جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال برقگیرها در پست های فشار قوی

نشریه شماره ۲ - ۵۰۱

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور وزارت نیرو – شرکت توانیر
معاونت نظارت راهبردی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق
دفتر نظام فنی اجرایی www.tavanir.ir
http://tec.mporg.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

جمهوری اسلامی ایران

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال برقگیر ها درپست های فشارقوی

نشریه شماره ۲ – ۵۰۱

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

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

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:** ۱۰۰/۵۰۴۷۰
	تاریخ: ۱۳۸۸/۶/۲

موضوع:

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال – برقگیرها در پست‌های فشار قوی

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/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۰۱ دفتر نظام فنی اجرایی، در دو جلد با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال – برقگیرها در پست‌های فشار قوی (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 نظام فنی اجرایی ارسال کنند.

امیرمنصور برقعی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.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، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

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

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

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

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، 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

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و بـه منظـور تعمـیم اسـتانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقـال و توزیـع نیـروی بـرق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور (معاونت نظارت راهبردی – دفتر نظـام فنـی اجرائـی) بـا همکـاری وزارت نیرو – شرکت توانیر(دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیسـت محیطـی) در قالـب طـرح «ضـوابط 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 پست ها ، خطـوط فـوق توزیـع و انتقـال – برقگیـر هـا در پست ها ی فشار قوی- جلد دوم» در برگیرنده مباحث مربوط به برقگیر ها شامل کلیات و تعاریف، معیارهـای طراحـی و مهندسی، آزمون های نوعی(که به منظور بررسی و تایید مشخصات فنی برقگیر ها و وسایل جانبی آن انجام می گـردد)، آزمـون هـای جـاری(کـه بـرای تشـخیص نقـایص و خطاهـای موجـود در سـاختار برقگیرهـا صـورت مـی گیـرد) و دستورالعمل های نصب و بهره برداری می باشد.

معاونت نظارت راهبردی 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

۱۳۸۸

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقـال – برقگیرهـا در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲- ۵۰۱

تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسین مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسین شهرام کاظمی و حامد نفیسی و آقایان دکتر فرامرز رهبر 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 شرکت‌های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

آقای مهندس جمال بیاتی	وزارت نیرو – سازمان توانیر – مجری طرح
آقای مهندس بهمن الله مرادی	سازمان توسعه برق ایران
آقای مهندس علیرضا خیری	دفتر استانداردها- وزارت نیرو
آقای دکتر عارف درودی	مهندسین مشاور نیرو
آقای مهندس علی رحیم زاده خوشرو	کارشناس دفتر معاونت برنامه ریزی- دفتر فنی شبکه
آقای مهندس محمود رشیدی	شرکت مشانیر
آقای مهندس رضا صائمی	شرکت مشانیر
آقای مهندس سید حسن عرب اف	مهندسین مشاورقدس نیرو
آقای مهندس بهروز قهرمانی	سازمان توسعه برق ایران
آقای مهندس هادی قیاسی	مهندسین مشاور قدس نیرو
آقای مهندس اباذر میرزائی	مشاور معاون هماهنگی و نظارت بر بهره برداری سازمان توانیر
آقای مهندس علی هوشمند خوی	پژوهشگاه نیرو
آقای مهندس احسان الله زمانی	وزارت نیرو- سازمان توانیر- دبیر کمیته فنی

مسـوولیت کنتـرل و بررسـی نشـریه در راسـتای اهـداف دفترنظـام فنـی اجرائـی بـه عهـده آقایـان مهندسـین پرویز سیداحمدی و محمدرضا طلاکوب بوده است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- اهداف، کلیات و تعاریف

۱-۱- کلیات ۳

۱-۲- مشخصه‌های عمومی برقگیرهای اکسید روی ۷

۱-۲-۱- مشخصه ولتاژ ـ جریان ۷

۱-۲-۲- اختلال در مشخصه‌های برقگیرهای اکسید روی ۱۰

۱-۳- شمارنده موج ضربه ۱۰

۱-۴- تعاریف مربوط به برقگیرهای اکسید فلز ۱۴

۱-۴-۱- برقگیرهای اکسید فلز بدون فواصل هوایی ۱۴

۱-۴-۲- مقاومت غیرخطی اکسید فلز ۱۴

۱-۴-۳- سیستم توزیع‌کننده میدان داخلی برقگیر ۱۴

۱-۴-۴- حلقه‌های توزیع‌کننده برقگیر ۱۴

۱-۴-۵- ولتاژ واقعی کار دائم (Uca) ۱۴

۱-۴-۶- ولتاژکار دائم برقگیر (Uc) ۱۴

۱-۴-۷- ولتاژ نامی یک سیستم سه فازه (Un) ۱۵

۱-۴-۸- حداکثر ولتاژ سیستم (Um) ۱۵

۱-۴-۹- حداکثر ولتاژ تجهیزات ۱۵

۱-۴-۱۰- اضافه ولتاژ ۱۵

۱-۴-۱۱- اضافه ولتاژهای موقت (TOV) ۱۶

۱-۴-۱۲- ولتاژ نامی برقگیر (UR) ۱۶

۱-۴-۱۳- فرکانس نامی برقگیر ۱۷

۱-۴-۱۴- یک واحد برقگیر ۱۷

۱-۴-۱۵- یک بخش برقگیر ۱۷

۱-۴-۱۶- تخلیه مخرب و قوس الکتریکی ۱۷

۱-۴-۱۷- امواج ضربه ولتاژ و جریان ۱۷

۱-۴-۱۸- پیشانی موج ضربه ۱۸

۱-۴-۱۹- دم موج ضربه ۱۸

omoorepeyman.ir

۱-۴-۲۰- مقدار قله موج ضربه ۱۸
۱-۴-۲۱- مبدأ مجازی موج ضربه ۱۸
۱-۴-۲۲- زمان مجازی پیشانی موج ضربه جریان ۱۹
۱-۴-۲۳- شیب مجازی پیشانی موج ضربه ۱۹
۱-۴-۲۴- زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج ضربه ۱۹
۱-۴-۲۵- موج ضربه ولتاژ صاعقه استاندارد ۱۹
۱-۴-۲۶- موج ضربه ولتاژ کلیدزنی استاندارد ۱۹
۱-۴-۲۷- موج ضربه جریان (ولتاژ) مستطیلی ۱۹
۱-۴-۲۸- مقدار قله پلاریته معکوس موج ضربه ۲۰
۱-۴-۲۹- موج ضربه جریان با شیب تند ۲۰
۱-۴-۳۰- موج ضربه جریان طولانی مدت ۲۰
۱-۴-۳۱- موج ضربه جریان صاعقه ۲۱
۱-۴-۳۲- جریان تخلیه برقگیر ۲۱
۱-۴-۳۳- جریان تخلیه نامی برقگیر (In) ۲۱
۱-۴-۳۴- ظرفیت جذب انرژی موج ضربه در برقگیرها (W) ۲۱
۱-۴-۳۵- موج ضربه جریان بالای برقگیر ۲۱
۱-۴-۳۶- موج ضربه جریان کلیدزنی برقگیر ۲۱
۱-۴-۳۷- موج ضربه جریان صاعقه استاندارد ۲۲
۱-۴-۳۸- موج ضربه جریان کلیدزنی استاندارد ۲۲
۱-۴-۳۹- جریان دائمی برقگیر ۲۲
۱-۴-۴۰- جریان مبنای برقگیر (Iref) ۲۲
۱-۴-۴۱- ولتاژ مبنای برقگیر (Uref) ۲۲
۱-۴-۴۲- ولتاژ باقیمانده در برقگیر (Ures) ۲۳
۱-۴-۴۳- مشخصه ولتاژ استقامت فرکانس شبکه برحسب زمان برقگیر ۲۳
۱-۴-۴۴- جریان مورد انتظار مدار ۲۳
۱-۴-۴۵- مشخصه‌های حفاظتی برقگیر ۲۳
۱-۴-۴۶- ناپایداری حرارتی برقگیر ۲۳
۱-۴-۴۷- پایداری حرارتی برقگیر ۲۳
۱-۴-۴۸- آزمونهای نوعی ۲۴
۱-۴-۴۹- آزمونهای جاری ۲۴
۱-۴-۵۰- آزمونهای پذیرش ۲۴

omoorepeyman.ir

۱-۴-۵۱- هماهنگی عایقی ۲۴
۱-۴-۵۲- طبقه‌بندی استقامت الکتریکی عایقها ۲۴
۱-۴-۵۳- شاخص تخلیه ۲۵
۱-۴-۵۴- شمارنده تخلیه ۲۵
۱-۴-۵۵- ترمینال زمین ۲۵
۱-۴-۵۶- ترمینال خط ۲۵
۱-۴-۵۷- برقگیر بیرونی ۲۵
۱-۴-۵۸- برقگیر داخلی ۲۵
۱-۴-۵۹- وسیله سوپاپ اطمینان برقگیر ۲۵

فصل دوم- معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب برقگیرها

۲-۱- اصول کلی کاربرد برقگیرها ۲۹
۲-۲- روش گام به گام انتخاب پارامترهای برقگیر ۳۰
۲-۲-۱- انتخاب ولتاژکار دائم برقگیر (UC) ۳۰
۲-۲-۲- انتخاب اولیه برای ولتاژ نامی برقگیر ۳۲
۲-۲-۲-۱- روال ساده ۳۳
۲-۲-۲-۲- روال کامل ۳۳
۲-۲-۲-۳- انتخاب نهایی ولتاژ نامی برقگیر ۳۶
۲-۲-۳- انتخاب مشخصه‌های حفاظتی برقگیر ۳۶
۲-۲-۴- انتخاب اولیه برای حداقل کلاس تخلیه ۴۳
۲-۲-۵- محاسبه ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر W_0' برای کلاس انتخابی ۴۴
۲-۲-۶- انتخاب نهایی کلاس تخلیه برقگیر ۴۵
۲-۲-۷- تعیین ظرفیت سوپاپ اطمینان برقگیر ۴۷
۲-۲-۸- تعیین استقامت عایقی محفظه برقگیر ۴۸
۲-۲-۹- تعیین طول فاصله خزشی محفظه برقگیر ۴۸
۲-۳- نمونه‌ای از طراحی و انتخاب مشخصه‌های برقگیر ۴۹

فصل سوم-الزامات و آزمونها

۳-۱- الزامات عمومی ۷۵
۳-۱-۱- دستگاه اندازه‌گیری و دقت ۷۵

omoorepeyman.ir

۳-۱-۲- اندازه‌گیری‌های ولتاژ مبنا ۷۵
۳-۱-۳- نمونه‌های آزمون ۷۵
۳-۲- آزمونهای نوعی ۷۶
۳-۲-۱- آزمونهای تحمل عایقی محفظه برقگیر ۷۷
۳-۲-۱-۱- آزمونها بر روی محفظه یک واحد منفرد ۷۵
۳-۲-۱-۲- شرایط محیطی در حین آزمونها ۷۷
۳-۲-۱-۳- روش آزمون تحت شرایط مرطوب ۷۷
۳-۲-۱-۴- آزمون ولتاژ موج ضربه صاعقه ۷۷
۳-۲-۱-۵- آزمون ولتاژ موج ضربه کلیدزنی ۷۸
۳-۲-۱-۶- آزمون ولتاژ فرکانس قدرت ۷۸
۳-۲-۲- آزمونهای ولتاژ باقیمانده ۷۸
۳-۲-۲-۱- کلیات ۷۸
۳-۲-۲-۲- آزمون ولتاژ باقیمانده در ازای موج ضربه جریان با شیب تند ۷۹
۳-۲-۲-۳- آزمون ولتاژ باقیمانده در ازای موج ضربه صاعقه ۷۹
۳-۲-۲-۴- آزمون ولتاژ باقیمانده در ازای موج ضربه کلیدزنی ۷۹
۳-۲-۳- آزمون تحمل موج ضربه جریان طولانی‌مدت ۸۰
۳-۲-۳-۱- کلیات ۸۰
۳-۲-۳-۲- نیازمندیهای آزمون تخلیه خط برای برقگیرهای با جریان تخلیه نامی ۱۰ و ۲۰ کیلوآمپر ۸۰
۳-۲-۴- آزمونهای دوره کاری ۸۱
۳-۲-۴-۱- کلیات ۸۱
۳-۲-۴-۲- آزمون کاهش عمر برقگیر ۸۳
۳-۲-۴-۳- بررسی جذب و مبادله حرارت در نمونه‌های مورد آزمون ۸۴
۳-۲-۴-۴- آزمون دوره کاری موج ضربه کلیدزنی ۸۵
۳-۲-۴-۵- بررسی پایداری حرارتی در آزمونهای دوره کاری ۸۷
۳-۲-۵- آزمونهای مربوط به سوپاپ اطمینان ۸۷
۳-۲-۵-۱- آزمونهای جریان بالای سوپاپ اطمینان ۸۸
۳-۲-۵-۲- آزمونهای جریان پایین سوپاپ اطمینان ۹۰
۳-۳- آزمونهای جاری ۹۰
۳-۴- آزمونهای پذیرش ۹۱
۳-۴-۱- آزمونهای پذیرش استاندارد ۹۱
۳-۴-۲- آزمون پایداری حرارتی ویژه ۹۲

omoorepeyman.ir

۳-۵- روشی برای اثبات مشخصه ولتاژ فرکانس قدرت برحسب زمان برقگیر ۹۲

فصل چهارم- دستورالعملهای نصب، نگهداری و بازدیدهای دوره‌ای برقگیرها

۴-۱- دستورالعملهای نصب برقگیر ۱۱۵
۴-۱-۱- چک کردن قسمتهای برقگیر قبل از مونتاژ ۱۱۵
۴-۱-۲- مونتاژ کردن برقگیر ۱۱۵
۴-۱-۳- نصب شمارنده موج ضربه و زمین کردن برقگیر ۱۱۸
۴-۲- دستورالعملهای نگهداری از برقگیرهای اکسید فلز ۱۱۹
۴-۲-۱- انجام عملیات بر روی هادیهای زمین برقگیر ۱۲۰
۴-۲-۲- نظارت کردن ۱۲۰
۴-۲-۳- کنترل سیستم سوپاپ اطمینان ۱۲۰
۴-۲-۴- عملکرد در مناطقی با شرایط آب و هوایی آلوده (پاک کردن مقره‌ها) ۱۲۰
۴-۲-۵- روشهای کنترلی به منظور اثبات عملکرد صحیح برقگیرها ۱۲۰
۴-۲-۵-۱- اندازه‌گیری جریان نشتی برقگیر ۱۲۱
۴-۲-۵-۲-آزمونهای ضریب توان ۱۲۲
۴-۳- دستورالعملهای بازدیدهای دوره‌ای برقگیرهای اکسیدفلز ۱۲۳
۴-۳-۱- بازدیدهای روزانه از برقگیر ۱۲۳
۴-۳-۲- بازدیدهای هفتگی از برقگیر ۱۲۳
۴-۳-۳- بازدیدهای ماهیانه از برقگیرها ۱۲۴
۴-۴- سرویس‌های دوره‌ای برقگیرهای اکسید فلز ۱۲۴
۴-۴-۱- مراحل انجام کار ۱۲۴
۴-۴-۲- مهارتهای لازم ۱۲۵
۴-۴-۳- تجهیزات لازم ۱۲۵

منابع و مراجع ۱۲۹

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۱

اهداف، کلیات، تعاریف

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

هدف از این فصل معرفی و شناخت برقگیرهای اکسید فلز[1] می‌باشد. برقگیرها جهت حفاظت تجهیزات پستهای فشارقوی در مقابل اضافه ولتاژهای گذرا به کار می‌روند. همچنین مشخصه‌های عمومی برقگیرها و تعاریف کلی مرتبط با آنها از دیگر مباحث این فصل خواهد بود.

۱-۱- کلیات

هر شبکه الکتریکی علاوه بر ولتاژ کار دائم فرکانس قدرتش همواره در معرض امواج ضربه گذرایی همانند امواج ضربه ناشی از صاعقه و کلیدزنی قرار دارد. از آنجایی که حفاظت تجهیزات شبکه در برابر اینگونه امواج ضربه گذرا تنها با افزایش استقامت عایقی تجهیزات، پرهزینه و غیر عملی می‌باشد لذا نیاز به وسایل حفاظتی نظیر برقگیرها که قادر باشند اینگونه اضافه ولتاژها را محدود کنند حس می‌شود.

برقگیرها با جذب انرژی موج ضربه و انتقال آن به زمین، افت ولتاژ ناشی از این جریان تخلیه را به یک مقدار مشخص محدود می‌نمایند. این مقادیر افت ولتاژ مشخص به سطوح حفاظتی برقگیر تعبیر می‌گردند. خاصیت فوق، این امکان را فراهم می‌سازد که سطوح استقامت عایقی تجهیزات را با ملحوظ نمودن یک حاشیه ایمنی و در نظر گرفتن سایر عوامل و شرایطی که می‌توانند موجب افزایش اضافه ولتاژ ظاهر شده در ترمینالهای تجهیز مورد حفاظت گردند (نظیر افت ولتاژ در هادیها، جریانهای تخلیه صاعقه‌هایی که از مقدار پیش‌بینی شده بزرگتر هستند، اثر فاصله میان برقگیر و تجهیز مورد حفاظت و ...) در حدی انتخاب نمود که تحت هیچ شرایطی اضافه ولتاژهای ظاهر شده در پایانه‌های تجهیز مورد حفاظت از حدود استقامت عایقی آنها فراتر نرود.

عموماً برقگیرها به صورت موازی با تجهیزی که باید حفاظت شود اتصال می‌یابند و در شبکه‌های سه فاز معمولاً بین فاز و زمین یا بین فازها قرار می‌گیرند.

ساده‌ترین نوع وسایل محدودکننده امواج ضربه، جرقه‌گیرها[2] هستند که بدلیل سادگی و ارزانی در ابتدا به عنوان وسایل حفاظت‌کننده عایق تجهیزات در برابر اضافه ولتاژهای گذرا در شبکه استفاده می‌شدند. امروزه استفاده از جرقه‌گیرها برای مقاصد فوق تقریباً منسوخ گشته است و عمده استفاده آنها ایجاد هماهنگی لازم میان استقامت عایقی داخلی و خارجی تجهیزات می‌باشد. دلایل این امر را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

ـ در صورتی که جرقه‌گیرها در اثر امواج ضربه عمل کنند شبکه عملاً با افت ولتاژ شدیدی روبرو خواهد شد که حتی با فروکش کردن ولتاژ ضربه، قوس الکتریکی به دلیل وجود ولتاژ فرکانس قدرت شبکه همچنان پایدار باقی مانده که این امر از دیدگاه شبکه یک اتصال کوتاه محسوب شده و ناگزیر جهت قطع این جریان (که از آن به جریان تعقیبی[3] تعبیر می‌شود) لازم است کلیدهای قدرت عمل کنند. این مسئله علاوه بر اینکه باعث عدم تداوم سرویس‌دهی به بار و در نتیجه کاهش قابلیت اطمینان در

1 . Metal oxide surge arresters
2 . Spark- gaps
3 . Follow current

omoorepeyman.ir

سرویس‌دهی می‌شود، شبکه و تجهیزات آن را در معرض تنشهای مکانیکی و حرارتی ناشی از جریان اتصال کوتاه قرار می‌دهد.

علاوه بر این عمل کردن جرقه‌گیرها باعث تولید موج بریده[1] می‌شود که برای تجهیزات با عایق خشک، خالی از خطر نیست.

- مشخصه حفاظتی این وسایل شدیداً تابع پلاریته موج، آرایش الکترودی و شرایط آب و هوایی است. ضمن اینکه عکس‌العمل مناسبی در برابر امواج با شیب تند ندارند. این مسئله تنظیم آنها را جهت دستیابی به یک سطح حفاظتی معین، مشکل می‌سازد.
- چنانچه جرقه‌گیرها در موقعیت مناسبی نصب نشوند، احتمال آسیب دیدن تجهیزات توسط قوس الکتریکی ناشی از عملکرد آنها و نیز سرایت آن به سایر فازها وجود دارد.

به دلایل فوق، امروزه کاربرد جرقه‌گیرها جهت حفاظت تجهیزات در برابر امواج ضربه کاملاً منسوخ شده و تنها استفاده از برقگیرها مدنظر قرار می‌گیرد.

برقگیرها خود به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

- برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی[2] (SiC)
- برقگیرهای اکسید فلز بدون فواصل هوایی[3] (ZnO)

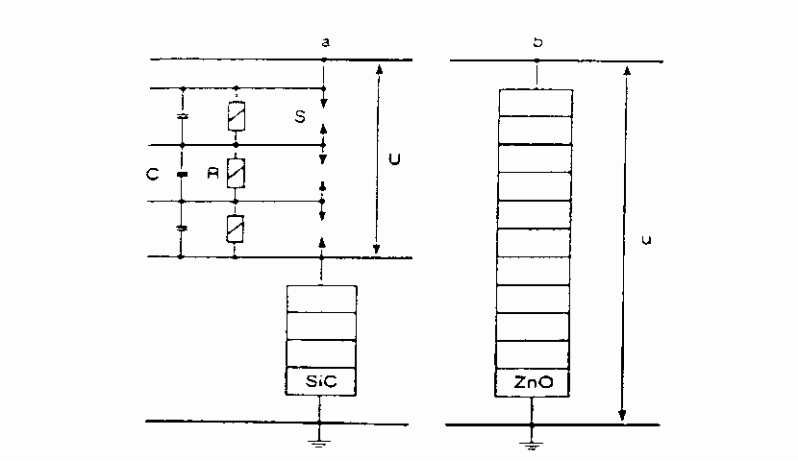
برقگیرهای با مقاومت غیرخطی از المانهای مقاومتی غیرخطی که مخلوطی از اکسید فلزات شامل اکسید روی، به طور عمده و اکسید سایر فلزات می‌باشند، ساخته شده‌اند. به منظور ساخت مقاومتها، اکسید روی به میزان ۷۵ الی ۸۰ درصد و اکسید سایر فلزات شامل اکسید بیسموت (Bi_2O_3)، اکسید کبالت (CoO)، اکسید کروم (Cr_2O_3)، اکسید منگنز (MnO) و اکسید آنتیموان (Sb_2O_3) به صورت پودر آسیاب شده، سپس به خمیر تبدیل و به شکل استوانه‌ای به قطر ۲ الی ۶ سانتیمتر و ضخامت ۵ تا ۵۰ میلیمتر تغییر شکل داده شده و نهایتاً در کوره پخته می‌شوند. مقاومتهای با ابعاد و اندازه‌هایی به شرح فوق، المانهای مقاومت غیرخطی یا واریستور نامیده می‌شوند. از آنجاییکه مقاومتهای غیرخطی از اکسید فلزات تشکیل شده‌اند، به آنها برقگیرهای اکسید فلز یا به طور خلاصه MOA می‌گویند. در پاره‌ای از موارد به علت نقش عمده و برجسته اکسید روی در ساختمان مقاومتهای غیرخطی و درصد قابل ملاحظه آن در مخلوط به ذکر اکسیدروی یا برقگیر ZnO اکتفا می‌شود.

در برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی، المانهای مقاومت غیرخطی همراه یک سری از فواصل هوایی سری/موازی ساختمان برقگیر را تشکیل می‌دهند در حالیکه در برقگیرهای اکسید فلز تنها مقاومتهای غیرخطی به کار رفته و فواصل هوایی حذف می‌شوند. در این حالت المانهای مقاومت غیرخطی به طور کامل تحت ولتاژ دائم فرکانس شبکه قرار می‌گیرند در حالیکه در نوع برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی ولتاژ شبکه به مجموعه المانهای غیرخطی و فواصل هوایی سری/ موازی اعمال می‌شود.

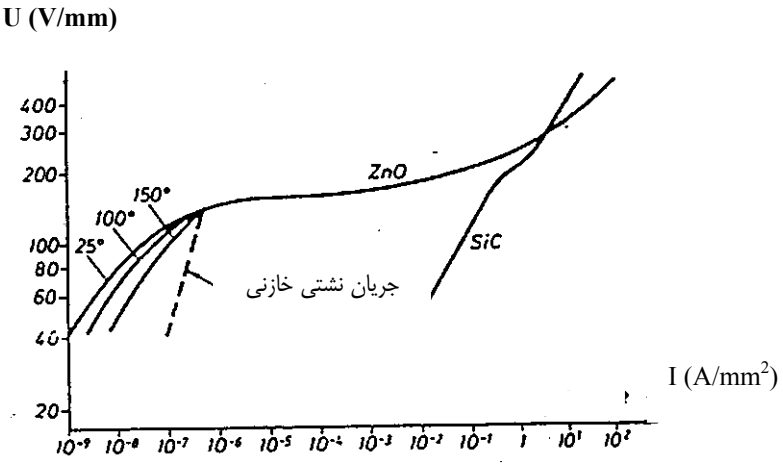
ساختمان شماتیک و مشخصه ولت ـ آمپر برقگیرهای اکسید فلز بدون فاصله هوایی (ZnO) و برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی (SiC) در شکلهای (۱-۱) و (۱-۲) نشان داده شده‌اند.

امیر پیمان
omoorepeyman.ir

1 . Chopped wave
2 . Non- linear resistor type arresters with spark-gaps
3 . Non-linear metal oxide resistor type arresters without spark-gaps/ZnO arresters



شکل ۱-۱: ساختمان شماتیک برقگیرهای ZnO و SiC



شکل ۱-۲: مشخصه ولت ـ آمپر برقگیرهای ZnO و SiC

مشخصه ولت ـ آمپر برقگیرها توسط رابطه زیر داده می‌شود:

$$I = K.U^{\alpha} \qquad (۱-۱)$$

در این رابطه K و α مقادیر ثابتی هستند که به ابعاد فیزیکی، جنس و نحوه ساخت قرصهای ZnO یا SiC بستگی دارند. به طوریکه:

- در مورد برقگیرهای SiC : α = ۴-۶
- در مورد برقگیرهای ZnO : α = ۲۵-۵۵

بزرگ بودن نمای α در برقگیرهای ZnO باعث می‌شود که جریان برقگیر در ولتاژهای عادی کار به حدود یک میلی‌آمپر محدود شده و نیازی به وجود فواصل هوایی در این نوع برقگیرها احساس نشود. فواصل هوایی در برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی وظایف زیر را برعهده دارند:

- تحمل ولتاژ شبکه بدون ایجاد جرقه
- شکست در ولتاژ معین به منظور ایجاد مسیری برای تخلیه جریان از طریق بلوکهای مقاومتی

omoorepeyman.ir

- برگشت به حالت عادی در ولتاژ نامی و پس از تخلیه جریانهای ضربه‌ای

در برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی به دلایل مختلف از جمله کنترل جرقه و ایجاد توانایی بیشتر در برگشت به حالت عادی، کل فاصله هوایی به تعدادی فاصله هوایی سری تفکیک شده است. در این حالت به دلیل ظرفیتهای پراکنده فواصل هوایی، ولتاژ به صورت غیرخطی در طول فاصله هوایی توزیع می‌شود. برای رفع این عیب، فواصل هوایی برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی به المانهای مقاومت ـ خازنی مجهز شده‌اند. به این ترتیب می‌توان به توزیع ولتاژ یکنواخت‌تری در فواصل هوایی دست یافت. در نسلهای جدیدتر برقگیرهای با مقاومت غیرخطی با فواصل هوایی، از بازه‌های هوایی فعال[1] استفاده می‌شود. بدین ترتیب که یک یا چند پیچک مغناطیسی به موازات برخی از مقاومتها تعبیه می‌شود. پس از تخلیه موج ضربه، توسط جریان تعقیبی یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که مایل است طول قوس را افزایش دهد. بدین ترتیب قوس زودتر از موعد مقرر (عبور از نقطه صفر) خاموش گشته و انرژی کمتری در برقگیر تخلیه می‌شود. این مکانیزم علاوه بر قطع سریع جریان تعقیبی، باعث کاهش تنشهای حرارتی برقگیر و افزایش آمادگی برقگیر برای تخلیه بعدی می‌شود. همانطوری که از شکل (۱-۱) نمایان است، برقگیرهای ZnO برخلاف نوع SiC، فاقد فواصل هوایی بوده و بنابراین اجزاء اکتیو برقگیر به طور دائم زیر ولتاژ قرار دارند. این مسئله در بررسی رفتار حرارتی برقگیرهای ZnO و عملکرد رضایتبخش آنها و در طول عمر پیش‌بینی شده آنها بسیار حائز اهمیت است.

