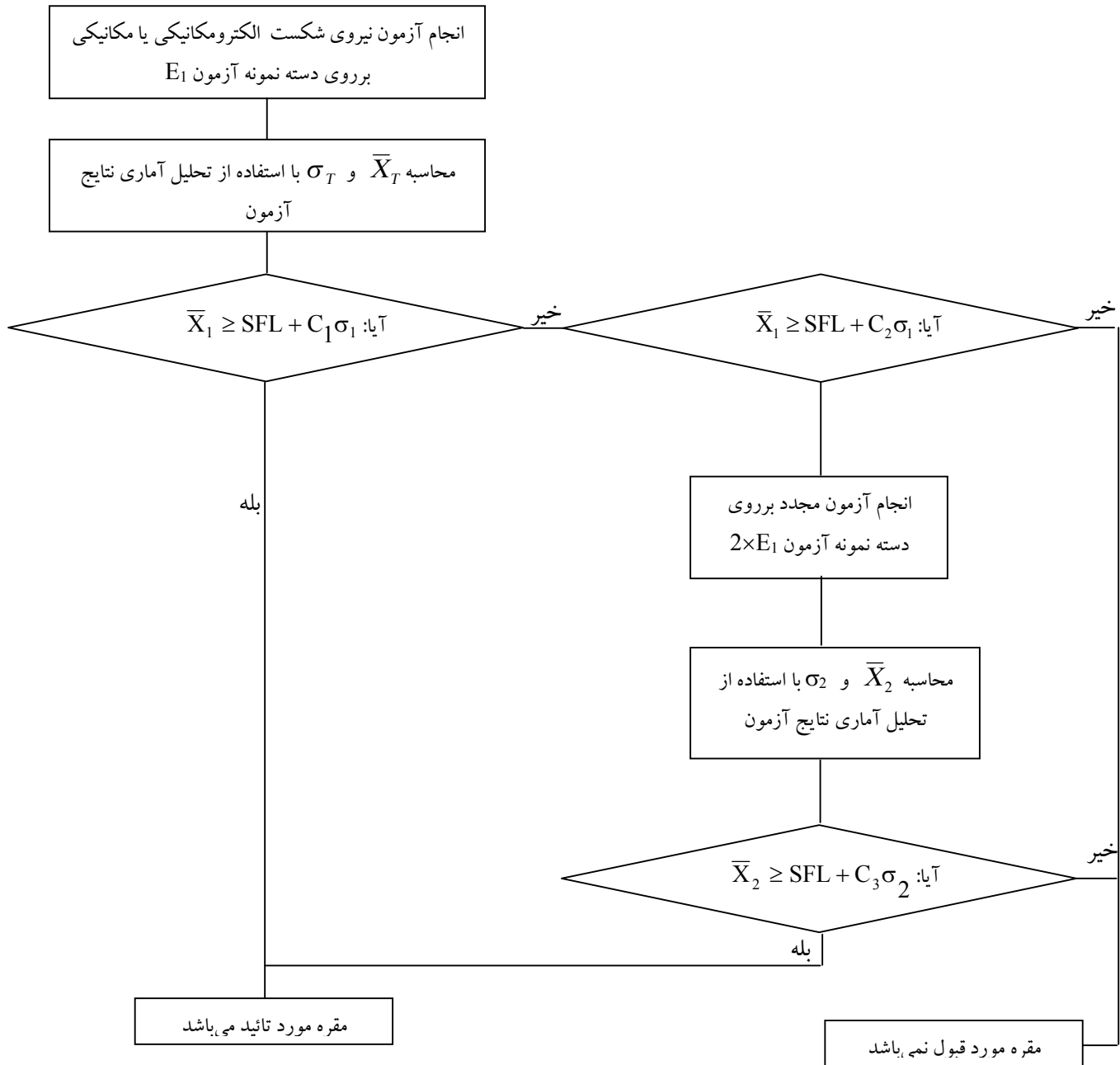
 $\bar{X}_1$ = مقدار متوسط نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی که از طریق نتایج آزمون نمونه‌ای بدست آمده است. $\bar{X}_2$ = مقدار متوسط نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی که از طریق نتایج آزمون مجدد بدست آمده است. σ_1 = انحراف معیار بدست آمده از نتایج آزمون نمونه‌ای. σ_2 = انحراف معیار بدست آمده از نتایج آزمون مجدد. $\bar{X}_T$ = مقدار متوسط نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی که از طریق نتایج آزمون نوعی بدست آمده است. σ_T = انحراف معیار بدست آمده از نتایج آزمون نوعی.

پیوست (۳-۲): نمایش رویه نحوه پذیرش آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی برای واحد
 فلوچارت نشان داده شده در شکل های (۳-۵) و (۳-۶) به ترتیب رویه پذیرش آزمونهای نوعی و نمونه‌ای نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی برای واحد مقره‌های زنجیره‌ای و مقره‌های اتکایی خط را نشان می‌دهد، (مادامیکه تحلیل آماری نتایج آزمون انجام گرفته باشد) در شکل (۳-۷) نیز فلوچارت مقایسه نتایج آزمون نوعی و نمونه‌ای نشان داده شده است.



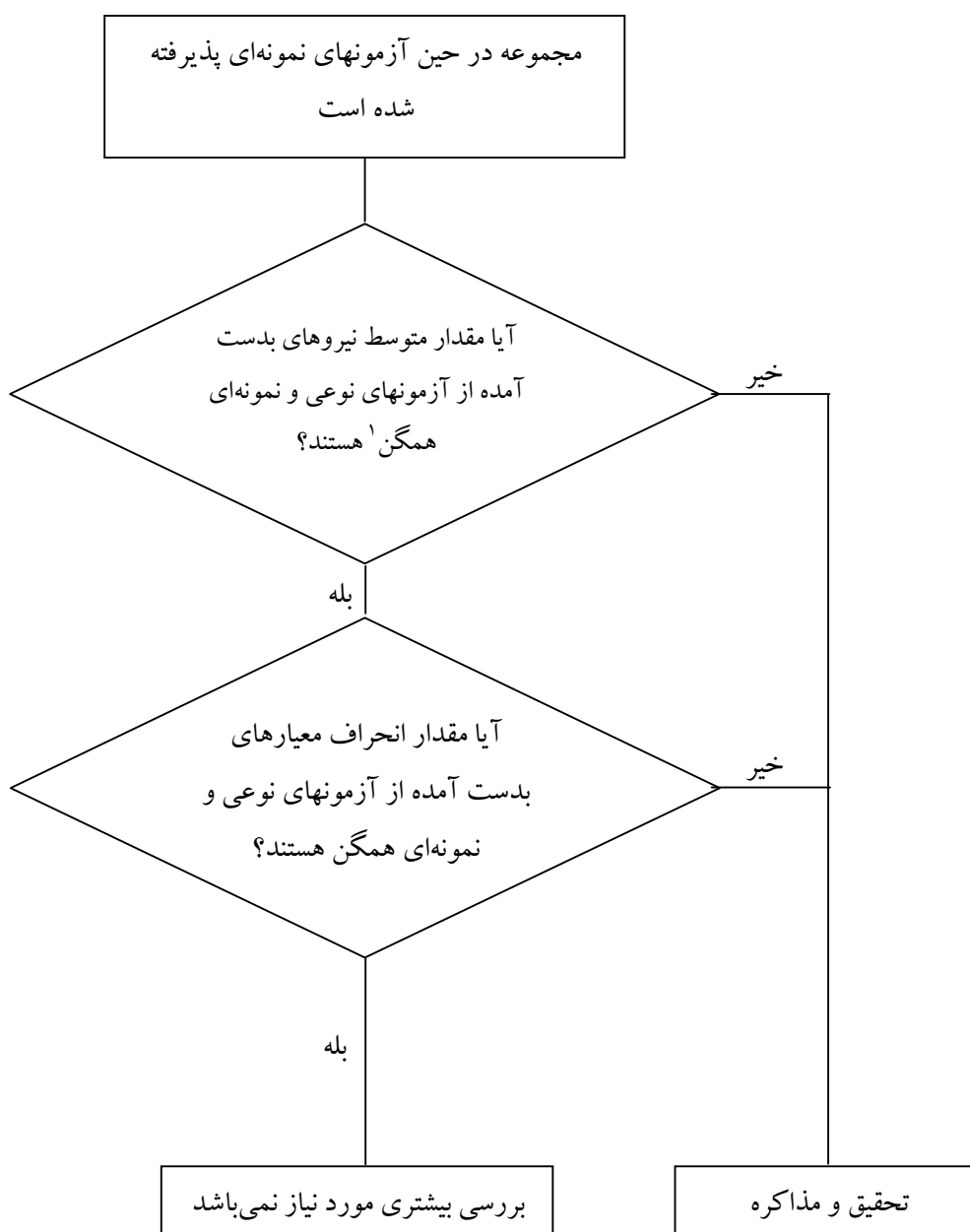
شکل ۳-۵: فلوچارت رویه پذیرش آزمونهای نوعی نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی واحد مقره‌های زنجیره‌ای و مقره‌های اتکایی خط





شکل ۳-۶: فلوجارت رویه پذیرش آزمونهای نمونه‌ای نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی واحد
مقره‌های زنجیره‌ای و مقره‌های اتکایی خط





شکل ۳-۷: فلوجارت نحوه مقایسه نتایج بدست آمده از آزمونهای نوعی و نمونه‌ای نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی واحد مقره‌های زنجیره ای و مقره‌ای اتکایی خط



برای آشنا شدن با نحوه کاربرد این فلوچارتها در پذیرش یا رد مقره‌ها چهار مثال مختلف در این رابطه در جدول (۳-۸) ارائه شده است. در این جدول نحوه محاسبه مقدار متوسط و انحراف معیار نتایج آزمونهای مختلف آورده شده است. مثال اول نشان می‌دهد که مجموعه حتی در صورت کمتر بودن حداقل مقدار نیروی شکست بدست آمده از طریق آزمون نمونه‌ای، از مقدار نیروی شکست تعیین شده (SFL) مجموعه امکان پذیرفته شدن را دارد. مثال دوم نشان می‌دهد که با وجود اینکه کلیه مقادیر نیروی شکست بدست آمده از طریق آزمون نمونه‌ای بزرگتر از مقدار نیروی شکست تعیین شده هستند، پذیرش مجموعه تنها پس از انجام آزمون مجدد صورت می‌گیرد. مثال سوم امکان مردود شدن مجموعه بدون نیاز به انجام آزمون مجدد را نشان می‌دهد. مثال چهارم پذیرفتن نمونه را در وضعیتی نشان می‌دهد که نتایج آزمونهای نوعی و نمونه‌ای همگن نیستند. تحت چنین شرایطی ممکن است به تحقیقات بیشتری نیاز باشد.

توجه :

- در هنگام محاسبه انحراف معیار σ می‌بایستی توجه نمود که آن انحراف معیار نمونه‌ای می‌باشد که در آن مخرج برابر $n-1$ می‌باشد.
 - نحوه انجام تحلیلها و ساختار جدول ارائه شده برای این مثالها جهت ارزیابی نتایج آزمونهای واقعی مناسب می‌باشد.
- مثالهای ارائه شده در جدول (۳-۸) براساس مقادیر زیر تحلیل شده‌اند :

نیروی شکست تعیین شده : $SFL = 180kN$

مقدار متوسط نیروی شکست بدست آمده از نتایج آزمون نوعی : $\bar{X}_T = 249kN$

انحراف معیار بدست آمده از نتایج آزمون نوعی : $\sigma_T = 30.23kN$



جدول ۳-۸: مثالهایی از نحوه پذیرش یا رد آزمون نیروی شکست الکترومکانیکی یا مکانیکی

مثال شماره	سایز نمونه‌های آزمون		مقادیر نیروی شکست بدست آمده از آزمون (kN)	تحلیل آماری نتایج آزمون (kN)	نتیجه تحلیل‌ها	مقایسه آزمون نوعی و نمونه‌ای مطابق پیوست (۱-۳)
	$2 \times E1$	$E1$				
۱	—	۴	۲۴۹/۳ و ۱۷۴/۵ و ۲۲۲ و ۲۲۳/۲	$\bar{X}_1 = 217.25$ $\sigma_1 = 31.6$ $SFL + C_1\sigma_1 = 211.16$ $\bar{X}_1 > SFL + C_1\sigma_1$	مجموعه مورد تأیید می‌باشد.	$\bar{X}_T = \bar{X}_1$ $\sigma_T = \sigma_1$
	—	۱۲	۳۳۱/۶ و ۱۸۱ و ۲۵۳/۷ و ۲۲۷/۹ و ۲۵۷/۲ و ۲۲۹/۹ و ۲۲۹/۹ و ۲۹۶/۹ و ۲۸۹/۹ و ۲۱۷/۳ و ۱۹۱/۹ و ۲۴۰/۷	$\bar{X}_1 = 246.47$ $\sigma_1 = 43.26$ $SFL + C_1\sigma_1 = 253.54$ $\bar{X}_1 < SFL + C_1\sigma_1$	پذیرفته نیست.	—
	—	—	—	$SFL + C_2\sigma_1 = 244.89$ $\bar{X}_1 > SFL + C_2\sigma_1$	آزمون مجدد می‌بایستی انجام شود.	—
۲	—	—	۲۳۳/۶ و ۲۸۱/۶ و ۲۴۸/۲ و ۲۲۵ و ۲۳۷/۶ و ۲۲۱ و ۲۲۹/۷ و ۲۸۳/۶ و ۲۶۳/۴ و ۳۰۱/۲ و ۲۴۳/۸ و ۲۹۱/۳ و ۲۶۱/۶ و ۲۳۶/۱ و ۲۴۹/۳ و ۲۴۴/۶ و ۲۳۴/۱ و ۲۹۲/۵ و ۲۸۰/۴ و ۲۳۵/۲ و ۲۸۰/۵ و ۱۹۴/۸ و ۲۰۰/۸	$\bar{X}_2 = 249.31$ $\sigma_2 = 30.2$ $SFL + C_3\sigma_2 = 231.34$ $\bar{X}_2 > SFL + C_3\sigma_2$	مجموعه مقره مورد تأیید می‌باشد.	$\bar{X}_T = \bar{X}_2$ $\sigma_T = \sigma_2$
	—	۱۲	۲۳۲/۱ و ۱۹۷/۳ و ۲۷۴/۳ و ۲۲۴/۱ و ۲۳۱/۵ و ۱۹۹/۸ و ۲۲۱/۴ و ۲۹۱/۱ و ۲۴۸/۵ و ۱۹۱/۱ و ۲۳۶/۸ و ۲۳۷/۴	$\bar{X}_1 = 240.53$ $\sigma_1 = 41.52$ $SFL + C_1\sigma_1 = 250.25$ $\bar{X}_1 < SFL + C_1\sigma_1$	پذیرفته نیست.	—
۳	—	—	—	$SFL + C_2\sigma_1 = 242.25$ $\bar{X}_1 < SFL + C_2\sigma_1$	در آزمون مجدد هم پذیرفته نشد.	—
	—	۴	۳۱۷/۸ و ۲۸۳/۲ و ۲۷۵/۸ و ۲۸۷/۱	$\bar{X}_1 = 290.98$ $\sigma_1 = 18.49$ $SFL + C_1\sigma_1 = 198.49$ $\bar{X}_1 > SFL + C_1\sigma_1$	مجموعه مقره مورد تأیید می‌باشد.	$\bar{X}_T \neq \bar{X}_1$ $\sigma_T \neq \sigma_2$



فصل ۴

نیازمندیها و آزمونهای مقره‌های ترکیبی





🌐 omorepeyman.ir

مقدمه

در این فصل نحوه انجام آزمونهای مقره‌های ترکیبی مورد استفاده در خطوط هوایی انتقال نیرو با سطوح ولتاژی ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت، جهت حصول از کار صحیح و مورد انتظار آنها تشریح می‌گردد.

۴-۱- کلیات

در این بخش آزمونهای مربوط به مقره‌های ترکیبی که در خطوط انتقال و فوق توزیع به صورت کششی یا آویزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ارائه می‌شود. البته می‌بایستی توجه نمود که این مقره‌ها ممکن است احیاناً در معرض نیروهای فشاری یا خمشی نیز قرار گیرند، به عنوان مثال وقتی که از این مقره‌ها جهت جداسازی فازها^۱ استفاده می‌گردد. مقره‌های ترکیبی که اساساً برای تحمل نیروهای خمشی طراحی می‌شوند، مانند مقره‌های اتکایی خط، از حدود این گزارش فراتر می‌باشند و در این بخش به آنها پرداخته نمی‌شود. در این بخش تنها آزمونهای آن دسته از مقره‌های ترکیبی که شامل هسته و پوشش هستند، ارائه می‌گردد. هسته معمولاً از الیاف شیشه‌ای غوطه‌ور شده در رزین^۲ ساخته می‌شود. پوشش مقره نیز می‌تواند از مواد مختلفی همچون الاستومرها^۳، رزین‌ها یا فلوروکربنها^۴ ساخته شده باشد.

برخی آزمونهای گروهی که اصلاحاً آزمونهای طراحی نامیده می‌شوند، می‌بایستی برای برآوردن شرایط طراحی یکسان تنها یکبار بر روی مقره‌ها به عمل آیند. در هنگام مشخص کردن آزمونهای طراحی، تا آنجا که از لحاظ عملی امکان پذیر است، اثر گذشت زمان بر روی خواص الکتریکی و مکانیکی المانهای مختلف مقره (مواد هسته، پوشش واسطه‌ها و ...) و مقره‌های ترکیبی کامل برای اطمینان از عملکرد صحیح مقره‌ها تحت تنشهای نرمال شناخته شده‌ای که در خطوط انتقال و در طول عمر آنها به وقوع می‌پیوندند می‌بایستی در نظر گرفته شود.

آزمونهای آلودگی، مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۵۰۷، در این بخش ارائه نشده‌اند و عموماً برای مقره‌های ترکیبی نیز قابل استفاده نمی‌باشد [۲۴ و ۲۷]. حتی اگر استقامت الکتریکی مقره تحت شرایط آلودگی در طول زمان کاهش یابد، در اغلب موارد ولتاژهای تحمل و جرقه، در صورت انتخاب صحیح طول زنجیره مقره، برای کار در شرایط سرویس به اندازه کافی بالا خواهد بود. با این حال، آثار پیری ناشی از تخلیه‌هایی که به جهت آلودگی بر روی سطح مقره ترکیبی به وقوع می‌پیوندند بوسیله آزمون بلندمدت^۵ (آزمون ترک خوردگی و فرسایش) در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر آلودگی، سایر عواملی همچون تشعشع شدید خورشید و تغییرات مکرر درجه حرارت همراه با تقطیر آب می‌تواند پیرشدن پوشش مقره را تحت تأثیر قرار دهد.

آزمون قوس^۶ که در بخشهای آتی بیان می‌گردد به عنوان آزمون اجباری در نظر گرفته نمی‌شود، چرا که پارامترهای آزمون مختلف بوده و بسته به آرایش شبکه و طراحی وسایل حفاظت کننده در مقابل قوس می‌توانند مقادیر بسیار متفاوتی را به خود



omoorepeyman.ir

1. Phase – spacers
2. Resin
3. Elastomers
4. Fluorocarbons
5. Long duration test
6. Arc test

اختصاص دهند. علاوه بر این، آزمونهای قوس قدرت^۱ بر روی چندین مقره ترکیبی عدم کاهش در استقامت هسته مقره را نشان داده است و هیچگونه تغییر دائمی در خواص مواد استفاده شده در هسته نیز وجود نداشته است. در هنگام طراحی فیتینگهای فلزی مقره‌ها ترکیبی، اثر حرارت بوجود آمده در آنها به واسطه قوسهای قدرت می‌بایستی در نظر گرفته شود. هرگونه خسارت محتمل به فیتینگهای فلزی که به موجب اندازه و مدت زمان جریان اتصال کوتاه ناشی می‌شود می‌بایستی با استفاده از طراحی مناسب وسایل حفاظت کننده در مقابل قوس، برطرف گردد. با این حال در صورت توافق سازنده و خریدار، این گزارش انجام آزمون قدرت را مستثنی نمی‌کند. رویه آزمون قوس قدرت در حال حاضر از سوی مؤسسه IEC در حال تدوین می‌باشد [۲۷].

برخی از اتصالات فلزی مقره‌های ترکیبی هنگامی که در معرض نیروی کششی قرار می‌گیرند، مابین بخش فلزی و هسته تمایل به لغزش دارند. آزمونی که قادر به کنترل این لغزش و آثار احتمالی آن، از قبیل مو برداشتن یا فاصله افتادن بین فیتینگ فلزی و محفظه مقره باشد وجود نداشته و توسط مؤسسه IEC در دست تهیه است.

مکانیسم شکست ترد^۲ که بر روی تعدادی از مقره‌ها با طراحی‌های ویژه مشاهده شده است، هنوز از سوی مؤسسه CIGRE در دست بررسی می‌باشد و بنابراین نمی‌توان در این گزارش برای آن رویه آزمونی ارائه نمود [۲۷]. در این بخش آزمونهای تداخل رادیویی ارائه نشده است. برای کسب اطلاع می‌توان به استاندارد IEC شماره ۶۰۴۳۷ مراجعه نمود.

در برخی موارد (آلودگی یا کرونا) از وسایل توزیع کننده میدان ممکن است برای مقره کامل استفاده گردد. آزمونهای استقامت در برابر پیچش^۳ برای مقره‌هایی که کوپلینگهای آنها فاقد آزادی برای گردش کامل هستند در این گزارش ارائه نشده است.

احتمال دارد که آزمون واسطه‌ای^۴ به صورت آزمون نمونه‌ای در نظر گرفته شود (به عنوان مثال آزمون موج ضربه با پیشانی سریع). آزمون قابلیت اطمینان^۵ تاکنون ارائه نشده است [۲۷].

مسائل فوق در حال حاضر از سوی کمیته شماره ۳۶ (کمیته مقره‌ها) مؤسسه IEC در حال بررسی می‌باشد.

اصول آزمونهای نیروی کشش مکانیکی _ زمان^۶ برای انتخاب مقره‌های ترکیبی در پیوست (۴-۱) ارائه شده است.

۴-۲- طبقه‌بندی آزمونهای مقره ترکیبی

۴-۲-۱- آزمونهای طراحی

آزمونهای طراحی به منظور تحقیق مناسب بودن طراحی، مواد و روش (تکنولوژی) ساخت مقره‌ها به عمل می‌آیند. وقتی که آزمونهای طراحی بر روی یک مقره ترکیبی انجام می‌گیرد، نتایج بدست آمده از آزمون برای کلیه کلاسهای از مقره که مقره آزمون

1. Power arc tests
2. Brittle fracture
3. Torsion withstand test
4. Interfacing test
5. Reliable test
6. Mechanical tensile load – time tests



شده معرف آنها می‌باشد می‌بایستی معتبر در نظر گرفته شود. کلاس‌هایی از مقره که مقره آزمون شده معرف آنها می‌باشد، دارای ویژگی‌های زیر هستند:

- مواد یکسان برای هسته و چترها و روش ساخت یکسان.
- مواد یکسان برای فیتینگها، طراحی یکسان و روش اتصال یکسان.
- ضخامت لایه مواد چتر روی هسته یکسان یا بزرگتر (شامل غلاف در صورت کاربرد)*.
- نسبت حداکثر ولتاژ سیستم به طول مقره یکسان یا کوچکتر.
- نسبت نیروهای مکانیکی به کوچکترین قطر هسته مابین اتصالات یکسان یا کوچکتر.
- قطر هسته یکسان یا بزرگتر*.

* مقره‌های ترکیبی که تحت آزمون قرار گرفته‌اند می‌بایستی بوسیله طرحی که کلیه تلورانسهای سازنده در آن درج شده است، مشخص شوند. سپس اگر مقدار تغییرات در اطلاعات طراحی بیشتر از ۱۵ درصد آن دسته از مشخصه‌های فوق که با علامت * مشخص شده‌اند نباشد، آزمونهای طراحی نمی‌بایستی تکرار شوند.

۴-۲-۲- آزمونهای نوعی

آزمونهای نوعی به منظور تحقیق مشخصه‌های اصلی مقره ترکیبی که اساساً به شکل و اندازه آن بستگی دارد به عمل می‌آیند. آزمونهای نوعی می‌بایستی به کلاسی از مقره‌های ترکیبی اعمال گردد که آزمونهای طراحی را با موفقیت پشت سر گذاشته‌اند. این آزمونها تنها در مواقعی که نوع یا ماده مقره ترکیبی تغییر می‌کند، می‌بایستی تکرار شوند.

۴-۲-۳- آزمونهای نمونه‌ای

آزمونهای نمونه‌ای به منظور تحقیق سایر مشخصه‌های مقره‌های ترکیبی، شامل آن دسته از مشخصه‌هایی که به کیفیت ساخت و مواد مورد استفاده بستگی دارند، به عمل می‌آیند. این آزمونها بر روی دسته‌ای از مقره‌ها که به صورت اتفاقی از مجموعه‌های حاضر شده جهت پذیرش انتخاب شده‌اند، به عمل می‌آیند.

۴-۲-۴- آزمونهای جاری

آزمونهای جاری به منظور آشکار شدن مقره‌های معیوب در حین فرآیند ساخت به کار می‌رود و می‌بایست بر روی هر مقره انجام شود.

۴-۳- آزمونهای طراحی

این آزمونها از چهار بخش تشکیل شده‌اند که در بندهای (۴-۳-۱) تا (۴-۳-۴) آمده است. آزمونهای طراحی تنها یکبار انجام می‌شوند و نتایج حاصل از آنها در گزارش آزمون ثبت می‌گردد. هر یک از بخش‌های آزمونهای طراحی را می‌توان مستقلاً بر روی نمونه‌های آزمون جدیدی، هر کجا که مقتضی باشد، انجام داد. مقره‌های ترکیبی که دارای طراحی ویژه‌ای هستند تنها زمانی مورد سنجش قرار خواهند گرفت که کلیه مقره‌ها یا نمونه‌های آزمون، آزمونهای طراحی را با موفقیت پشت سر گذاشته باشند.

۴-۳-۱- نحوه انجام آزمون‌ها بر روی واسطه‌ها و اتصالات فیتینگ‌های فلزی^۱

- نمونه‌های آزمون و آزمونهای آماده‌سازی

سه مقره مونتاژ شده بر روی خط تولید می‌بایستی تحت آزمون قرار گیرند. طول عایقی (فاصله فلز تا فلز) نمی‌بایستی کمتر از ۸۰۰ میلیمتر باشد. هر دو فیتینگ فلزی مقره‌ها می‌بایستی مشابه آنهایی باشد که در مقره‌های استاندارد تولیدی استفاده شده‌اند. فیتینگ‌های فلزی می‌بایستی به گونه‌ای مونتاژ شوند که بخش عایقی از فیتینگ تا نزدیکترین چتر، مشابه با وضعیت مقره خط تولید باشند. مقره‌ها می‌بایستی به صورت بصری مورد بررسی قرار گرفته و کنترل شوند که ابعاد با طرح ارائه شده برای مقره مطابقت داشته‌باشد. پس از آن مقره‌ها می‌بایستی تحت آزمون مکانیکی جاری که در بند (۴-۶-۳) ارائه می‌شود، قرار گیرند.

توجه: اگر سازنده دارای تجهیزاتی است که تنها قادر به تولید مقره‌های کوتاه‌تر از ۸۰۰ میلیمتر می‌باشند، آزمونهای طراحی می‌تواند بر روی این مقره‌ها انجام گیرد، اما نتایج بدست آمده تنها برای مقره‌های با طول حداکثر تا طول مورد آزمون قرار گرفته معتبر خواهد بود.

- آزمون ولتاژ تحمل فرکانس قدرت در شرایط خشک

این آزمون برای استفاده در آزمون‌های تحقیقی^۲ که در ادامه توضیح داده می‌شوند به عمل می‌آید. برای سه نمونه انتخاب شده، ولتاژ جرقه فرکانس قدرت در حالت خشک بوسیله متوسط‌گیری از پنج ولتاژ جرقه بر روی هر یک از نمونه‌ها تعیین می‌گردد. ولتاژ جرقه متوسط‌گیری شده می‌بایستی مطابق با روش استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۶۰ به شرایط محیطی استاندارد اصلاح گردد. ولتاژ جرقه می‌بایستی با افزایش خطی ولتاژ از مقدار صفر و در مدت زمان یک دقیقه بدست آید.

- پیش تنش^۳

آزمون‌ها می‌بایستی بر روی سه نمونه مورد نظر به ترتیبی که در زیر مشخص شده است به عمل آیند.

• آزمون رهاسازی ناگهانی بار^۴

در حالی که مقره در دمای ۲۰- تا ۲۵- درجه سانتی گراد قرار داد، هر نمونه آزمون پنج بار تحت رهاسازی ناگهانی نیروی کششی بالغ بر ۳۰ درصد SML مقره قرار می‌گیرد.

توجه: در پیوست (۴-۲) دو نمونه از وسایلی که برای رهاسازی ناگهانی بار قابل استفاده هستند، ارائه شده است. در برخی کاربردها ممکن است با توافق سازنده و خریدار دمای پائین‌تری انتخاب گردد.

• آزمون حرارتی _ مکانیکی

نمونه‌ها تحت نیروی مکانیکی پیوسته‌ای مطابق شکل (۴-۱)، در معرض تغییرات حرارتی قرار می‌گیرند. دوره حرارتی ۲۴ ساعته می‌بایستی چهار بار تکرار گردد. هر دوره ۲۴ ساعته دارای دو سطح حرارتی با مدت زمان تداوم حداقل ۸ ساعت می‌باشد، یکی با ۵۰+

1. Tests on interfaces and connections of metal fitting

2. Verification test

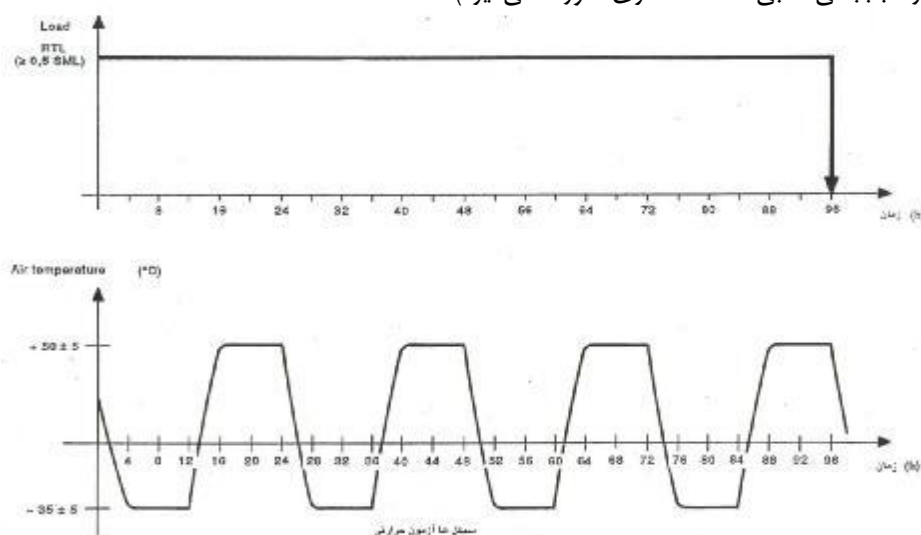
3. Prestressing

4. Sudden load release load

درجه سانتیگراد و دیگری با -35 درجه سانتیگراد که میزان ± 5 درجه سانتیگراد تلورانس در این مقادیر مجاز می‌باشد. آزمونها می‌تواند در هوا یا هر محیط مناسب دیگری انجام گیرند.