از مهمترین محاسن برقگیرهای جدید ZnO ظرفیت حرارتی بسیار بالا به علت عدم وجود جریان تعقیبی[2] و مشخصه بی‌نهایت غیر خطی آنها در مقایسه با برقگیرهای SiC است. این مشخصه امکان تخلیه ایمن صاعقه‌های قوی و حفاظت مطمئن‌تر تجهیزات را فراهم می‌کند. از سوی دیگر برخی مزایای ناشی از حذف فواصل هوایی در برقگیرهای ZnO به شرح ذیل هستند:

- تعداد قطعات به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و این باعث سادگی طرح و افزایش قابلیت اطمینان برقگیر می‌گردد.
- دقت در طرح و پیش‌بینی سطوح حفاظتی بیشتر شده و هر گونه عدم قطعیت در رابطه با ولتاژهای جرقه در شرایط مختلف از بین رفته است (برقگیرهای ZnO سطوح حفاظتی معینی دارند).
- هنگام ظاهر شدن اضافه ولتاژ، برقگیر ZnO آرامتر و یکنواخت‌تر وارد ناحیه هدایت شده و یا از آن خارج می‌شود و این پدیده، حالت گذرای کمتری ایجاد می‌کند.
- در عمل جریانهای تعقیبی ۲۰۰ تا ۴۰۰ آمپری برقگیرهای SiC وجود نداشته و بنابراین احتمال قطعی در شبکه به مراتب کمتر است.
- نفوذ آلودگی به داخل برقگیر به مراتب کمتر است به نحوی که قابلیت اطمینان آن افزایش یافته و هزینه‌های مربوط به نظارت و تمیز کردن برقگیر نیز کاهش می‌یابند.
- کوچکی و سبکی از دیگر مزایای برقگیرهای نوع ZnO بشمار می‌رود.

در مقابل، برقگیرهای ZnO نیز نسبت به برقگیرهای SiC دارای معایبی چند هستند که شاید مهمترین آنها مسئله افزایش دمای برقگیر در اثر پدیده‌های اضافه ولتاژ موقت است. مادامی‌که برقگیر در ولتاژ کار نامی شبکه مشغول به کار می‌باشد، جریان عبوری از برقگیر بسیار ناچیز بوده و نمی‌تواند باعث ایجاد مشکلات حرارتی برای برقگیر گردد، اما چنانچه ولتاژ کار سیستم به عللی مانند خطای فاز به زمین، رزونانس، فرورزونانس و غیره که می‌توانند باعث اضافه ولتاژهای موقت با دامنه ولتاژی بزرگتر از ولتاژ کار دائم

1 . Active-gaps
2 . Follow current

omoorepeyman.ir

برقگیر گردند، افزایش یابد جریان عبوری از برقگیر نیز افزایش می‌یابد و در صورتیکه مدت زمان تداوم این اضافه ولتاژهای موقت از حدی طولانی‌تر گردد ممکن است منجر به ناپایداری حرارتی در برقگیر شود. در حالی که در برقگیرهای SiC به علت وجود فواصل هوایی سری با المانهای غیرخطی تا زمانی که ولتاژ دو سر برقگیر به حدی نرسیده است که فواصل هوایی جرقه زنند این جریان نشتی بوجود نیامده و در نتیجه این گونه برقگیرها در مقابل اضافه ولتاژهای موقت پایدارتر هستند.

به هر حال مشکل فوق را می‌توان با طراحی مناسب برقگیرهای ZnO و با حساب آوردن کلیه اضافه ولتاژهای موقت (چه از لحاظ دامنه و چه از لحاظ مدت زمان استمرار آنها) برطرف نمود.

با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد محاسن برقگیرهای اکسید فلز (MOA) و تکنولوژیهای روبه رشد در طراحی و ساخت این نوع برقگیرها تقریباً استفاده از برقگیرهای SiC منسوخ شده است و امروزه به طور وسیعی از برقگیرهای اکسید فلز جهت حفاظت تجهیزات در مقابل امواج ضربه گذرا استفاده می‌گردد.

۱-۲- مشخصه‌های عمومی برقگیرهای اکسید روی

مشخصه‌های عمومی این نوع برقگیرها به شرح ذیل می‌باشند:

۱-۲-۱- مشخصه ولتاژ ـ جریان

برقگیرهای اکسید روی حاوی مقاومتهای غیرخطی هستند که از ترکیب اکسید فلزات مختلف تشکیل یافته‌اند. این مقاومتهای غیرخطی به صورت دیسک ساخته می‌شوند و به طور سری/موازی در ساخت برقگیرها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

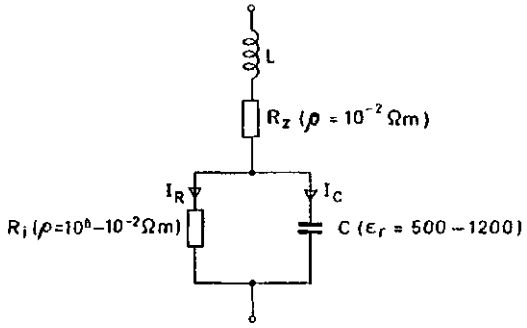
دیسکها را می‌توان بوسیله مدار معادل شکل (۱-۳) نشان داد. در این شکل R_i نشان‌دهنده مقاومت غیرخطی لایه‌های دانه‌ای مواد ترکیبی آن بوده که در آن مقاومت مخصوص ρ از مقدار 10^8 اهم ـ متر برای تنشهای میدان الکتریکی کم تا ۰/۰۱ اهم ـ متر برای تنشهای بزرگ تغییر می‌کند.

لایه‌های دانه‌ای دارای ثابت دی الکتریکی (ε_r) مابین ۵۰۰ تا ۱۲۰۰، بسته به شیوه ساخت می‌باشند.

R_z مقاومت دانه‌های اکسید روی با مقاومت مخصوص حدود ۰/۰۱ اهم ـ متر است. L نمایش‌دهنده اندوکتانس دیسک اکسید فلز بوده که براساس هندسه مسیر عبور جریان[1] تعیین می‌گردد.

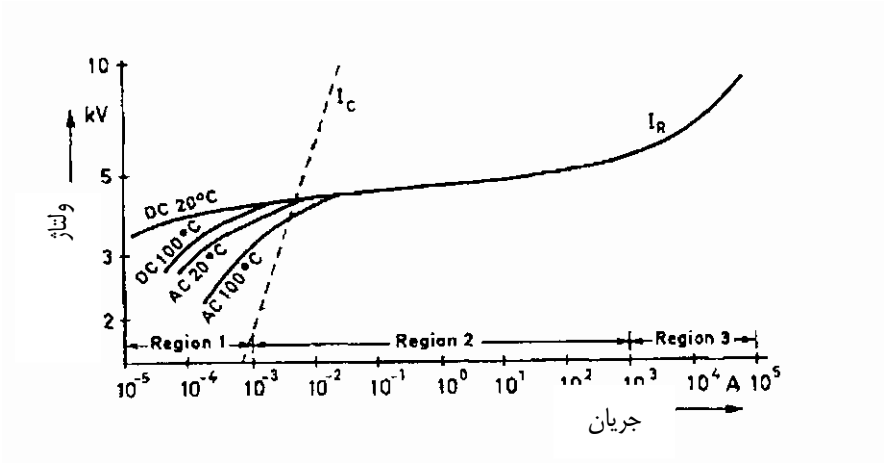
omoorepeyman.ir

1 . Geometry of the current flow path



شکل ۱-۳: مدار معادل دیسکهای اکسید فلز برفکیر

مشخصه‌های ولتاژ ـ جریان برای مؤلفه مقاومتی (I_R) و مؤلفه خازنی (I_C) جریان عبوری از دیسک اکسید فلز در شکل (۱-۴) نشان داده شده‌اند.



شکل ۱-٤: مشخصه ولت ـ آمپر دیسکهای اکسید فلز

براساس مکانیزم هدایت ساختمان داخلی مواد اکسید فلز، مشخصه مؤلفه مقاومتی جریان عبوری از دیسک اکسید فلز به سه ناحیه زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

ناحیه ۱: ناحیه با شدت میدان الکتریکی کم

مکانیزم هدایت در این ناحیه بوسیله سدهای انرژی[1] در لایه‌های دانه‌ای[2] مشخص می‌گردد. سدهای انرژی مانع از حرکت الکترونها از یک دانه به دانه دیگر می‌گردند. اعمال میدان الکتریکی، انرژی این سدها را کاهش می‌دهد، در نتیجه عبور الکترونها از یک دانه به دانه دیگر میسر شده و این امر موجب افزایش کوچکی در جریان عبوری از ماده می‌شود. این پدیده به اثر تونلی[3] مرسوم است.

1 . Energy barriers
2 . Granular layer
3. Tunnel effect

omoorepeyman.ir

مکانیزم هدایت در این ناحیه بگونه‌ای است که می‌توان چگالی جریان عبوری را با معادله زیر تقریب زد:

$$J_r = J_o \exp\left[\frac{\sqrt{Ee^3/4\pi\varepsilon_0} - \phi_B}{KT}\right] \quad (۲-۱)$$

که در آن J_0 ثابتی است که بستگی به جنس ماده و هندسه لایه‌های دانه‌ای مواد اکسید فلز دارد، Φ_B پتانسیل سدکنندگی بر حسب ولت، E شدت میدان الکتریکی اعمال شده به دیسک بر حسب ولت بر متر، e بار الکترون بر حسب کولمب، K ثابت بولتزمن و T دمای مطلق بر حسب کلوین می‌باشد.

با افزایش دما، انرژی الکترونهای آزاد داخل ماده اکسید فلز افزایش یافته و الکترونها می‌توانند پتانسیل سد را به راحتی پشت سر بگذارند. به همین دلیل است که با افزایش دما، منحنی در ناحیه ۱ به سمت پایین حرکت کرده است و هدایت در سطوح پایین‌تری از ولتاژ حاصل می‌شود.

در ناحیه ۱، ولتاژ کار دائم شبکه قدرت در دو سر ترمینالهای برقگیر وجود دارد و جریان عبوری از آن از یک میلی‌آمپر کمتر است. برقگیرها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که در ولتاژکار دائم شبکه در این ناحیه قرار بگیرند.

ناحیه ۲: ناحیه با شدت میدان الکتریکی متوسط

وقتی که شدت میدان الکتریکی در لایه‌های دانه‌ای مواد اکسید فلز به حدود ۱۰۰ kV/mm می‌رسد الکترونها به موجب اثر تونلی از سدها عبور نموده به گونه‌ای که می‌توان چگالی جریان عبوری را با معادله زیر تقریب زد:

$$J_r = J_I \exp\left[-(A\phi_B^{3/2}/E)\right] \quad (۳-۱)$$

که در آن J_1 و A ثابتهای مشخص برای هر ماده می‌باشند و مابقی پارامترها و واحدهای اندازه‌گیری آنها مطابق رابطه (۱-۲) می‌باشد.

در ناحیه ۲، ولتاژهای ظاهر شده در پایانه‌های برقگیر، اضافه ولتاژهای سوئیچینگ و اضافه ولتاژهای موقت با دامنه بالاتر از ولتاژ فرکانس قدرت هستند. جریان عبوری از برقگیر در این ناحیه می‌تواند در محدودهٔ یک میلی‌آمپر تا ۲۰۰۰ آمپر بوده و مؤلفه اصلی جریان، مؤلفه مقاومتی جریان (I_R) است.

ناحیه ۳: ناحیه با شدت میدان الکتریکی بالا

در این ناحیه افت ولتاژ در سد به علت اثر تونلی کوچک است و افت ولتاژ دو سر مقاومت R_z غالب‌تر است. در نتیجه جریان عبوری را می‌توان توسط رابطه‌ای خطی با ولتاژ تقریب زد. معادله زیر این رابطه را نشان می‌دهد:

$$J_r = E/\rho \quad (۴-۱)$$

omoorepeyman.ir

در این ناحیه ولتاژهای ظاهر شده در پایانه‌های برقگیر اضافه ولتاژهای با دامنه‌های خیلی بالا می‌باشند که اضافه ولتاژهای صاعقه نمونه‌ای از آنها هستند. جریان عبوری از برقگیر در این ناحیه حدوداً از دو کیلوآمپر تا ۱۰۰ کیلوآمپر تغییر نموده و مؤلفه اصلی جریان عبوری از برقگیر مؤلفه مقاومتی جریان (I_R) خواهد بود.

۱-۲-۲- اختلال در مشخصه‌های برقگیرهای اکسید روی

مشخصه وریستورهای برقگیر ZnO در اثر عوامل زیر می‌توانند دستخوش اختلال گردند:

ـ واکنش‌های شیمیایی با مواد پیرامون

وقتی که مواد پیرامون وریستورها شامل مولکولهای گازی خاص باشند، واکنشهای شیمیایی می‌تواند رخ دهد. این گازها می‌توانند به علت تخلیه‌های جزیی در داخل محفظه برقگیر به وجود آیند. با استفاده از طراحی‌های مناسب مانند استفاده از پوششهای محافظ برای سطح وریستورها می‌توان از بروز این امر اجتناب نمود.

ـ تنشهای ولتاژی ناشی از ولتاژکار دائم در دمای محیط

فشار الکتریکی وارد بر مقاومتهای برقگیر در درازمدت، عمر و دوام برقگیرها را تقلیل داده و موجبات انحراف تدریجی منحنی ولت ـ آمپر را فراهم می‌سازد. به منظور مقابله با شدت میدان الکتریکی فرکانس شبکه، انجام پیش‌بینی‌های خاص در ساختمان برقگیرها و کاهش شدت میدان الکتریکی و توزیع یکنواخت آن در طول ستون مقاومتها ضروری می‌باشد. استفاده از حلقه‌های توزیع شدت میدان الکتریکی در اینگونه موارد می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای در توزیع یکنواخت‌تر میدانهای الکتریکی پیرامون واریستورها مؤثر باشد.

ـ تغییر درجه حرارت مقاومتهای برقگیر

همانطور که در شکل (۱-۴) نشان داده شد و در رابطه (۱-۲) نیز ملاحظه گردید در ولتاژکار دائم برقگیر، مؤلفه I_R و به دنبال آن توان تلفاتی برقگیر با افزایش دما با ضریبی بزرگتر از یک افزایش می‌یابد. توان اتلافی در بلوکهای برقگیر از طریق محفظه و اتصالات برقگیر به محیط اطراف منتقل می‌شود. برای اینکه پایداری حرارتی حفظ شود باید توان منتقل شده به محیط برای یک دمای مشخص بیش از مجموع توان ورودی در اثر تلفات توان و تشعشعات حرارتی ممکنه باشد.

۱-۳- شمارنده موج ضربه

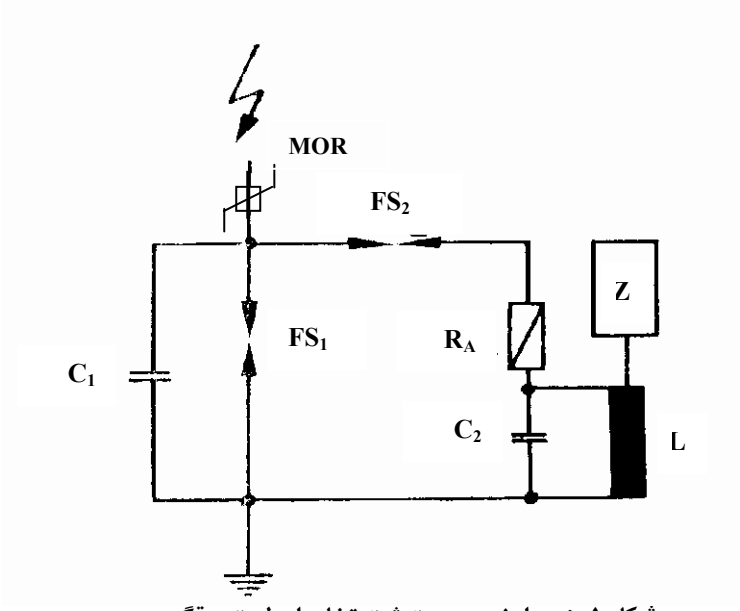
شمارنده موج ضربه به صورت سری با هادی اتصال زمین برقگیر قرار گرفته و در هنگام تخلیه امواج ضربه از طریق برقگیر از خود واکنش نشان داده و بوسیله یک شمارنده الکترومکانیکی اقدام به ثبت تخلیه می‌نمایند. شمارنده‌های امواج ضربه به دو منظور همراه با برقگیر مورد استفاده قرار می‌گیرند: اول اینکه آنها قادر هستند تعداد ضربات صاعقه و امواج ضربه‌گذاری که بر روی تجهیزات وارد می‌شوند را نمایش دهند و دوم اینکه با کنترل تعداد ثبت‌شده توسط شمارنده ضربه در پریودهای زمانی مشخص می‌توان از سلامت برقگیر مطلع گشت. تعداد ضربات از طریق یک شمارنده الکترومکانیکی که تنها جزء متحرک شمارنده موج ضربه است، قابل رویت می‌باشد. سایر اجزای شمارنده موج ضربه از اجزای استاتیک تشکیل شده‌اند.

omoorepeyman.ir

شمارنده‌های موج ضربه معمولاً برای ارتفاع تا ۳۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا و برای شرایط محیطی با دمای ^{o}c ۴۰- تـا ^{o}c ۷۰+ درجه سانتی‌گراد قابل استفاده هستند.

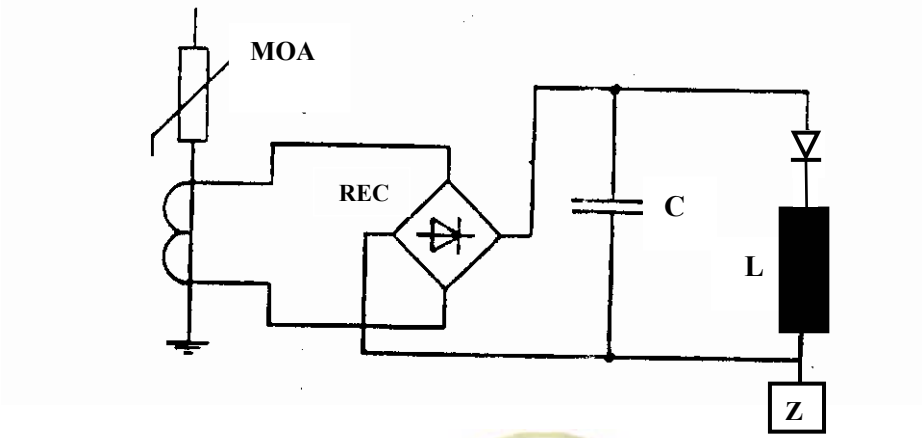
کلیه اجزای شمارنده موج ضربه در داخل یک محفظه ضدآب قرار می‌گیرند. این وسایل قبل از مونتـاژ تحـت آزمونهـای ویـژه‌ای قرار می‌گیرند تا از عملکرد صحیح اجزای آنها و همچنین کل تجهیز اطمینان حاصل گردد.

اصول کاری انواع متداول شمارنده‌های موج ضربه تقریباً یکسان می‌باشد. تنها تفاوت عمـده در نـوع مـدار مـورد اسـتفاده بـرای برآوردن هدف مورد نظر می‌باشد. سه نمونه از مدارهای مورد استفاده جهت انجام این کار در شکلهای (۱-۵)، (۱-۶) و (۱-۷) نشـان داده شده‌اند.



FS_1 جرقه‌گیر
FS_2 جرقه‌گیر
C_1 خازن
C_2 خازن
R_A مقاومت عملگر
L پیچک
Z مکانیزم شمارش

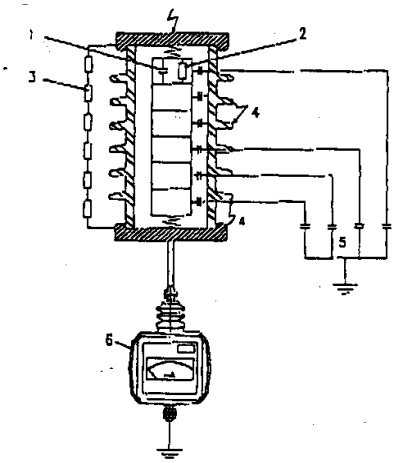
شکل ۱-۵: مدار نوعی جهت ثبت تخلیه از طریق برقگیر



REC پل یکسوساز
C خازن
L سلف
S سوئیچ حساس به
Z مکانیزم شمارش

شکل ۱-٦: مدار نوعی دیگری جهت ثبت تخلیه از طریق برقگیر

omoorepeyman.ir



۱. خازن وریستور
۲. مشخصه وریستور غیرخطی
۳. هدایت ناشی از آلودگی سطح عایق خارجی
۴. قوس جزئی
۵. خازن به زمین
۶. شمارنده موج ضربه

شکل ۱-۷: مدار نوعی جهت ثبت تخلیه و جریان نشتی برقگیر

نحوه عملکرد مدار شکل (۱-۵) به شرح ذیل است:

در این مدار جریان تخلیه برقگیر از طریق خازن C_1 به زمین منتقل می‌گردد. فاصله هوایی Fs_1 دارای ولتاژ جرقه‌ای در حدود ۵۰۰ ولت بزرگتر از ولتاژ جرقه فاصله هوایی Fs_2 است. در نتیجه فاصله هوایی Fs_2 در ابتدا به تخلیه موج ضربه از طریق برقگیر واکنش نشان داده و اقدام به تخلیه خازن C_1 از طریق خازن C_2 و مقاومت R_A می‌کند. ولتاژ خازن C_1 با ادامه عبور جریان از آن افزایش می‌یابد تا حدی که ولتاژ دو سر آن به میزان ولتاژ شکست فاصله هوایی Fs_1 می‌رسد و منجر به جرقه در این فاصله هوایی می‌گردد. در اثر این پدیده بار باقی‌مانده در خازن C_1 از طریق Fs_1 تخلیه می‌گردد و ولتاژ خازن C_2 نیز از این طریق تخلیه می‌گردد. در طی فرایند کاهش جریان تخلیه خازن C_2 ، جریان عبوری از مقاومت غیرخطی R_A نیز کاهش یافته و در نتیجه منجر به افزایش مقاومت R_A گشته تا حدی که سبب خاموش شدن قوس ایجاد شده در فاصله هوایی Fs_2 می‌گردد. به موجب این وضعیت کلیه بار باقی‌مانده در C_2 مجبور به تخلیه از طریق بوبین شمارنده الکترومکانیکی L می‌گردند و این امر موجب واکنش شمارنده الکترومکانیکی و افزایش یک پله در ارقامش می‌شود. حداقل بار مورد نیاز برای واکنش بوبین شمارنده الکترومکانیکی در حدود ۰/۳ میلی‌کولن می‌باشد و حداقل زمان واکنش لازم برای شکست فاصله هوایی Fs_1 در حدود ۰/۳ میکرو ثانیه به ازای شیب موج ضربه‌ای جریانی معادل با ۵ kA/μs می‌باشد.

نحوه عملکرد مدار نشان داده شده در شکل (۱-۶) نیز به شرح ذیل می‌باشد:

در این مدار برای مشاهده جریان تخلیه برقگیر از یک بوبین حساس به اندازه و شکل موج خاصی از جریان تخلیه استفاده گردیده است. قسمتهای اصلی این شمارنده موج ضربه عبارتند از: مبدل موج ضربه، پل یکسو ساز، خازن، سوئیچ حساس به ولتاژ (مانند یک دیود) و شمارنده الکترومکانیکی.

جریان عبوری از طریق برقگیر اکسید فلز توسط مبدل موج ضربه به سایر اجزای مدار منتقل می‌گردد. جریان ثانویه این مبدل توسط یک پل دیودی یکسو شده و از خازن C مدار عبور داده می‌شود. عبور جریان مورد نظر از خازن سبب افزایش ولتاژ دو سر آن می‌گردد تا زمانیکه این ولتاژ به یک حد خاص می‌رسد که پس از آن کلید حساس به ولتاژ عمل نموده و بوبین شمارنده

omoorepeyman.ir

الکترومکانیکی را به دو سر خازن متصل می‌کند، این امر موجب عبور جریان از این بوبین و واکنش شمارنده می‌گردد و بدین وسیله یک پله به اعداد شمارنده اضافه می‌گردد.

معیار نوعی افزایش پله‌های شمارنده این نوع خاص از شمارنده موج ضربه در شکل (۱-۸) نشان داده شده است. ناحیه پایین این منحنی به منزله عدم عملکرد شمارنده است.

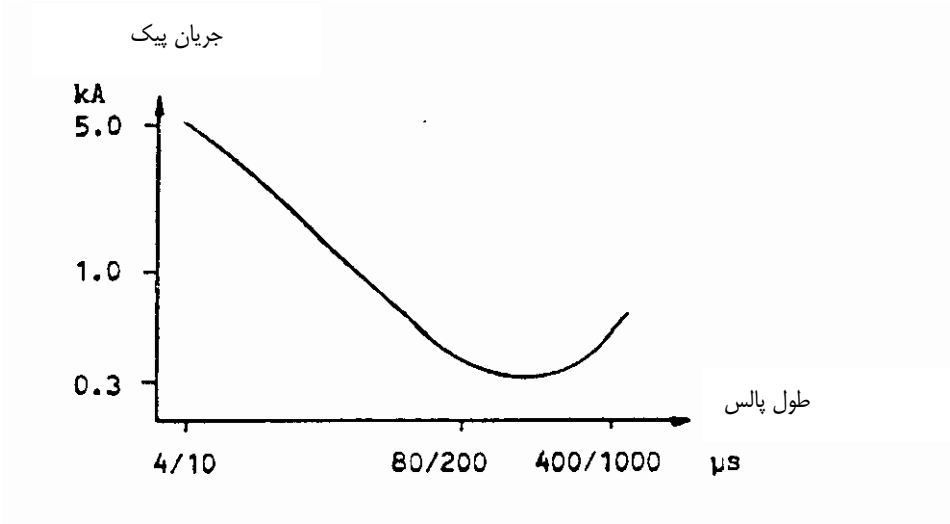
این نوع از شمارنده‌های موج ضربه می‌توانند دارای یک مبدل جریان ثانویه جهت اندازه‌گیری جریان دائم عبوری از برقگیر نیز باشند. این مبدل توسط مدار ویژه‌ای امکان قرائت جریان دائم عبوری از برقگیر را در شرایط کار (از طریق پنجره شمارنده موج ضربه) را فراهم می‌نماید که این نمونه در شکل (۱-۷) آورده شده است.

همانطور که اشاره شد شمارنده موج ضربه نشان داده شده در شکل (۱-۷) دارای دو روش تشخیص خطا در برقگیر می‌باشد که عبارتند از:

الف- استفاده از یک شمارش‌گر جهت شمارش موج ضربه جریان تخلیه مانند مدار شکل‌های (۱-۵) و (۱-۶).

ب- اندازه‌گیر جریان جهت اندازه‌گیری کل جریان نشتی گذرنده از برقگیر.

قبل از نصب شمارنده موج بر روی برقگیر می‌توان جهت اطمینان از صحت عملکرد آن، آزمون شمارنده را در محل انجام داد. برای انجام این کار با استفاده از یک منبع dc یک خازن به ظرفیت حدود ۰/۵ μF را تا ولتاژ حداقل ۲ kV شارژ نموده و سپس آن را از طریق شمارنده موج ضربه تخلیه می‌کنند. در صورت سالم بودن شمارنده می‌بایستی به ارقام شمارنده یک پله اضافه گردد.



شکل ۱-۸: معیار عدم افزایش در شماره‌های برقگیر

omoorepeyman.ir

۱-٤- تعاریف مربوط به برقگیرهای اکسید فلز

حداقل تعاریف لازم برای استفاده از برقگیرهای ZnO به شرح ذیل می‌باشند:

۱-٤-۱- برقگیرهای اکسید فلز بدون فواصل هوایی[1]

برقگیرهایی با مقاومت‌های غیرخطی اکسید فلز که به طور سری و یا موازی بدون استفاده از فواصل هوایی جرقه‌گیر سری یا موازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-٤-۲- مقاومت غیرخطی اکسید فلز[2]

قسمتی از برقگیر که دارای مشخصه غیرخطی ولتاژ برحسب جریان است، به گونه‌ای که در اضافه ولتاژهایی همچون اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه به صورت مقاومتی کوچک و در ولتاژ فرکانس قدرت شبکه به صورت مقاومت بزرگی عمل می‌کند.

۱-٤-۳- سیستم توزیع‌کننده میدان داخلی برقگیر[3]

امپدانسهای توزیع‌کننده به ویژه خازنهای توزیع‌کننده‌ای که بصورت موازی با یک یا دسته‌ای از مقاومتهای غیرخطی اکسید فلز قرار می‌گیرند تا ولتاژ را پیرامون ستونهای مقاومت اکسید فلز توزیع نمایند.