نیروی مکانیکی اعمال شده می‌بایستی معادل با RTL نمونه (با حداقل مقدار ۵۰ درصد SML نمونه) باشد. نمونه می‌بایستی قبل از آغاز اولین دوره حرارتی در درجه حرارت محیط تحت بار قرار گیرد. امکان توقف آزمون به منظور انجام تعمیرات برای مدت زمان کل ۴ ساعت امکان پذیر است و پس از توقف، آزمون دوباره آغاز می‌گردد و دوره حرارتی معتبر باقی می‌ماند.

قبل از آغاز آزمون، نمونه‌ها می‌بایستی در درجه حرارت محیط تحت نیروی حداقل ۵ درصد SML به مدت زمان یک دقیقه قرار گرفته و در این حین طول نمونه‌ها با دقت 0.5 میلیمتر اندازه‌گیری شود. این طول به عنوان طول مبنا در نظر گرفته می‌شود. پس از آزمون طول نمونه‌ها دوباره به روش مشابهی در بار و درجه حرارت اولیه نمونه اندازه‌گیری می‌شود (این کار برای تهیه اطلاعات اضافی در مورد جابجائی نسبی اتصالات فلزی صورت می‌گیرد).



شکل ۴-۱: آزمون حرارتی _ مکانیکی مقره‌های ترکیبی

• آزمون غوطه‌ور کردن در آب^۱

نمونه‌ها می‌بایستی در ظرفی، محتوی آب جوش یون زدایی شده با ۱٪ درصد وزن دهی NaCl، برای مدت زمان ۲۴ ساعت غوطه‌ور گردند.

در انتهای جوشاندن، نمونه می‌بایستی تا زمانی که آب به دمای حدود ۵۰ درجه سانتیگراد می‌رسد در ظرف باقی گذاشته‌شده و در این دما تا زمانی که آزمونهای تحقیقی که در زیر ارائه می‌شوند آغاز گردد در ظرف باقی بماند.

- آزمونهای تحقیقی

فاصله زمانی بین آزمونهای زیر می‌بایستی به گونه‌ای باشد که آزمونهای تحقیقی در مدت زمان ۴۸ ساعت تکمیل گردند.

• بررسی بصری نمونه‌ها

پوشش هر یک از نمونه‌ها به صورت بصری مورد بازرسی قرار می‌گیرد. هیچ گونه شکاف یا ترکی پذیرفته نخواهد بود.

• آزمون ولتاژ ضربه با شیب تند

نمونه‌های آزمون می‌بایست به الکترودهایی با لبه تیز (حاوی گیره‌هایی که به عنوان مثال از نوار باریک مسی با پهنایی حدود ۲۰ میلیمتر و ضخامت کمتر از یک میلیمتر ساخته شده‌اند) مجهز شود. این الکترودها در اطراف پوشش مابین چترها به فرمی قرار می‌گیرند که بخشهایی با طول حدود ۵۰۰ میلیمتر یا کوچکتر ایجاد گردند. در مورد مقره‌هایی که طول عایقی آنها کوچکتر یا مساوی با ۵۰۰ میلیمتر است، ولتاژ آزمون می‌بایستی مابین فیتینگهای فلزی اصلی اعمال گردد.

یک موج ضربه ولتاژ با شیب $1000 \text{ kV}/\mu\text{s}$ می‌بایستی به ترتیب بین دو الکتروود مجاور هم یا بین یکی از فیتینگهای فلزی و الکتروود مجاورش اعمال گردد. هر بخش می‌بایستی بوسیله ۲۵ موج ضربه پلاریته مثبت و ۲۵ موج ضربه پلاریته منفی تحت تنش قرار گیرد.

هر موج ضربه می‌بایستی موجب جرقه خارجی مابین الکتروودها گردد. هیچگونه سوراخ‌شدگی نمی‌بایستی رخ دهد. پس از آن الکتروودهای که برای ایجاد بخشها استفاده شده‌اند برداشته می‌شوند.

• آزمون ولتاژ فرکانس قدرت در شرایط خشک

مقدار متوسط ولتاژهای جرقه نمی‌بایستی از ۹۰ درصد مقادیر حاصل از آزمون ولتاژ فرکانس قدرت خشکی که ابتدا برای هر یک از نمونه‌ها به عمل آمد کوچکتر باشد.

هیچ گونه سوراخ‌شدگی نمی‌بایستی رخ داده و افزایش دمای اندازه‌گیری شده بدنه، درست پس از اتمام آزمون، نباید بیش از ۲۰ درجه سانتیگراد باشد.

۴-۳-۲- آزمون نیرو _ زمان هسته مونتاژ شده^۱

- نمونه‌های آزمون

شش مقره ساخته شده بر روی خط تولید می‌بایستی تحت آزمون قرار گیرند. طول عایقی آنها (فاصله فلز تا فلز) می‌بایستی کمتر از ۸۰۰ میلیمتر نباشد. هر دو فیتینگهای فلزی مقره می‌بایستی لااقل تا انتهای هسته، مشابه با اتصالاتی باشد که در مقره‌های خط تولید استفاده شده است. فراتر از انتهای هسته امکان اصلاح این فیتینگها به منظور جلوگیری از خطای کولپینگ‌ها وجود دارد.

شش مقره انتخاب شده می‌بایستی با چشم مورد بازرسی قرار گیرند و کنترل شود که ابعاد آنها مطابق با نقشه‌های موجود است.

توجه: اگر سازنده دارای تجهیزاتی است که تنها قادر به تولید مقره‌های کوتاهتر از ۸۰۰ میلیمتر می‌باشند، آزمونهای طراحی می‌تواند برروی این مقره‌ها انجام گیرد اما نتایج بدست آمده تنها برای مقره‌های با طول حداکثر تا طول مورد آزمون قرار گرفته معتبر خواهد بود.

- آزمون نیروی مکانیکی

این آزمون تحت درجه حرارت محیط و در دو بخش مطابق زیر انجام می‌شود.



• تعیین متوسط نیروی شکست هسته مقره مونتاژ شده

سه عدد از نمونه‌ها می‌بایستی تحت نیروی کششی قرار بگیرند. نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما به صورت پیوسته از صفر تا حدود ۷۵ درصد نیروی شکست مکانیکی مورد انتظار افزایش یافته و پس از آن در مدت زمان ۳۰ تا ۹۰ ثانیه به تدریج افزایش یابد تا شکست هسته یا کنده شدن کامل به وقوع بپیوندد. متوسط سه نیروی بدست آمده می‌بایستی محاسبه گردد.

• کنترل شیب منحنی استقامت _ زمان مقره

سه عدد نمونه باقی مانده می‌بایستی در معرض نیروی کششی قرار بگیرند. نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما به صورت پیوسته از صفر تا حدود ۶۰ درصد متوسط نیروی شکستی که در قسمت اول تعیین گردید، افزایش یافته و پس از آن در این مقدار برای مدت زمان ۹۶ ساعت بدون خطا (شکستن یا کنده شدن) باقی بماند.

۴-۳-۳- آزمون پوشش مقره: آزمون ترک خوردگی و فرسایش

- نمونه‌های آزمون

دو مقره با فاصله خزشی مابین ۴۸۴ تا ۶۹۳ میلیمتر می‌بایستی از خط تولید جهت انجام آزمون تهیه شود. اگر این قبیل مقره‌ها را نتوان از خط تولید تهیه نمود، نمونه‌های آزمونی ویژه‌ای می‌بایستی از سایر مقره‌ها بریده شده به نحوی که فاصله خزشی حاصله، مابین مقادیر ارائه شده فوق قرار گیرد. این نمونه‌های آزمون می‌بایستی به فیتینگهای فلزی استاندارد مجهز شوند.

- رویه آزمون

این آزمون، آزمونی پیوسته با محدودیت زمانی^۱ تحت افشانه نمک^۲ و در ولتاژ فرکانس قدرت ثابتی در گستره ۱۴ تا ۲۰ کیلوولت است. ولتاژ آزمون (برحسب کیلوولت) بوسیله تقسیم فاصله خزشی (برحسب میلیمتر) بر عدد ۳۴/۶ (معادل با فاصله خزشی ۲۰ mm/kV) تعیین می‌شود. آزمون می‌بایستی در یک اتاقک ضد خوردگی و ضد نفوذ رطوبت^۳ انجام شود. حجم این اتاقک نمی‌بایستی بیش از ۱۰ مترمکعب باشد. یک منفذ که مساحت آن نباید بیش از ۸۰ cm² باشد می‌بایستی برای خروج طبیعی هوا در نظر گرفته شود.

یک توربو افشانه^۴ یا اتاق مرطوب ساز^۵ با ظرفیت افشانندگی ثابت می‌بایستی مورد استفاده قرار گیرد. افشانه می‌بایستی اتاقک را پر از ذرات آب نماید و برای این کار نمی‌بایستی افشانه مستقیماً به نمونه آزمون پاشیده شود. آب نمک تهیه شده با NaCl و آب یون‌زدایی شده با افشاننده پاشیده می‌شود. برای ولتاژ آزمون فرکانس قدرت می‌بایستی از یک ترانسفورماتور آزمون^۶ استفاده نمود. مدار آزمون استفاده شده هنگامی که با جریان مقاومتی ۲۵۰ میلی آمپر مؤثر در طرف فشارقوی باردار می‌گردد نمی‌بایستی حداکثر بیش از ۵ درصد افت ولتاژ داشته باشد.



1. Time – limited continuous test
2. Salt fog
3. Moisture –sealed corrosion-port
4. Turbo sprayer
5. Room humidifier
6. Test - transformer

سطح حفاظتی می‌بایستی در مقدار یک آمپر مؤثر تنظیم شده باشد. نمونه‌های آزمون می‌بایستی پیش از آغاز آزمون با آب یون‌زدایی شده کاملاً تمیز شوند.

یکی از نمونه‌های آزمون می‌بایستی در وضعیت استقرار افقی (تقریباً در نصف ارتفاع اتاقک) و دیگری در وضعیت استقرار قائم تحت آزمون قرار گیرند. بین نمونه‌ها و سقف اتاقک آزمون می‌بایستی حداقل به اندازه ۲۰۰ میلی‌متر فاصله آزاد وجود داشته باشد. بین نمونه‌ها و دیواره‌های اتاقک آزمون نیز فاصله‌ای به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر می‌بایستی وجود داشته باشد.

- شرایط آزمون

- مدت زمان استمرار آزمون ۱۰۰۰ ساعت
 - نرخ پاشش آب $(0.4 \pm 0.1) L/(m^3 \times h)$
 - اندازه قطرات آب ۵ تا ۱۰ میکرومتر
 - درجه حرارت $20^\circ C \pm 5K$
 - میزان NaCl موجود در آب $(1.0 \pm 0.5) kg/m^3$
- نرخ پاشش آب برحسب لیتر بر ساعت بر مترمکعب حجم اتاقک آزمون تعریف شده است. چرخش مجدد آب مجاز نمی‌باشد.
- توجه:** وجود چندبار وقفه در طول انجام آزمون به منظور نظارت و بازرسی مجاز است به شرطی که هر یک از این وقفه‌ها بیش از ۱۵ دقیقه به طول نیانجامد. زمان این وقفه‌ها نمی‌بایستی جزء مدت زمان آزمون به حساب آیند.
- برای شرایط محیطی بسیار نامناسب (تشعشعات قوی خورشید، تغییرات مکرر در درجه حرارت همراه با تقطیر آب^۱، آلودگی سنگین یا بسیار سنگین، مطابق تعریف استاندارد IEC شماره ۶۰۸۱۵)، دو آزمون جایگزین زیر می‌تواند، در صورت توافق سازنده و خریدار، پذیرفته شود.

- آزمونی مشابه آنچه که رویه انجام آن تشریح گردید اما با مدت زمان استمرار ۵۰۰۰ ساعت به جای ۱۰۰۰ ساعت.
- آزمونی مشابه آنچه که در پیوست (۳-۴) ارائه شده است که شامل اعمال تنشهای مختلفی به شیوه تناوبی، جهت شبیه‌سازی شرایط آب و هوایی، بعلاوه اعمال حداکثر ولتاژ سیستم به نمونه‌ها می‌باشد.

- ارزیابی آزمون

آزمون با موفقیت پشت سر گذاشته می‌شود اگر بیش از سه بار قطعی ناشی از اضافه جریان برای هر یک از نمونه‌های تحت آزمون به وقوع نپیوندد، اگر ترک خوردگی رخ ندهد، اگر فرسایش به هسته الیاف شیشه‌ای نرسیده باشد و اگر هیچ چتری سوراخ نشده باشد. هسته مقره‌ها نمی‌بایستی قابل مشاهده باشد.

در حال حاضر، امکان مشخص کردن معیار کمی قابل اعتمادی برای مجاز دانستن تعداد شکافهای ناشی از فرسودگی وجود ندارد. تجربیات بدست آمده از انجام این آزمون در طول زمان می‌بایستی با تجربیات بدست آمده از سرویس ملازم و همراه باشد.

۴-۳-۴- آزمونهایی برای مواد هسته

برای کنترل رفتار مواد هسته در مقابل نفوذ آب، می‌بایستی آزمونهایی زیر به عمل آیند.



- آزمون نفوذ رنگ^۱

• نمونه‌های آزمون

می‌بایستی با استفاده از مفره‌ای که از خط تولید برداشته شده است، ده نمونه آزمون تهیه گردد. هر یک از این نمونه‌ها با برش مفره در امتداد عمود بر محور هسته و با استفاده از دستگاه اره‌ای که تیغه الماسه آن دایره‌ای شکل است و با آب سرد خنک می‌شود، تهیه می‌گردد.

طول نمونه‌ها می‌بایستی 10 ± 0.5 میلیمتر باشد. سطوح بریده شده باید با استفاده از کاغذ سنباده نرم (نمره ۱۸۰) صاف و هموار گردد. صاف و دو انتهای بریده شده می‌بایستی تمیز و موازی باشند.

• رویه آزمون

نمونه‌ها، به صورتی که الیافهای آنها در امتداد قائم قرار بگیرد، در یک ظرف شیشه‌ای بر روی لایه‌ای از ساچمه‌های فولادی یا شیشه‌ای با قطرهای یکسان (۱ تا ۲ میلیمتر) قرار می‌گیرند. جوهری متشکل از محلول الکلی فوکسین^۲ یک درصد (یک گرم فوکسین در ۱۰۰ گرم اتانول^۳) در داخل ظرف محتوی نمونه‌ها ریخته می‌شود به نحوی که سطح آن ۲ تا ۳ میلیمتر بالاتر از سطح ساچمه‌ها باشد. رنگ داخل ظرف به موجب خاصیت مویینگی می‌تواند از هسته بالا کشیده شود. مدت زمانی که به طول می‌انجامد تا این رنگ از طریق نمونه‌ها بالا کشیده شود می‌بایستی ثبت گردد.

• معیار پذیرش

مدت زمان لازم برای بالا کشیده شدن رنگ از طریق نمونه‌ها می‌بایستی طولانی تر از ۱۵ دقیقه باشد.

- آزمون انتشار آب^۴

• نمونه‌های آزمون

می‌بایستی از مفره‌ای که از خط تولید برداشته شده است، شش نمونه تهیه گردد. هر یک از این نمونه‌ها با برش مفره در امتداد عمود بر محور هسته و با استفاده از دستگاه اره‌ای که تیغه الماسه آن دایره‌ای شکل می‌باشد و با آب سرد خنک می‌شود، تهیه می‌گردد. طول نمونه‌ها می‌بایستی 30 ± 0.5 میلیمتر باشد. سطوح بریده شده می‌بایستی با استفاده از کاغذ سنباده نرم (نمره ۱۸۰) هموار گردد. دو انتهای بریده شده می‌بایستی تمیز و موازی باشند.

• پیش تنش

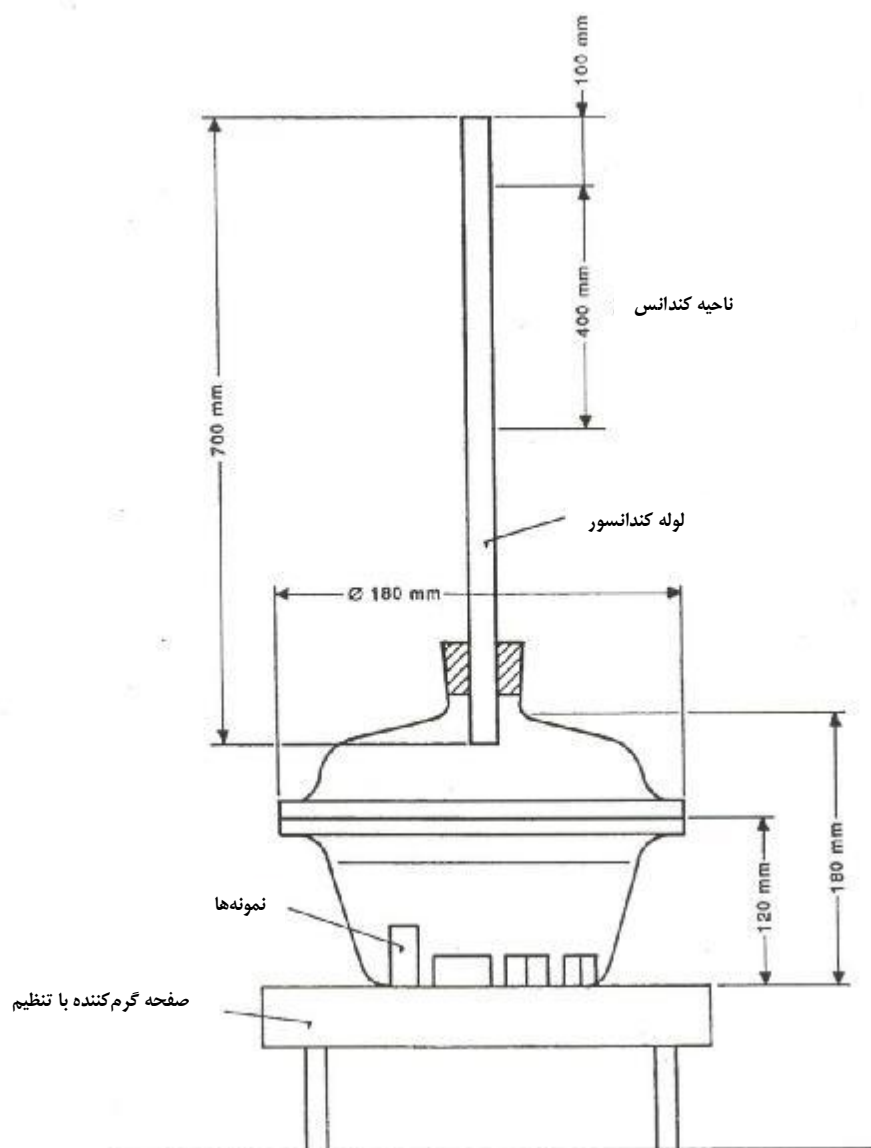
سطح نمونه‌ها می‌بایستی با استفاده از الکل ایزوپروپیل و کاغذ صافی درست قبل از جوشاندن تمیز شود. نمونه‌ها می‌بایستی در ظرف شیشه‌ای که محتوی آب یون زدایی شده، با یک درصد وزن دهی NaCl، برای مدت زمان 100 ± 0.5 ساعت جوشانده شوند. تنها نمونه‌هایی با مواد هسته یکسان می‌بایستی با هم در یک ظرف جوشانده شوند. نمونه‌ای از این ظرف در شکل (۴-۲) نشان داده شده است.



omoorepeyman.ir

1. Dye penetration
2. Fuchsine
3. Ethanol
4. Water diffusion test

پس از جوشاندن، نمونه‌ها می‌بایستی از ظرف شیشه‌ای خارج شده و در ظرف شیشه‌ای دیگری که با آب ولرم در درجه حرارت محیط پر شده است برای مدت زمان حداقل ۱۵ دقیقه قرار گیرند. آزمون ولتاژی که در قسمت بعد توصیف می‌گردد، می‌بایستی در حد فاصل سه ساعت پس از خروج نمونه‌ها از ظرف حاوی آب جوش به عمل آید.



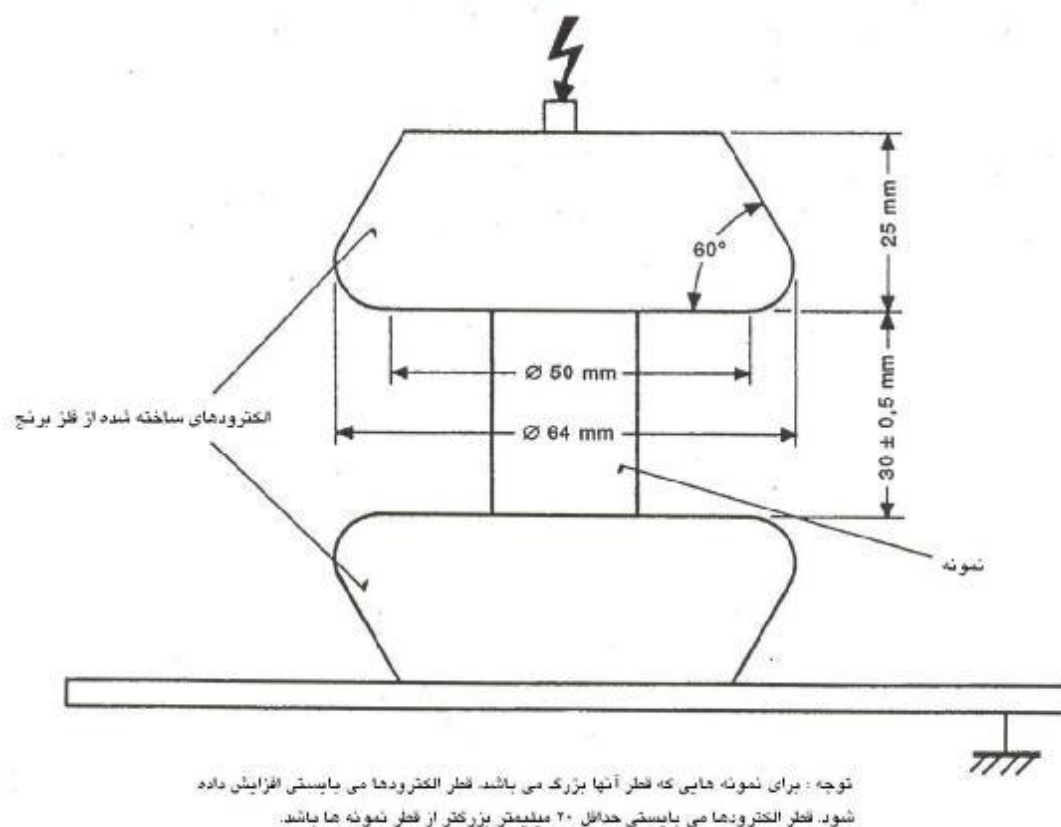
شکل ۴-۲: نمونه‌ای از ظروف شیشه‌ای قابل استفاده در آزمون انتشار آب



• آزمون ولتاژ

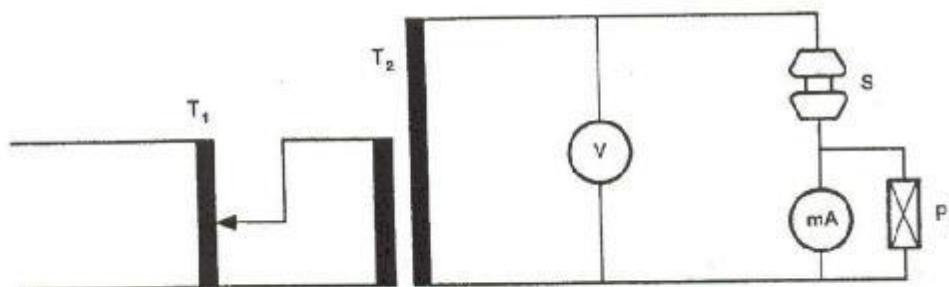
آزمون ولتاژ می‌بایستی با فراهم آوردن تجهیزاتی مطابق شکل‌های (۳-۴) و (۴-۴) صورت پذیرد. درست قبل از انجام آزمون ولتاژ، نمونه‌ها می‌بایستی از ظرف شیشه‌ای خارج شوند و سطوح آنها با کاغذ صافی خشک شود. پس از آن هر یک از نمونه‌ها می‌بایستی مابین الکترودهای مربوطه (مطابق شکل ۳-۴) قرار گیرد. ولتاژ آزمون می‌بایستی تحت نرخ حدوداً یک کیلوولت بر ثانیه تا ۱۲ کیلوولت افزایش یابد. ولتاژ در ۱۲ کیلوولت می‌بایستی برای مدت زمان یک دقیقه ثابت نگه داشته شود و پس از آن کاهش داده شود.

در حین آزمون هیچگونه سوراخ شدگی یا جرقه سطحی نمی‌بایستی به وقوع بپیوندد. جریان در تمام طول آزمون نمی‌بایستی از یک میلی آمپر موثر بیشتر شود.



شکل ۳-۴: الکترودهای مورد استفاده برای آزمون ولتاژی، که جزء آزمون انتشار آب می‌باشد.





T_1 = رگلاتور

T_2 = ترانسفورماتور مخصوص آزمونهای ولتاژ بالا

V = دستگاه اندازه گیری ولتاژ فشار قوی

mA = میلی آمپر متر

P_r = حفاظت کننده میلی آمپر متر

S = الکترونها همراه با نمونه آزمون

شکل ۴-۴: مدار آزمون ولتاژی که جزء آزمون انتشار آب می باشد.

۴-۳-۵- آزمون قابلیت اشتعال^۱

این آزمون به منظور بررسی مواد محفظه از جهت خواص اشتعال و خود خاموش شونده^۲ آن به عمل می آید.

- رویه آزمون

این آزمون می بایستی مطابق با روش FV استاندارد IEC شماره ۶۰۷۰۷ انجام گیرد .

- ارزیابی آزمون

آزمون با موفقیت پشت سر گذاشته می شود اگر نمونه آزمون به دسته FVO، که در استاندارد IEC شماره ۶۰۷۰۷ مشخص شده است، متعلق باشد.

۴-۴- آزمونهای نوعی

از لحاظ الکتریکی، یک نوع مقره بوسیله فاصله قوس، فاصله خزشی، شیب چتر، قطر چتر و فاصله چتر مشخص می گردد. آزمونهای نوعی الکتریکی می بایستی تنها یک بار بر روی مقره هایی که معیارهای فوق را برای یک نوع مقره برآورده می سازند به عمل آیند. در هنگام انجام این آزمونها در صورتی که لوازم جرعه گیر جزء لوازم اصلی آن نوع مقره محسوب شود، این لوازم نیز در

1. Flammability test

2. Self-extinguishing

حین آزمونهای نوعی به همراه مقره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. آزمونهای نوعی الکتریکی می‌بایستی تنها زمانی تکرار شوند که یک یا تعدادی از مشخصه‌های ذکر شده تغییر کنند.

از لحاظ مکانیکی، یک نوع مقره بوسیله قطر هسته و روش نصب کردن فیتینگهای فلزی‌اش مشخص می‌شود. آزمونهای نوعی مکانیکی می‌بایستی تنها یک بار بر روی مقره‌هایی که معیار فوق را برای هر نوع برآورده می‌سازند، به عمل آیند. آزمونهای نوعی مکانیکی می‌بایستی تنها زمانی تکرار شوند که یک یا هر دو مشخصه فوق تغییر کنند.

جزء در موارد توافق شده، میزان تلورانسهای زیر برای کلیه ابعادی که نیاز به تلورانسهای مشخص ندارند، مجاز می‌باشد (d بعد مورد نظر برحسب میلیمتر است).

$(\pm 0.04d + 1/5)$ میلیمتر، وقتی که $d \leq 300 \text{ mm}$ و

$(\pm 0.25d + 6)$ میلیمتر، وقتی که $d > 300 \text{ mm}$ می‌باشد، با حداکثر مقدار ۵۰ میلیمتر،

۴-۴-۱- آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه خشک

این آزمون می‌بایستی مطابق بندهای (۳-۱-۳)، (۴-۱-۳)، (۱-۶-۱-۳)، (۲-۶-۱-۳)، (۶-۶-۱-۳)، (۷-۶-۱-۳) و (۱-۷-۱-۳) تا (۴-۷-۱-۳) فصل سوم انجام شود.

۴-۴-۲- آزمون فرکانس قدرت در شرایط مرطوب

این آزمون می‌بایستی مطابق بندهای (۳-۱-۴)، (۱-۶-۱-۳)، (۴-۶-۱-۳) تا (۷-۶-۱-۳)، (۱-۷-۱-۳) تا (۳-۷-۱-۳) و (۶-۷-۱-۳) فصل سوم انجام شود.

۴-۴-۳- آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی در شرایط مرطوب

این آزمون می‌بایستی مطابق بندهای (۳-۱-۴)، (۱-۶-۱-۳)، (۳-۶-۱-۳)، (۵-۶-۱-۳) تا (۷-۶-۱-۳)، (۱-۷-۱-۳) تا (۳-۷-۱-۳) و (۵-۷-۱-۳) فصل سوم انجام شود.

۴-۴-۴- آزمون نیروی مکانیکی _ زمان و آزمون محکم بودن واسط مابین فیتینگها انتهایی و پوشش مقره

- نمونه‌های آزمون

چهار مقره که از خط تولید برداشته شده‌اند می‌بایستی تحت آزمون قرار گیرند. در مورد مقره‌های طویل، نمونه‌هایی ممکن است بر روی خط تولید مونتاژ و ساخته شوند که طول عایقی آنها (فاصله فلز تا فلز) کمتر از ۸۰۰ میلیمتر نباشد. هر دو فیتینگ فلزی استفاده شده در دو انتهای مقره می‌بایستی مشابه آنهایی باشند که در مقره‌های استاندارد تولیدی به کار گرفته شده‌اند. فیتینگها می‌بایستی بگونه‌ای مونتاژ شوند که قسمت عایقی از فیتینگ تا نزدیکترین چتر مقره با وضعیت مقره خط تولید یکسان باشد. مقره‌ها می‌بایستی با چشم تحت بازرسی قرار گیرند و برای مطابقت با نقشه رسم شده کنترل گردند و سپس تحت آزمون مکانیکی جاری، که در بخش (۴-۶-۳) ارائه می‌گردد، قرار گیرند.



- رویه آزمون

- در درجه حرارت محیط، نیروی کششی به کوپلینگ‌های چهار نمونه اعمال می‌گردد. نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما به صورت پیوسته از صفر تا ۷۰ درصد SML افزایش یابد و پس از آن به مدت زمان ۹۶ ساعت در این مقدار نگه داشته شود. هر دو انتهای یکی از چهار نمونه می‌بایستی در انتهای آزمون ۹۶ ساعتی به منظور یافتن ترک خوردگی تحت بازرسی قرار گیرد. برای این منظور ناحیه‌ای از پوشش مقره می‌بایستی مطابق با استاندارد ISO شماره ۳۴۵۲ و با استفاده از روش نفوذ رنگ به منظور یافتن هرگونه شکافی در آن مورد بازرسی قرار گیرد. این ناحیه طول کامل واسطه بین محفظه و فیتینگ فلزی و کمی از سطوح مجاور آن (به اندازه کافی) تا انتهای فیتینگ فلزی را دربرمی‌گیرد.
- بازرسی می‌بایستی مطابق روش زیر انجام گیرد :
 - ◀ سطح مقره قبلاً می‌بایستی به شیوه مناسبی تمیز شده باشد.
 - ◀ ماده نفوذ کننده^۱، که می‌بایستی در مدت زمان ۲۰ دقیقه عمل کند، می‌بایستی به سطح تمیز شده اعمال گردد.
 - ◀ مازاد ماده نفوذ کننده می‌بایستی از سطح مقره پاک شود و سطح مقره را خشک نمود.
 - ◀ در صورت نیاز می‌بایستی از ظاهر ساز^۲ استفاده شود.
 - ◀ سطح مقره می‌بایستی تحت بازرسی قرار گیرد.
- پس از آزمون نفوذ، نمونه آزمون می‌بایستی تحت بازرسی قرار گیرد. در صورت یافتن هرگونه ترک، پوشش و در صورت لزوم فیتینگ‌های فلزی و هسته می‌بایستی عمود بر ترک در میانه پهن‌ترین ترک‌های پیدا شده به دو نیمه بریده شود. پس از آن سطح دو نیمه به منظور بررسی عمق ترک‌ها مورد بازرسی قرار می‌گیرند.
- پس از آن سه نمونه باقی مانده مجدداً در درجه حرارت محیط تحت نیروی کششی که مابین کوپلینگ‌ها اعمال شده است قرار می‌گیرند. نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما به صورت پیوسته از صفر تا حدود ۷۵ درصد SML بالابرده شده و پس از آن به تدریج در مدت زمان ۳۰ تا ۹۰ ثانیه تا SML افزایش یابد. اگر SML در مدت زمان کمتر از ۹۰ ثانیه حاصل گردد، ۱۰۰ درصد SML می‌بایستی برای مدت زمانی که از ۹۰ ثانیه باقی مانده است، همچنان اعمال گردد (این آزمون معادل با آزمون تحمل یک دقیقه‌ای در SML در نظر گرفته می‌شود).
- برای بدست آوردن اطلاعات بیشتری از آزمون، جزء در موارد اجرایی ویژه (از قبیل حداکثر نیروی کششی ماشین آزمون)، نیرو می‌تواند تا زمانی که نیروی تخریب حاصل گردد افزایش داده شود و مقدار آن ثبت گردد.