۱-٤-٤- حلقه‌های توزیع‌کننده برقگیر[4]

قسمتهای فلزی هستند که معمولاً به شکل دایره ساخته می‌شوند و برای اصلاح الکترواستاتیکی توزیع میدان پیرامون برقگیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-٤-۵- ولتاژ واقعی کار دائم (Uca)[5]

حداکثر ولتاژ دائمی در فرکانس شبکه است که به صورت دائم (حداقل به مدت ۲ ساعت) به ترمینالهای برقگیر اعمال می‌شود. این کمیت به صورت مقدار موثر ولتاژ بیان می‌گردد.

۱-٤-٦- ولتاژکار دائم برقگیر (Uc)[6]

حداکثر ولتاژ موثر فرکانس شبکه است که می‌تواند طبق طراحی بر ترمینالهای برقگیر اعمال گردد. در برقگیرها همواره باید شرط $Uc \geq Uca$ برقرار باشد. Uc یک برقگیر در صورتی که توزیع ولتاژ در امتداد بلوکهای برقگیر یکنواخت نباشد ممکن است از مجموع Uc بلوکهای برقگیر کوچکتر باشد.

1. Metal-oxide surge arrester without gaps
2. Non-linear metal -oxide resistor
3. Internal grading system of arrester
4. Grading ring of an arrester
5. Actual continuous operating voltage
6. Continuous operating voltage of an arrester

omoorepeyman.ir

۱-٤-۷- ولتاژ نامی یک سیستم سه فازه (U_n)[1]

مقدار مؤثر یک ولتاژ فاز ـ فاز است که بوسیله آن یک سیستم معرفی شده و مشخصات کار معینی از سیستم به آن ارجاع می‌شود.

۱-٤-۸- حداکثر ولتاژ سیستم (U_m)[2]

حداکثر ولتاژ مؤثر فاز به فاز است که تحت شرایط عادی کار سیستم، در هر نقطه از شبکه و در هر لحظه ممکن است به وجود آید. برای سطوح ولتاژی موردنظر این نشریه مقادیر این کمیت را می‌توان از رابطه تقریبی زیر بدست آورد:

$$1.05U_n \le U_m \le 1.10U_n \qquad (۵-۱)$$

که در آن U_n ولتاژ نامی فاز ـ فاز شبکه موردنظر است. مقادیر استاندارد شده U_m برای شبکه‌های ۶۳ تا ۴۰۰ کیلوولت ایران در جدول (۱-۱) داده شده‌اند.

جدول ۱-۱: حداکثر ولتاژ سیستم

ولتاژ نامی شبکه $U_n[kV_{rms}]$	حداکثر ولتاژ سیستم $U_m[kV_{rms}]$
۲۰	۲۴
۳۳	۳۶
۶۳/۶۶	۷۲/۵
۱۳۲	۱۴۵
۲۳۰	۲۴۵
۴۰۰	۴۲۰

۱-٤-۹- حداکثر ولتاژ تجهیزات[3]

حداکثر مقدار مؤثر ولتاژ فاز ـ فاز است که عایق و دیگر مشخصه‌های آن تجهیز براساس آن طراحی گردیده است. این ولتاژ حداکثر مقدار مجاز ولتاژ سیستم سه فازی است که تجهیزات برای نصب در آن انتخاب شده‌اند و معمولاً حداکثر ولتاژ تجهیزات با حداکثر ولتاژ سیستم برابر می‌باشد.

۱-٤-۱۰- اضافه ولتاژ[4]

هر ولتاژ مابین هادی یک فاز و زمین که مقدار پیک آن از $\frac{U_m\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ بزرگتر باشد یا هر ولتاژ مابین هادیهای فازهای مختلف که مقدار پیک آن از $U_m\sqrt{2}$ بزرگتر باشد، اضافه ولتاژ نامیده می‌شود.

omoorepeyman.ir

1. Nominal voltage of a 3-phase system
2. Highest system voltage
3. Highest voltage for equipment
4. Overvoltage

۱-٤-۱۱- اضافه ولتاژهای موقت (TOV) [1]

یک اضافه ولتاژ نوسانی فاز ـ زمین یا فاز ـ فاز که در مکان مشخص با مدت زمان تداوم نسبتاً طولانی اتفاق می‌افتد که معمولاً غیر میرا یا دارای میرایی ضعیفی می‌باشد. فرکانس این دسته از اضافه ولتاژها از چندین هرتز تا چند صد هرتز و مدت زمان استمرار آنها از چند میلی ثانیه تا چند ساعت (بسته به مدت زمان رفع اختلال) می‌تواند به طول بینجامد. رایج‌ترین شکل TOVها، اضافه ولتاژهای موقت ایجاد شده در فازهای سالم سیستم، حین اتصال تک فاز به زمین است. سایر موارد دیگری که می‌توانند باعث ایجاد اضافه ولتاژ موقت در سیستم شوند عبارتند از: قطع ناگهانی بار، پدیده رزونانس، فرورزونانس و غیره. این اضافه ولتاژها را می‌توان براساس دامنه، فرکانس نوسانات، مدت زمان کل تداوم و ... طبقه‌بندی نمود.

۱-٤-۱۲- ولتاژ نامی برقگیر (U_R) [2]

حداکثر ولتاژ موثر مجاز فرکانس شبکه است که چنانچه به دفعات در پایانه‌های برقگیر ظاهر شود موجب ناپایداری حرارتی برقگیر نشود. مقدار این ولتاژ از آزمونهای دوره کاری برآورد می‌گردد. این پارامتر به عنوان یکی از پارامترهای مبنا جهت معرفی مشخصات برقگیر از طرف سازندگان مشخص شده و یک پارامتر کلیدی در انتخاب برقگیر می‌باشد.

طبق استاندارد IEC شماره ۴-۶۰۰۹۹ یک برقگیر باید ولتاژ نامی خود را بمدت ۱۰ ثانیه تحمل کند بدون آنکه دچار ناپایداری حرارتی گردد. پیش از اعمال این ولتاژ، برقگیر طبق استاندارد تا ۶۰ درجه سانتیگراد گرم شده و در معرض یک تخلیه انرژی لحظه‌ای قرار می‌گیرد.

مقادیر استاندارد ولتاژهای نامی برقگیر (برحسب کیلوولت موثر) براساس استاندارد IEC شماره ۴-۶۰۰۹۹ مطابق پله‌های ولتاژی داخل محدوده‌های مشخص شده در جدول (۱-۲) انتخاب می‌گردند.

جدول ۱-۲: مقادیر استاندارد پله‌های ولتاژ نامی برقگیر

محدوده ولتاژ نامی U_R برحسب kV_{rms}	پله‌های ولتاژ نامی برحسب kV_{rms}
<۳	تحت بررسی
۳-۳۰	۱
۳۰-۵۴	۳
۵۴-۹۶	۶
۹۶-۲۸۸	۱۲
۲۸۸-۳۹۶	۱۸
۳۹۶-۷۵۶	۲۴

omoorepeyman.ir

1. Temporary overvoltages
2. Rated voltage of an arrester

۱-٤-۱۳- فرکانس نامی برقگیر[1]

فرکانس یا فرکانسهایی از شبکه هستند که برقگیر برای کار در آن فرکانسها طراحی شده است.

۱-٤-۱٤- یک واحد برقگیر[2]

یک محفظه کامل از یک برقگیر که می‌تواند به صورت سری و یا موازی با دیگر واحدها برای ساختن یک برقگیر با ولتاژ نامی بزرگتر و یا جریان نامی بزرگتر به کار رود.

۱-٤-۱۵- یک بخش برقگیر[3]

یک قسمت گرد آمده مناسب کامل از یک برقگیر که برای نشان دادن رفتار برقگیر کامل با توجه به آزمون ویژه‌ای مورد نیاز است، بخشی از یک برقگیر نام دارد. یک بخش لازم نیست لزوماً یک واحد برقگیر باشد.

۱-٤-۱٦- تخلیه مخرب و قوس الکتریکی[4]

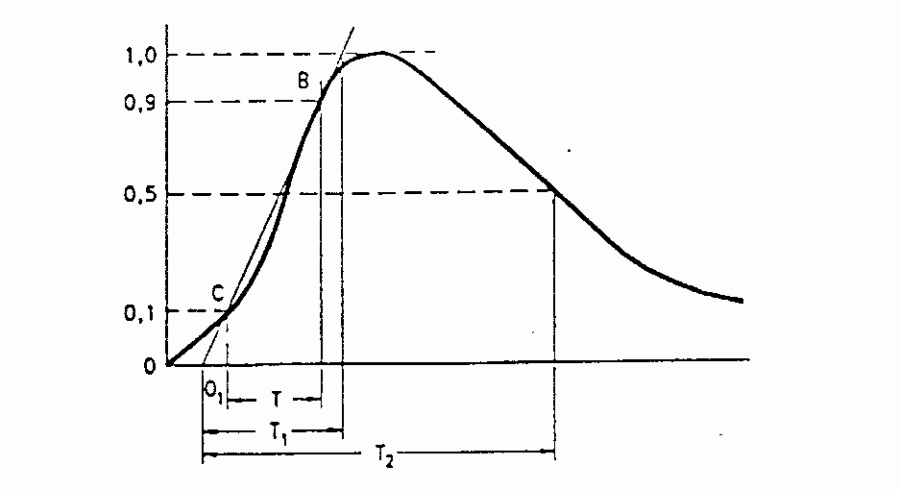
پدیده‌ای که همراه با خطای عایق تحت تنش الکتریکی همراه بوده و شامل فروپاشی ولتاژ و عبور جریان است. بروز این پدیده در عایقهای جامد که اصطلاحاً سوراخ شدن[5] نامیده می‌شود موجب از دست رفتن استقامت الکتریکی عایق می‌گردد اما در مورد عایقهای مایع و گاز از دست رفتن استقامت الکتریکی می‌تواند فقط موقتی باشد. تخلیه مخرب بر روی سطح عایقهای جامد (مانند سطح خارجی مقره‌ها) قوس الکتریکی نامیده می‌شود.

۱-٤-۱۷- امواج ضربه ولتاژ و جریان

امواج ضربه، امواج یک جهته‌ای هستند که به سرعت به مقدار ماکزیمم خود صعود کرده و سپس با سرعت کمتری به صفر نزول می‌کنند. شکل هر موج ضربه توسط دو پارامتر مشخص می‌شود که پارامتر اول نشان‌دهنده زمان مجازی پیشانی (T_1) و پارامتر دوم نشان‌دهنده زمان مجازی دم موج (T_2) است. این پارامترها معمولاً به صورت T_1/T_2 نوشته می‌شوند و واحد آنها میکروثانیه است. علاوه بر T_1 و T_2که شکل موج ضربه را مشخص می‌کنند پارامتر دیگری نیز وجود دارد که مقدار قله موج ضربه ولتاژ یا جریان را تعیین می‌کند. علاوه بر این پارامترها، باید پلاریته موج (مثبت یا منفی) نیز مشخص گردد (شکل ۱-۹).

omoorepeyman.ir

1. Rated frequency of an arrester
2. Unit of an arrester
3. Section of an arrester
4. Disruptive discharge and flashover
5. Puncture



شکل ۱-۹: شکل موج ضربه جریان و پارامترهای مشخصه آن

۱-٤-۱۸- پیشانی موج ضربه[1]

قسمتی از موج ضربه که قبل از رسیدن به پیک موج رخ می‌دهد را پیشانی موج ضربه گویند.

۱-٤-۱۹- دم موج ضربه[2]

قسمتی از موج ضربه که پس از گذشتن از پیک موج ضربه رخ می‌دهد را دم موج ضربه گویند.

۱-٤-۲۰- مقدار قله موج ضربه[3]

حداکثر مقدار یک موج ضربه جریان یا ولتاژ مقدار قله آن موج ضربه نامیده می‌شود.

۱-٤-۲۱- مبدأ مجازی موج ضربه[4]

چنانچه در منحنی موج ضربه، خط راستی را از نقاط ۱۰ و ۹۰ درصد مقدار حداکثر شکل موج ضربه (نقاط B و C در شکل (۱-۹)، رسم کنیم محل تلاقی این خط راست با محور زمان مبدأ مجازی موج ضربه نامیده می‌شود و زمانهای پیشانی و دم موج (T_1 و T_2 در شکل (۱-۹) نسبت به این نقطه اندازه‌گیری می‌شوند.

این تعریف تنها زمانی معتبر خواهد بود که هر دو محور زمان و اندازه موج ضربه دارای تقسیم‌بندی خطی باشند. اگر نوسانهایی بر روی پیشانی موج وجود داشته باشد نقاط مرجع ۱۰ و ۹۰ درصد باید بر روی منحنی متوسط‌گیری شده از طریق نوسانات انتخاب گردند.

omoorepeyman.ir

1. Front of an impulse
2. Tail of an impulse
3. Peak crest value of an impulse
4. Virtual origin of an impulse

۱-٤-۲۲- زمان مجازی پیشانی موج ضربه جریان[1]

چنانچه مدت زمان لازم برای افزایش موج ضربه جریان از ۱۰ به ۹۰ درصد مقدار قله (T در شکل ۱-۹) را برحسب میکروثانیه در عدد ۱/۲۵ ضرب نماییم، زمان مجازی پیشانی موج ضربه جریان T_1 در شکل (۱-۹) بدست خواهد آمد.

۱-٤-۲۳- شیب مجازی پیشانی موج ضربه[2]

حاصل تقسیم مقدار قله موج ضربه بر زمان پیشانی مجازی یک موج ضربه، به صورت شیب مجازی پیشانی موج ضربه تعریف می‌گردد.

۱-٤-۲٤- زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج ضربه[3]

مدت زمان مابین مبدأ مجازی زمان و لحظه‌ای که موج ضربه ولتاژ یا جریان به نصف مقدار قله خود در دم موج می‌رسد را زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج ضربه (T_2 در شکل ۱-۹) می‌نامند. این زمان برحسب میکروثانیه بیان می‌گردد.

۱-٤-۲۵- موج ضربه ولتاژ صاعقه استاندارد[4]

موج ضربه ولتاژ صاعقه استاندارد دارای زمان پیشانی موج ۱/۲ میکروثانیه و زمان دم موج ۵۰ میکروثانیه می‌باشد. به عبارت دیگر موج ضربه ولتاژ صاعقه استاندارد، موج ضربه ۵۰ / ۱/۲ µs است.

۱-٤-۲٦- موج ضربه ولتاژ کلیدزنی استاندارد[5]

موج ضربه ولتاژ کلیدزنی استاندارد دارای زمان پیشانی موج ۲۵۰ میکروثانیه و زمان دم موج ۲۵۰۰ میکروثانیه می‌باشد. به عبارت دیگر، موج ضربه ولتاژ کلیدزنی استاندارد، موج ضربه ۲۵۰۰ / ۲۵۰ µs است.

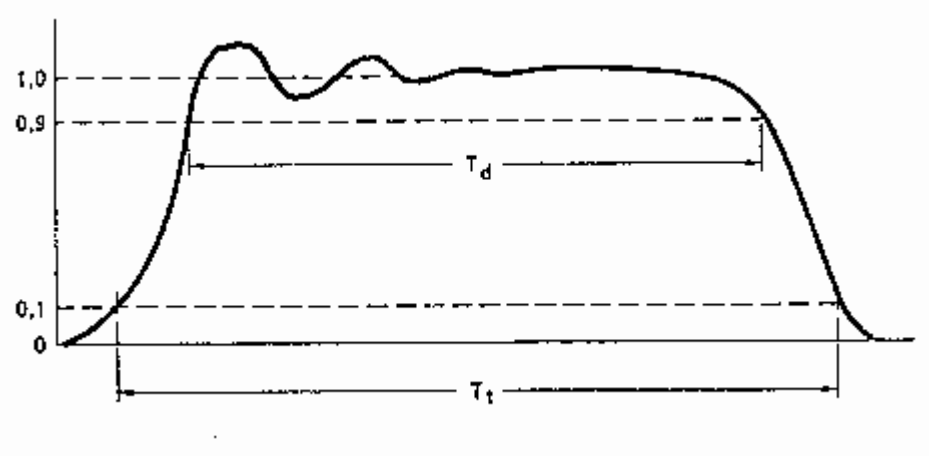
۱-٤-۲۷- موج ضربه جریان (ولتاژ) مستطیلی[6]

موج ضربه جریان (ولتاژ) مستطیلی، یک موج ضربه خاص است که عموماً جهت تعیین ظرفیت جذب انرژی برقگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱-۱۰). شکل موج ضربه مستطیلی توسط دو پارامتر T_d و T_t برحسب میکروثانیه مشخص می‌گردد. T_d مدت زمان مجازی قله موج ضربه مستطیلی[7] بوده و برابر مدت زمانی است که دامنه موج ضربه مستطیلی بزرگتر از ۹۰٪ مقدار قله‌اش است.

1. Virtual front time of a current impulse
2. Virtual steepness of the front of an impulse
3. Virtual time to half value on the tail of an impulse
4. Standard lightning voltage impulse
5. Standard switching voltage impulse
6. Impulse current/voltage rectangular
7. Virtual duration of the peak of a rectangular impulse

omoorepeyman.ir

T_t مدت زمان مجازی کل استمرار موج ضربه مستطیلی[1] بوده و برابر مدت زمانی است که در آن اندازه موج ضربه مستطیلی بزرگتر از ۱۰ درصد مقدار قله خود است. اگر نوسانات کوچکی بر روی پیشانی موج وجود داشته باشد، منحنی متوسط‌گیری شده باید رسم گردیده و سپس براساس آن، این زمان اندازه‌گیری شود.



شکل ۱-۱۰: شکل موج ضربه جریان (ولتاژ) مستطیلی

۱-٤-۲۸- مقدار قله پلاریته معکوس موج ضربه[2]

حداکثر دامنه موج ضربه ولتاژ یا جریان با پلاریته معکوس، زمانی که اطراف مقدار صفر نوسان می‌کند تا به مقدار دائمی صفر برسد را، مقدار قله پلاریته معکوس موج ضربه می‌نامند.

۱-٤-۲۹- موج ضربه جریان با شیب تند[3]

یک موج ضربه جریان با زمان مجازی پیشانی برابر با یک میکروثانیه و زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج ۲۰ میکروثانیه را موج ضربه جریان با شیب تند تعریف می‌کنند. طبق استاندارد زمان مجازی پیشانی T_1 می‌تواند دارای ۱۰± درصد تلورانس باشد. زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج خیلی مهم نبوده و می‌تواند دارای هر مقدار تلورانسی باشد.

۱-٤-۳۰- موج ضربه جریان طولانی مدت[4]

یک موج ضربه مستطیلی که به سرعت به مقدار ماکزیمم خود رسیده و برای مدت زمان مشخصی در این مقدار ثابت باقی مانده و سپس به سرعت به مقدار صفر افت پیدا می‌کند را یک موج ضربه جریان (ولتاژ) طولانی مدت می‌نامند. پارامترهای تعریف‌کننده موج ضربه طولانی مدت عبارتند از پلاریته، مقدار پیک، مدت زمان مجازی پیک و مدت زمان مجازی کل استمرار موج ضربه.

omoorepeyman.ir

1. Virtual total duration of a rectangular impulse
2. Peak crest value of opposite polarity of an impulse
3. Steep current impulse
4. Long duration current impulse

۱-٤-۳۱- موج ضربه جریان صاعقه[1]

یک موج ضربه جریان با زمان مجازی پیشانی ۸ میکروثانیه و زمان مجازی دم موج ۲۰ میکروثانیه را موج ضربه جریان صاعقه می‌نامند. مقدار تلورانس در زمان مجازی پیشانی (T_1) و مدت زمان تا نیم مقدار دم موج (T_2) برابر۱۰ درصد است.

۱-٤-۳۲- جریان تخلیه برقگیر[2]

موج ضربه جریانی که از برقگیر عبور می‌کند را جریان تخلیه برقگیر می‌نامند.

۱-٤-۳۳- جریان تخلیه نامی برقگیر (I_n) [3]

مقدار پیک موج ضربه جریان صاعقه ۸/۲۰ میکروثانیه که برای طبقه‌بندی برقگیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد را جریان تخلیه نامی برقگیر نامیده می‌نامند.

شکل موج جریان ۸/۲۰ میکروثانیه از این نظر به عنوان شکل موج جریان استاندارد برای تعیین سطوح حفاظتی برقگیرها انتخاب شده است که بدلیل مشخصه غیرخطی ولت ـ آمپر این برقگیرها، ولتاژ باقی‌مانده یا تخلیه تقریباً بصورت شکل موج ولتاژ صاعقه استاندارد ۱/۲/۵۰ میکروثانیه ظاهر می‌شود. این شکل موج ولتاژ همان شکل موج ولتاژ استاندارد برای تعیین استقامت عایقی تجهیزات است. جریانهای تخلیه نامی استاندارد عبارتند از: ۵، ۱۰ و ۲۰ کیلوآمپر.

۱-٤-۳٤- ظرفیت جذب انرژی موج ضربه در برقگیرها (W) [4]

ماکزیمم مقدار مجاز انرژی برحسب کیلوژول که برقگیر قادر است حین اعمال یک موج ضربه با یک دوره زمانی مشخص جذب کند را ظرفیت جذب انرژی برقگیر (W) می‌نامند. چنانچه این ظرفیت انرژی برحسب واحد ولتاژ نامی برقگیر U_R بیان شود، ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر W' برحسب kJ/kV بدست می‌آید.

۱-٤-۳۵- موج ضربه جریان بالای برقگیر[5]

مقدار پیک جریان تخلیه‌ای است که دارای پارامتر مشخصه شکل موج ۴/۱۰ میکروثانیه است. از این موج ضربه جریان بالا جهت آزمون پایداری برقگیر هنگام برخورد مستقیم ضربات صاعقه استفاده می‌گردد.

۱-٤-۳٦- موج ضربه جریان کلیدزنی برقگیر[6]

مقدار پیک جریان تخلیه‌ای است که دارای زمان مجازی تا قله بزرگتر از ۳۰ میکروثانیه اما کمتر از ۱۰۰ میکروثانیه و زمان تا نیم مقدار دم موج حدوداً دو برابر زمان مجازی پیشانی است.

omoorepeyman.ir

1. Lightning current impulse
2. Discharge current of an arrester
3. Nominal discharge current of an arrester
4. Impulse energy capability
5. High current impulse of an arrester
6. Switching current impulse of an arrester

۱-٤-۳۷- موج ضربه جریان صاعقه استاندارد[1]

موج ضربه جریان صاعقه استاندارد دارای زمان پیشانی موج ۸ میکروثانیه و زمان دم موج ۲۰ میکروثانیه می‌باشد. به عبارت دیگر، موج ضربه جریان صاعقه استاندارد، موج ضربه ۲۰ µs / ۸ است.

۱-٤-۳۸- موج ضربه جریان کلیدزنی استاندارد[2]

موج ضربه جریان کلیدزنی استاندارد دارای زمان پیشانی موج ۳۰ میکروثانیه و زمان دم موج ۸۰ میکروثانیه می‌باشد. به عبارت دیگر، موج ضربه جریان کلیدزنی استاندارد موج ضربه ۸۰ µs / ۳۰ است.

۱-٤-۳۹- جریان دائمی برقگیر[3]

جریان دائمی برقگیر عبارت است از جریانی که از برقگیر عبور می‌کند وقتی‌که این وسیله در مقدار ولتاژ کار دائمی‌اش برقدار می‌باشد.

جریان دائمی برقگیر که متشکل از دو مؤلفه اهمی و خازنی است ممکن است در اثر تغییرات دما، ظرفیتهای پراکنده و آثار آلودگی داخلی تحت تأثیر قرار گیرد. از این رو جریان یک نمونه مورد آزمون قرارگرفته ممکن است با جریان دائمی یک برقگیر کامل یکسان نباشد.

جریان دائمی برای مقاصد مقایسه‌ای ممکن است برحسب مقدار مؤثر یا برحسب پیک بیان گردد.

۱-٤-٤۰- جریان مبنای برقگیر (I_{ref})[4]

جریان مبنای برقگیر عبارت است از مقدار پیک مؤلفه مقاومتی جریان فرکانس شبکه که برای تعیین ولتاژ مبنای برقگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (در صورتی که جریان نامتقارن باشد مقدار پیکی از دو پلاریته که بزرگتر است). جریان مبنا باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا آثار ظرفیتهای پراکنده در اندازه‌گیری ولتاژ مبنای واحدهای برقگیر با سیستم توزیع‌کننده میدان طراحی شده قابل صرفنظر کردن باشد و مقدار آن باید توسط کارخانه سازنده برقگیر مشخص گردد.

براساس جریان تخلیه نامی برقگیر و یا براساس کلاس تخلیه برقگیر، جریان مبنا نوعاً در محدوده ۰/۰۵ تا ۱ میلی‌آمپر بر هر سانتی‌متر مربع از سطح دیسک مقاومت غیرخطی برقگیر (برای برقگیرهای تک ستونه) تغییر می‌نماید.

۱-٤-٤۱- ولتاژ مبنای برقگیر (U_{ref})[5]

مقدار پیک ولتاژ فرکانس شبکه تقسیم بر $\sqrt{2}$ که برای بدست آوردن جریان مبنای برقگیر باید به آن اعمال شود را ولتاژ مبنای برقگیر می‌نامند. ولتاژ مبنای برقگیر چند واحدی برابر مجموع ولتاژهای مبنای هر یک از واحدها می‌باشد.

omoorepeyman.ir

1 . Standard lightning current impulse
2 . Standard switching current impulse
3. Continuous current of an arrester
4. Reference current of an arrester
5. Reference voltage of an arrester

مقدار اولیه این ولتاژ توسط سازنده برقگیر ارائه شده، سپس با ولتاژ مبنای اندازه‌گیری شده در آزمون نوعی مقایسه می‌شود و هر گونه تفاوت بیانگر تقلیل کیفیت غیرخطی مقاومتهای برقگیر می‌باشد.

۱-٤-٤۲- ولتاژ باقیمانده در برقگیر (U_{res})[1]

مقدار پیک ولتاژ ظاهر شده در پایانه‌های برقگیر در حین عبور جریان تخلیه از برقگیر را ولتاژ باقیمانده برقگیر گویند.

۱-٤-٤۳- مشخصه ولتاژ استقامت فرکانس شبکه برحسب زمان برقگیر[2]

مشخصه ولتاژ استقامت فرکانس شبکه برحسب زمان در یک برقگیر، نشان‌دهنده ماکزیمم مدت زمان متناسب با ولتاژهای فرکانس شبکه‌ای است که می‌توان به برقگیر اعمال نمود بدون آنکه موجب صدمه دیدن یا ناپایداری حرارتی برقگیر شود.

۱-٤-٤٤- جریان مورد انتظار مدار[3]

مقدار جریانی است که در یک نقطه مشخص از مدار جاری می‌شود در صورتی که آن نقطه را با یک امپدانس بسیار کوچک اتصال کوتاه نماییم.

۱-٤-٤٥- مشخصه‌های حفاظتی برقگیر[4]

این مشخصه‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

- ولتاژ باقیمانده (سطح حفاظتی) برقگیر در برابر اعمال موج ضربه جریان با شیب تند
- ولتاژ باقیمانده (سطح حفاظتی) برقگیر در برابر اعمال موج ضربه جریان صاعقه
- ولتاژ باقیمانده (سطح حفاظتی) برقگیر در برابر اعمال موج ضربه جریان کلیدزنی

۱-٤-٤٦- ناپایداری حرارتی برقگیر[5]

عبارت ناپایداری حرارتی توصیف‌کننده وضعیتی است که در اثر وقوع پدیده‌ای در آن تلفات توان تحمیل شده به برقگیر بیشتر از ظرفیت مبادله حرارتی محفظه و اتصالات برقگیر است و این سبب افزایش بیش از پیش دمای المانهای مقاومتی شده و موجبات بروز خطا را فراهم می‌آورد.

۱-٤-٤۷- پایداری حرارتی برقگیر[6]

برقگیر در حالت پایدار حرارتی است اگر پس از برطرف شدن پدیده‌ای که موجب افزایش دما در آن شده است، دمای المانهای مقاومتی با زمان کاهش یابد. در این حین برقگیر در ولتاژ کار دائمی و شرایط محیطی معینی برقدار است.

1. Residual voltage of an arrester
2. Power frequency withstand voltage versus time characteristic of an arrester
3. Prospective current of circuit
4. Protective characteristic of an arrester
5. Thermal runaway of an arrester
6. Thermal stability of an arrester

omoorepeyman.ir

۱-٤-٤۸- آزمونهای نوعی[1]

به منظور اطمینان از برخورداری برقگیر از کلیه مشخصات الکتریکی مورد نظر در طراحی نظیر ولتاژ نامی، ولتاژ تخلیه یا سطح حفاظتی، جریان تخلیه نامی، ظرفیت انرژی قابل تخلیه، تحمل حرارتی و غیره، آزمونهای نوعی صورت می‌پذیرند. آزمونهای نوعی شامل آزمونهای متعدد به منظور اطمینان از کمیات نامی برقگیر می‌باشند.