- بررسی آزمون

- آزمون با موفقیت پشت سر گذاشته می‌شود اگر :
- هیچگونه خطایی (شکستن یا کنده شدن کامل هسته، یا پاره شدن اتصالات فلزی) در حین انجام هر یک از آزمون استقامت ۹۶ ساعتی در ۷۰ درصد SML یا آزمون استقامت یک دقیقه‌ای در ۱۰۰ درصد SML به وقوع نپیوندد.
- هیچگونه ترکی با استفاده از روش نفوذ رنگ پیدا نشود.



- بررسی قطعات دونیم‌شده‌ای که قبلاً به آنها اشاره گردید به وضوح نشان دهد که ترکها به هسته مقره نرسیده‌اند.

۴-۵-۴- آزمون تداخل رادیویی

لزوم انجام آزمون و حداکثر سطح قابل قبول تداخل رادیویی براساس توافق بین سازنده و خریدار می‌باشد. این آزمون می‌بایستی با استفاده از استاندارد IEC شماره ۶۰۴۳۷ انجام گیرد و در صورتی که مقره همراه با رینگهای کرونا مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حین انجام آزمون مقره می‌بایستی به این وسایل مجهز باشد.

۴-۵-۵- آزمونهای نمونه‌ای

۴-۵-۵-۱- قواعد کلی

برای آزمونهای نمونه‌ای، دو دسته نمونه E_1 , E_2 مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعداد مقره‌های موجود در این دو دسته نمونه در جدول (۳-۱) ارائه شده‌اند. اگر بیش از ۱۰۰۰۰ مقره مورد نظر باشند، آنها را می‌بایستی به تعداد مناسبی از مجموعه‌ها که تعداد مقره‌های موجود در آنها بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مقره است تقسیم بندی نمود. نتایج آزمونها می‌بایستی به طور جداگانه‌ای برای هر مجموعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مقره‌ها می‌بایستی به صورت تصادفی از مجموعه موردنظر انتخاب گردند. خریدار در انتخاب نمونه‌ها دارای حق می‌باشد. نمونه‌ها می‌بایستی در معرض آزمونهای نمونه‌ای قابل اعمال قرار گیرند. آزمونهای نمونه‌ای عبارتند از :

- آزمون تحقیق ابعاد مقره که برروی دسته نمونه‌های E_1 , E_2 انجام می‌شود.
 - آزمون تحقیق سیستم قفل کنندگی که برروی دسته نمونه E_2 انجام می‌شود.
 - آزمون تحقیق SML که برروی دسته نمونه E_1 انجام می‌شود.
 - آزمون روکش روی که برروی دسته نمونه E_2 انجام می‌شود.
- در صورتی که نمونه در برآوردن آزمون دچار خطا گردد، رویه آزمون مجددی که در بند (۴-۵-۶) ارائه می‌گردد، می‌بایستی اعمال گردد.

تنها مقره‌های دسته نمونه E_2 برای استفاده در سرویس قابل استفاده می‌باشد، به شرطی که آزمون روکش روی با استفاده از روش مغناطیسی انجام شده باشد.

۴-۵-۵-۲- آزمون تحقیق ابعاد مقره ($E_1 + E_2$)

ابعادی از مقره که در نقشه مقره برای آنها مقادیری ارائه شده است می‌بایستی مورد بازرسی قرار گیرد. تلورانسهای ارائه شده در این نقشه معتبر می‌باشد. اگر هیچگونه تلورانسی در نقشه‌ها ارائه نشده باشد، مقادیر ارائه شده در بند (۴-۴) می‌بایستی به خوبی رعایت گردند.



۴-۵-۳- آزمون تحقیق سیستم قفل کنندگی (E2)

این آزمون تنها به آن دسته از مقره‌هایی که مجهز به کوپلینگ‌های سوکتی هستند مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۱۲۰ اعمال می‌گردد. این آزمون مطابق بند (۴-۷-۶) انجام می‌شود.

۴-۵-۴- آزمون تحقیق محکم بودن واسط مابین فیتینگ‌های انتهایی و محفظه مقره و آزمون نیروی مکانیکی معین شده

- یک مقره که به صورت تصادفی از دسته نمونه E_2 انتخاب شده است می‌بایستی به منظور یافتن ترک خوردگی مورد بازرسی قرار گیرد. برای این منظور ناحیه‌ای از پوشش مقره مطابق با استاندارد ISO شماره ۳۴۵۲، به منظور یافتن هرگونه شکافی تحت بازرسی قرار می‌گیرد. این ناحیه طول کامل واسطه مابین محفظه و فیتینگ فلزی و سطوح مجاور آنها، به اندازه کفایت، تا انتهای فیتینگ فلزی را دربرمی‌گیرد.

بازرسی می‌بایستی مطابق روش زیر انجام گیرد:

- سطح مقره می‌بایستی قبلاً به شیوه مناسبی تمیز شده باشد.
 - ماده نفوذ کننده‌ای که می‌بایستی در مدت زمان ۲۰ دقیقه عمل کند، باید به سطح تمیز شده اعمال گردد.
 - در مدت زمان ۵ دقیقه پس از اعمال نفوذ کننده، مقره می‌بایستی در درجه حرارت محیط تحت نیروی کششی معادل با ۷۰ درصد SML که مابین فیتینگ‌های فلزی اعمال می‌گردد، قرار گیرد. نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما به صورت پیوسته از صفر تا ۷۰ درصد SML افزایش یابد و پس از آن برای مدت زمان یک دقیقه در این مقدار باقی بماند.
 - سطح مقره می‌بایستی از مازاد ماده نفوذ کننده پاک و خشک شود.
 - در صورت نیاز می‌بایستی از ظاهر ساز استفاده نمود.
 - سطح مقره می‌بایستی مورد بازرسی قرار گیرد.
- پس از آزمون یک دقیقه اعمال ۷۰ درصد SML، اگر هرگونه ترکی مشاهده گردد، پوشش مقره و اگر لازم باشد، فیتینگ‌های فلزی و پوشش می‌بایستی عمود بر ترک در میانه پهن‌ترین ترک‌های پیدا شده به دو نیمه بریده شود. پس از آن دو نیمه به منظور بررسی عمق ترک‌ها مورد بازرسی قرار می‌گیرند.

- مقره‌های دسته نمونه E_1 می‌بایستی در درجه حرارت محیط در معرض نیروی کششی که مابین کوپلینگ‌ها اعمال می‌گردد، قرار گیرند. نیروی کششی می‌بایستی به سرعت اما پیوسته از صفر تا حدود ۷۵ درصد SML بالابرده شده و پس از آن به تدریج تا ۱۰۰ درصد SML در فاصله زمانی ۳۰ تا ۹۰ ثانیه افزایش یابد.

اگر ۱۰۰ درصد SML در مدت زمان کمتر از ۹۰ ثانیه حاصل گردد، نیروی ۱۰۰ درصد SML برای مدت زمانی که از ۹۰ ثانیه باقی مانده است می‌بایستی همچنان به نمونه اعمال گردد (این آزمون معادل با آزمون استقامت یک دقیقه‌ای در SML در نظر گرفته می‌شود).

برای بدست آوردن اطلاعات بیشتر از آزمون، جز در موارد اجرایی ویژه (از قبیل حداکثر نیروی کششی ماشین آزمون)، نیروی کششی می‌تواند تا زمانی که نیروی تخریب حاصل گردد افزایش یافته و مقدار بدست آمده ثبت گردد.

مفره‌ها با موفقیت آزمون را پشت سر گذاشته‌اند، اگر :

- هیچگونه خطایی (شکستن یا کنده شدن هسته یا پاره شدن فیتینگهای فلزی) در حین هر یک از آزمون استقامت یک دقیقه‌ای در ۷۰ درصد SML یا آزمون استقامت یک دقیقه در ۱۰۰ درصد SML به وقوع نپیوندد.
- هیچگونه ترکی با استفاده از روش نفوذ رنگ پیدا نشود.
- بررسی قطعات دونیم‌شده‌ای که قبلاً اشاره گردید به وضوح نشان دهد که ترکها به هسته مفره نرسیده‌اند.

۴-۵-۵- آزمون روکش روی (E2)

این آزمون مطابق بند (۳-۱-۷-۱۰) فصل سوم انجام می‌شود.

۴-۵-۶- رویه آزمون مجدد

اگر تنها یک مفره یا بخش فلزی در آزمونهای نمونه‌ای دچار خطا شود، یک دسته نمونه جدید که تعداد مفره‌های موجود در آن معادل دو برابر تعداد مفره‌های موجود در دسته نمونه اولیه است، می‌بایستی در معرض آزمون مجدد قرار گیرد. آزمون مجدد می‌بایستی در برگرنده آزمونی که در آن خطا رخ داده است نیز باشد. اگر دو یا تعداد بیشتری مفره یا بخشهای فلزی در آزمونهای نمونه‌ای دچار خطا شوند، یا اگر هر گونه خطایی در حین انجام آزمون مجدد به وقوع بپیوندد، کل مجموعه پذیرفته نیست و می‌بایستی به سازنده عودت داده شود. به شرطی که عامل خطا را بتوان به وضوح شناسایی کرد، سازنده می‌تواند کلیه مفره‌هایی را که به این عیب دچار هستند را از مجموعه جدا کند. مجموعه‌ای که از این مفره‌های معیوب جدا شده است می‌تواند مجدداً برای انجام آزمون مورد پذیرش قرار گیرد. در این شرایط تعداد مفره‌هایی که برای انجام آزمون مجدد در نظر گرفته می‌شوند سه برابر تعداد اولین انتخاب مفره‌ها برای انجام آزمونها می‌باشد. چنانچه هر مفره‌ای در حین انجام این آزمون مجدد دچار خطا شود، کل مجموعه در آزمون مردودشده و می‌بایستی به سازنده عودت داده شود.

۴-۶- آزمونهای جاری

۴-۶-۱- شناسایی مفره‌های ترکیبی

برروی هر مفره می‌بایستی نام یا علامت تجاری سازنده و سال ساخت مفره درج گردد. علاوه بر این، میزان SML نیز می‌بایستی برروی مفره درج گردد. این علائم می‌بایستی خوانا و ماندگار باشند.

۴-۶-۲- بررسی‌های چشمی

برروی هر یک از مفره‌ها می‌بایستی بازرسی صورت گیرد. استقرار فیتینگهای فلزی برروی بخشهای عایقی می‌بایستی مطابق با نقشه‌های مفره‌ها باشد. رنگ مفره‌ها می‌بایستی حدوداً مطابق رنگ مشخص شده در نقشه‌ها باشد.

عیوب قابل قبول برروی سطح مفره عبارتند از :

- عیوب سطحی ناچیز با مساحت کمتر از 25mm^2 (کل سطح معیوب نباید بیش از ۰/۲ درصد مساحت کل مفره باشد).

– شیارهای با عمق کمتر از یک میلیمتر.

۴-۶-۳- آزمون مکانیکی جاری

هر مقره می‌بایستی در درجه حرارت محیط نیروی کششی RTL، متناظر با حداقل ۵۰ درصد SML، را برای مدت زمان حداقل ۱۰ ثانیه تحمل کند.

۴-۷- خلاصه آزمونها

ترکیب کلیه آزمونهایی که برای مقره‌های ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول (۴-۱) نشان داده شده‌اند.



جدول ۴-۱: ترکیب کلیه آزمونهایی که برای مقره‌های ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

طبقه‌بندی آزمونها		تعداد مقره‌های نمونه مورد استفاده در آزمونها	آزمونها
آزمونهای طراحی	آزمون بر روی واسطه‌ها و اتصالات	۳	آزمون ولتاژ فرکانس قدرت خشک ← آزمون رهاسازی ناگهانی بار ← آزمون حرارتی - مکانیکی ← آزمون غوطه ور کردن در آب ← آزمون ولتاژ ضربه با پیشانی‌تند ← آزمون ولتاژ فرکانس قدرت خشک
	آزمون نیرو - زمان هسته مونتاژ شده	۳	آزمون تعیین متوسط نیروی تخریب هسته مقره‌های مونتاژ شده
	آزمون محافظه	۳	آزمون کنترل شیب منحنی استقامت - زمان مقره
	آزمون بر روی مواد هسته	۲	آزمون ترک خوردگی و فرسایش
		۱۰	آزمون نفوذ رنگ
		۶	آزمون انتشار آب
آزمون قابلیت اشتعال که می‌بایستی مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۷۰۷ انجام میشود.			
آزمونهای نوعی		۱	آزمون ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه در شرایط خشک
		۱	آزمون ولتاژ فرکانس قدرت در شرایط مرطوب
		۱	آزمون ولتاژ استقامت در برابر موج ضربه کلید زنی در شرایط مرطوب
		۴	آزمون نیروی مکانیکی - زمان و آزمون محکم بودن واسطه مابین فیتینگهای انتهایی و محفظه مقره
آزمونهای نمونه‌ای		$E_1 + E_2$	آزمون تحقیق ابعاد مقره $(E_1 + E_2)$ ← آزمون تحقیق سیستم قفل کنندگی (E_2) ← آزمون تحقیق محکم بودن واسطه مابین فیتینگهای انتهایی و محفظه مقره (E_2) و آزمون نیروی مکانیکی تعیین شده SML (E_1) ← آزمون روکش روی (E_2)
آزمونهای جاری		کلیه مقره‌ها	آزمون بازرسی بصری ← آزمون مکانیکی جاری



پیوست (۴-۱): اصول آزمون‌های نیروی کششی مکانیکی - زمان برای مقره‌های ترکیبی

- مقدمه

زمینه ارائه آزمون‌های نیروی کشش مکانیکی - زمان برای مقره‌های ترکیبی و اطلاعات تجربی جمع‌آوری شده در این زمینه در مرجع [۳۰] ارائه شده است.

عموماً استقامت مکانیکی مقره‌های ترکیبی بارگذاری شده در طول زمان کاهش می‌یابد. این کاهش به اندازه و مدت زمان بارگذاری‌ها بستگی دارد. این مسئله به جهت مواد مورد استفاده در هسته است که عموماً برای خزش مستعد می‌باشند (درست برعکس مقره‌ها متداول دیگر).

منحنی استقامت مکانیکی مقره ترکیبی بصورت تابعی از زمان اعمال بار را می‌توان به صورت یک خط مستقیم با یک شیب منفی در ازای زمان اعمال بار فرض نمود. در این وضعیت استفاده از مقیاس لگاریتمی با نسبت ۱۰ مابین حدود (یعنی یک تا ۱۰ دقیقه) مناسب‌تر است.