۱-٤-٤۹- آزمونهای جاری[2]

این قبیل آزمونها بر روی تک‌تک برقگیرها یا قطعات و مواد تشکیل‌دهنده آنها صورت می‌پذیرند. آزمونهای جاری به منظور اطمینان از مونتاژ کامل و صحیح برقگیر و استفاده از قطعات مناسب با ابعاد و اندازه‌های منطبق با نقشه‌ها و برخوردار از مشخصات فنی پیش‌بینی شده انجام می‌گیرند.

۱-٤-٥۰- آزمونهای پذیرش[3]

این قبیل آزمونها به منظور اطمینان از صحت مشخصات پیش‌بینی شده در برقگیر در هنگام تحویل برقگیر از سازنده می‌تواند به درخواست خریدار انجام گیرد.

۱-٤-٥۱- هماهنگی عایقی[4]

هماهنگی عایقی عبارتست از انتخاب استقامت عایقی تجهیزات با توجه به ولتاژهای احتمالی ظاهر شده در سیستم و مشخصه‌های وسایل حفاظت‌کننده در دسترس، بطوریکه احتمال تنشهای ولتاژی تحمیل شده به تجهیزات (که باعث معیوب شدن عایق‌بندی تجهیزات و یا وقفه در تداوم بار می‌شود) به یک سطح قابل قبول از نظر اقتصادی و عملیاتی تقلیل یابد.

۱-٤-٥۲- طبقه‌بندی استقامت الکتریکی عایقها[5]

استقامت الکتریکی عایق تجهیزات در برابر سه طبقه ولتاژ زیر سنجیده می‌شوند:

- استقامت عایقی در برابر ولتاژهای کار عادی و اضافه ولتاژهای موقت با فرکانس شبکه (TOV) که توسط آزمون ولتاژ فرکانس شبکه به مدت یک دقیقه انجام می‌پذیرد[6].
- استقامت عایقی در برابر امواج صاعقه با شیب تند که توسط آزمون با موج صاعقه استاندارد ۱/۲/۵۰μsec انجام می‌پذیرد[7].
- استقامت عایقی در برابر امواج کلیدزنی که توسط آزمون با موج استاندارد کلیدزنی ۲۵۰/۲۵۰۰μsec انجام می‌پذیرد[8].

سطوح استقامت عایقی فوق جهت تعیین مشخصات حفاظتی برقگیرها و هماهنگی عایقی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

1. Type tests
2. Routine tests
3. Acceptance tests
4. Insulation coordination
5. Classification of insulation withstand level
6. Power frequency withstand level/PFWL
7. Lightning impulse withstand level/LIWL
8. Switching impulse withstand level/SIWL

omoorepeyman.ir

۱-٤-۵۳- شاخص تخلیه[1]

وسیله‌ای است که نشان می‌دهد برقگیر در معرض تخلیه اضافه ولتاژی قرار گرفته است.

۱-٤-۵٤- شمارنده تخلیه[2]

وسیله‌ای است که برای ثبت تعداد تخلیه‌های انجام گرفته بوسیله برقگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-٤-۵۵- ترمینال زمین[3]

قسمت هدایت‌کننده‌ای که جهت اتصال برقگیر به زمین فراهم شده است، ترمینال زمین نام دارد.

۱-٤-۵٦- ترمینال خط[4]

قسمت هدایت‌کننده‌ای که جهت اتصال برقگیر به هادی خط فراهم شده است، ترمینال خط برقگیر نامیده می‌شود.

۱-٤-۵۷- برقگیر بیرونی[5]

برقگیرهایی که جهت استفاده در فضای آزاد طراحی شده‌اند، برقگیرهای بیرونی نامیده می‌شوند.

۱-٤-۵۸- برقگیر داخلی[6]

برقگیرهایی که به علت ساختمان ویژه آنها ضروری است که از شرایط جوی محافظت شوند، برقگیرهای داخلی نامیده می‌شوند.

۱-٤-۵۹- وسیله سوپاپ اطمینان برقگیر[7]

سوپاپ اطمینان وسیله‌ای است که در صورت عبور جریانهای خطای طولانی‌مدت یا قوس الکتریکی در در داخل برقگیر، با تخلیه فشار گازهای داخلی برقگیر، از منفجر شدن محفظه برقگیر ممانعت به عمل می‌آورد.

1. Discharge indicator
2. Discharge counter
3. Ground terminal
4. Line terminal
5. Outdoor arrester
6. Indoor arrester
7. Pressure relief of an arrester

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۲

معيارهاي طراحي و مهندسي انتخاب برقگيرها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

برقگیرها مهمترین وسایل حفاظت‌کننده عایق تجهیزات پست در مقابل انواع مختلف اضافه ولتاژهای موجی ناشی از صاعقه و کلیدزنی (در رده‌های بالای ولتاژ، اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی و در رده‌های ولتاژهای پایین‌تر اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه دارای اهمیت است) می‌باشند. بدیهی است که سلامت تجهیزاتی که توسط برقگیرها حفاظت می‌گردند منوط به انتخاب صحیح مشخصه‌های برقگیر می‌باشد. انتخاب برقگیر برای هر کاربرد خاص، مصالحه‌ای بین سطوح حفاظتی برقگیر، قابلیت تحمل اضافه ولتاژهای موقت (TOV) و ظرفیت جذب انرژی توسط برقگیر می‌باشد. افزایش قابلیت تحمل اضافه ولتاژهای موقت، یعنی انتخاب ولتاژ نامی بزرگتر، امکان سالم ماندن برقگیر در ازای تنشهای ولتاژی سیستم را افزایش می‌دهد اما در مقابل حاشیه ایمنی فراهم شده توسط برقگیر را به ازای یک سطح حفاظتی یکسان کاهش می‌دهد. انتخاب برقگیری با ظرفیت جذب انرژی بالاتر احتمال بروز خطا را کاهش می‌دهد اما از طرف دیگر موجب افزایش قیمت برقگیر می‌گردد. در صورتی که اطلاعات صحیحی از سطوح استقامت عایقی تجهیزات مورد حفاظت و تنشهای ولتاژی ایجاد شده در محل تجهیز موردنظر در ازای عوامل مختلف در دسترس باشد آنگاه این امکان وجود دارد که مشخصه‌های بهینه‌ای برای برقگیر انتخاب گردند. این انتخاب بهینه همچنین مستلزم داشتن اطلاعات کاملی از مشخصات برقگیر مورد استفاده برای حفاظت تجهیز موردنظر است. این مشخصه‌ها معمولاً توسط سازنده در اختیار خریدار قرار می‌گیرند.

در این فصل، روش قدم به قدم طراحی، جهت انتخاب مشخصه‌های برقگیر تشریح می‌گردد.

۲-۱- اصول کلی کاربرد برقگیرها

استاندارد IEC شماره ۶۰۰۷۱ ولتاژهای تحمل عایقی را برای حداکثر ولتاژ تجهیز(Um) به دو رده زیر تقسیم‌بندی می‌کند:

ـ شبکه‌هایی که در برگیرنده ولتاژهای بالاتر از ۱ کیلوولت تا ۲۴۵ کیلوولت می‌باشند.

ـ شبکه‌هایی که در برگیرنده ولتاژهای بالاتر از ۲۴۵ کیلوولت هستند.

برای شبکه‌هایی که در رده اول قرار می‌گیرند بیشترین خطر برای تجهیز بواسطه القاء و برخورد مستقیم ضربات صاعقه به خطوط هوایی متصله به پست به وقوع می‌پیوندد. در سیستم‌هایی که در محدوده دسته دوم قرار می‌گیرند علاوه بر عوامل دسته اول، اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی دارای اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل می‌گردند. اضافه ولتاژها ممکن است موجب بروز قوس الکتریکی و صدمات قابل توجهی بر روی تجهیز گردند و در نتیجه موجب به خطر افتادن شبکه قدرت سرویس دهنده به مصرف‌کنندگان گردند. بنابراین ضروری است که جهت پرهیز از اینگونه وقایع، هماهنگی مناسبی بین برقگیرها و سطح عایقی تجهیزات صورت گیرد.

برقگیرها باید قادر به فراهم کردن شبکه‌ای با قابلیت اطمینان مناسب باشند. آنها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که با در نظر گرفتن شرایط محیطی، سطح این اضافه ولتاژها را تا حد معینی پایین آورده و از صدمه دیدن تجهیزات جلوگیری به عمل می‌آورند.

به طور کلی شبکه‌های قدرت در معرض تنشهای ولتاژی زیر قرار دارند:

- ولتاژ کار دائم

omoorepeyman.ir

- اضافه ولتاژهای موقت
- اضافه ولتاژهای با پیشانی کند (صاعقه، کلیدزنی)
- اضافه ولتاژهای با پیشانی تند

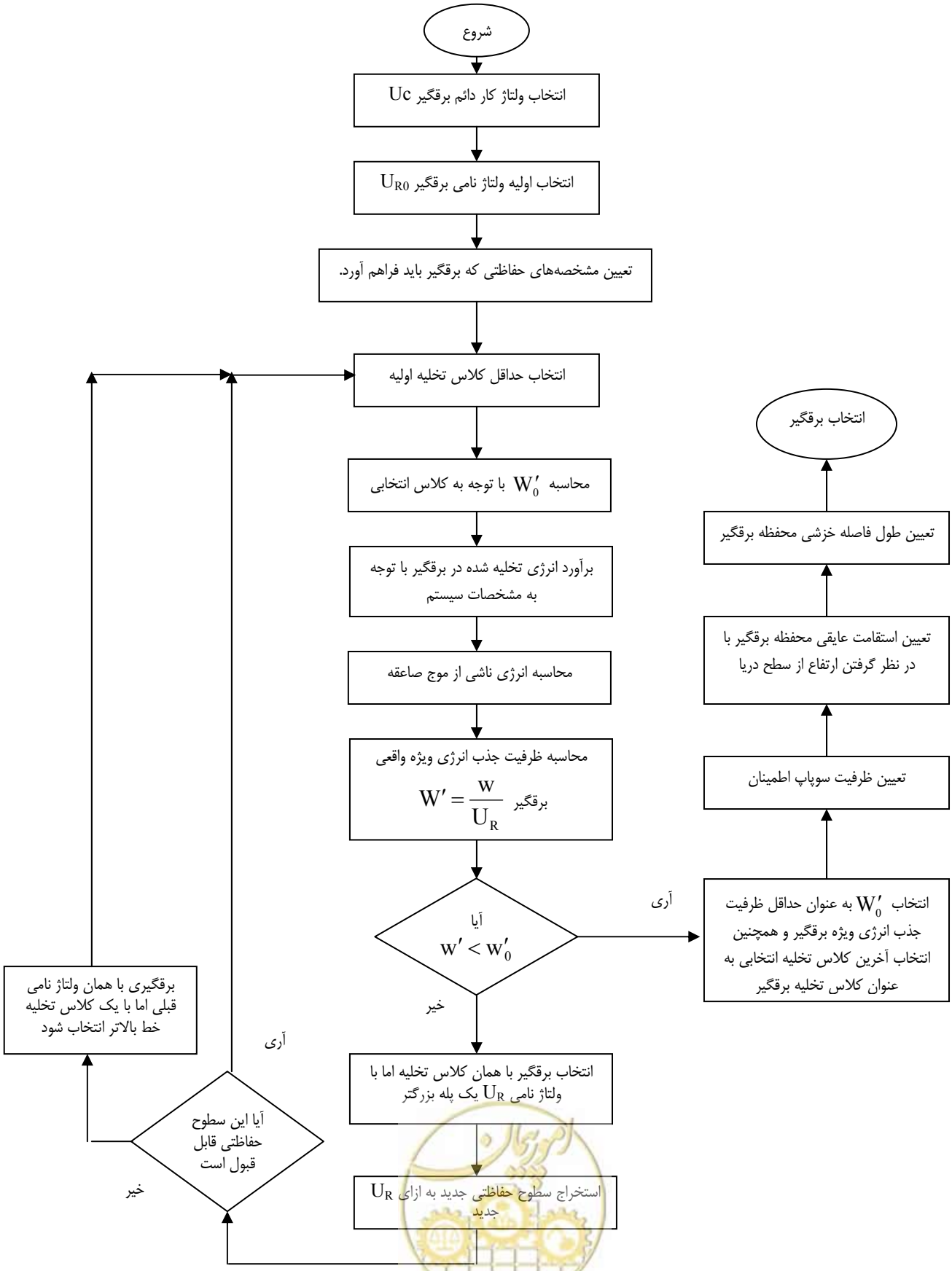
۲-۲- روش گام به گام انتخاب پارامترهای برقگیر

پارامترهای برقگیر را می‌توان مطابق روش گام به گامی که در فلوچارت شکل (۲-۱) نشان داده شده است، انتخاب نمود. روال این گام‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

۲-۲-۱- انتخاب ولتاژکار دائم برقگیر (U_C)

مقدار UC برای برقگیرهای ZnO، با در نظر گرفتن پدیده پیری، توزیع ولتاژ غیر یکنواخت و تنشهای انرژی ایجاد شده بوسیله امواج ضربه صاعقه و کلیدزنی به همراه پایداری حرارتی مشخص می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱: رویه گام به گام انتخاب پارامترهای برقگیر

omoorepeyman.ir

یک برقگیر کامل با محفظه، المانهای داخلی و رینگهای توزیع‌کننده میدان (در صورت وجود) باید برای یک Uc معین طراحی گردد. این مقدار ولتاژ کار دائم باید براساس آزمونهای نوعی هم برای بخشها و هم برای برقگیر کامل تحقیق شود.

جهت ایجاد تمایز بین مقدار موثر ولتاژ واقعی (پیک ولتاژ واقعی تقسیم بر $\sqrt{۲}$) اعمال شده به دو سر ترمینالهای برقگیر و ولتاژ کار دائم Uc، این ولتاژ را با علامت Uca مشخص می‌کنیم. Uc همیشه باید به گونه‌ای انتخاب شود که بزرگتر یا معادل با Uca باشد.

در سیستم‌های معمولی، میزان افزایش پیک ولتاژ بوسیله هارمونیکها را می‌توان بوسیله ضرب فاکتور ایمنی ۱/۰۵ در ولتاژ فرکانس قدرت به حساب آورد. براساس یک قانون کلی، ولتاژکار دائم می‌بایستی به صورت زیر محاسبه شود:

– در سیستم‌های با برطرف‌کننده خطای زمین اتوماتیک، معادل یا بزرگتر از مقدار پیک حداکثر ولتاژکاری فاز به زمین تقسیم بر $\sqrt{۲}$ برای برقگیرهای فاز ـ زمین و معادل یا بزرگتر از مقدار پیک حداکثر ولتاژکاری فاز به فاز برای برقگیرهای فاز ـ فاز است:

$$Uc \geq (Uca = \frac{Um}{\sqrt{3}}) \qquad \text{برای برقگیر فاز ـ زمین} \qquad (۱-۲)$$

$$Uc \geq (Uca = Um) \qquad \text{برای برقگیر فاز ـ فاز} \qquad (۲-۲)$$

ـ در سیستم‌های که نوترال آنها زمین نشده یا با امپدانس زمین شده است (رزونانسی)، معادل یا بزرگتر از ماکزیمم ولتاژکاری در نظر گرفته شود.

$$Uc \geq Uca = Um \qquad \text{برقگیر فاز ـ زمین و برقگیر فاز ـ فاز} \qquad (۳-۲)$$

نکته: برای این قبیل سیستم‌ها (نوترال ایزوله یا رزونانسی) فاکتور ایمنی ۱/۰۵ برای پوشش دادن محدودیت مدت زمان تداوم خطای زمین در "مشخصه ولتاژ استقامت فرکانس قدرت برحسب زمان برقگیر" در نظر گرفته می‌شود.

اگر حداکثر ولتاژکاری در محل برقگیر به درستی مشخص نباشد، مقدار U_m باید معادل با حداکثر ولتاژ سیستم یا حداکثر ولتاژ تجهیزات مورد استفاده در آن محل انتخاب گردد.

۲-۲-۲- انتخاب اولیه برای ولتاژ نامی برقگیر

ولتاژ نامی برقگیرهای اکسید فلز به صورت توانایی برقگیر در تحمل اضافه ولتاژهای برآورد شده از آزمونهای دوره کاری مشخص می‌گردد. برقگیرهای متفاوت ممکن است دارای Uc یکسان باشند اما با ولتاژهای نامی متفاوت. یعنی اینکه آنها برای ولتاژهای شبکه یکسانی طراحی شده‌اند اما نیازمندیهای اضافه ولتاژ موقت متفاوتی را برآورده می‌سازند.

ولتاژ نامی برقگیر براساس اضافه ولتاژهای موقت شبکه در محل برقگیر و با در نظر گرفتن مدت زمان استمرار و دامنه آنها تعیین می‌گردد. نیاز اساسی آن است که مشخصه ولتاژ استقامت فرکانس قدرت برحسب زمان برقگیر باید بزرگتر از مشخصه دامنه اضافه ولتاژهای موقت شبکه برحسب مدت زمان تداوم آنها باشد. به عبارت دیگر مشخصه ولتاژ استقامت فرکانس قدرت برحسب زمان برقگیر باید این مشخصه شبکه را پوشش دهد. برای برقگیرهای اکسید فلز تمامی ولتاژهایی که بزرگتر از Uc هستند به صورت

omoorepeyman.ir

اضافه ولتاژ موقت (TOV) تعریف می‌گردند. در پیوست (۲-۱) اطلاعات مختصری جهت تعیین اضافه ولتاژهای موقت سیستم ارائه گردیده است.

۲-۲-۲-۱- روال ساده

برای پوشش اغلب وضعیتهای متداول شبکه، رویه ساده زیر برای انتخاب U_R پیشنهاد می‌گردد:

الف ـ در صورت اطلاع داشتن از دامنه و مدت زمان استمرار TOV در شبکه موردنظر

- برای مدت زمان استمرار کوچکتر از ۱۰ ثانیه،U_R باید به گونه‌ای انتخاب گرددکه $U_R \geq TOV$ باشد.
- برای مدت زمان استمرار بزرگتر از ۱۰ و کوچکتر از ۱۰۰ ثانیه، U_R باید به گونه‌ای انتخاب گردد که $U_R \geq 1.05 \times TOV$ باشد.
- برای مدت زمان استمرار کوچکتر از ۲ ساعت، U_R باید با توجه به منحنی قابلیت TOV بر حسب زمان سازنده برقگیر انتخاب گردد.
- برای مدت زمان استمرار بزرگتر از ۲ ساعت، باید فرض نمود که TOV دائمی است و Uc برقگیر را معادل با TOV انتخاب کرد.

ب ـ در صورتی که از کیفیت TOV در شبکه موردنظر اطلاعاتی در دست نباشد

ـ برای سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین شده است:

فرض می‌کنیم که دامنه و مدت زمان استمرار TOV به ترتیب برابر با ۱/۵ پریونیت۱ و ۱۰ ثانیه بوده و در این صورت رابطه $U_R \geq TOV$ باید برقرار باشد. این انتخاب اغلب وضعیتهای ناشی از ترکیب آثار خطاهای زمین و قطع بار را به دلایل زیر پوشش می‌دهد:

- مدت زمان استمرار خطاهای زمین معمولاً در این گونه سیستم‌ها کمتر از یک ثانیه است.
- U_m معمولاً ۵ الی ۱۰ درصد بزرگتر از ولتاژکار عادی شبکه است.
- U_R برای مدت زمان استمرار ۱۰ ثانیه تعریف می‌گردد و از اینرو قابلیت TOVهایی که مدت زمان استمرار آنها برابر یک ثانیه است تقریباً ۵ درصد بزرگتر خواهد بود.

ـ برای سیستم‌های با نوترال زمین نشده یا نوترال رزونانسی:

فرض می‌کنیم که دامنه TOV برابر ۱/۷۳ پریونیت باشد. روال انتخاب ولتاژ نامی برقگیر مشابه قسمت الف بند (۲-۲-۲-۱) خواهد بود.

۲-۲-۲-۲- روال کامل

برای استفاده از این روش، داشتن اطلاعات مناسبی از دامنه و مدت زمان استمرار اضافه ولتاژهای موقت ضروری است. در این حالت فرض می‌شود که فرکانس پایه کلیه اضافه ولتاژهای موقت معادل یا نزدیک فرکانس شبکه قدرت باشند. برای حالتهای خاص که امکان تفاوت فرکانس پایه TOV با فرکانس شبکه وجود دارد محاسبات را می‌توان بر مبنای پیوست (۲-۲) انجام داد.

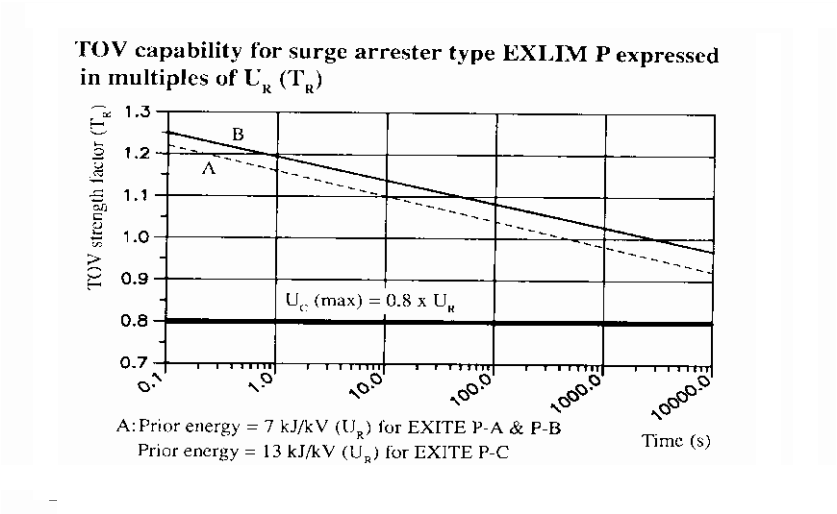
۱- در این نشریه، یک پریونیت معادل مقدار $\frac{U_m\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$(برحسب مقدار پیک ولتاژ) درنظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

در صورت مشخص بودن دامنه اضافه ولتاژ موقت با مدت زمان استمرار ۱۰ ثانیه (TOV_{10})، این امکان فراهم می‌شود که به ازای ولتاژهای مختلف اعمال شده به برقگیر از روی منحنی قابلیت TOV برحسب زمان برقگیر، مدت زمان تحمل آن ولتاژ مشخص گردد.

نمونه‌ای از منحنی قابلیت TOV بر حسب زمان برقگیر که مربوط به یکی از کارخانجات سازنده می‌باشد در شکل (۲-۲) آمده است. در این شکل T_R فاکتور استقامت برقگیر به ازای اعمال یک TOV مشخص می‌باشد. ($U_R = \frac{TOV}{T_R}$)

به عنوان اولین گام در روال انتخاب، ولتاژ نامی باید معادل یا بزرگتر از اضافه ولتاژ موقت ۱۰ ثانیه (TOV_{10}) انتخاب گردد. اگر TOV_{10} مشخص نباشد اما برخی دیگر از TOVها با مدت زمانهای در محدوده ۰/۱ ثانیه تا ۱۰۰ ثانیه مشخص باشند، آنگاه می‌توان براساس میزان انرژی تلف شده در برقگیر، برای هر TOV با مدت زمان استمرار مشخص TOV معادلی با دامنه و مدت زمان استمرار دیگری به دست آورد به نحوی که انرژی تلف شده حاصل از این دو نوع TOV معادل هم باشند.



شکل ۲-۲: منحنی قابلیت TOV بر حسب زمان برای یک نمونه برقگیر

میزان انرژی تلف‌شده در برقگیر از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$W=K.T.U.I \qquad (۴-۲)$$

که در آن:

W : انرژی تلف شده در برقگیر [kJ]

K : ثابت عددی

U : ولتاژ دو سر برقگیر [kV]

I : جریان عبوری از برقگیر[A] .

T : مدت زمان برقراری ولتاژ U در دوسر برقگیر [Sec] می‌باشد.

از طریق معادل قراردادن انرژی‌های تلف شده در برقگیر و با توجه به رابطه (۱-۱)، در ازای TOVهایی با مدت زمان تداوم متفاوت، می‌توان نشان داد:

$$(\frac{T_1}{T_2}) = (\frac{TOV_2}{TOV_1})^{\alpha+1} \qquad (۵-۲)$$

omoorepeyman.ir

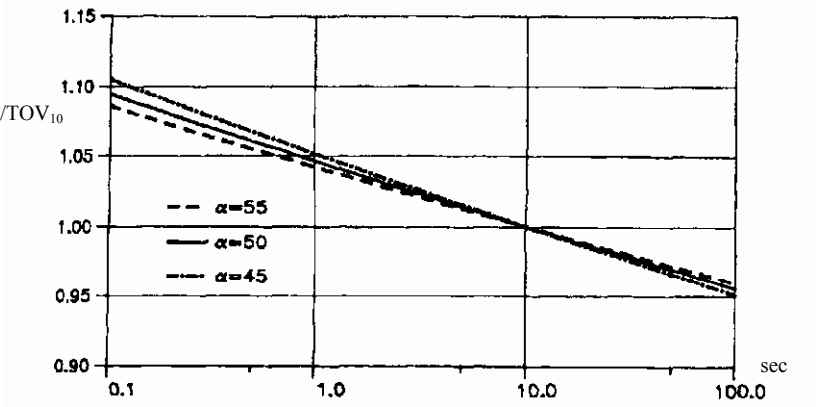
با α معادل ۵۰ که کاملاً برای برقگیری که آزمونهای IEC را پشت‌سر می‌گذارد معقول است و برای محدوده جریانی موردنظر، برای هر دامنه دیگری از TOV و مدت زمانهای استمرار آن در محدوده ۰/۱ ثانیه تا ۱۰۰ ثانیه می‌توان TOV_{10} را بوسیله رابطه زیر تعیین کرد:

$$TOV_{10} = TOV_T \times (\frac{T}{10})^{\frac{1}{51}} \quad (۶-۲)$$

TOV_T : TOV با مدت زمان استمرار T ثانیه و

T : مدت زمان استمرار TOV_T برحسب ثانیه است.

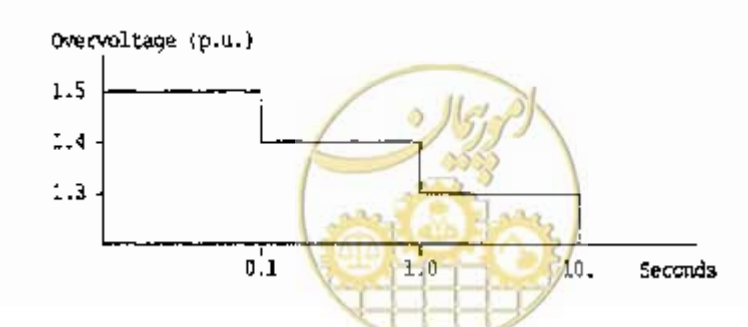
در رابطه (۲-۶)، مقدار α برابر ۵۰ فرض شده است. به هر حال به دلیل وجود تنوع در ساخت برقگیرها ممکن است مقدار این ضریب برای برقگیرهای مختلف برابر ۵۰ نباشد. شکل(۲-۳) منحنی توزیع TOV بر حسب زمان یک برقگیر را برای αهای متفاوت نشان می‌دهد. در صورت امکان کنترل نهایی جهت مقایسه TOV با α برابر ۵۰ و منحنی‌های TOV کارخانه سازنده برقگیر می‌بایستی صورت گیرد. این منحنی‌ها باید براساس آزمونهای استاندارد IEC استخراج شده باشند تا این مقایسه قابل انجام باشد.



شکل ۲-۳: منحنی قابلیت TOV بر حسب زمان برای یک برقگیر با αهای متفاوت

گاهی اوقات ممکن است TOVهایی با دامنه‌های متفاوت در یک زمان اتفاق افتند. در این حالت باید به TOV معادلی دست یافت که دارای مدت زمان تداوم و اندازه معینی است. به عنوان مثال شکل (۲-۴) را در نظر بگیرید. در این شکل U_m=420kV بوده و یک پریونیت معادل $\frac{420\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ کیلوولت است. برای انتخاب ولتاژ نامی برقگیر به صورت زیر عمل می‌شود:

همانطوری که در منحنی TOV شکل (۲-۴) ملاحظه می‌گردد، در این شبکه سه نوع TOV با دامنه‌ها و مدت زمان استمرار متفاوت رخ داده است که می‌تواند ناشی از وقوع همزمان چندین عامل خطا در سیستم باشد.



شکل ۲-٤: مثالی از منحنی اضافه ولتاژهای موقت ظاهر شده در یک سیستم ٤۰۰ کیلوولت

omoorepeyman.ir

برای بدست آوردن TOV معادل، یکی از سه سطح ولتاژ نشان داده شده در شکل (۲-۴) را به عنوان مبنا قرار می‌دهیم. برای نمونه در اینجا سطح ولتاژ ۱/۵ پریونیت را انتخاب می‌کنیم.

اضافه ولتاژ موقت ۱/۳ پریونیت با مدت زمان تداوم ۹ ثانیه طبق رابطه (۲-۵) و با α برابر ۵۰، معادل TOV با دامنه ۱/۵ پریونیت و مدت زمان استمرار ۰/۰۰۶ ثانیه است. اضافه ولتاژ ۱/۴ پریونیت با مدت زمان تداوم ۰/۹ ثانیه نیز معادل با TOV با دامنه ۱/۵ پریونیت و مدت زمان استمرار ۰/۰۳ ثانیه خواهد بود.

در نتیجه TOV معادل این سه اضافه ولتاژ موقت برابر است با یک TOV با دامنه ۱/۵ پریونیت و مدت زمان استمرار ۰/۱۴ ثانیه (۰/۰۳+۰/۰۰۶+۰/۱≈ ۰/۱۴).

از آنجایی که در کاتالوگهای مشخصات برقگیر مقدار TOV_{10} داده می‌شود، با استفاده از رابطه (۲-۶) مقدار این اضافه ولتاژ موقت با مدت زمان استمرار ۱۰ ثانیه برابر است با:

$$TOV_{10} = 1.5 \times (\frac{0.14}{10})^{1/51} = 1.38\,PU = 335\,kV_{r.m.s}$$

بنابراین باید برقگیری با ولتاژ نامی معادل با نخستین مقدار بزرگتر پس از ۳۳۵ کیلوولت یا برقگیری با قابلیت TOV10 بزرگتر یا معادل با ۳۳۵ کیلوولت مؤثر انتخاب گردد.

نکته‌ای که باید در اینجا به آن توجه نمود این است که این اطلاعات براساس α برابر ۵۰ محاسبه گردیده است. لذا در هنگام انتخاب ولتاژ نامی برقگیر بهتر است مقدار محاسبه شده برای TOV10 با منحنی‌های قابلیت TOV برقگیر که توسط کارخانه سازنده ارائه می‌گردد، جهت اطمینان بیشتر تطبیق داده شود. به هر حال همانطوری که از شکل (۲-۳) نیز ملاحظه می‌گردد تغییرات α تأثیر کمی بر روی منحنی قابلیت TOV دارد.

۲-۲-۳-۲- انتخاب نهایی ولتاژ نامی برقگیر

پس از انتخاب اولیه ولتاژ نامی، احتمال اینکه برقگیر قبل از وقوع TOVها در معرض تخلیه انرژی قرار گرفته باشد نیز باید لحاظ گردد. در غیر این صورت ممکن است انتخاب نادرست قابلیت TOV برقگیر منجر به ناپایداری حرارتی آن شود. برای برآورد انرژی، انتخاب اولیه‌ای از سطح حفاظتی هم باید انجام گیرد (انرژی تلف شده در ازای اضافه ولتاژهای کلیدزنی و صاعقه تابعی از سطح حفاظتی برقگیر هستند). با مشخص بودن حداقل ولتاژ نامی، TOV10 و ظرفیت جذب انرژی مورد نیاز می‌توان با مراجعه به کاتالوگهای کارخانه سازنده برقگیر، به انتخاب نهایی ولتاژ نامی برقگیر دست یافت و همچنین می‌توان تحمل برقگیر را در مقابل هر گونه TOV ویژه مورد بررسی قرار داد.

۲-۲-۳- انتخاب مشخصه‌های حفاظتی برقگیر

برای فراهم نمودن حفاظت مناسب برای تجهیزاتی که قرار است توسط برقگیر محافظت گردند لازم است علاوه بر ولتاژ باقی‌مانده در پایانه‌های برقگیر در ازای امواج ضربه مختلف، موارد دیگری از قبیل شرایط محیطی، اثر فاصله برقگیر تا تجهیز مورد حفاظت و غیره درنظر گرفته شوند. برای این منظور گام‌های زیر برای انتخاب مشخصه‌های حفاظتی برقگیر می‌بایستی انجام گیرند:

omoorepeyman.ir

گام اول ـ تعیین سطوح استقامت عایقی

در گام اول باید سطوح استقامت عایقی تجهیز موردنظر مشخص گردد. این سطوح استقامت عایقی عبارتند از:

- سطح استقامت عایقی تجهیز در برابر موج ضربه صاعقه (LIWL).
- سطح استقامت عایقی تجهیز در برابر موج ضربه کلیدزنی (SIWL).

مقادیر استاندارد سطوح استقامت عایقی برای سطوح ولتاژی مختلف در پیوست (۲-۳) ارائه گردیده‌اند.

گام دوم ـ تصحیح به علت شرایط محیطی

از آنجایی که سطوح استقامت عایقی تجهیزات متأثر از شرایط محیطی هستند، در این مرحله باید محاسباتی جهت تصحیح سطوح استقامت عایقی تجهیزی که قرار است توسط برقگیر حفاظت گردد با توجه به شرایط محیطی که تجهیز در آن کار می‌کند انجام گیرد. این کار را می‌توان با ضرب سطوح استقامت تجهیز در شرایط استاندارد در یک ضریب تصحیح انجام داد. شیوه بدست آوردن این ضریب تصحیح در پیوست (۲-۴) ارائه شده است.

گام سوم ـ محاسبه سطوح حفاظتی مورد نیاز برای تجهیز

سطوح حفاظتی برقگیرها و استقامت عایقی تجهیزات تحت تأثیر عواملی از قبیل شیب، مدت زمان استمرار و اندازه موج ضربه اعمالی تغییر می‌کنند. لذا ضروری است که جهت پوشش عواملی از این قبیل همواره یک حاشیه ایمنی برای استقامت عایقی تجهیز درنظر گرفته شود. برای این منظور ضرایب ایمنی زیر تعریف می‌گردند:

C_{PL} : ضریب ایمنی برای موج ضربه صاعقه که به صورت زیر مشخص می‌گردد:

$$C_{PL} = \frac{LIWL}{LIPL} \qquad (۲-۷)$$

C_{PS} : ضریب ایمنی برای موج ضربه کلیدزنی که به صورت زیر مشخص می‌گردد:

$$C_{PS} = \frac{SIWL}{SIPL} \qquad (۲-۸)$$

که در آن:

LIPL : سطح حفاظتی مورد نیاز برای تجهیز در برابر موج ضربه صاعقه و

SIPL : سطح حفاظتی مورد نیاز برای تجهیز در برابر موج ضربه کلیدزنی می‌باشد.

مقادیر پیشنهادی برای این ضرایب ایمنی در جدول (۲-۱) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱: مقادیر پیشنهادی برای ضرایب ایمنی

ضرایب ایمنی	$52KV \leq U_m < 300KV$	$U_m \geq 300KV$
C_{PL}	۱/۲ ≥	۱/۲۵ ≥
C_{PS}	——	۱/۱۵ ≥

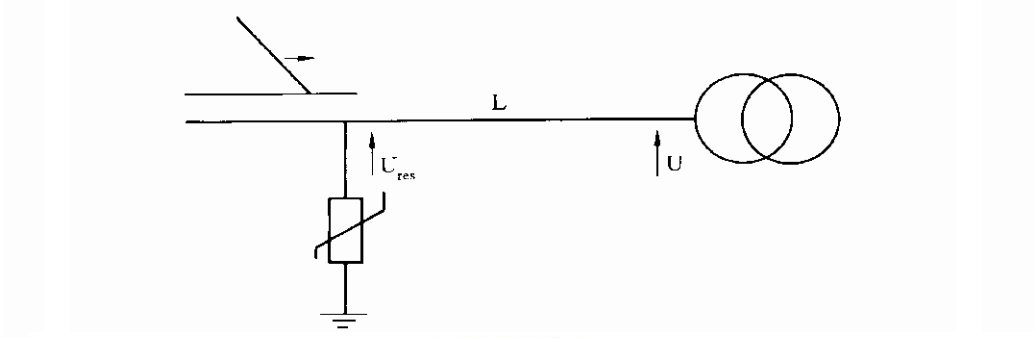
این ضرایب اثر افت ولتاژ در هادیهایی که برقگیر را به خط و شبکه زمین متصل می‌کنند و نیز اثر فاصله برقگیر تا تجهیز را در نظر نمی‌گیرند. ضرایب ایمنی تنها برای پوشاندن اثر اضافه تنشهای اجتناب‌ناپذیر ناشی از عدم قطعیت در پیش‌بینی اضافه ولتاژهای سیستم و استقامت عایقی تجهیزات منظور می‌گردند.

با مشخص شدن مقدار ضرایب ایمنی از جدول فوق می‌توان سطوح حفاظتی مورد نیاز برای تجهیز، یعنی LIPL و SIPL را از روابط (۲-۷) و (۲-۸) تعیین نمود.

گام چهارم ـ برآورد اثر فاصله برقگیر از تجهیز مورد حفاظت

با نصب برقگیر در ترمینالهای تجهیز تحت حفاظت می‌توان از سطوح حفاظتی مورد نیاز تجهیز به عنوان سطوح حفاظتی که برقگیر باید فراهم آورد استفاده نمود. اما در صورتی که برقگیر از تجهیز موردنظر فاصله داشته باشد، موج ورودی در حد فاصل مابین برقگیر و تجهیز تحت حفاظت افزایش یافته و موجب افزایش تنشهای ولتاژی موضع تحت حفاظت می‌گردد. این وضعیت در صورتی که شیب موج ورودی تندتر و فاصله برقگیر از موضع تحت حفاظت بیشتر باشد، خطرناکتر خواهد بود و ممکن است موجب صدمه دیدن عایق تجهیز مورد حفاظت گردد. به طور کلی برای درنظر گرفتن این پدیده ضروری است که اثر فاصله بین برقگیر و موضع تحت حفاظت و اتصالات برقگیر به زمین و هادی فشار قوی درنظر گرفته شود.

برای این کار می‌توان از یک روش ساده مطابق شکل (۲-۵) استفاده نمود.



شکل ۲-۵: دیاگرام ساده‌ای جهت ارزیابی اثر فاصله برقگیر از موضع تحت حفاظت

در این روش با داشتن فاصله برقگیر تا موضع تحت حفاظت و شیب موج ورودی به پست می‌توان با استفاده از معادله زیر این پدیده را نیز لحاظ نمود.

omoorepeyman.ir

$$U_{LIPL} = Ures + \frac{2 \times S \times L_A}{V} \qquad (۹-۲)$$

در این رابطه:

U_{LIPL} : ولتاژ ظاهر شده در ترمینالهای موضع تحت حفاظت [kV_{Peak}].

Ures : ولتاژ تخلیه (باقی‌مانده) برقگیر [kV_{Peak}] در مقابل موج صاعقه (با در نظر گرفتن جریان تخلیه برقگیر و افت ولتاژ روی هادی اتصال برقگیر)

S : شیب موج ولتاژ ورودی [kV/μsec].

L_A : فاصله (طول سیم ارتباطی و نه فاصله طولی مقطعی) بین برقگیر و موضع تحت حفاظت همراه با اتصالات برقگیر و ارتفاع آن [m].

V : سرعت سیر موج که برای خطوط هوایی برابر ۳۰۰ m/μs و برای کابل ۱۵۰ m/μs درنظر گرفته می‌شود.

باید توجه نمود که ضریب تصحیح ارتفاع می‌بایستی در پارامتر ULIPL منظور گردد.

همانطور که از رابطه (۲-۹) مشاهده می‌گردد، با افزایش شیب موج ورودی، ولتاژ اعمال شده به موضع تحت حفاظت نیز افزایش پیدا می‌کند. انتخاب شیب به عواملی چند بستگی دارد:

سطح ولتاژ سیستم (که محدوده تقریبی سطح عایقی خطوط منتهی به پست را مشخص می‌کند)، تعداد روزهای رعدوبرقی منطقه[1] یا چگالی برخورد صاعقه به زمین در منطقه (برحسب تعداد در کیلومتر مربع در سال)، مقاومت پای برج بخصوص در چند اسپنی پست و کیفیت حفاظت از صاعقه خطوط منتهی به پست (که نرخ وقوع پدیدهٔ قوس برگشتی[2] را مشخص می‌کنند) و نهایتاً اهمیت پست و عواقب بعدی خاموشی در سیستم.

شیب پیشانی موج ورودی بر روی خطوط انتقال را می‌توان برابر ۱۰۰ KV/μsec برحسب هر ۱۲ کیلوولت از ولتاژ نامی برقگیر تا حداکثر مقدار ۲۰۰۰ KV/μsec انتخاب نمود:

$$S = \frac{U_R}{12} \times 100 \left[KV/\mu s \right] \qquad 3 < U_R < 240KV$$
$$S = 2000 \left[KV/\mu s \right] \qquad U_R \geq 240KV \qquad (۱۰-۲)$$

چنانچه فاصله برقگیر از موضع تحت حفاظت از حد خاصی افزایش یابد ولتاژ پایانه‌های تجهیز تحت حفاظت به مقدار دو برابر ولتاژ باقی‌مانده خواهد رسید و پس از آن با افزایش فاصله، ولتاژ دوسر تجهیز تغییر نخواهد کرد.

با معلوم بودن مقادیر S، L، V و Ures می‌توان اضافه ولتاژی که در پایانه‌های تجهیز ظاهر می‌گردد را تخمین زد و براساس آن استقامت عایقی موضع تحت حفاظت را تعیین نمود. چنانچه سطح استقامت عایقی لازم غیر قابل قبول باشد، باید سعی کنیم اضافه ولتاژ ظاهر شده در ترمینالهای موضع تحت حفاظت را کاهش دهیم. این کار را می‌توان با کاهش Ures برقگیر از طریق انتخاب یک برقگیر با مشخصات بهتر، کاهش فاصله L و یا کاهش شیب S انجام داد.

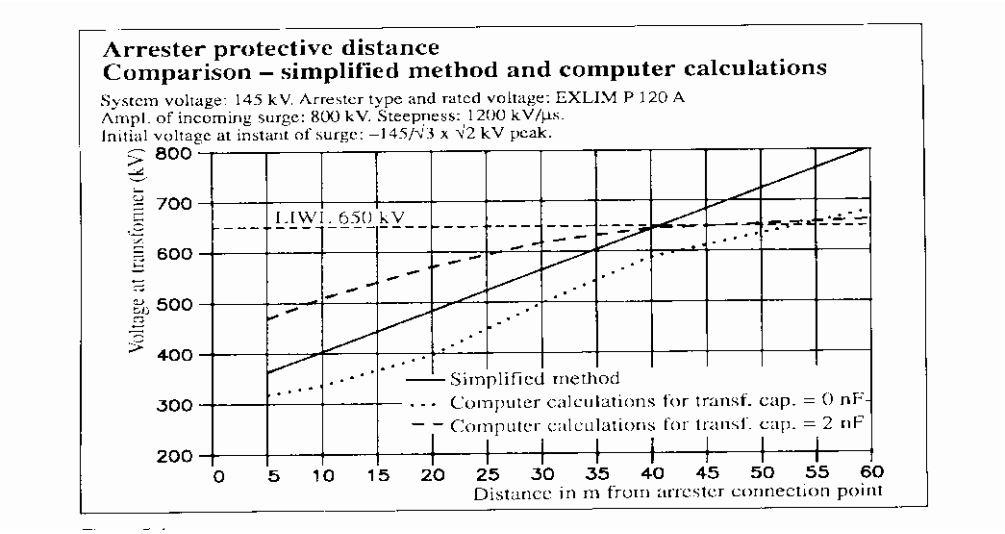
از طرف دیگر چنانچه سطح استقامت عایقی موضع تحت حفاظت و مقادیر Ures، S و V معلوم باشند می‌توان با محاسبه L از رابطه (۲-۹) حداکثر فاصله حفاظتی برقگیر را پیدا کرد.

1. Isokeraunic level
2. Back Flashover

omoorepeyman.ir

در این روش از اثر خازنی موضع تحت حفاظت، ولتاژ اولیه سیستم در لحظه‌ای که موج سوار خط می‌شود و افت ولتاژ در هادیهای برقگیر صرفنظر شده است. هر چه مقادیر اخیر بیشتر باشند، اضافه ولتاژهای ظاهر شده در ترمینالهای موضع نیز بزرگتر خواهد بود. شکل (۲-۶)، این روش ساده را با یک روش کامپیوتری مقایسه می‌کند. در روش کامپیوتری اثر افت ولتاژ در هادی برقگیر، اثر خازنی ترانسفورماتور تحت حفاظت و ولتاژ اولیه سیستم در لحظه‌ای که موج ظاهر می‌شود، در نظر گرفته شده است. در این مثال طول برقگیر و اتصالات آن به همراه فاصله آن تا موضع تحت حفاظت روی هم ۶ متر است، سطح عایقی ترانس در برابر موج صاعقه برابر ۶۵۰ کیلوولت است و ولتاژ نامی برقگیر ۱۲۰ کیلوولت انتخاب گردیده است که در این حالت سطح حفاظتی آن در برابر موج ورودی Ures برابر ۲۷۶ کیلوولت فرض شده است.

همانطوری که دیده می‌شود اثر خازنی موضع تحت حفاظت، اضافه ولتاژ ظاهر شده در ترمینالهای آن را افزایش داده است. در این شکل محور افقی فاصله محل اتصال هادی برقگیر تا تجهیز را نشان می‌دهد. همانطوری که دیده می‌شود در حواشی ۴۰ متر حاشیه ایمنی کافی وجود ندارد.



شکل ۲-۶: مقایسه روش محاسبه ساده با محاسبه کامپیوتری فاصله حفاظتی برقگیر

و نکته آخر اینکه، به علت کوچکتر بودن شیب امواج ضربه کلیدزنی در مقایسه با امواج صاعقه، فرض می‌شود که این فواصل بر روی ولتاژ ظاهر شده در پایانه‌های تجهیز در ازای ولتاژ باقی‌مانده برقگیر ناشی از امواج کلیدزنی تأثیر چندانی ندارند. به عبارت ساده‌تر فرض می‌شود که ولتاژ باقی‌مانده در برابر امواج کلیدزنی به طور یکسانی در پایانه‌های موضع تحت حفاظت ظاهر می‌گردد.

گام پنجم ـ برآورد اثر افت ولتاژ در هادیهای برقگیر

برقگیر از طریق هادیهایی به سیستم زمین پست و هادی فشار قوی متصل گشته است. در صورتی که شیب موج جریان عبوری از آنها در هنگام تخلیه موج ولتاژ توسط برقگیر خیلی تند باشد افت ولتاژ روی اندوکتانس این هادیها قابل توجه خواهد بود. برای لحاظ داشتن این پدیده باید از اندوکتانس هادی برقگیر و شیب موج جریان عبوری از آنها اطلاع کافی موجود باشد. در محاسبات

omoorepeyman.ir

عملی اندوکتانس هادی برقگیر معادل با ۱/۲ mH/m و شیب جریان تخلیه ۵ KA/µs درنظر گرفته می‌شود. با این فرضیات افت ولتاژ در هر متر هادی برقگیر در اثر عبور جریان تخلیه برابر خواهد بود با:

$$V_{ind} = L\frac{di}{dt} = 1.2 \times 5 = 6\ kV/m \qquad (۱۱-۲)$$

این افت ولتاژ باید در تعیین سطح حفاظتی برقگیر در نظر گرفته شود.

گام ششم ـ تعیین مقدار نهایی مشخصه‌های حفاظتی که برقگیر باید فراهم نماید

در آخرین گام با استفاده از نتایج مراحل قبلی سطوح حفاظتی مورد نیازی که برقگیر باید فراهم نماید مشخص می‌گردد. این سطوح به صورت زیر تعیین می‌شوند:

$$U_{PL} \le Ures - (V_{ind} \times d) \qquad \text{سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه} \qquad (۱۲-۲)$$

$$U_{PS} \le SIPL \qquad \text{سطح حفاظتی برقگیر در مقابل موج ضربه کلیدزنی (تجهیز)} \qquad (۱۳-۲)$$

d : طول کل هادیهای اتصال برقگیر برحسب متر می‌باشد.

سطح حفاظتی یک برقگیر در برابر امواج صاعقه با ماکزیمم یکی از دو مقدار زیر مشخص می‌گردد:

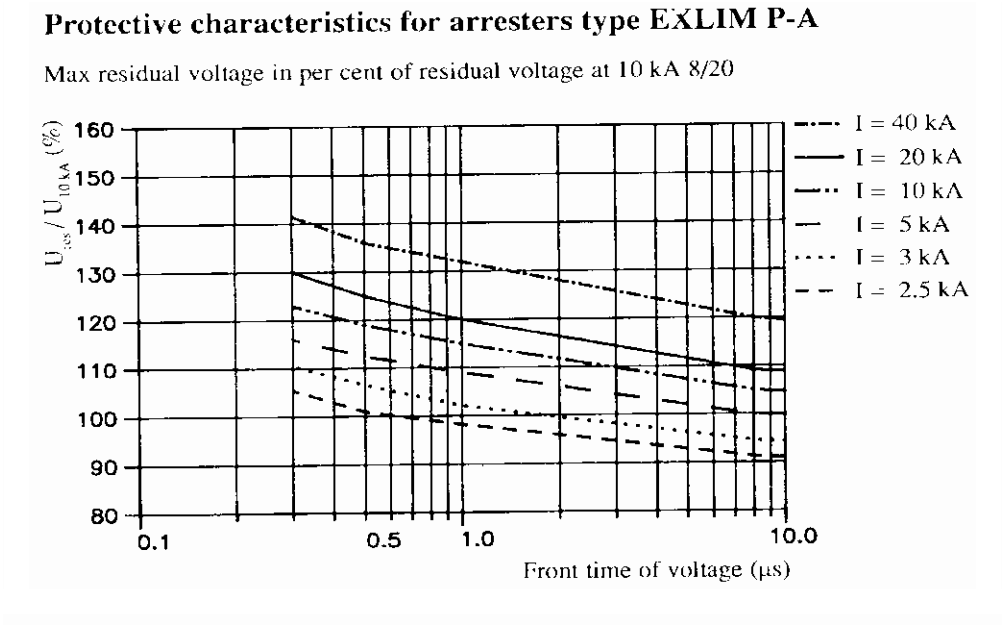
- ولتاژ تخلیه برقگیر به ازای موج با شیب تند تقسیم بر ۱/۱۵ (موج ۱/۲۰ µsec با دامنه‌ای برابر با جریان تخلیه نامی برقگیر).
- ولتاژ نامی برقگیر به ازای موج جریان صاعقه (موج ۸/۲۰ µs با دامنه‌ای برابر با جریان تخلیه نامی برقگیر).

محاسبه دقیق جریان تخلیه برقگیر در مورد امواج صاعقه دشوار است. به همین دلیل سعی می‌شود جریان تخلیه برقگیر در سیستم‌های مختلف برآورد شود. به علت تغییرات نسبتاً کوچک ولتاژ تخلیه در برابر دامنه و شکل موج جریان در برقگیرهای ZnO این تخمین خطای زیادی ایجاد نخواهد کرد.

برای سطوح ولتاژی موردنظر این نشریه، ولتاژ باقی‌مانده برقگیر در جریان تخلیه ۱۰ کیلوآمپر جهت استخراج مشخصه‌های برقگیر استفاده می‌گردد. لذا مقدار UPL در رابطه (۲-۱۲) عبارت است از ولتاژ باقی‌مانده برقگیر در ازای موج جریان صاعقه µs ۸/۲۰ با دامنه ۱۰ کیلوآمپر.

با کاهش زمان پیشانی موج جریان صاعقه ولتاژ تخلیه برقگیر افزایش می‌یابد. پس در صورت لزوم می‌توان با استفاده از کاتالوگهای برقگیر (که یک نمونه آن در شکل (۲-۷) نشان داده شده است) اثر کاهش زمان پیشانی موج جریان صاعقه بر روی ولتاژ باقی‌مانده در برقگیر مورد بررسی قرار گیرد.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۷: تغییر ولتاژ تخلیه برقگیر در اثر تغییر زمان پیشانی موج جریان صاعقه

سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی (Ups) عبارت است از ولتاژ تخلیه برقگیر به ازای موج جریان کلیدزنی استاندارد (موج ۳۰/۸۰µsec). دامنه موج جریان کلیدزنی به ولتاژ شبکه بستگی دارد. مقادیر پیشنهادی برای امواج جریان کلیدزنی در جدول (۲-۲) داده شده‌اند. در استخراج Ups برقگیر از مقادیر پیشنهادی جدول زیر استفاده می‌شود.

جدول ۲-۲: مقادیر پیشنهادی برای پیک موج جریان کلیدزنی

حداکثر ولتاژ سیستم Um [kV]	پیک موج جریان کلیدزنی [A]
۷۲/۵-۱۴۵	۵۰۰
۲۴۵	۱۰۰۰
۴۲۰	۲۰۰۰

این مشخصات بصورت نمونه‌ای و کمی آورده شده است و جهت انتخاب دقیق برقگیر حتماً می‌بایستی از کاتالوگهای سازنده استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۳: مقادیر نوعی مشخصه‌های برقگیرهای MOA برای سطوح ولتاژی ایران

حداکثر ولتاژ سیستم U_m [kV]	ولتاژ نامی برقگیر U_R [kV]	سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی (Ups) (kV_{peak})				سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه (U_{PL}) به ازای I_n با دامنه ۱۰ کیلوآمپر (kV_{peak})
		۲۰۰۰A	۱۰۰۰A	۵۰۰A	کلاس تخلیه	
۷۲/۵	۵۴-۸۴	ـــ	۱۱۶-۱۸۱	۱۱۲-۱۷۴	۲	۱۴۴-۲۲۴
		۱۱۲-۱۷۴	۱۰۸-۱۶۸	۱۰۶-۱۶۴	۳	۱۳۰-۲۰۲
		۱۱۰-۱۷۰	۱۰۶-۱۶۴	ـــ	۴	۱۲۵-۱۹۴
۱۴۵	۱۰۸-۱۴۴	ـــ	۲۳۲-۳۱۰	۲۲۴-۲۹۸	۲	۲۸۸-۳۸۴
		۲۲۴-۲۹۸	۲۱۶-۲۸۷	۲۱۱-۲۸۱	۳	۲۶۰-۳۴۶
		۲۱۷-۲۹۰	۲۱۰-۲۸۰	ـــ	۴	۲۴۹-۳۳۲
		۲۱۴-۲۷۳	۲۰۷-۲۷۶	ـــ	۵	۲۳۸-۳۱۷
۲۴۵	۱۸۰-۲۲۸	ـــ	۳۸۲-۴۸۳	۳۶۸-۴۶۵	۲	۴۷۴-۶۰۰
		۳۷۲-۴۷۲	۳۵۸-۴۵۴	۳۵۱-۴۴۵	۳	۴۳۲-۵۴۸
		۳۶۲-۴۵۹	۳۵۱-۴۴۴	ـــ	۴	۴۱۴-۵۲۵
		۳۵۶-۴۵۱	۳۴۵-۴۳۷	ـــ	۵	۳۹۶-۵۰۲
۴۲۰	۳۳۰-۴۲۰	۶۷۵-۸۵۷	۶۵۱-۸۳۱	ـــ	۳	۷۹۵-۱۰۰۲
		۶۶۴-۸۴۵	۶۴۲-۸۱۷	ـــ	۴	۷۵۹-۹۶۶
		۶۵۲-۸۳۰	۶۳۲-۸۰۴	ـــ	۵	۷۲۶-۹۲۴

۲-۲-٤- انتخاب اولیه برای حداقل کلاس تخلیه

برای انتخاب کلاس تخلیه برقگیر، اطلاع از جریان تخلیه نامی برقگیر In می‌تواند مفید واقع شود. براساس جریان تخلیه نامی In و حداکثر ولتاژ سیستم، حداقل کلاس تخلیه مورد نیاز را می‌توان براساس جدول (۲-۴) انتخاب کرد. در صورتی که کلاس تخلیه انتخابی سطوح حفاظتی مورد نیاز را برآورده نسازد، کلاس بالاتری می‌بایستی انتخاب گردد. چنانچه امکان کاهش فاصله برقگیر تا تجهیز مورد حفاظت وجود داشته باشد می‌توان با استفاده از رابطه (۲-۹)، دامنه ولتاژ ظاهر شده در پایانه‌های تجهیز مورد حفاظت را کاهش داد و در نتیجه به همان مقدار، امکان استفاده از برقگیری با UpL بزرگتر فراهم می‌شود که این امر می‌تواند منجر به پرهیز از انتخاب کلاس تخلیه بالاتر شود. موارد دیگری از قبیل بهبود سیستم حفاظت از صاعقه پست و خطوط ورودی به آن، کاهش مقاومت سیستم زمین پست و پای برجها، استفاده از زاویه حفاظت از صاعقه کوچکتر در دکلهای ورودی به پست و غیره می‌تواند به نحوی باعث کاهش اثر انعکاس امواج ورودی به پست، کاهش شیب موج ورودی و در نتیجه کاهش ولتاژ ظاهر شده در پایانه تجهیز گردد و در نهایت در انتخاب کلاس تخلیه برقگیر اثر گذارند. البته بدیهی است که این امر مستلزم توافقی مابین هزینه‌های پرداختی برای افزایش سیستم حفاظت پست در مقابل صاعقه و هزینه انتخاب کلاسهای بالاتر برای برقگیرهای پست می‌باشد که در سطوح ولتاژ بالا اهمیت فراوانی پیدا می‌کنند.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-٤: مقادیر پیشنهادی برای انتخاب اولیه حداقل کلاس تخلیه خط

ماکزیمم ولتاژ سیستم Um [kV]	جریان تخلیه نامی I_N [kA]	حداقل کلاس تخلیه
۷۲/۵	۱۰	۲
۱۴۵	۱۰	۲
۲۴۵	۱۰	۲
۴۲۰	۱۰-۲۰	۳

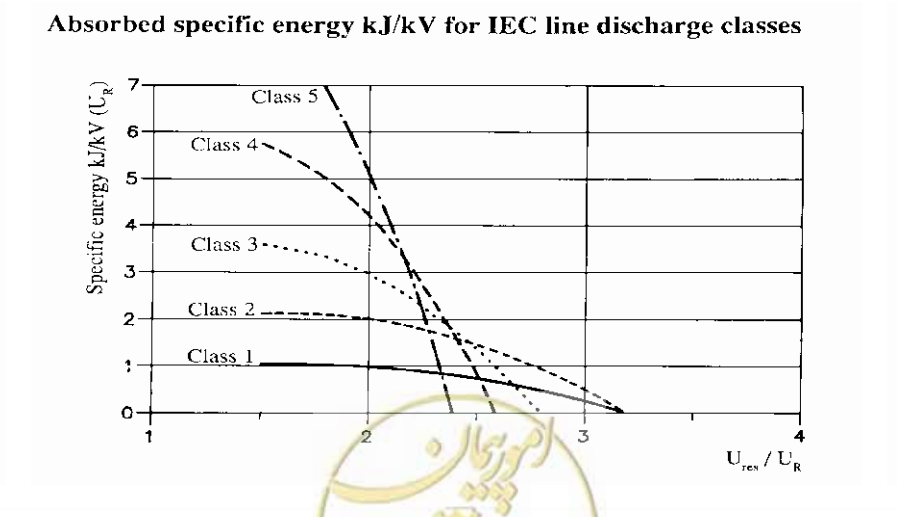
کلاس‌های تخلیه در سطح ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت معمولاً ۲، در سطح ولتاژ ۲۳۰ معمولاً ۳ و در سطح ولتاژ ۴۰۰ معمولاً ۴ است.