بارهای اعمال شده به مقره، در طول عمر خط انتقال را هم می‌توان به طریق مشابهی بصورت جفت مقادیری از نیرو - زمان نشان داد.

هدف این آزمون‌ها فراهم نمودن امکان کنترل وضعیت منحنی استقامت مکانیکی - زمان مقره‌ها نسبت به بارهای مورد انتظار در طی طول عمر پیش‌بینی شده خط (مثلاً بطور متوسط ۵۰ سال)، برای استفاده‌کننده می‌باشد. در این قسمت دو آزمون توصیف می‌گردد:

• آزمون طراحی

آزمون نیرو - زمان هسته برای مقره، جهت کنترل حداکثر شیب منحنی استقامت مقره - زمان (به بند ۴-۳-۲ مراجعه شود).

• آزمون نوعی

آزمون نیروی مکانیکی - زمان، برای کنترل نیروی مکانیکی تعیین‌شده مقره (SML) پس از اعمال بار پیوسته‌ای معادل ۷۰ درصد SML برای مدت زمان ۹۶ ساعت (به بند ۴-۴-۴ مراجعه شود).

آزمون‌های طراحی و نوعی تایید می‌کنند که منحنی استقامت مقره - زمان دارای حداکثر شیب قابل قبول بوده و اینکه مقره SML تعیین‌شده بوسیله سازنده را تحمل می‌نماید. در بخشهای آتی مثالی در رابطه با انتخاب مقره بصورت تابعی از بارهای اعمال شده و مقادیر تضمین شده (شیب و SML) ارائه می‌گردد.

• آزمون طراحی نیرو - زمان برای مقره هسته (به شکل ۴-۵ مراجعه شود)

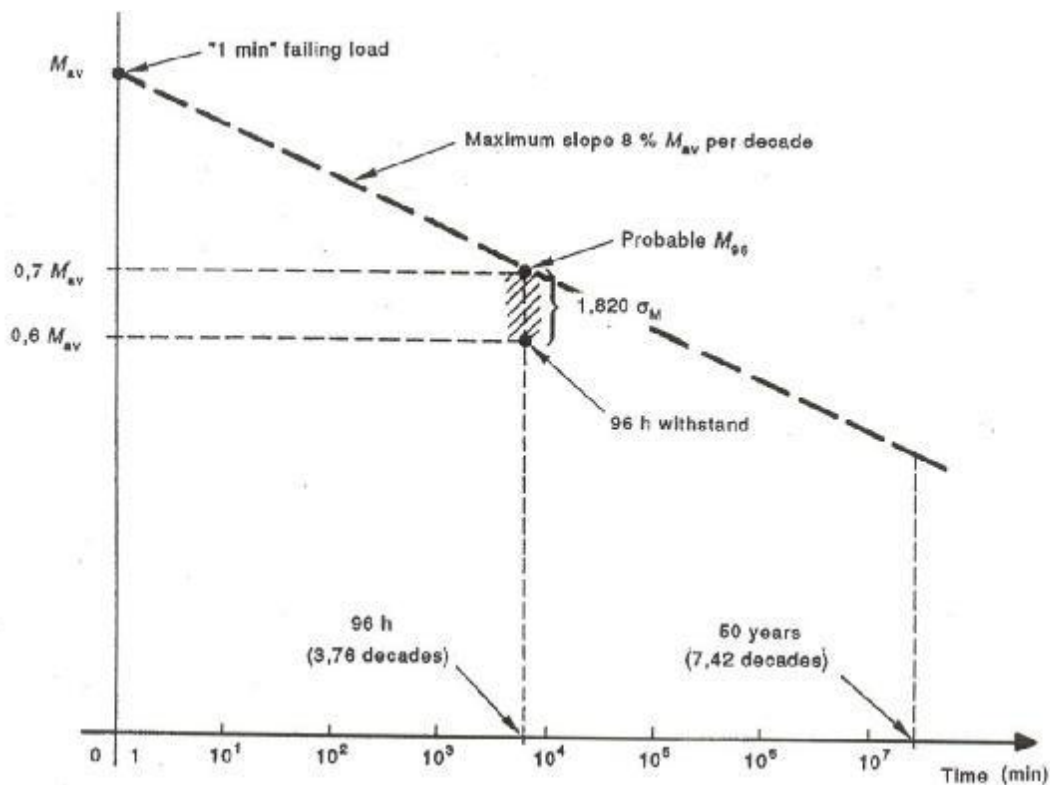
هدف از این آزمون کنترل شیب منحنی استقامت مقره، برحسب لگاریتم زمان است، تا از مقدار تعیین‌شده بزرگتر نباشد. عموماً شیب این منحنی مشخص نمی‌شود. در عمل، غالباً حداکثر مقادیر در گستره ۵ تا ۷ درصد نیروی شکست یک دقیقه‌ای بر هر دهه زمانی^۱ مشاهده می‌گردد.

برای قرار گرفتن در حاشیه ایمنی، توافق می‌شود که شیب منحنی استقامت - زمان بیش از ۸ درصد نیروی شکست یک دقیقه‌ای بردهه زمانی نباشد.



1. Per decade of time

ساده‌ترین راه برای رسیدن به این مقصود انجام دو آزمون نیروی شکست است که یکی با مدت زمان یک دقیقه و دیگری با مدت زمان ۹۶ ساعت انجام می‌گیرد. با این حال، پیش‌بینی باری که منجر به متوسط زمان شکست ۹۶ ساعت می‌شود بسیار مشکل است. علت این امر آن است که برای نیروی شکست یک دقیقه‌ای مشابه، اگر شیب منحنی به جای ۸ درصد ۶ درصد باشد، بار محاسبه شده از شیب ۸ درصدی برای آزمون ۹۶ ساعتی می‌بایستی به طور متوسط تا ۱۰ هفته باقی بماند.



شکل ۴-۵: تحقیق شیب منحنی استقامت - زمان مقره

بنابراین راه عملی برای انجام این آزمون آن است که ابتدا آزمون نیروی شکست یک دقیقه‌ای انجام گرفته و سپس آزمون استقامت ۹۶ ساعتی که از طریق آن می‌توان نیروی تخریب ۹۶ ساعتی را تخمین زد، انجام شود.

توجه: تجربیات بدست‌آمده نشان می‌دهد که در عمل، مدت زمان تداوم ۹۶ ساعت باید در میانه مقیاس لگاریتمی ۱ دقیقه - ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود.



آزمون نیروی شکست یک دقیقه‌ای

مقدار متوسط نیروی شکست یک دقیقه (M_{av}) و انحراف معیار پراکندگی اطلاعات (σ_M) مورد نیاز هستند. مقدار اخیر برای محاسبه استقامت ۹۶ ساعت مورد نیاز است.

روش تجربی معمول، انجام سه آزمون نیروی شکست یک دقیقه‌ای برای محاسبه متوسط M_{av} می‌باشد. سپس مقدار ثابتی برای انحراف معیار اختیار می‌گردد. مقدار $\sigma_M = 0.08 M_{av}$ ، مطابق با تجربیات بدست‌آمده، پیشنهاد می‌گردد. با این حال، اگر آزمونهای بیشتری (بیش از ۱۰ آزمون) برای کلاس مقره تحت آزمون انجام می‌گیرد، می‌توان ابتدا مقدار واقعی σ_M را محاسبه نمود و سپس برای تعیین مقدار استقامت ۹۶ ساعت استفاده نمود.

• آزمون استقامت ۹۶ ساعته

برای کنترل این مسئله که شیب منحنی استقامت بزرگتر از ۸ درصد M_{av} بر دهه زمانی نباشد، کافی است که متوسط نیروی تخریب ۹۶ ساعته (M_{96}) حداقل معادل با $0.7 M_{av}$ باشد. در واقع ۹۶ ساعت معادل با ۵۷۶۰ دقیقه و معادل با ۳/۷۶ دهه است، در نتیجه:

$$M_{96} = M_{av} (1 - 3.76 \pm 0.08) = 0.7 M_{av} \quad (۴-۱)$$

وقتی که مقدار نیروی استقامت ۹۶ ساعته، متناظر با ۹۰ درصد احتمال پشت سرگذاشتن موفقیت‌آمیز آزمون، برای توزیع نرمال محاسبه گردد، جداول احتمالی منجر به نتایج زیر خواهند شد:

$$\blacktriangleleft \text{ برای یک آزمون: } M_{96} - 1.282 \sigma_M$$

$$\blacktriangleleft \text{ برای دو آزمون: } M_{96} - 1.645 \sigma_M$$

$$\blacktriangleleft \text{ برای سه آزمون: } M_{96} - 1.820 \sigma_M$$

برای سه مقره نمونه آزمون، با $\sigma_M = 0.08 M_{av}$ ، مقدار استقامت ۹۶ ساعته برابر است با:

$$0.7 M_{av} (1 - 1.820 \pm 0.08) = 0.6 M_{av} \quad (۴-۲)$$

اگر آزمون در مورد هر سه مقره موفقیت‌آمیز باشد، به احتمال ۹۰ درصد متوسط نیروی تخریب ۹۶ ساعته حداقل معادل با ۰.۷ M_{av} خواهد بود و شیب منحنی استقامت مقره معادل با یا کوچکتر از ۸ درصد M_{av} برده دهه زمانی خواهد بود.

• آزمون نوعی: آزمون نیروی مکانیکی _ زمان

هدف از این آزمون، در نظر گرفتن آثار جمعی ناشی از بارگذاری‌ها و کنترل SML مقره است. این آزمون در ابتدا با اعمال ۷۰ درصد SML برای مدت زمان ۹۶ ساعت و سپس اعمال SML برای مدت زمان یک دقیقه انجام می‌گیرد.

مقدار ۷۰ درصدی SML برای آزمون استقامت ۹۶ ساعته به این دلیل انتخاب شده است که این مقدار متناظر با شیب تخمین زده شده ۸ درصد بر دهه زمانی منحنی استقامت - زمان مقره است که توسط آزمون طراحی بازیابی می‌گردد.

اطلاعات بدست آمده از این آزمون می‌تواند برای کنترل این مسئله که مشخصه استقامت مکانیکی مقره بالای منحنی بارهای مورد انتظار قرار گرفته است، استفاده شود.



- استفاده از نتایج آزمونهای طراحی و نوعی

• خط مستقیم نیرو _ زمان (به شکل ۴-۶ مراجعه شود)

نیروهای اعمال شده به مقره‌ها در طی طول عمر خط را می‌توان به عنوان اولین تقریب، با استفاده از یک خط مستقیم، مشابه روش به کاررفته برای منحنی استقامت - زمان مقره‌های ترکیبی، نشان داد.

این خط مستقیم، مشابه آنچه که در شکل (۴-۶) نشان داده شده است، می‌تواند از طریق نیروهای کششی: OML, EML و MML که در زیر تعریف می‌شوند، در ازای مقیاس زمانی تقسیم بر دهه، برآورد گردد.

• نیروی مکانیکی نرمال (OML)

این نیرو نشان دهنده وزن بدون یخ هادی‌ها، اتصالات، فاصله دهنده‌ها و ... برای یک مجموعه کامل آویزی یا نیروی کششی هادی برای مجموعه کامل کششی، با در نظر گرفتن درجه حرارت و سرعت باد غالب است. این نیرو و درجه حرارت متناظر با آن می‌بایستی بوسیله استفاده‌کننده، برای نمایش شرایط سرویس غالب تعیین گردد.

• نیروی مکانیکی غیر نرمال (EML)

برآورد شده است که این نیروی مکانیکی برای حداکثر مدت زمان تداوم یک هفته در طول کل عمر تجهیز بوقوع می‌پیوندد. این نیرو و درجه حرارت متناظر با آن می‌بایستی برای نمایش شرایط سرویس تعیین گردد. مطابق تعریف فوق، EML بزرگتر از OML خواهد بود. فرض می‌شود که این نیروی غیرنرمال در صورت بروز، موجب تغییر شکل دائمی بر روی مقره‌ها نمی‌گردد.

• حداکثر نیروی مکانیکی (MML)

این نیرو حداکثر نیرویی است که مقره‌ها در تمام طول عمرشان ممکن است متحمل گردند و می‌تواند برای پریودهای بسیار کوتاه (مثلاً یک دقیقه) رخ دهد. این نیرو بزرگتر از نیروی مکانیکی غیر نرمال است.

توجه: در طی مدت زمان اعمال این نیرو هیچگونه جداشدن مکانیکی نمی‌بایستی بوقوع بپیوندد. با این حال تغییر شکل دائمی مقره قابل قبول است.

• تعیین خط مستقیم نیرو _ زمان و مقایسه آن با منحنی استقامت مکانیکی _ زمان مقره

تنها دو نیرو برای تعیین خط مستقیم نیرو _ زمان ضروری می‌باشد. آنگاه تنها کافی است بازبینی شود که آیا نیروی سوم روی یا زیر آن خط قرار دارد.

نیروها می‌بایستی توسط استفاده‌کننده برای نمایش شرایط سرویس تعیین گردد. اگر استفاده‌کننده منحنی تجمعی وقوع بارهای واقعی را بداند، آنگاه او مستقیماً می‌تواند از این منحنی استفاده نماید. اگر درعمل برای تعیین اولین نقطه، از روش قطعی^۱ استفاده شود، با نیروهای پایه ثابت شده و با ضرایب ایمنی، نیروی بدست آمده می‌تواند مطابق با مدت زمان تداوم مورد انتظار بر روی منحنی قرارگیرد. نقطه دوم برای تعیین خط مستقیم نیرو - زمان هنوز OML است.

بدیهی است که سایر روشهای ممکن را نیز می‌توان برای رسم این خط مستقیم به کار برد.

منحنی استقامت مکانیکی _ زمان مقره (شکل ۴-۷) مدت زمانی را که بار معینی می‌تواند با احتمال بالا در مدت زمان آزمون نیروی مکانیکی یک دقیقه‌ای بعدی اعمال شود و خطایی پایین‌تر از SML بوقوع بپیوندد را مشخص می‌سازد.

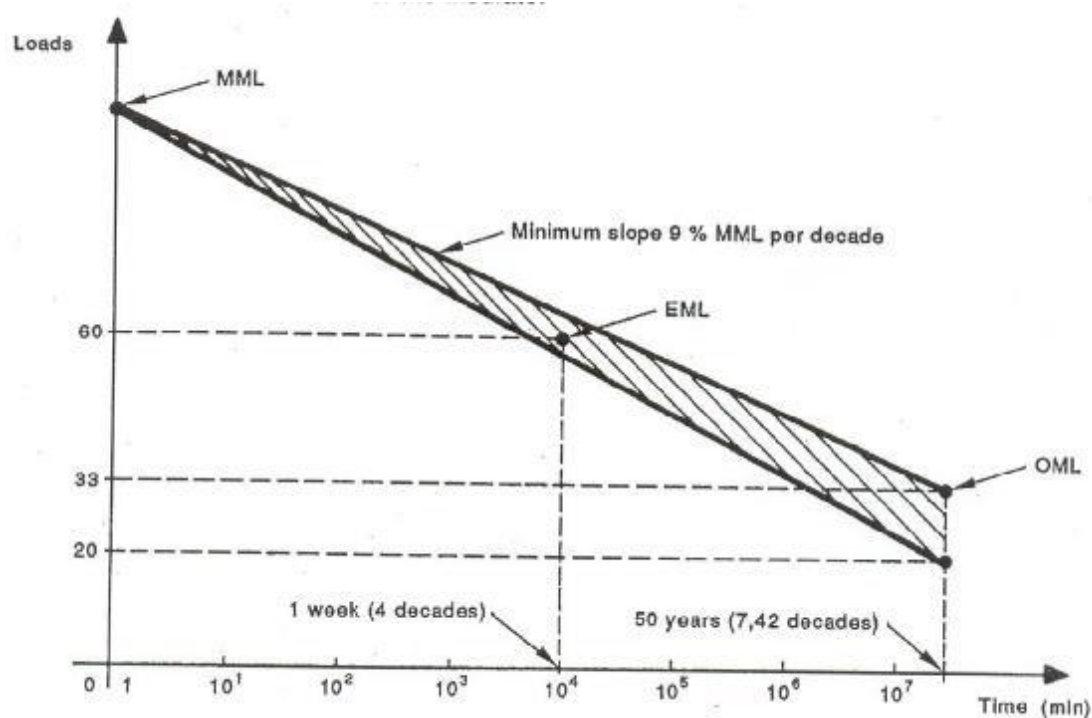
برای هر زمانی کوچکتر از ۵۰ سال، منحنی استقامت مکانیکی - زمان می‌بایستی بالاتر از خط مستقیم نیرو - زمان قرار گیرد.