۲-۲-۵- محاسبه ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر W_0' برای کلاس انتخابی

کلاس تخلیه انتخاب شده برقگیر، در صورتی مورد قبول خواهد بود که ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر از ظرفیت جذب انرژی ویژه‌ای که استاندارد IEC مشخص نموده است کوچکتر باشد. ظرفیت جذب انرژی ویژه‌ای که مورد تأیید استاندارد IEC است را می‌توان با استفاده از شکل (۲-۸) و با اطلاع از ولتاژ نامی و سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی برقگیر استخراج نمود.

برای این منظور با مراجعه به کاتالوگهای برقگیر و با استفاده از دامنه موج ضربه کلیدزنی مطابق جدول (۲-۲) و مقدار ولتاژ نامی برقگیر، مقدار ولتاژ باقی‌مانده برقگیر (سطح حفاظتی برقگیر) در برابر موج ضربه کلیدزنی استخراج می‌گردد (در این مرحله می‌توان از اطلاعات نوعی ارائه شده در جدول ۲-۳ نیز استفاده نمود). سپس با استفاده از این کمیات و منحنی‌های شکل (۲-۸) و کلاس انتخابی، میزان ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر (W´0) محاسبه خواهد شد.

منحنی‌های شکل (۲-۸) به ازای پارامترهای سیستم مشخصی رسم شده‌اند. این پارامترها توسط استاندارد IEC برای انجام آزمونهای تخلیه خط استفاده گردیده‌اند.



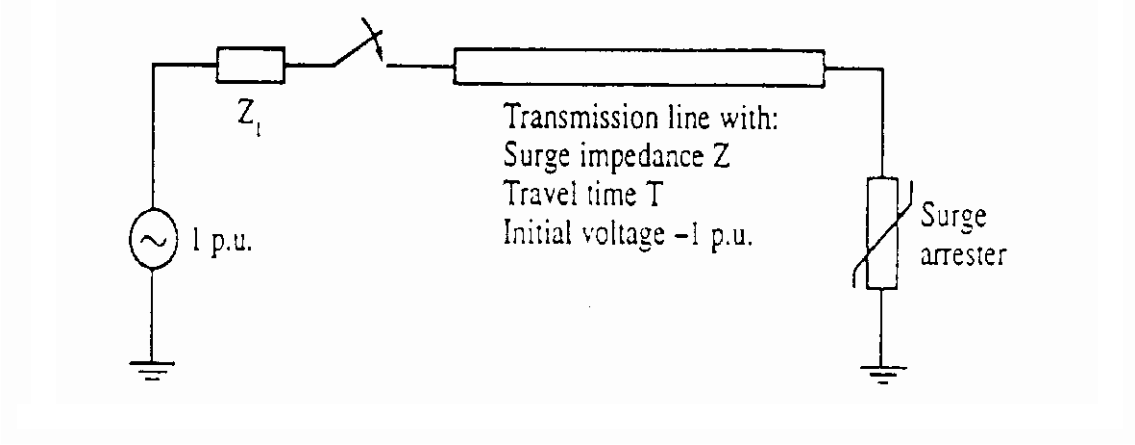
شکل ۲-۸: انرژی ویژه برحسب کیلوژول بر کیلوولت ولتاژ نامی بر مبنای نسبت ولتاژ باقی‌مانده موج ضربه کلیدزنی (U_{ps}) به مقدار مؤثر ولتاژ نامی برقگیر (U_R)

omoorepeyman.ir

۲-۲-۶- انتخاب نهایی کلاس تخلیه برقگیر

از آنجایی که سیستم واقعی که برقگیر قرار است برای آن طراحی گردد، ممکن است دارای پارامترهایی متفاوت از پارامترهای سیستم موردنظر IEC باشد، ضروری است که میزان جذب انرژی ویژه برقگیر در سیستم واقعی مورد بررسی قرار گیرد.

برای اینکار می‌توان از مدل ساده شکل (۲-۹) جهت تخمین تنشهای وارده بر برقگیر هنگام کلیدزنی و تخلیه بار الکتریکی باقی‌مانده بر روی خطوط متصله به برقگیر استفاده نمود.



شکل ۲-۹: یک مدل ساده تکفاز جهت برآورد تقریبی از ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر

از آنجایی که بدترین شرایط ممکنه موردنظر است، حداکثر ولتاژ قابل پیش‌بینی در سیستم را جهت برآورد ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر مورد استفاده قرار می‌دهیم. براین اساس انرژی جذب شده توسط برقگیر برابر است با:

$$W = [(U_L - U_{PS})/Z_0] \times U_{PS} \times 2T \times n \qquad (۱۴-۲)$$

در این رابطه:

U_L : حداکثر اضافه ولتاژ پیش‌بینی شده در اثر کلیدزنی یا ولتاژ شارژ خط برحسب کیلوولت

U_{PS} : سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی برحسب کیلوولت

$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$: امپدانس موجی خط انتقال هوایی برحسب اهم

T : زمان سیر موج در خط انتقال، که مقدار آن را می‌توان از رابطه $T=\frac{L}{V}$ بدست آورد که در آن L طول خط انتقال بر حسب کیلومتر و V سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی برحسب km/μs می‌باشد.

n : تعداد تخلیه‌های متوالی را که در آزمون تخلیه استاندارد IEC جهت بررسی پایداری حرارتی برقگیر استفاده می‌گردد، مشخص می‌کند. جهت انجام این آزمون ۲ تخلیه متوالی با فاصله زمانی ۵۰ الی ۶۰ ثانیه استفاده می‌گردد. در عمل احتمال وقوع دو تخلیه متوالی خیلی کم می‌باشد و معمولاً در طراحی‌ها این مقدار برابر با یک در نظر گرفته می‌شود.

همچنین انرژی ناشی از صاعقه از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$W = \left[2U_f - NU_{Pl}\left(1 + \ln\left(\frac{2U_f}{U_{Pl}}\right)\right)\right]\frac{U_{Pl}T_l}{Z_0} \qquad (۱۵-۲)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

U_{Pl}: سطح حفاظت برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه

U_f: ولتاژ جرقه منفی عایق خط

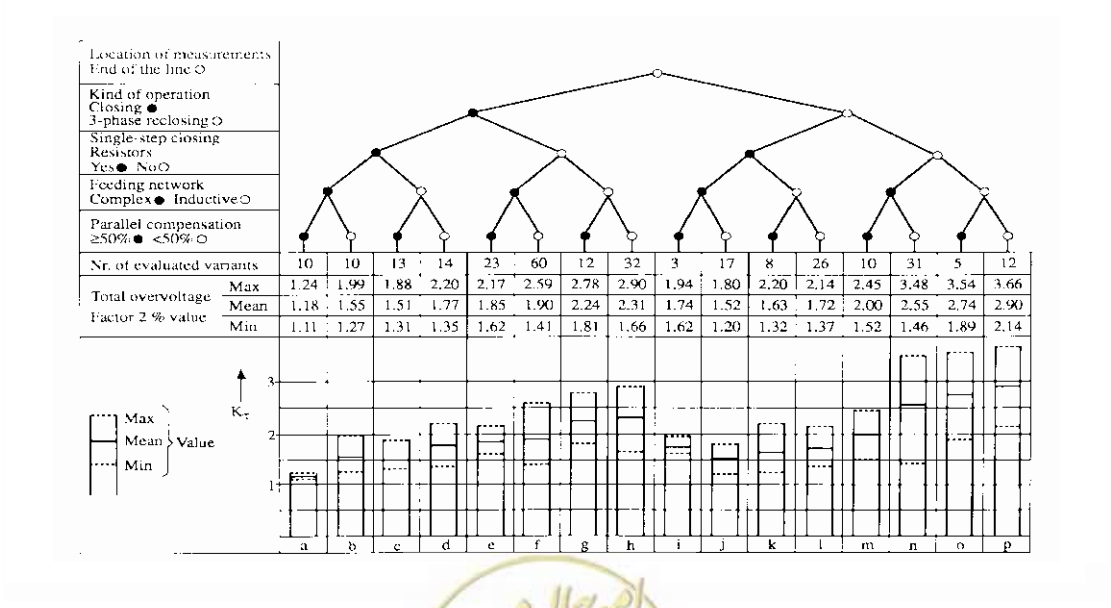
N: تعداد خطوط متصل به پست

T_1: مدت زمان معادل جریان صاعقه شامل اولین ضربه و ضربه‌های بعدی که مقدار آن به صورت نوعی برابر ۳×۱۰^{-۴} ثانیه می‌باشد.

در صورتی که اطلاعات سیستم موردنظر (Z_o و U_L) در دسترس نباشد می‌توان از مقادیر پیشنهادی که در جدول (۲-۵) ارائه گردیده‌اند استفاده نمود. علاوه بر این جدول، با داشتن اطلاعات مختصری از وضعیت سیستم مورد مطالعه می‌توان از شکل (۲-۱۰) حداکثر ولتاژ ظاهر شده در سیستم را به طور دقیقتری به دست آورد.

جدول ۲-۵: مقادیر پیشنهادی Z_0 و U_L برای سطوح ولتاژی مختلف

حداکثر ولتاژ سیستم U_m[kV]	امپدانس موجی Z_0[Ω]	اضافه ولتاژ پیش‌بینی شده در غیاب برقگیر U_L (پریونیت)
<۱۴۵	۴۵۰	۳/۰
۱۴۵-۳۴۵	۴۰۰	۳/۰
۳۶۲-۵۲۵	۳۵۰	۲/۶



شکل ۲-۱۰: فاکتور ارزیابی حداکثر ولتاژ ظاهر شده در سیستم براساس مشخصات سیستم

$$U_L = K_\tau \times \frac{U_m \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} [KV]$$

omoorepeyman.ir

پس از اینکه ظرفیت جذب انرژی برقگیر از رابطه (۲-۱۴) تعیین گردید با استفاده از رابطه زیر مقدار ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر (W′) در سیستم واقعی محاسبه می‌گردد.

$$W' = \frac{W}{U_R} \qquad (۲-۱۶)$$

در این رابطه:

W′ : ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر در سیستم واقعی برحسب $kJ/kV(U_R)$.

W : ظرفیت جذب انرژی برقگیر در سیستم واقعی برحسب kJ.

U_R : ولتاژ نامی برقگیر برحسب kV می‌باشد.

پس از اینکه W′ محاسبه گردید باید این مقدار با مقدار W_0' که قبلاً تعیین گردید مقایسه گردد. اگر $W' < W_0'$ باشد، برقگیر انتخابی مناسب بوده و آخرین کلاس انتخابی به عنوان کلاس تخلیه خط درنظر گرفته شده و مراحل بعدی انتخاب پارامترهای برقگیر دنبال می‌گردد.

در صورتی که $W' > W_0'$ باشد به این مفهوم است که برقگیر انتخابی قادر به جذب انرژی تخلیه مورد نیاز به ازای مشخصات سیستم واقعی نمی‌باشد. در صورت بروز چنین حالتی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

ـ برقگیری با همان کلاس تخلیه اما با ولتاژ نامی بزرگتر انتخاب می‌کنیم. برای انتخاب ولتاژ نامی بزرگتر می‌توان از پله‌های ولتاژی مطابق جدول (۲-۱) استفاده کرد.

ـ سطوح حفاظتی فراهم شده توسط برقگیر با U_R جدید را (به ازای جریان صاعقه ۱۰ کیلوآمپر و جریان کلیدزنی مطابق جدول (۲-۲) از کاتالوگهای برقگیر مورد نظر یا به طور تقریبی از جدول (۲-۳) استخراج می‌کنیم.

ـ چنانچه سطوح حفاظتی فراهم شده به ازای U_R جدید در معادلات (۲-۱۲) و (۲-۱۳) صدق کنند (یعنی سطوح حفاظتی فراهم شده جدید قابل قبول باشند) به ابتدای بخش (۲-۲-۵) رفته و محاسبات را از این بخش مجدداً ادامه می‌دهیم.

ـ چنانچه سطوح حفاظتی فراهم شده به ازای U_R جدید قابل قبول نباشند به این معنی که حداقل یکی از معادلات (۲-۱۲) یا (۲-۱۳) برآورده نشده باشند، آنگاه آخرین کلاس انتخابی را افزایش می‌دهیم و ولتاژ نامی که آخرین بار در بخش (۲-۲-۵) مورد استفاده قرار گرفته است، انتخاب نموده و مراحل را دوباره از ابتدای بخش (۲-۲-۵) دنبال می‌کنیم. (به فلوچارت شکل ۲-۱ مراجعه نمایید).

۲-۲-۷- تعیین ظرفیت سوپاپ اطمینان برقگیر

جهت حفاظت تجهیزات و پرسنل مجاور یک برقگیر در برابر انفجار ناگهانی محفظه آن، بر طبق استاندارد می‌بایستی برقگیرها به سیستم سوپاپ اطمینان مجهز باشند. در وضعیت حاد، سیستم سوپاپ اطمینان با سرعت کافی وارد عمل شده و با انتقال گازهای داغ و یونیزه به خارج محفظه برقگیر، مانع انفجار شدید آن می‌شود. سوپاپ اطمینان علاوه بر آنکه باید مانع انفجار برقگیر در جریانهای اتصالی زیاد گردد، باید قابلیت اطمینان خود را برای جریانهای اتصالی کم نیز اثبات نماید. کلاس یا ظرفیت سوپاپ اطمینان برقگیر براساس جریان اتصال کوتاه متقارن در محل نصب برقگیر، تعیین می‌گردد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

$$I = \frac{P_K}{\sqrt{3}U_m} \qquad (۲-۱۷)$$

omoorepeyman.ir

در این رابطه:

I : جریان اتصال کوتاه متقارن [kA].

P_K : قدرت اتصال کوتاه در محل نصب برقگیر [MVA].

U_m : حداکثر ولتاژ سیستم برحسب [kV].

طبق استاندارد IEC این جریان حداقل به مدت ۰/۲ ثانیه باید استمرار یابد. چنانچه قدرت اتصال کوتاه در محل معلوم نباشد، می‌توان از قدرت قطع کلیدها به عنوان راهنما استفاده نمود.

برای اطلاع از نحوه عملکرد سوپاپ اطمینان به پیوست (۲-۵) مراجعه نمایید.

۲-۲-۸- تعیین استقامت عایقی محفظه برقگیر

افت ولتاژ در هادیهای برقگیر و انعکاس امواج، تأثیری بر روی تنشهای ظاهر شده بر روی محفظه برقگیر ندارند. لذا تنش ولتاژی که به محفظه برقگیر وارد می‌شود هیچگاه از سطح حفاظتی برقگیر بالاتر نخواهد رفت، با توجه به این موضوع تنها دلایل موجه برای افزایش استقامت الکتریکی محفظه برقگیر، ضریب شرایط محیطی می‌باشد. جدول (۲-۶) حاوی اطلاعات لازم برای محاسبه استقامت عایقی محفظه برقگیر است. برای ارتفاعات بالاتر از ۱۰۰۰ متر می‌بایستی از ضریب تصحیح ارتفاع استفاده نمود که نحوه محاسبه آن در پیوست (۲-۴) آمده است.

جدول ۲-۶: استقامت عایقی محفظه برقگیر

استقامت الکتریکی	برای ارتفاعهای کمتر از ۱۰۰۰m	
	$U_R \geq$ ۲۰۰kV	$U_R <$ ۲۰۰kV
سطح استقامت عایقی در برابر ولتاژ با فرکانس قدرت (PFWL)	فاقد کاربرد است	$\frac{1.06}{\sqrt{2}} \times Ups : I_n = 10,20kA$
		$\frac{0.88}{\sqrt{2}} \times Ups : I_n = 5kA$
SIWL	1.25×Ups	فاقد کاربرد است
LIWL	1.3×Upl	1.3×Upl

۲-۲-۹- تعیین طول فاصله خزشی محفظه برقگیر

براساس سطح آلودگی موجود در محل کاربرد برقگیر می‌توان فاصله خزشی ویژه برحسب mm/kV را از جدول زیر بدست آورد. سپس با ضرب حداکثر ولتاژ سیستم در این مقدار، طول فاصله خزشی مقره برقگیر محاسبه می‌گردد. میزان آلودگی مناطق مختلف کشور در گزارش "طبقه‌بندی شرایط محیطی و اقلیمی" از سری همین گزارشات آمده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۷: حداقل فاصله خزشی ویژه بر اساس میزان آلودگی

میزان آلودگی	حداقل فاصله خزشی ویژه (mm/kV)
سبک	۱۶
متوسط	۲۰
سنگین	۲۵
خیلی سنگین	۳۱
ویژه	≥ ۳۳

۲-۳- نمونه‌ای از طراحی و انتخاب مشخصه‌های برقگیر

هدف از این بخش ارائه مثالی عددی به جهت آشنایی با نحوه تعیین پارامترهای برقگیر در عمل می‌باشد. بدیهی است که مشخصه‌های برقگیرهایی که در این مثال تعیین می‌گردند تنها جهت سیستم‌هایی با همان شرایط قابل اعمال هستند، لذا از به کار بردن مشخصات حاصله از این محاسبات جهت مواردی که فاقد شرایط تشریح شده در این قسمت می‌باشند، باید اجتناب نمود.

مثال: مشخصات برقگیرهای مورد استفاده برای سیستمی با شرایط زیر را تعیین نمایید:

ولتاژ نامی سیستم (U_n): ۲۳۰ کیلوولت

حداکثر ولتاژ سیستم (U_m): ۲۴۵ کیلوولت

میزان آلودگی: سنگین

طول بلندترین خط وارده به پست با در نظر گرفتن طرح توسعه آتی پست: ۳۶۰ کیلومتر

نحوه اتصال برقگیرها: فاز به زمین

برقگیرهای مربوط به ترانسفورماتور در مجاورت بوشینگهای آن نصب شده‌اند.

فاصله دورترین تجهیز تا برقگیر (L_A): ۲۰ متر

سطوح استقامت عایقی ترانس ($LIWL_T$): ۹۵۰ کیلوولت

سطح استقامت عایقی سایر تجهیزات ($LIWL_e$): ۱۰۵۰ کیلوولت

یادآوری می‌شود که سطح استقامت عایقی در برابر امواج کلیدزنی در این سطح ولتاژ توسط سطح استقامت عایقی در برابر امواج صاعقه پوشش داده می‌شود.

کلیدهای استفاده شده در پست یا پستهایی که خطوط مربوط به این پست به آنها متصل است فاقد مقاومت وصل است.

امپدانس موجی طولانی‌ترین خط متصل به پست (Z_o): ۴۰۰ اهم

ضریب خطای زمین (K_e): ۱/۴

پست مجهز به قطع‌کننده خطای زمین می‌باشد، همچنین نوترال ترانسفورماتورها مستقیماً زمین شده است.

سیستم به گونه‌ای طراحی شده است که امکان بوجود آمدن پدیده فرورزونانس وجود ندارد.

پست موردنظر در ارتفاع کمی نسبت به سطح دریا قرار گرفته و حداکثر دمای محیط ۴۰ درجه سانتیگراد است. ظرفیت قطع جریان اتصال کوتاه کلیدهای پست نیز ۴۰ کیلوآمپر می‌باشد.

omoorepeyman.ir

انتخاب مشخصه‌های برقگیرها

گام اول: انتخاب ولتاژ کار دائم برقگیر

با توجه به اینکه برقگیرهای موردنظر به صورت آرایش فاز به زمین مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولتاژ کار دائم برقگیر برابر خواهد بود با:

$$U_C \geq U_{Ca} \;,\; U_{Ca} = \frac{U_m}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow U_{Ca} = \frac{245}{\sqrt{3}} = 141.45\,kV$$

$$\Rightarrow U_C \geq 141.45\,kV$$

بنابراین در انتخاب نهایی برقگیر براساس کاتالوگهای برقگیرها باید نزدیکترین مقدار بزرگتر یا مساوی با ۱۴۱/۴۵ کیلوولت انتخاب گردد. این انتخاب باید با در نظر گرفتن ولتاژ نامی برقگیر همراه باشد.

گام دوم: انتخاب ولتاژ نامی برقگیر

از آنجایی که از وضعیت اضافه ولتاژهای موجود در سیستم اطلاعی در دست نیست از رویه ساده انتخاب U_R استفاده می‌کنیم. براساس مطالب مطرح شده در بخش (۲-۲-۲-۱) با توجه به اینکه سیستم مستقیماً زمین شده است و براساس اینکه ضریب خطای زمین ۱/۴ می‌باشد، اضافه ولتاژ موقت ناشی از خطای تکفاز به زمین برابر است با:

$$TOV_1 = K_e \cdot \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1.4 \times \frac{245}{\sqrt{3}} = 198\,kV$$

در سیستم‌هایی که مجهز به برطرف‌کننده خطای زمین هستند، عموماً مدت زمان رفع خطای زمین کمتر از یک ثانیه است (رجوع کنید به پیوست ۲-۱)، لذا معادل ۱۰ ثانیه این اضافه ولتاژ موقت از رابطه (۲-۶) برابر است با:

$$TOV_{10} = TOV_1 (T/10)^{1/51} = 198(\frac{1}{10})^{1/51}$$

$$\Rightarrow TOV_{10} = 189.26\,kV$$

با توجه به طراحی سیستم پست، احتمال وقوع اضافه ولتاژهای موقت با دامنه بالاتر از مقدار فوق به علت وجود سیستم حفاظتی مناسب کم است، لذا TOV_{10} بدست آمده را می‌توان به عنوان مبنا برای انتخاب اولیه ولتاژ نامی برقگیر در نظر گرفت. U_R باید به گونه‌ای انتخاب شود که همواره رابطه زیر برقرار باشد:

$$U_R \geq TOV_{10}$$

$$U_R \geq 189.26\,kV$$

با توجه به جدول (۱-۲) و براساس ولتاژ نامی سیستم با پله‌های ۱۲ کیلوولت، اولین مقدار استاندارد بزرگتر یا مساوی با ۱۸۹/۲۶ کیلوولت انتخاب می‌شود. براساس این جدول مقدار ولتاژ نامی اولیه برقگیر برابر خواهد بود با:

$$U_{R\circ} = 192\,kV$$

omoorepeyman.ir

گام سوم: انتخاب مشخصه‌های حفاظتی که برقگیر باید فراهم نماید

ـ تعیین سطوح استقامت عایقی تجهیزات بدون اصلاح شرایط جوی:

از اطلاعات طراحی:

$LIWL_{\circ T} = 950\,kV$ ترانسفورماتورها

$LIWL_{\circ e} = 1050\,kV$ سایر تجهیزات

با توجه به سطح ولتاژی مورد نظر، سطح استقامت عایقی تجهیزات و ترانسفورماتورها در برابر امواج کلیدزنی توسط سطح استقامت عایقی در برابر امواج صاعقه پوشش داده می‌شوند، لذا این سطوح استقامت عایقی در محاسبات وارد نمی‌گردند (رجوع کنید به پیوست ۲-۳).

ـ تعیین فاکتور تصحیح شرایط محیطی و تعیین مقادیر واقعی سطوح استقامت مورد نیاز:

با توجه به اطلاعات طراحی و همچنین مطالب مندرج در پیوست (۲-۴) می‌توان ضریب تصحیح شرایط محیطی را بدست آورد. لذا خواهیم داشت:

$$K_a = \frac{K_d}{K_h},\ K_h = 1,\ K_d = \frac{293}{273+t} = \frac{293}{273+40} = 0.9361$$
$$\Rightarrow K_a = 0.9361$$

به ازای این مقدار از ضریب تصحیح شرایط محیطی، مقادیر واقعی سطوح تحمل عایقی تجهیزات و ترانسفورماتورهای پست برابر خواهند بود با:

$LIWL_T = 889\,kV$ ترانس

$LIWL_e = 983\,kV$ سایر تجهیزات

ـ تعیین سطوح حفاظتی مورد نیاز برای ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات

با اعمال حواشی ایمنی مطابق با جدول (۲-۱) مقادیر سطوح حفاظتی مورد نیاز جهت تجهیزات و ترانسفورماتورها را می‌توان از رابطه (۲-۷) بدست آورد:

از جدول (۲-۱) مقدار $C_{PL} = 1.2$ انتخاب می‌گردد.

از معادله (۲-۷) داریم:

$$LIPL_T = \frac{LIWL_T}{C_{PL}} = \frac{889}{1.2} \approx 741kV$$

$\Rightarrow LIPL_T = 741kV$ برای ترانسفورماتورها

$\Rightarrow LIPL_e = \frac{983}{1.2} \approx 819\,kV$ برای سایر تجهیزات

omoorepeyman.ir

برآورد اثر فاصله برقگیر از تجهیز مورد حفاظت

در مورد برقگیرهایی که در مجاورت ترانسفورماتورها نصب گردیده‌اند، از اثر فاصله برقگیر به علت کوچک بودن فاصله صرفنظر می‌شود. در نتیجه برای این دسته از برقگیرها سطوح حفاظتی فراهم شده توسط برقگیر در ازای امواج ضربه صاعقه باید بزرگتر یا معادل با $LIPL_T$ یعنی ۷۴۱ کیلوولت باشد. اما در مورد سایر تجهیزاتی که از برقگیر فاصله دارند باید اثر فاصله از برقگیر را نیز لحاظ داشت.

با استفاده از معادله (۲-۹) می‌توان میزان سطح حفاظتی را که برقگیر باید جهت حفاظت از دورترین تجهیزات فراهم کند، بدست آورد. برای این منظور در این رابطه U را برابر سطح حفاظتی مورد نیاز واقعی دورترین تجهیز در برابر امواج صاعقه انتخاب می‌کنیم، یعنی U= ۸۱۹ KV. سپس از معادلات (۲-۹) و (۲-۱۰) و اطلاعات طراحی خواهیم داشت:

$$\text{از معادله (۲-۱۰)} \quad : S = \frac{U_R}{12} \times 100 = \frac{192}{12} \times 100 = 1600 \, {}^{kV}\!/_{\mu sec}$$

$$\text{از معادله (۲-۹) و اطلاعات طراحی} \quad : U_{res} = U - \frac{2 \times S \times L}{V}, \; V = 300 \frac{m}{\mu s}, \; L_A = 20m$$

$$\Rightarrow U_{res} = 819 - \frac{2 \times 1600 \times 20}{300} = 605.66 \, kV$$

با توجه به نتایج فوق و با صرفنظر کردن از اثر افت ولتاژ در هادیهای برقگیر، سطوح حفاظتی فراهم شده توسط برقگیرها باید بصورت زیر باشند:

$U_{PLT} \le 741kV$ سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه برای حفاظت ترانسفورماتور

$U_{PLe} \le 605.66kV$ سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه برای حفاظت دورترین تجهیزات

با توجه به حداکثر ولتاژ سیستم ($U_m = 245kV$) و جدول (۲-۴) این سطوح حفاظتی باید به ازای برقگیرهایی با جریان تخلیه نامی ۱۰کیلوآمپر برآورده شوند.

گام چهارم ـ انتخاب حداقل کلاس تخلیه اولیه

در این مرحله، با فرض اینکه به کاتالوگهای برقگیر دسترسی نداریم، می‌توان با استفاده از جدول (۲-۴) کلاس تخلیه اولیه‌ای برابر ۲ را انتخاب نمود.

گام پنجم ـ محاسبه ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر (W'_0) برای کلاس انتخابی

در این مرحله از طراحی در صورت عدم دسترسی به کاتالوگهای برقگیر می‌توان با استفاده از جدول (۲-۲) پیک جریان موج ضربه کلیدزنی را استخراج نمود و سپس با استفاده از این مقدار و جدول (۲-۳) مقدار تقریبی ولتاژ باقیمانده برقگیر در برابر این موج ضربه کلیدزنی را با توجه به کلاس انتخابی و ولتاژ سیستم به روش درونیابی بدست آورد.

۱۰۰۰A = پیک موج جریان کلیدزنی: از جدول (۲-۲)

omoorepeyman.ir

رابطه درونیابی

$$\frac{192-180}{228-180}=\frac{U_{PS}-382}{483-382}$$

$$\Rightarrow U_{PS}\approx 407kV=U_{res}$$

از جدول (۲-۳) به ازای کلاس تخلیه ۲ و جریان کلیدزنی یک کیلوآمپر

U_R	U_{PS}
180	382
192	U_{PS}
228	483

پس از مشخص شدن U_{res} می‌توان با استفاده از شکل (۲-۸) انرژی ویژه برقگیر (W'_0) را به صورت زیر بدست آورد.

کلاس تخلیه برابر 2 و $\frac{U_{res}}{U_{R0}}=\frac{407}{192}=2.12$: از شکل (۲-۸)

$$W'_0=1.95kJ/kV$$

گام ششم ـ برآورد ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر با توجه به مشخصات سیستم واقعی

در این مرحله، قابلیت جذب انرژی برقگیر به ازای پارامترهای سیستم واقعی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور با استفاده از اطلاعات طراحی و نتایج بدست آمده تا این مرحله می‌توان از معادله (۲-۱۴) انرژی جذب شده توسط برقگیر را بدست آورد:

$$W=\{(U_L-U_{PS})/Z_0\}\times U_{PS}\times 2T\times n \qquad (۱۴-۲)$$

مقادیر کمیتهای این رابطه عبارتند از:

$$Z_0=400\Omega,\ U_{PS}=407kV,\ n=1$$

$$T=\frac{L}{V}=\frac{360km}{0.3km/\mu s}=1200\mu sec$$

مقدار U_L که ماکزیمم اضافه ولتاژ پیش‌بینی شده در اثر کلیدزنی یا ولتاژ شارژ خط می‌باشد، می‌تواند بطور تقریبی از شکل (۲-۱۰) براساس اطلاعات سیستم (نوع اتصال نوترال، جبران‌سازی، نوع کلیدهای بکار رفته و غیره) و یا از جدول (۲-۵) تعیین گردد. با توجه به اینکه اطلاعات کاملی از وضعیت سیستم نداریم با استفاده از جدول (۲-۵) مقدار U_L را بصورت زیر تعیین می‌کنیم.

$$U_L=3PU=3\times\frac{U_m\sqrt{2}}{\sqrt{3}}=3\times\frac{245\times\sqrt{2}}{\sqrt{3}}kV$$

$$\Rightarrow U_L=600kV$$

با مشخص شدن U_L، از رابطه (۲-۱۴) خواهیم داشت:

$$W=\{(600-407)/400\}\times 407\times 2\times 1200$$

$$\Rightarrow W=471.3\ kJ$$

حال ظرفیت جذب انرژی ویژه برقگیر از رابطه (۲-۱۵) برابر است با:

$$W'=\frac{W}{U_R}=\frac{471.3}{192}$$

$$W'=2.454\ kJ/kV$$

چنانچه مقدار W' با W'_0 مقایسه گردد، مشخص می‌گردد که $W'>W'_0$ است و این بدان معنی است که برقگیرهای نصب شده در انتهای خطوط (در مدخل ورودی پست) قادر به جذب انرژی ناشی از کلیدزنی یا بار شارژ شده در خط نیستند. لذا طبق

omoorepeyman.ir

فلوچارت شکل (۲-۱) و مطالب ارائه شده در بخش (۲-۲-۵) ولتاژ نامی را یک پله افزایش می‌دهیم. U_R جدید با توجه به پله ولتاژی ۱۲ کیلوولت (به جدول ۱-۲ مراجعه نمائید) برابر خواهد بود با:

$$U_R = U_{Ro} + 12kV = 192 + 12$$
$$\Rightarrow U_R = 204\,kV$$

حال سطوح حفاظتی فراهم شده بوسیله این U_R جدید را به روش درونیابی از طریق جدول (۲-۳) تعیین می‌کنیم:

از جدول (۲-۳) به ازای جریان کلیدزنی یک کیلوآمپر و کلاس تخلیه ۲

U_R	U_{PS}
180	382
204	U_{PS}
228	483

$$\frac{204-180}{228-180} = \frac{U_{PS}-382}{483-382}$$
$$\Rightarrow U_{PS} = 432.5\ kV$$

از آنجایی که این سطح حفاظتی از سطح حفاظتی لازم برای ترانسفورماتورها و تجهیزات پایین‌تر است، مقدار U_R جدید سطوح حفاظتی قابل قبولی را فراهم می‌کند. لذا به بررسی ظرفیت جذب انرژی برقگیر در شرایط جدید می‌پردازیم. با انجام مراحل مشابهی از گام پنجم مقادیر زیر به ازای U_R جدید بدست می‌آیند:

$$\Rightarrow U_{PS} = U_{res} = 432.5kV$$

از شکل (۲-۸): $\frac{U_{res}}{U_R} = \frac{432.5}{204} = 2.11 \Rightarrow W'_0 = 1.97kJ/kV$

از معادله (۲-۱۴): $W = 434.66kJ \Rightarrow W' = 2.13kJ/kV$

در این حالت نیز $W' > W'_0$ است، لذا U_R را یک پله دیگر افزایش داده و مراحل فوق را دوباره تکرار می‌کنیم. نتایج حاصله به صورت زیر می‌باشد:

$$U_R = 216KV,\ U_{PL} = 568.5kV \le U_{PLT}, U_{ple}$$
$$\Rightarrow U_{PS} = 457.75kV \Rightarrow W'_0 = 1.98kJ/kV \Rightarrow W' = 1.8kJ/kV$$

با توجه به اینکه $W'_0 > W'$ است، آخرین ولتاژ نامی انتخابی را به همراه کلاس آن به عنوان پارامتر مشخصه برقگیر می‌پذیریم.

گام هفتم ـ تعیین ظرفیت سوپاپ اطمینان

با توجه به اینکه قدرت اتصال کوتاه در محل نصب برقگیرها مشخص نمی‌باشد از ظرفیت قطع کلیدها در ماکزیمم ولتاژ سیستم استفاده می‌کنیم. با توجه به اطلاعات مسئله این ظرفیت برابر ۴۰ کیلوآمپر می‌باشد. براین اساس برقگیر انتخابی باید مجهز به سوپاپ اطمینانی باشد که دارای کلاسی معادل با ۴۰ کیلوآمپر با مدت زمان استمرار ۰/۲ ثانیه باشد.

گام هشتم ـ تعیین استقامت عایقی محفظه برقگیر

براساس جدول (۲-۶) سطوح استقامت عایقی محفظه برقگیر به صورت زیر تعیین می‌گردند:

$$LIWL \ge 1.3\,U_{PL} \Rightarrow LIWL \ge 1.3 \times 568.5 \Rightarrow LIWL \ge 740kV$$
$$SIWL \ge 1.25\,U_{PS} \Rightarrow SIPL \ge 1.25 \times 457.75 \Rightarrow SIPL \ge 572kV$$

omoorepeyman.ir

گام نهم ـ تعیین طول فاصله خزشی محفظه برقگیر

با توجه به اطلاعات مسئله و جدول (۲-۷) طول فاصله خزشی محفظه برقگیر به صورت زیر تعیین می‌گردد:

میزان آلودگی براساس اطلاعات مسئله: سنگین

حداقل فاصله خزشی از جدول (۲-۷): ۲۵ mm/kV

$$\text{طول فاصله خزشی مقره محفظه برقگیر} \geq 25\frac{\text{mm}}{\text{kV}} \times U_m$$

$$\text{طول فاصله خزشی مقره محفظه برقگیر} \geq 6125\text{mm}$$

با توجه به اطلاعات بدست آمده، برای سیستم مورد نظر می‌توان از برقگیرهایی که شرایط زیر را فراهم آورند استفاده نمود:

$U_C \geq$ ۱۴۱/۴۵kV

$TOV_{10} \geq$ ۱۸۹/۲۶kV

$U_R =$ ۲۱۶kV

LIPL ≤ ۵۶۸/۵kV

SIPL ≤ ۴۵۷/۷۵kV

$W_0' \geq$ ۱/۸J / kV

۲= کلاس تخلیه خط

نتیجه‌گیری: سطح حفاظتی برقگیر بسیار مهم بوده و در صورتی که عددی بزرگتر انتخاب شود ممکن است این انتخاب درست نباشد و کلاس بالاتر تخلیه انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

پیوست (۲-۱): روش تعیین اضافه ولتاژهای موقت در شبکه

الف ـ اضافه ولتاژهای ناشی از اتصال زمین در شبکه

یکی از عوامل ایجاد اضافه ولتاژهای موقت در شبکه وقوع اتصالی‌های تک‌فاز در سیستم می‌باشد. دامنه و مدت زمان استمرار این نوع اضافه ولتاژها متأثر از نحوه زمین کردن شبکه، امپدانسهای توالی مختلف شبکه، امپدانس خطای زمین، وجود یا عدم وجود سیستم برطرف‌کننده اتوماتیک خطای زمین در شبکه و عوامل دیگر است.

اینگونه از اضافه ولتاژهای موقت شایع‌ترین نوع اضافه ولتاژها هستند. در سیستمهایی که نوترال آنها زمین شده است مدت زمان تداوم این اضافه ولتاژها عموماً کمتر از یک ثانیه است. سیستمهایی که نوترال آنها به وسیله امپدانس زمین شده است، دارای زمان رفع خطایی عموماً کمتر از ۱۰ ثانیه هستند. در سیستمهای بدون برطرف کننده خطای زمین این مدت زمان ممکن است چندین ساعت بطول انجامد.

در هر مکان مشخصی از شبکه سه‌فاز و برای یک آرایش مشخص از شبکه، نسبت حداکثر ولتاژ مؤثر فرکانس قدرت فاز به زمین در فاز سالم (در حین خطای تک فاز به زمین یا دو فاز به زمین) به مقدار ولتاژ مؤثر فرکانس قدرتی که در آن مکان ویژه در غیاب خطای زمین موجود است را ضریب اتصال زمین (K_e) تعریف می‌کنند.

ضریب اتصال زمین جهت تعیین اندازه اضافه ولتاژ موقت ظاهر شده در مکان مشخصی از سیستم (به جهت اتصال زمین) مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این معنی که اضافه ولتاژ موقت ظاهر شده در آن مکان برابر با حاصل ضرب ضریب اتصال زمین در ولتاژ مؤثر فاز به زمین قبل از خطا می‌باشد (مدت زمان رفع این خطا توسط سیستم حفاظتی شبکه تعیین می‌گردد).

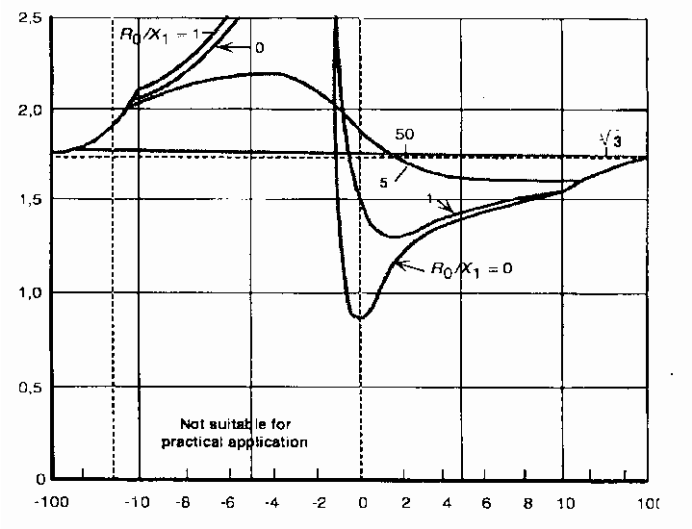
ضریب اتصال زمین با استفاده از امپدانسهای توالی مثبت (Z_1)، منفی (Z_2) و صفر (Z_0) سیستم و با در نظر گرفتن مقاومتی که از طریق آن اتصال زمین برقرار شده است (R) محاسبه می‌گردد.

در صورتی که شبکه به صورت امپدانسی زمین شده باشد، ضریب اتصال زمین ممکن است در نقاط دیگر بزرگتر از مقدار آن در محل وقوع اتصال زمین باشد. لذا باید در هنگام مطالعه اینگونه سیستمها این پدیده مورد بررسی قرار گیرد.

شکل (۲-۱۱) یک حالت کلی را نمایش می‌دهد که در آن $R_1 << X_1$ و $R = 0$ است. در این شکل، مقادیر بزرگ X_0 / X_1 برای سیستمهایی که به صورت امپدانسی زمین شده‌اند یا نوترال آنها ایزوله می‌باشد، به کار می‌رود. مقادیر مثبت و کوچک X_0 / X_1 برای سیستمهایی که نوترال آنها مستقیماً زمین شده است، معتبر خواهد بود.

مقادیر منفی و کوچک X_0 / X_1 که با هاشور مشخص شده‌اند، برای کاربردهای عملی جهت وضعیتهای تشدیدی مناسب نمی‌باشند.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱۱: ضریب اتصال زمین براساس X_0 / X_1 به ازای $R_1 << X_1$, R=0

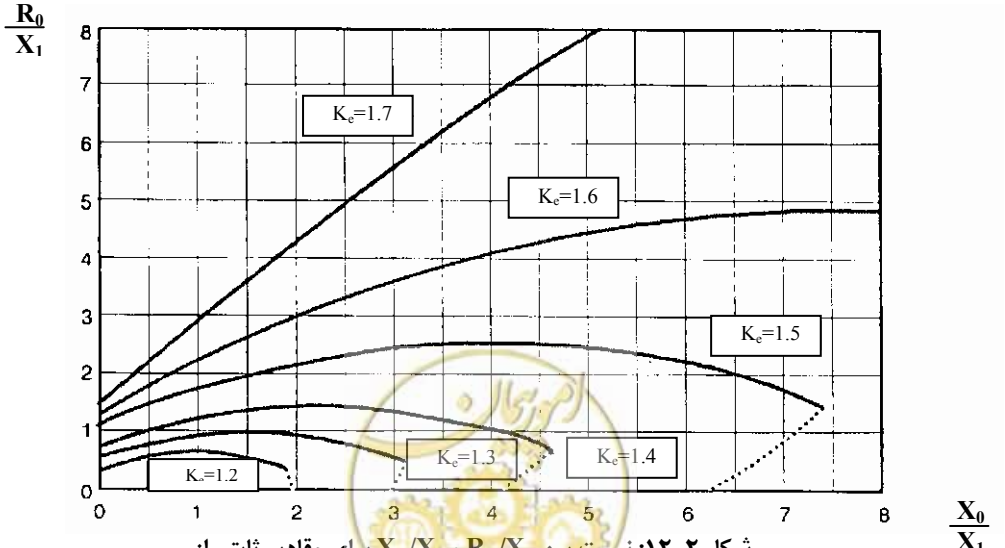
برای سیستمهایی که نوترال آنها زمین شده است، شکلهای (۲-۱۲) تا (۲-۱۵)، مقادیر ضریب اتصال زمین را به ازای مقادیر ویژه‌ای از R_1 / X_1 نشان می‌دهند. این منحنی‌ها برای مقادیر مقاومت اتصال به زمین مختلف، بزرگترین ضریب اتصال زمین را نتیجه می‌دهند.

برای نشان دادن شرایط بحرانی، منحنی‌ها به نواحی مختلفی تقسیم شده‌اند که از نمادگذاریهای زیر برای نشان دادن این نواحی استفاده گردیده است:

ـــــ ماکزیمم ولتاژ در حین خطای فاز به زمین در فازی اتفاق می‌افتد که نسبت به فاز خطا دیده پیش‌فاز بوده است.

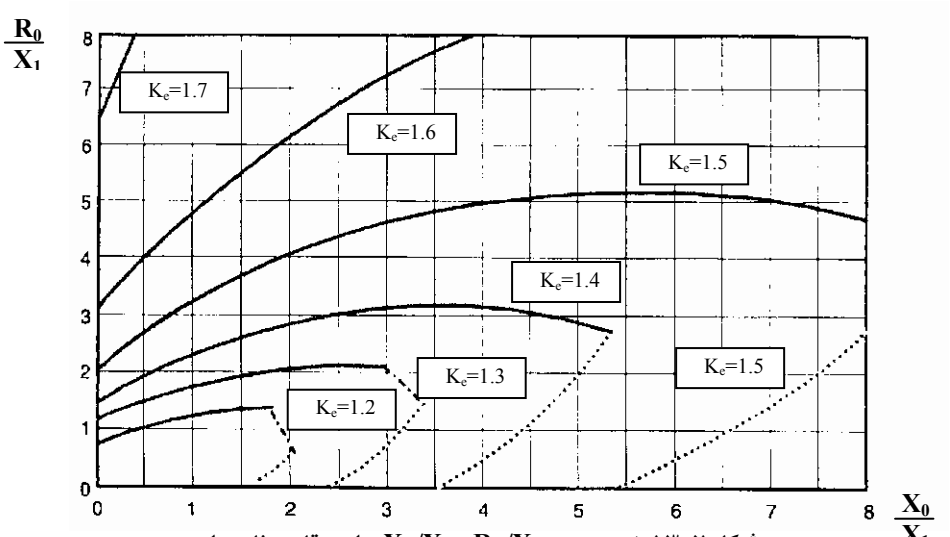
..... ماکزیمم ولتاژ در حین خطای فاز به زمین در فازی اتفاق می‌افتد که نسبت به فاز خطا دیده پس‌فاز بوده است.

ـــ ـــ ماکزیمم ولتاژ در حین خطای فاز به زمین در فازهای سالم اتفاق می‌افتد.

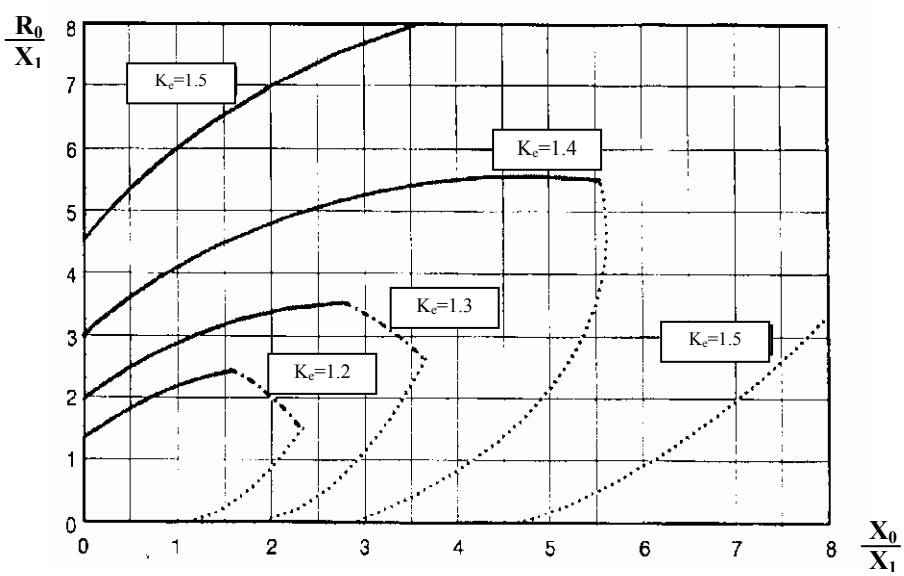


شکل ۲-۱۲: نسبت بین R_0/X_1 و X_0/X_1 برای مقادیر ثابتی از ضریب اتصال زمین که در آن $R_1=0$ است

omoorepeyman.ir

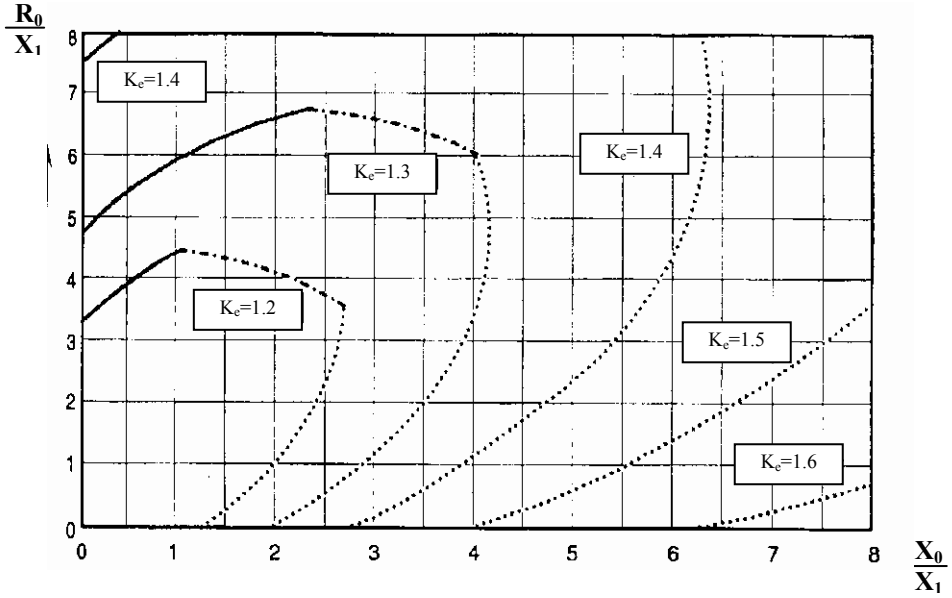


شکل ۲-۱۳: نسبت بین R_0/X_1 و X_0/X_1 برای مقادیر ثابتی از ضریب اتصال زمین که در آن $R_1=0.5\ X_1$ است



شکل ۲-۱٤: نسبت بین R_0/X_1 و X_0/X_1 برای مقادیر ثابتی از ضریب اتصال زمین که در آن $R_1 = X_1$ است

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱۵: نسبت بین R_0/X_1 و X_0/X_1 برای مقادیر ثابتی از ضریب اتصال زمین که در آن $R_1=2\ X_1$ است

حداکثر ضریب اتصال زمین برای شبکه‌های ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت ایران به شرح جدول زیر می‌باشد. شبکه‌هایی که در آن کلیه نقاط نوترال ترانسها مستقیماً به زمین متصل شده‌اند، به طور مؤثر زمین شده محسوب می‌گردند و شبکه‌هایی که در آنها تنها تعداد محدودی از ترانسها مستقیماً زمین شده‌اند و یا اینکه ترانسها از طریق مقاومت و راکتور به زمین متصل شده‌اند، به طور غیرمؤثر زمین‌شده محسوب می‌گردند.

جدول ۲-۸: ضرایب اتصال زمین برای شبکه‌های ایران

ولتاژ نامی سیستم (U_n) [kV]	حداکثر ولتاژ سیستم (U_m) [kV]	نحوه زمین‌شدن سیستم	ضریب اتصال زمین (K_e) پیشنهادی
۴۰۰	۴۲۰	بطور مؤثر	۱/۴
۲۳۰	۲۴۵	بطور مؤثر	۱/۴
۱۳۲	۱۴۵	بطور مؤثر	۱/۴
۶۳ و ۶۶	۷۲/۵	بطور مؤثر بطور غیر مؤثر	۱/۴ ۱/۷۳
۲۰	۲۴	بطور غیر موثر	۱/۷۳

ب - اضافه ولتاژهای ناشی از قطع بار[1]

پس از جداسازی بارها، ولتاژهای سمت منبع کلیدهای قدرت افزایش می‌یابند. اندازه اضافه ولتاژ بستگی به مشخصه بار جدا شده و قدرت اتصال کوتاه پست تغذیه دارد. اضافه ولتاژهای موقت در ترانسفورماتورهای نیروگاهی بسته به وضعیت مغناطیسی و شتاب گرفتن ژنراتور پس از قطع کامل بار دارای اندازه‌های نسبتاً بزرگی است. اندازه اضافه ولتاژهای ناشی از قطع بار معمولاً در طول مدت

1. Load rejection

omoorepeyman.ir

زمان استمرار آنها ثابت نمی‌ماند. محاسبات دقیق مستلزم در نظر گرفتن پارامترهای فراوانی است. ولتاژهای فاز به زمین بطور یکسانی افزایش پیدا می‌کنند و از این رو اضافه ولتاژهای فاز به زمین و فاز به فاز بطور نسبتاً یکسانی اتفاق می‌افتند. به علت اثر خازنی خطوط بلند بی‌بار[1] ولتاژ انتهای این خطوط می‌توانند در اثر قطع باری در انتهای آنها، افزایش چشم‌گیری داشته باشند.

مقادیر زیر را می‌توان جهت تعیین اضافه ولتاژهای ناشی از قطع بار مورد استفاده قرار داد:

ـ در شبکه‌های در حال توسعه[2] قطع کامل بار می‌تواند موجب اضافه ولتاژهای فاز به زمین با اندازه‌های معمولاً کمتر از ۱/۲ پریونیت گردد. مدت زمان استمرار این اضافه ولتاژها بستگی به عملکرد تجهیزات کنترل ولتاژ داشته و ممکن است تا چندین دقیقه طول بکشد.

ـ در شبکه‌های توسعه یافته [3]، پس از جداسازی کامل بار، اضافه ولتاژهای فاز به زمین ممکن است به مقدار ۱/۵ پریونیت و یا حتی بیشتر (هنگامی که اثر فرانتی یا رزونانس رخ دهند)، برسند. مدت زمان استمرار آنها ممکن است تا چند ثانیه باشد.

ج – سایر عوامل

در برخی از سیستمها لازم است عوامل زیر نیزکه می‌توانند منجر به اضافه ولتاژهای موقت گردند در نظر گرفته شوند:

- اثر رزونانس، مانند وقتی که خطوط بی‌بار طولانی باردار می‌گردند
- افزایش ولتاژ در طول خطوط بلند
- اضافه ولتاژهای هارمونیکی همانند زمانی که ترانسفورماتورها قطع و وصل می‌شوند
- قطع و وصل تک‌فاز ترانسفورماتور سه‌فاز با بار ثانویه نامتعادل

اضافه ولتاژهای ناشی از فرورزونانس نباید برای انتخاب برقگیر به عنوان مبنا در نظر گرفته شوند، اما آنها را باید بگونه‌ای کاهش داد.

- اثر فرانتی که ولتاژ ابتدای خط برابر است با ولتاژ انتهای خط تقسیم بر $(1+\frac{ZY}{2})$ محاسبه می‌شود. که $1+\frac{ZY}{2}$ برای خطوط بلند کوچکتر از یک بوده و با افزایش طول خط مقدار آن کاهش می‌یابد.