• مثال :

بعنوان یک راهنمایی برای استفاده‌کنندگان متداول است که در برخی درجه حرارت‌ها یا شرایط آب و هوایی غیر وخیم از نسبت‌های زیر، که مابین نیروهای مکانیکی تعریف شده فوق برقرار هستند، استفاده گردد:

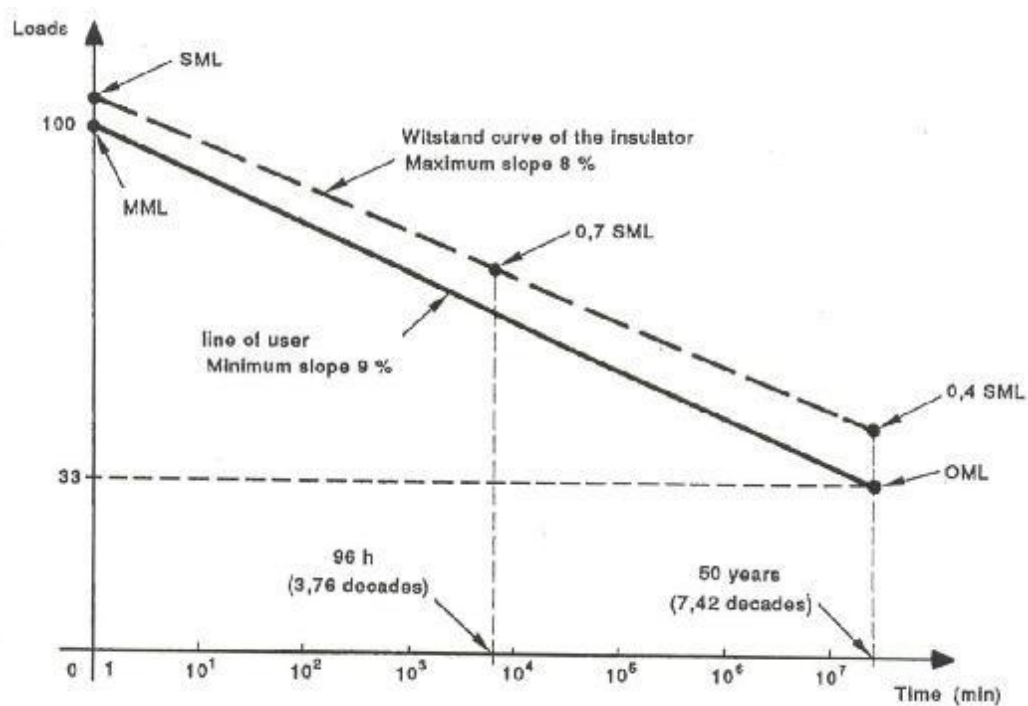
با فرض اینکه MML برابر یک در نظر گرفته شود، EML حدوداً معادل 0.6 و OML مابین 0.2 تا 0.33 خواهد بود. این مقادیر بر مبنای طول عمری حدوداً برابر با ۵۰ سال برای خط انتقال در نظر گرفته شده‌اند. در بدترین حالات، با $OML = 0.33MML$ ، حداقل شیب خط نیرو - زمان معادل ۹ درصد MML بر دهه زمانی می‌باشد.

در شکل (۴-۷) مقایسه بین خط مستقیم نیرو - زمان استفاده کننده و منحنی استقامت مکانیکی - زمان مقره با استفاده از آزمون طراحی و نوعی تحقیق شده است.



شکل ۴-۶: خط مستقیم نیرو - زمان استفاده کننده





شکل ۴-۷: مقایسه بین خط مستقیم نیرو-زمان استفاده کننده و منحنی استقامت - زمان مقره

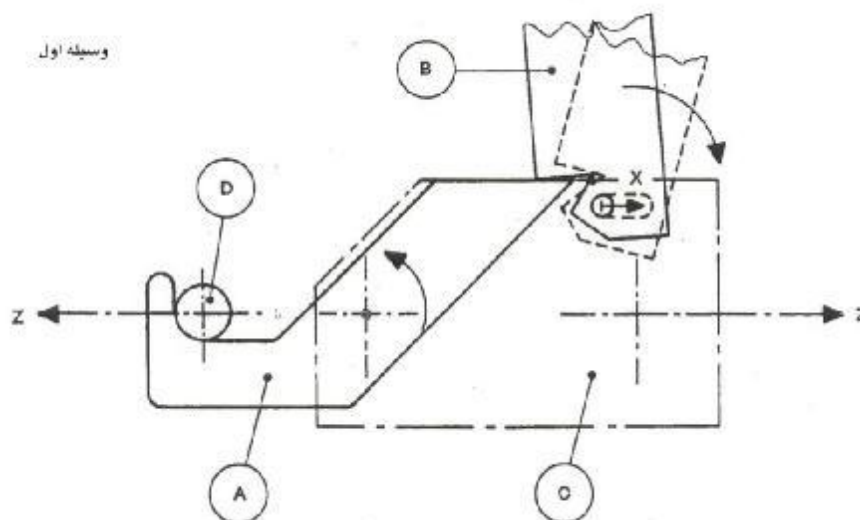


پیوست (۲-۴) : نمونه‌هایی از وسایل قابل استفاده برای آزمون رهاسازی ناگهانی بار مقره‌های ترکیبی

در این پیوست دو نمونه از وسایلی که برای آزمون رهاسازی ناگهانی بار مقره‌های ترکیبی قابل استفاده هستند، معرفی می‌شوند.

- وسیله اول (شکل ۸-۴)

این وسیله از چنگک A، اهرم آزادسازی B و صفحه نشیمنگاه C تشکیل شده است. اهرم A می‌تواند بر روی محورشی که به صفحه نشیمنگاه متصل شده است، گردش نماید. نیروی کششی از طریق میله یا پیچ مناسبی (D) به مقره اعمال می‌گردد. در طول مدت زمانی که مقره تحت کشش است، اهرم آزادسازی در وضعیتی که در شکل (۸-۴) با خط توپر نشان داده شده است، قرار می‌گیرد. بعلا طول قابل ملاحظه اهرم آزادسازی B، یک نیروی کوچک برای حرکت دادن آن به وضعیتی که در شکل (۸-۴) با خط چین نشان داده شده است (گردش اهرم بر روی محورشی و حرکت محور در جهت کار)، کفایت می‌نماید. این حرکت اهرم آزادسازی موجب می‌شود که چنگک A حول محور خود گردش نماید و به موجب آن میله یا پیچ D آزاد گردد.



شکل ۸-۴ : یک نمونه از وسایل قابل استفاده جهت آزمون رهاسازی ناگهانی بار مقره‌های ترکیبی (وسیله اول)

- وسیله دوم (شکل ۹-۴)

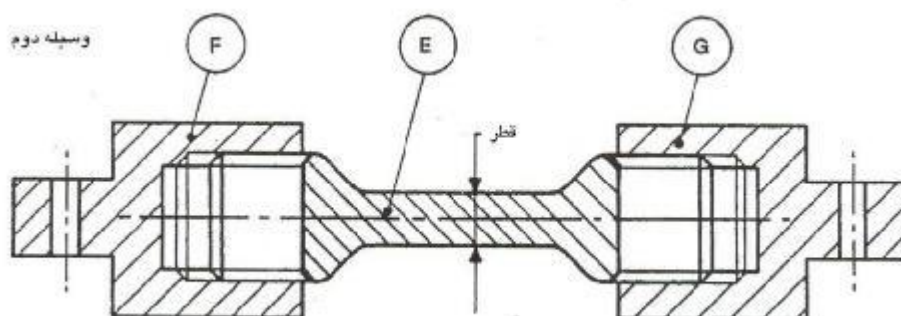
این وسیله از قطعه شکننده E که از دو انتها به بخش‌های فلزی F و G پیچ شده است و امکان برقراری ارتباط بین ماشین کشش و مقره را فراهم می‌نماید، تشکیل شده است.

قطعه شکننده E به نحوی ساخته شده است که قسمت میانی آن باریکتر از دو انتهای آن (دمبل مانند) می‌باشد. قطر این قطعه بر

اساس نوع فولاد استفاده شده و نیروی شکست مورد نیاز تعیین می‌شود.

تنش تسلیم^۱ فولاد استفاده شده برای قطعه E می‌بایستی به تنش کشش نهایی^۲ آن نزدیک باشد.





شکل ۴-۹: یک نمونه از وسایل قابل استفاده جهت آزمون رهاسازی ناگهانی بار مقره‌های ترکیبی (وسيله دوم)

پیوست (۴-۳): آزمون پیری تحت ولتاژ بهره برداری همراه با مشابه‌سازی شرایط آب و هوایی جهت مقره‌های ترکیبی

– مقدمه

رویه این آزمون بر اساس یکی از گزارشهای گروه کاری CIGRE، که در مرجع [۳۰] ارائه شده است، تدوین شده است.

– رویه آزمون

در این آزمون علاوه بر حداکثر ولتاژ فرکانس قدرت سیستم ($Um/\sqrt{3}$)، تنش‌های مختلف دیگری نیز به روش دوره‌ای^۱ اعمال می‌گردد. این تنشها عبارتند از:

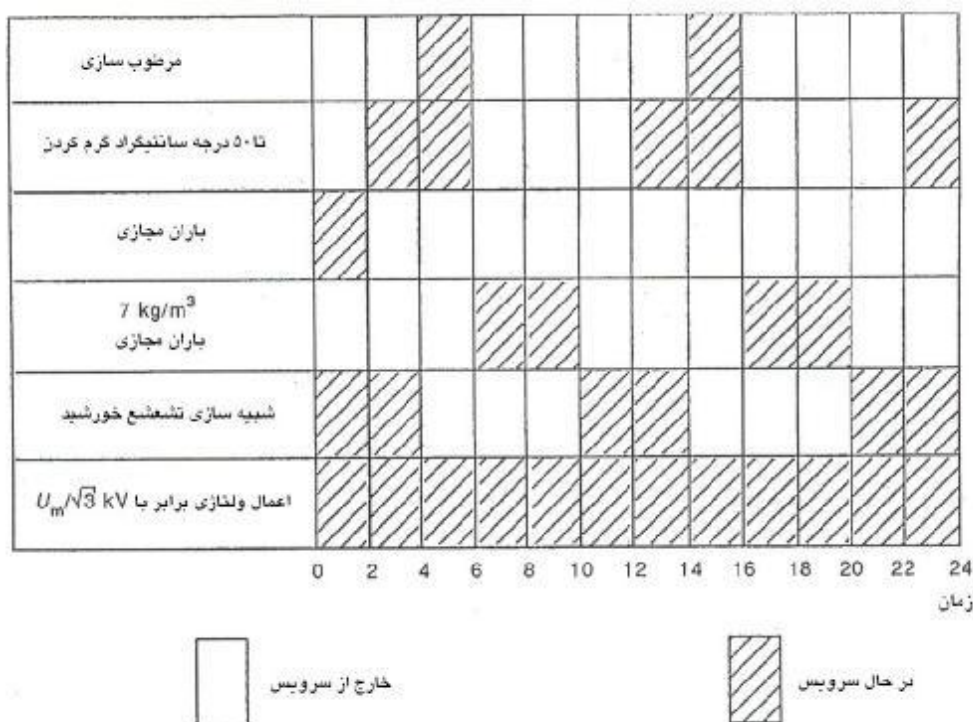
- شبیه‌سازی تشعشع خورشید
- باران مصنوعی
- گرمای خشک
- گرمای نم‌دار یا دم کرده (نزدیک اشباع شدگی)
- نم بالا تحت درجه حرارت اتاق (شرایط اشباع شدگی اجباراً حاصل می‌گردد).
- افشانه نمک با غلظت کم

علاوه بر این، تغییرات حرارت ممکن است درجه‌های مختلفی از تنش مکانیکی را بدنبال داشته باشد، بویژه در سطح واسطه‌های مقره، و همچنین موجب افزایش پدیده تقطیر آب شود که ممکن است چندین بار در طی یک دوره بوقوع بپیوندد.

یک دوره نمونه که شامل کلیه تنشهای فوق است در شکل (۳-۱۰) نشان داده شده است. در هنگام استفاده از این شکل، توضیحات تکمیلی زیر می‌بایستی مد نظر قرار گیرد:

- هر دوره ۲۴ ساعت به طول می‌انجامد و تغییر برنامه هر دو ساعت یکبار اتفاق می‌افتد.
- در طی مدت زمانی که مرطوب‌سازی و گرم کردن انجام نمی‌شود، مقره‌ها تحت درجه حرارت اتاق (۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی (۳۰ تا ۶۰ درصد) قرار می‌گیرند.

- افزایش درجه حرارت از دمای محیط به ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌بایستی در مدت زمان کمتر از ۱۵ دقیقه صورت گیرد.
- برای رسیدن به رطوبت نسبی ۹۵ درصد، مرطوب‌سازی می‌بایستی در مدت زمان کمتر از ۱۵ دقیقه و برای رسیدن به مقدار مورد نیاز حداقل ۹۸ درصد، مرطوب‌سازی می‌بایستی در مدت زمان کمتر از ۱۰ دقیقه صورت گیرد.
- مرحله اشباع‌کنندگی که به موجب آن قطرات آب بر روی مقره‌ها می‌چکد بوسیله خنک‌کردن طبیعی اتاق آزمون پس از توالی که در برگیرنده ۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت و رطوبت نسبی ۹۸ درصد می‌باشد، بدست می‌آید. فنی که جهت خنک‌کنندگی استفاده می‌شود می‌بایستی برای این کار متوقف گردد. مدت زمان لازم برای بازگشت به درجه حرارت محیط حدوداً ۲ ساعت است.
- باران مصنوعی و افشانه نمک می‌بایستی مطابق با استانداردهای IEC اعمال گردند.
- شبیه‌سازی تشعشع خورشید با استفاده از لامپ قوس‌گزنون^۱ با قدرت ۵۰۰۰ وات که در فاصله حدود ۴۸ سانتی‌متری مقره‌ها نصب شده است، انجام می‌گیرد. برای افزایش دقت شبیه‌سازی توان و طیف خورشید در برخی از اوقات سال می‌توان از یک سیستم مجهز به فیلترهای خاص برای این منظور استفاده نمود [۲۹].
- مدت زمان استمرار ۵۰۰۰ ساعت برای کل آزمون پیشنهاد می‌گردد [۲۷].



شکل ۴-۱۰: یک دوره نمونه برای آزمون پیری تحت ولتاژ بهره‌برداری همراه با مشابه‌سازی شرایط آب و هوایی جهت مقره‌های ترکیبی.

1. Xenon arc lamp

فصل ۵

مشخصات و دستورالعملهای نگهداری و بهره‌برداری





 omorepeyman.ir

مقدمه

در این فصل مشخصات و دستورالعملهای اجرایی مربوطه به مقره‌های خطوط هوایی انتقال نیرو ارائه می‌گردد.

۵-۱- اهداف و دامنه کاربرد

هدف از این فصل ارائه دستورالعملهای اجرایی مربوطه به مقره‌های خطوط هوایی جهت سطوح ولتاژی ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد. این مشخصات و دستورالعملهای اجرایی جهت خطوط هوایی انتقال نیرویی که در آنها از مقره‌های چینی، شیشه‌ای یا ترکیبی استفاده می‌شود، تدوین شده است.

به علت تنوع جنس، نوع و کاربرد مقره‌های مورداستفاده در خطوط هوایی، استفاده از تجربیات و توصیه‌های ارائه شده از سوی مشاوران، پیمانکاران و سازندگان مقره‌های خطوط در صورتی که با دلایل متقن به اثبات رسیده باشند، بلامانع خواهد بود.

۵-۲- کلیات

مقره‌ها یکی از مهمترین تجهیزات یک خط انتقال نیرو محسوب می‌گردند و عملکرد آنها به میزان قابل توجهی قابلیت اطمینان خط انتقال نیرو را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. براین اساس علاوه بر رعایت ضوابط و دستورالعملهای لازم درحین طراحی و انتخاب مقره‌ها، اصول و ضوابط خاصی نیز در هنگام نگهداری مقره‌ها می‌بایستی مورد توجه قرارگیرد تا از کار صحیح و موردانتظار آنها اطمینان حاصل شود. رعایت مشخصات و دستورالعملهای اجرایی علاوه بر افزایش قابلیت اطمینان خط انتقال نیرو در طول عمر مقره‌ها و کاهش هزینه‌های مربوط به یافتن و تعویض مقره‌های معیوب (هزینه‌های بهره‌برداری خط انتقال) تأثیرگذار خواهد بود. مقره‌های ترکیبی به لحاظ مواد اولیه بکاررفته در آنها و تکنولوژی ساخت از خیلی جهات با مقره‌های شیشه‌ای و چینی متفاوت‌اند، لذا ضروری است به هنگام کار با آنها ملاحظات خاصی را در نظر گرفته و دستورالعملهای سازندگان را دراستفاده و کار با مقره‌های ترکیبی را به دقت و به طور کامل رعایت نمود و در مواردیکه پرسنل مربوطه برای اولین بار با این نوع مقره‌ها سروکار پیدا می‌کنند لازم است قبل از شروع به کار با آنها این دستورالعملها به آنها آموزش داده شود.

۵-۳- دستورالعملهای مقابله با آلودگی مقره‌ها

جرقه‌های ناشی از آلودگی در خطوط انتقال در اثر ذرات موجود در هوا که روی سطح مقره توزیع می‌گردد ایجاد می‌شوند. منابع تولید این ذرات را می‌توان در دو دسته کلی زیر طبقه‌بندی نمود:

- منابع طبیعی

شامل: ذرات گردوخاک معلق درهوا، ذرات گردوخاک مناطق کویری و ذرات ناشی از آلودگی دریایی.

- منابع غیرطبیعی

شامل: منابع صنعتی، منابع کشاورزی و فعالیتهای ساختمانی.

در این حالت مواد آلوده‌کننده متعددی ایجاد می‌شوند که اغلب در شرایط خشک مسئله‌ای ایجاد نمی‌کنند ولی به محض رطوبی شدن محیط، هدایت الکتریکی لایه رسوب قرارگرفته برروی مقره روبه فزونی نهاده و جرقه سطحی برروی مقره ایجاد



می‌شود. این جرعه اغلب در یک زمان کوتاه جرعه بعدی را نیز بدنال دارد. در بسیاری از موارد، طراحی و انتخاب مناسب مقره‌ها قطعی‌های ناشی از آلودگی را کاهش می‌دهد. اما درنواحی که آلودگی شدید و میزان آن دور از انتظار باشد نگهداری و حفاظت از مقره‌ها لازم می‌باشد. بدین منظور ابتدا می‌بایستی نوع و مشخصات آلودگی شناسایی و سپس روشهای مناسب مقابله با آن اتخاذ گردد. پیش‌بینی امکانات و احتمال شستشو حتی در شرایطی که موارد طراحی و بررسی تمام مشخصات بدقت انجام شده باشد نمی‌تواند در نظر گرفته نشود. روشهای مقابله و حفاظت مقره‌ها در برابر آلودگی به صورتهای زیر امکان‌پذیر می‌باشد:

– افزایش سطح عایقی

با افزودن تعداد مقره‌ها، فاصله خزشی افزایش‌یافته و ولتاژ جرعه زنجیره مقره افزایش پیدا می‌کند ولی درخطوط موجود اینکار به دلیل افزایش طول زنجیره و درنتیجه به هم‌خوردن هماهنگی فواصل حفاظتی، عموماً عملی نمی‌باشد. درمرحله طراحی نیز افزایش تعداد مقره‌ها و طول زنجیره مقره به افزایش ابعاد و ارتفاع برج و درنتیجه افزایش هزینه احداث خط منجر خواهدشد. لذا از این روش تنها درمواردیکه منجر به کاهش فواصل الکتریکی روی برج نگردد می‌توان استفاده نمود. به همین دلیل استفاده از این روش تنها به مناطق دارای آلودگی زیاد محدودشده و عموماً توصیه نمی‌شود.

– استفاده از مقره‌های نوع ضد مه

استفاده از این نوع مقره‌ها در بسیاری از موارد راه‌حل عملی و مناسبی برای مقابله با آلودگی مقره‌ها می‌باشد. این نوع مقره‌ها با فاصله خزشی تا ۱/۵ برابر مقره‌های استاندارد عملکرد بهتری را نسبت به مقره‌های استاندارد در شرایط آلودگی از خود نشان می‌دهند، با این حال فاصله خزشی عامل موثری درکاهش اثرات آلودگی مقره‌ها نمی‌باشد و استفاده از این نوع مقره در تمام موارد آلودگی رضایتبخش نبوده است.

– شستشوی دوره‌ای

شستشوی مقره‌ها در خطوط بدون برق می‌تواند به طور منظم انجام شود. برای شستشوی مقره‌ها در خطوط برق‌دار نیاز به وسایل و تجهیزات مخصوصی می‌باشد. این روش در مواردی که آلودگی خیلی شدید و بارندگی کم بوده و افزایش تعداد مقره‌ها امکان‌پذیر نباشد، کاربرد دارد. شستشو توسط فشار زیاد جریان آب مقطر انجام می‌گیرد. این روش در شستشوی آلودگی‌های نمکی، گردوخاک و آلودگی اسیدی خیلی مؤثر می‌باشد و برای خطوط مورد بهره‌برداری در مناطق جنوبی کشور پیشنهاد می‌شود. زمان و تناوب شستشو به شدت آلودگی و شرایط جوی و وضعیت عایقی خط مورد نظر بستگی دارد.

– گریس‌کاری مقره‌ها

پوشاندن سطح مقره با ترکیبات گریس روش مؤثری برای مقابله با آلودگی مقره‌ها می‌باشد ولی روشی پرهزینه بوده و نیاز به خارج کردن خط و تجدیدکردن آن به طور متناوب بعد از طی دوره کارائی آن دارد. این دوره تناوب از سه ماه تا ۵ سال برحسب درجه آلودگی و شرایط جوی می‌باشد. موقعی که گریس به پایان دوره کارائی خود برسد قابلیت دفع آن خود را بتدریج از دست داده و درسطح مقره مسیرهایی برای وقوع جرعه ایجاد می‌شود و به موجب آن تداخل رادیویی نیز تولید می‌گردد، ترکیبات گریسی که برای پوشاندن سطح مقره‌ها مورد استفاده قرارمی‌گیرد غالباً محصول اولیه سیلیکون می‌باشند.

– استفاده از مقره با لعاب نیمه هادی



این نوع مقره با لعاب نیمه هادی عملکرد خوبی را در مقابله با مشکلات ناشی از آلودگی از خود نشان داده است. گرمای حاصل از پوشش مقاومتی سطح مقره را خشک نگهداشته و تاملتی توزیع ولتاژ در مقره را یکنواخت و خطی حفظ می‌کند. البته عملکرد و خواص این لعاب بتدریج و بعد از مدتی از بهره‌برداری درمقایسه با سایر انواع مقره‌ها بعثت خوردگی ناشی از پدیده الکترولیتی کاهش می‌یابد.

- استفاده از مقره‌های ترکیبی

علیرغم اینکه این نوع مقره‌ها دارای ویژگیهای بسیاری می‌باشند، ولی تا چندسال اخیر به دلیل نداشتن تجربه کافی و اطلاع از نحوه عملکرد طولانی مدت این نوع مقره‌ها، مورد استقبال چندانی قرار نگرفتند. اما با گذشت زمان و مشاهده کیفیت و عملکرد مناسب این نوع مقره‌ها در خطوط انتقال واقع در کشورهای مختلف و حتی در سطوح ولتاژی بالا و همچنین مناطق دارای آلودگی سنگین، رفته‌رفته نظر کارشناسان و طراحان خطوط انتقال به این نوع مقره‌ها جلب شد. با پیشرفت تکنولوژی ساخت و انجام آزمایشات متعدد بر روی مقره‌های ترکیبی، سایر اشکالات این نوع مقره‌ها که بعضاً در تعدادی از خطوط مشاهده و ثبت‌شده بود نیز به میزان قابل توجهی برطرف گردید. استفاده از مقره‌های ترکیبی درخطوطی که از مناطق آلوده عبور می‌کنند، به عنوان یکی از راههای مناسب جهت مقابله با آلودگی توصیه می‌گردد.

- استفاده از مقره‌های یکپارچه

این نوع مقره‌ها به دلیل داشتن طول عایقی یکپارچه و همچنین بیشتر درمقایسه با مقره‌های نوع بشقابی، برای نصب درمناطق دارای آلودگی سنگین مناسب و قابل توصیه می‌باشد. مقره‌های نوع یکپارچه از جنس سرامیک و به صورت توپر بوده و دارای استحکام کششی مناسبی می‌باشند که بسته به نیاز با مشخصات و طولهای متفاوت ساخته می‌شوند و امکان سری‌نمودن آنها، جهت افزایش طول عایقی، وجود دارد. باتوجه به جنس این نوع مقره بایستی درحمل و نقل و نصب آنها دقت کافی بعمل آید. درغیراینصورت بروز هرگونه ترکهای جزئی در اثر ضربات احتمالی (که غالباً با چشم قابل تشخیص نیست) می‌تواند منجر به پارگی زنجیره و سقوط هادی گردد.

- روشهای دیگر

علاوه بر موارد ذکرشده فوق، روشهای عملی دیگری نیز جهت مقابله با مشکل آلودگی ایزولاسیون خطوط انتقال به کار می‌رود که از آن جمله می‌توان روش تمیزکردن دستی با مواد پاک‌کننده مواقعی که خط بی برق می‌باشد را نام برد. هرچند که نحوه اجرای این روش آسان است و نیازی به وسایل مجهز ندارد، ولی در آلودگی‌های شدید و سراسری و خصوصاً درمورد مقره‌های خطوط انتقال به علت وسعت آلودگی و طولانی‌بودن زمان اجرای کار و لزوم بی‌برق‌شدن خط، این روش معمولاً فاقد توجیه فنی و اقتصادی بوده و توصیه نمی‌گردد.

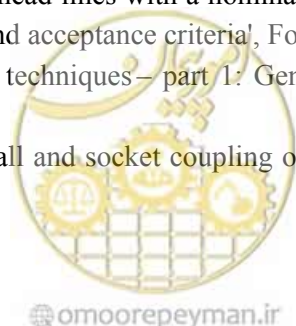




🌐 omorepeyman.ir

فهرست منابع و مراجع:

- [۱] طراحی الکتریکی خطوط انتقال نیرو، نویسنده: قدرت اله حیدری، شابک: ۳-۷-۹۱۷۴۲-۹۶۴.
- [۲] دیدگاههای مهندسی در طراحی خطوط انتقال انرژی، تألیف: محسن پوررفیع عربانی- پرویز اسلامزاده، شابک: ۸-۲۳-۰۴۶۳-۹۶۴.
- [۳] طرح خطوط هوایی انتقال انرژی، گزینش و نگارش: مهندس محمدحسین جاویدی دشت بیاض.
- [۴] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، جلد ۲۱۰: معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها، تدوین کننده: مهندسین مشاور نیرو، نگارش اول: خرداد ۱۳۷۷.
- [۵] استاندارد پستهای (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی، جلد ۱۲۱۷: شینه افزار (مقره‌ها)، تهیه کننده: مهندسین مشاور قدس نیرو، نگارش اول: خرداد ۱۳۷۵.
- [۶] استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران، آئین نامه و استاندارد انتخاب زنجیره مقره و یراق آلات خطوط هوایی انتقال انرژی، تدوین کننده: شرکت سهامی خدمات مهندسی برق (مشانیر)، نگارش اول: فروردین ۱۳۷۸.
- [7] IEC 60305, "Insulator for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V- Ceramic or glass insulator units for a.c. systems – characteristics of insulator units of the cap and pin type", Fourth edition, 1995 – 12.
- [8] IEC 60120, "Dimensions of ball and socket couplings of string insulator units ", Third edition, 1984.
- [9] IEC 60471, "Dimensions of clevis and tongue couplings of string insulator units", Second edition, 1977.
- [10] IEC 60720, "Characteristics of line post insulators ", First edition, 1981.
- [11] IEC 60433, "Insulator for overhead lines with a nominal voltage above 1000V- Ceramic insulators for a.c. systems – characteristics of insulator units of the long rod type ', 1998-08.
- [12] IEC 60815, "Guide for selection of insulators in respect of polluted conditions ", First edition, 1988.
- [13] IEC 60071-1, "Insulation coordination, part 1: Definitions, principles and rules ", seventh edition, 1993.
- [14] IEC 60672 -1, " Ceramic and glass – insulating materials – part 1: Definitions and classification ", second edition, 1995.
- [15] IEC 60672-3, " Ceramic and glass – insulating materials – part3: Specifications for individual materials", second edition, 1997.
- [16] IEC 61466-1, " Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000V – part 1: Standard strength classes and fittings", 1997-02.
- [17] IEC 61466-2, " Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000V – part 2: Dimensional and electrical characteristics", First edition, 1998-08.
- [18] IEC 60383 – 1, " Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V- part 1: ceramic or glass insulator units for a.c. systems and acceptance criteria", Fourth edition, 1993-04.
- [19] IEC 60060-1, " High – voltage test techniques – part 1: General definitions and test requirements", second edition, 1989-11.
- [20] IEC 60372, "Locking devices for ball and socket coupling of string insulation units: Dimensions and tests", Third edition, 1984.



- [21] IEC 60383-2," Insulator for overhead lines with a nominal voltage above 1000V- part 2: Insulator strings and insulator sets for a.c. system- Definitions, test methods and acceptance criteria", First edition, 1993-04.
- [22] IEC 60071-2," Insulation coordination– part 2: Application guide ", Third edition, 1996-12.
- [23] IEC 60071-3," Insulation coordination– part 3: Phase to Phase insulation coordination, Principles, rules and application guide", First edition 1982.
- [24] IEC 60507," Radio interference tests on high voltage insulators to be used on a.c. systems", second edition 1991-04.
- [25] IEC 60437," Radio interference test on high voltage Insulators", second edition, 1997-09.
- [26] IEC 60797," Residual strength of string insulator units of glass or ceramic material for overhead lines after mechanical damage of the dielectric", First edition, 1984.
- [27] IEC 61109," Composite insulator for a.c overhead line with a nominal voltage greater than 1000V- Definitions, test methods and acceptance criteria", First edition, 1992-03 & Amendment 1,1995-04.
- [28] IEC 60707," Methods of test for determination of the flammability of solid electrical insulating material when exposed to an igniting source", 1981.
- [29] "Technical basis for minimal requirements for composite insulators", paper presented by CIGRE Working Group 22.10: Composite insulators. Electra NO .88, May 1983.



خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر 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. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی





 omorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان «مشفصات فنی عمومی و اجرایی
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال –
مقره های خطوط انتقال نیرو (جلد دوم)»
دربرگیرنده مباحث مربوط به معرفی و شناخت،
انتخاب، الزامات و آزمون های استاندارد، و
مشفصات و دستورالعمل های نگهداری و
بهره برداری انواع مقره های سرامیکی، شیشه ای و
ترکیبی خطوط هوایی انتقال نیرو در سطوح ولتاژ
ی ۳۶ تا ۴۰۰ کیلو ولت می باشد که در پنج
فصل ارائه شده است.





🌐 omorepeyman.ir