د – نمایش اضافه ولتاژهای موقت

وقتی که اندازه و مدت زمان استمرار اضافه ولتاژهای موقت مشخص گردید، یک نمایش مناسب برای نشان دادن اضافه ولتاژها آن است که بزرگترین اضافه ولتاژ را بعنوان دامنه اضافه ولتاژ موقت انتخاب نمود و مدت زمان استمرار آن را معادل با مجموع مدت زمانی گرفت که در آن دامنه‌های اضافه ولتاژهای موقت بیش از ۹۰٪ این مقدار هستند.

omoorepeyman.ir

1. Ferranti effect
2. Moderately Extended Systems
3. Extended Systems

پیوست (۲-۲): انتخاب ولتاژ نامی برقگیر با در نظر گرفتن TOV با فرکانسی متفاوت از فرکانس قدرت

عموماً منشأ TOV با فرکانسهایی متفاوت از فرکانس شبکه قدرت، شرایط رزونانس می‌باشد که در طراحی سیستم باید از آن اجتناب گردد. این گونه از اضافه ولتاژهای موقت تحت شرایط ویژه‌ای رخ داده و بنابراین معمولاً در هنگام انتخاب ولتاژ نامی برقگیر از آنها صرفنظر می‌گردد. به هر حال در شرایطی که مجبور به درنظر گرفتن آنها باشیم می‌توان از روش زیر استفاده نمود:

برای TOVهای با دامنه یکسان و مدت زمان استمرار متفاوت، نسبت میان انرژی‌های جذب شده(W_1 و W_2) در طی نیم سیکل از موجهای با فرکانسهای f_1 و f_2 برابر است با (رابطه ۲-۴):

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{T_1}{T_2} \qquad (۱۸-۲)$$

که در آن f_1 و f_2 فرکانس دو موج TOV است و T_1 و T_2 مدت زمان تداوم نیم سیکل از آنها می‌باشد. این رابطه نشان می‌دهد که برای یک دامنه یکسان از TOVها، مدت زمان تحمل برقگیر برحسب ثانیه یکسان و مستقل از فرکانس می‌باشد (این امر در صورتی صادق است که مدت زمان تداوم TOVها کمتر از ۱۰ ثانیه باشد).

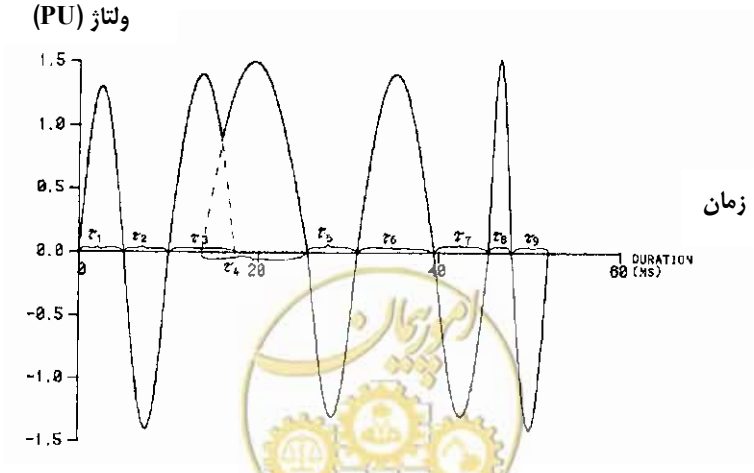
همانطور که در بخش (۲-۲-۲-۲) بدان اشاره گردید، اضافه ولتاژ موقت ۱۰ ثانیه (TOV_{10}) با فرکانس قدرت می‌بایستی به عنوان مبنای انتخاب ولتاژ نامی برقگیر محاسبه گردد. در صورتی که TOV با فرکانس متفاوت از فرکانس شبکه وجود داشته باشد، از روابط (۲-۶) و (۲-۱۸) می‌توان به TOV_{10} با فرکانس قدرت دست یافت. برای تشریح این روش به مثالی بسنده می‌شود:

TOVهای نشان داده شده در شکل (۲-۱۶) را در نظر بگیرید. در جدول (۲-۹) TOVها برای یک TOV معادل در فرکانس ۵۰ هرتز به ازای اندازه (۱/۵ پریونیت) و مدت زمان تداوم (۱۵/۳ میلی‌ثانیه) مجدداً محاسبه شده‌اند.

اضافه ولتاژ (TOV_{10}) با استفاده از معادله (۲-۶) برابر است با:

$$TOV_{10} = 1.5\left(\frac{0.0153}{10}\right)^{1/51} = 1.32\,PU$$

در نتیجه یک برقگیر با ولتاژ نامی معادل یا بزرگتر از ۱/۳۲ پریونیت باید انتخاب گردد (یا یک برقگیر با قابلیت، $TOV_{10} \geq 1.32PU$).



شکل ۲-۱۶: مثالی از TOV متشکل از چندین فرکانس مختلف متفاوت از فرکانس قدرت

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۹: نحوه محاسبه TOV_{10} ناشی از TOVهای با فرکانسی به غیر از فرکانس قدرت

مدت زمان تداوم TOVمعادل با دامنه PU ۱/۵ با میزان اتلاف انرژی یکسان [ms]	مدت زمان تداوم TOV معادل ۵۰ HZ با میزان اتلاف انرژی یکسان [ms]	تداوم زمانی $[T_i]$ [ms]	اضافه ولتاژ [PU]
۰/۰۰۳۴	۵/۰	۵/۰	۱/۳
۰/۱۴۸	۵/۰	۵/۰	۱/۴
۰/۲۲۲	۷/۵	۷/۵	۱/۴
۱۲/۰	۱۲/۰	۱۲/۰	۱/۵
۰/۰۰۳۷	۵/۵	۵/۵	۱/۳
۰/۲۵۲	۸/۵	۸/۵	۱/۴
۰/۰۰۴	۶/۰	۶/۰	۱/۳
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۱/۵
۰/۱۱۹	۴/۰	۴/۰	۱/۴
$\sum T$= ۱۵/۳m sec			

omoorepeyman.ir

پیوست (۲-۳): سطوح عایقی استاندارد

سطوح عایقی استاندارد براساس حداکثر ولتاژ سیستم (U_m) برای سطوح ولتاژی ۶۳ الی ۴۰۰ کیلوولت در جدول (۲-۱۰) نشان داده شده‌اند.

جدول ۲-۱۰: سطوح استقامت عایقی مطابق با استاندارد (IEC 60071-1)

ولتاژ نامی U_n[kV]	حداکثر ولتاژ سیستم U_m[kV]	سطح استقامت عایقی در برابر موج ضربه کلیدزنی استاندارد		سطح استقامت عایقی در برابر موج ضربه صاعقه استاندارد [kV_{Peak}]	ولتاژ استقامت کوتاه مدت فرکانس قدرت [kVr.m.s]
		فاز به زمین [kV_{Peak}]	فاز به فاز [kV_{Peak}]		
۶۳-۶۶	۷۲/۵	ـــــ	ـــــ	۳۲۵	۱۴۰
۱۳۲	۱۴۵	ـــــ	ـــــ	(۴۵۰)	(۱۸۵)
				۵۵۰	۲۳۰
				۶۵۰	۲۷۵
۲۳۰	۲۴۵	ـــــ	ـــــ	(۶۵۰)	(۲۷۵)
				(۷۵۰)	(۳۲۵)
				۸۵۰	۳۶۰
				۹۵۰	۳۹۵
				۱۰۵۰	۴۶۰
۴۰۰	۴۲۰	۸۵۰	۱۳۶۰	۱۱۷۵ یا ۱۰۵۰	ـــــ
		۹۵۰	۱۴۲۵	۱۳۰۰ یا ۱۱۷۵	
		۱۰۵۰	۱۵۷۵	۱۴۲۵ یا ۱۳۰۰	

* اعداد ستون اول مربوط به ولتاژهای متعارف شبکه برق ایران است.

توجه:

چنانچه ولتاژهای نشان داده شده در داخل پرانتزها استفاده گردند، ضروری است آزمایشاتی جهت اثبات استقامت عایقی فاز به زمین علاوه بر آزمونهای استقامت عایقی فاز به فاز انجام گیرد و فقط انجام آزمونهای فاز به فاز کافی نخواهد بود.

omoorepeyman.ir

پیوست (۲-٤): اثر شرایط محیطی بر استقامت الکتریکی عایقها [۱۰]

بدیهی است که عایقهای داخلی متأثر از شرایط محیطی نظیر رطوبت، فشار، آلودگی و درجه حرارت نبوده و لذا استقامت الکتریکی آنها را می‌توان برای شرایط مختلف آب و هوایی ثابت فرض کرد. برخلاف آن عایقهای خارجی از شرایط آب و هوایی تاثیر می‌پذیرند بطوری که:

- استقامت الکتریکی عایق با افزایش چگالی هوا (کاهش دما، کاهش ارتفاع از سطح دریا یا افزایش فشار هوا) بعلت کاهش فاصله مولکولهای هوا، افزایش می‌یابد (زیرا فاصله لازم برای شتاب گرفتن الکترونها و برخورد موثر آنها با اتمهای هم‌جوارشان کاهش می‌یابد).
- استقامت الکتریکی عایق با افزایش رطوبت هوا، بدلیل جذب شدن بارهای حامل توسط ذرات آب، افزایش می‌یابد. در صورت وجود رطوبت بالا یا مه و یا باران سبک، میزان کاهش استقامت عایقی افزایش می‌یابد.
- میزان بارندگی اثر قابل توجه‌ای در تقلیل ولتاژ شکست عایق در ولتاژهای فرکانس شبکه و اضافه ولتاژهای کلیدزنی دارد، ولی اثر آن در ولتاژهای شکست صاعقه نامحسوس است.
- آلودگی‌هایی که به دو صورت آلودگی ناشی از نمکها و آلودگی ناشی از دوده‌های صنعتی ظاهر می‌شوند، باعث کاهش استقامت عایقی سطوح خارجی در ولتاژهای با فرکانس شبکه می‌گردند (عامل تعیین‌کننده در طول خزشی مقره‌ها آلودگی منطقه است).

ضرایب تصحیح شرایط جوی:

شرایط استاندارد آب و هوایی بصورت زیر تعریف می‌شوند:

– درجه حرارت استاندارد (t_o) برابر ۲۰ درجه سانتیگراد

– فشار هوای استاندارد (b_o) برابر ۱۶۰ میلی‌متر جیوه (۱۰۱/۳ کیلوپاسکال)

– رطوبت مطلق استاندارد (h_o) برابر ۱۱ گرم بر متر مکعب

چنانچه U_0 ولتاژ آزمون در شرایط استاندارد (h_o, b_o, t_o) و U_a ولتاژ آزمون تحت شرایط مورد نظر(h, b, t) فرض شود، خواهیم داشت:

$$U_a = K_a U_0 \qquad (۱۹-۲)$$

در این رابطه K_a ضریب تصحیح شرایط جوی نامیده شده و مقدار آن توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$K_a = \frac{K_d}{K_h} \qquad (۲۰-۲)$$

K_d ضریب تصحیح چگالی هوا[1] و K_h ضریب تصحیح رطوبت هوا[2] بوده و مقدار آنها توسط روابط زیر داده می‌شود:

$$K_d = (\frac{b}{b})^m \ (\frac{273 + t_o}{273 + t})^n \qquad (۲۱-۲)$$

$$K_h = (K)^W \qquad (۲۲-۲)$$

1. Air density correction factor
2. Humidity correction factor

omoorepeyman.ir

در این روابط، m, n, w ثابتهایی هستند که مقادیر آنها از صفر تا یک تغییر کرده و تابع شکل موج ولتاژ، شکل الکترودها، پلاریته و طول فاصله هوایی[1] می‌باشند (به جدول (۲-۱۱) مراجعه نمائید).

K نیز ضریبی است که تابع شکل موج ولتاژ و رطوبت مطلق هوا است (شکل ۲-۱۷).

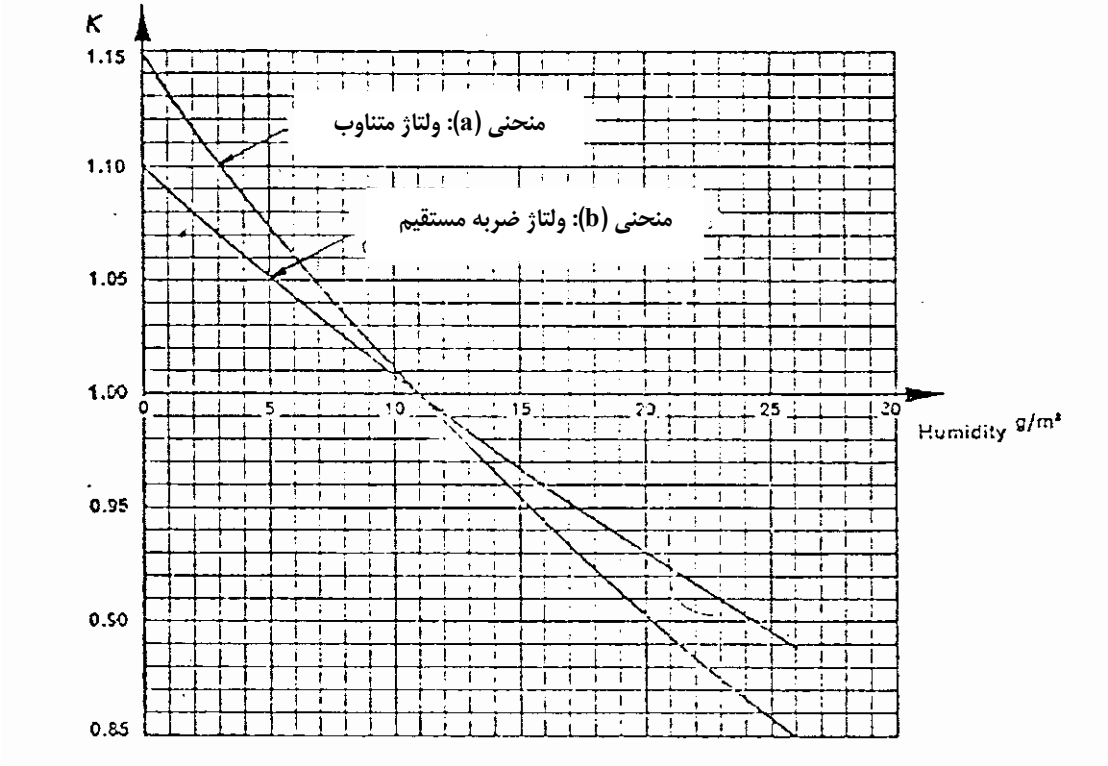
جدول ۲-۱۱: عوامل تأثیرگذار بر روی استقامت عایقی هوا

نوع ولتاژ	شکل الکترود	پلاریته	ضریب تصحیح چگالی هوا فاکتورهای n و m	فاکتور تصحیح رطوبت	
				فاکتور w	فاکتور K
موج ضربه صاعقه		+	۱	۰	شکل (۲-۱۷) منحنی (b)
		−		۰	
		+	۱	۱/۰	
		−		۰/۸	
		+	۱	۱/۰	
		−		۰	
موج ضربه کلیدزنی		+	۱	۰	شکل (۲-۱۷) منحنی (b)
		−		۰	
		+	شکل (۲-۱۸) *	شکل (۲-۱۸) *	
		−			
		+	شکل (۲-۱۸) *	شکل (۲-۱۸) *	
		−			

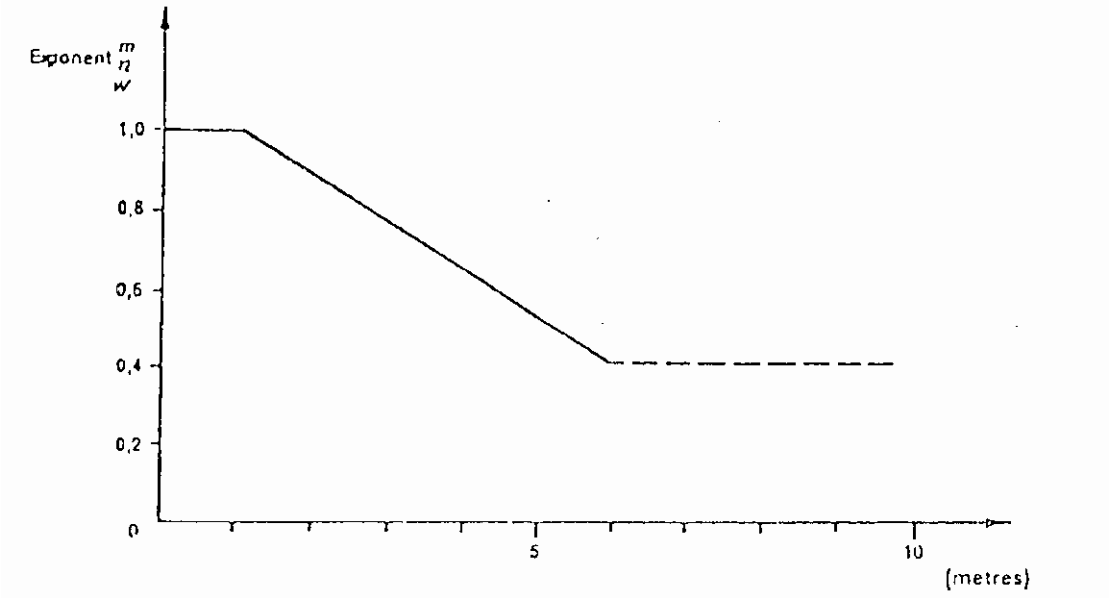
* در حال حاضر اطلاعات بسیار کمی در این زمینه موجود است و هیچ فاکتور تصحیحی پیشنهاد نمی‌شود.

omoorepeyman.ir

1. Gap spacing



شکل ۲-۱۷: فاکتور K برای جداول (۲-۱۱)



شکل ۲-۱۸: ضرایب m، n و w برای الکترودهای جدول (۲-۱۱) برحسب فاصله بین الکترودها

omoorepeyman.ir

در هنگام استفاده از این ضرایب باید نکات زیر را در نظر داشت:

نکته ۱: چنانچه m=n باشد خواهیم داشت:

$$K_d = \left[\left(\frac{b}{b_0}\right)\frac{(273+t_0)}{(273+t)}\right]^m = \delta^m \qquad (۲۳-۲)$$

در این رابطه δ چگالی نسبی هوا نامیده می‌شود:

$$\delta = \left(\frac{b}{b_0}\right)\left(\frac{273+t_0}{273+t}\right) \qquad (۲۴-۲)$$

نکته ۲: فشار هوا در یک نقطه، تابع ارتفاع آن نقطه، از سطح دریا (H) می‌باشد:

$$\frac{b}{b_0} = 10^{-H/18400} \qquad (۲۵-۲)$$

نکته ۳: چنانچه یک مقایسه نسبی میان ضرایب تصحیح درجه حرارت، فشار هوا (یا ارتفاع محل) و رطوبت هوا بعمل آوریم، می‌توان مشاهده نمود که در میان آنها ضریب تصحیح فشار هوا (یا ارتفاع محل) دارای اهمیت نسبی بیشتری است. از طرف دیگر به کاربردن سایر ضرایب، هرچند از دقت بیشتری برخوردار است، مشکلات خاص خود را بهمراه دارد (جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی، برآورد نامطلوب‌ترین شرایط آب و هوایی، برآورد فاصله بازه و ...).

چنانچه مطابق استاندارد شرایط نرمال در ارتفاع زیر ۱۰۰۰ متر فرض شود، می‌توان با تقریب قابل قبولی $\frac{b}{b_0}$ را از رابطه زیر بدست آورد.

$$\frac{b}{b_0} = 1 - \frac{A}{10} \qquad (۲۶-۲)$$

که در این رابطه A، ارتفاع محل از سطح دریا برحسب کیلومتر است.

با استفاده از معادله (۲-۲۶) و جایگزینی آن در معادله (۲-۲۱) خواهیم داشت:

$$K_d = \left(1 - \frac{A}{10}\right)^m \left(\frac{293}{273+t}\right)^m \qquad (۲۷-۲)$$

به طور کلی در محاسبات عایقی پستها می‌توان از روابط زیر برای یافتن ضرایب K_d و K_h استفاده نمود:

الف) برای امواج صاعقه:

$$K_d = (1 - A/10)(\frac{293}{273+t}) \qquad (۲۸-۲)$$

$$K_h = 1$$

ب) برای امواج کلیدزنی:

$$K_d = (1 - A/10)^{0.7}(\frac{293}{273+t})^{0.7} \qquad (۲۹-۲)$$

$$K_h = K^{0.7}$$

omoorepeyman.ir

پیوست (۲-۵): عملکرد سوپاپ اطمینان برقگیر

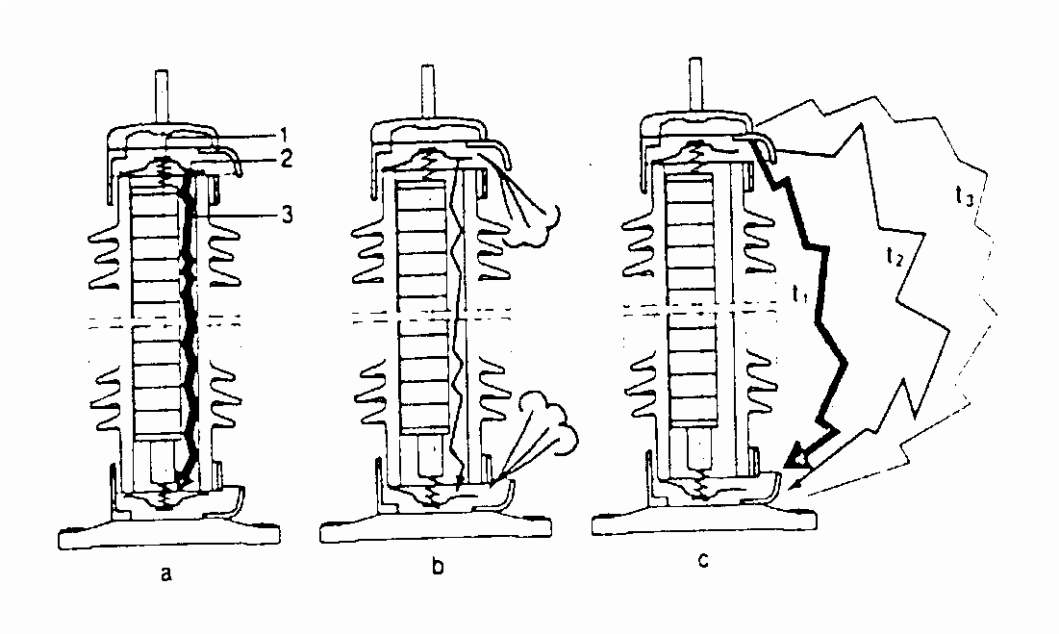
برای فراهم آوردن بهترین حفاظت ممکن، برقگیرها ترجیحاً در نزدیکی تجهیزات مورد حفاظت نصب می‌گردند تا فاصله انعکاس امواج و آثار ناشی از آنها تا حد امکان کاهش یابد. از طرف دیگر در انتخاب برقگیرها، انواع اضافه ولتاژهای موجود در شبکه درنظر قرار گرفته شده است. با وجود این، شرایط خیلی نادری وجود دارد که تحت آن شرایط ممکن است برقگیر با اضافه جریان مواجه شود. این قبیل اضافه جریانها می‌توانند موجب ناپایداری حرارتی و نهایتاً اتصالی شدن برقگیرگردند که به موجب آن گازهای داغ یونیزه شده‌ای با فشارهای بالا در داخل محفظه برقگیر ایجاد شده و ممکن است موجب منفجر شدن برقگیر گردند. در این حالت قطعات حاصل از انفجار برقگیر می‌توانند باعث صدمه دیدن تجهیزات و افراد پیرامون آن گردند. استفاده از سوپاپ اطمینان در برقگیر به منظور پرهیز از بروز چنین حوادثی می‌باشد. از این رو امروزه کلیه برقگیرهای مدرن به وسیله سوپاپ اطمینان مجهز شده‌اند. ظرفیت سوپاپ اطمینان برقگیر نشاندهنده قابلیت برقگیر برای هدایت ایمن جریان اتصال کوتاه سیستم در حالتی است که برقگیر در اثر اضافه بار معیوب شده است. طبق استاندارد برقگیرهای که با ظرفیت‌هایی ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوآمپر ساخته می‌شوند باید قادر به تحمل جریان اتصالی حداقل به مدت ۰/۲ ثانیه باشند، بدون آنکه منفجر شوند. در صورتی که سوپاپ اطمینان برقگیر در اثر یک اضافه جریان عمل کند، برقگیر از بین رفته است و باید تعویض گردد.

شکلهای (۲-۱۹) و (۲-۲۰) نحوه عملکرد مکانیزم سوپاپ اطمینان یک برقگیر را نشان می‌دهند. مطابق این شکلها کانال سوپاپ اطمینان به موازات ستونی از دیسکهای ZnO قرار گرفته است. وقتی برقگیر با اضافه بار مواجه می‌شود، قوسی در این کانال ایجاد شده و متعاقب آن اتصال کوتاه تکفاز به زمین در شبکه رخ می‌دهد. قوس به سرعت باعث افزایش درجه حرارت هوای کانال شده و بسته به شدت جریان اتصال کوتاه، در طی مدت زمان ۲ الی ۸ میکروثانیه فشار داخلی به حدی می‌رسد که سوپاپهای اطمینان در دو طرف برقگیر باز شده و گازهای داغ یونیزه به توسط دریچه‌های ویژه‌ای به سمت معینی از برقگیر هدایت می‌شوند و بلافاصله یک قوس الکتریکی در خارج چینی برقگیر ایجاد می‌شود. انتقال قوس از داخل برقگیر به خارج آن فشار داخل محفظه برقگیر را کاهش داده و از انفجار آن جلوگیری به عمل می‌آورد.

اتصال کوتاه در شبکه با فرمان قطع کلیدها دنبال می‌شود و چنانچه کلیدها به سیستم وصل مجدد[1] مجهز باشند، اعمال مجدد ولتاژ شبکه به برقگیر معیوب، باعث روشن شدن قوس خواهد شدکه در این حالت قوس خیلی سریعتر ایجاد می‌گردد. اما به علت باز بودن دریچه‌های اطمینان، فشار داخلی خیلی کمتر خواهد بود. چنانچه جریان اتصال کوتاه کوچک باشد، فرآیند قوس کندتر و دیرتر رخ می‌دهد. بنابراین احتمال افزایش درجه حرارت موضعی، باعث ایجاد شکافهایی در محفظه چینی و نهایتاً خرد شدن آن خواهد شد. آزمونها این نحوه معیوب شدن برقگیر را که در آن قطعات به اطراف پراکنده نشده و نمی‌توانند موجب خسارت به افراد و تجهیزات پیرامون گردند را مجاز می‌دانند. چنانچه زمان برقراری قوس افزایش یابد، ممکن است موجب سرایت قوس به سایر تجهیزات گردد. جریان اتصال کوتاه بسته به امپدانس سیستم و نحوه زمین شدن آن ممکن است کوچک یا بزرگ باشد. بنابراین قابلیت سوپاپ اطمینان باید هم توسط جریانهای کوچک و هم جریانهای بزرگ اثبات گردد.

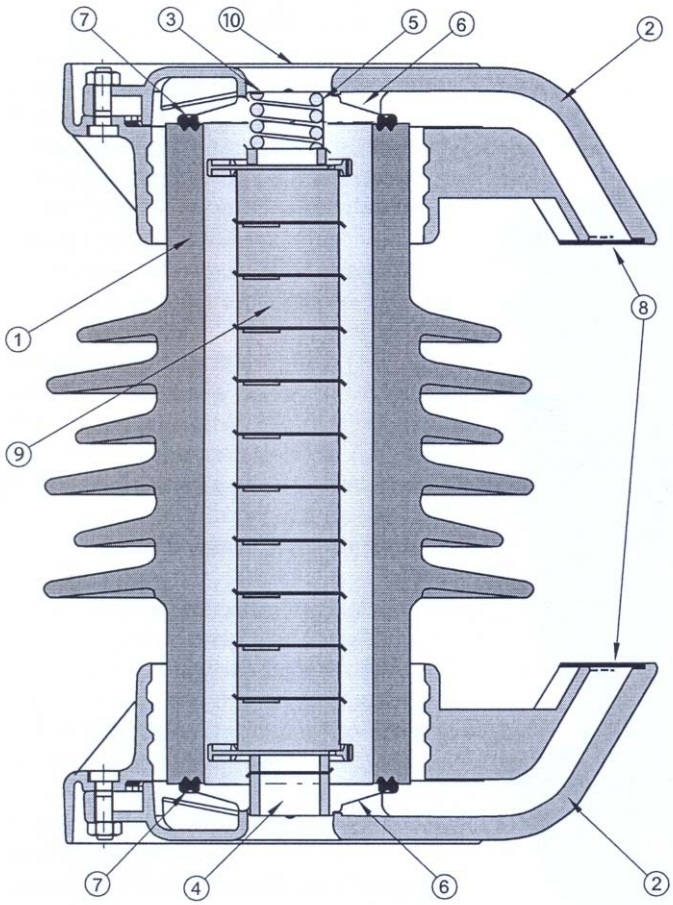
1. Auto recloser

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۱۹: نمایش شماتیک از عملکرد سوپاپ اطمینان برقگیر در مواقع اضافه بار شدن آن

omoorepeyman.ir

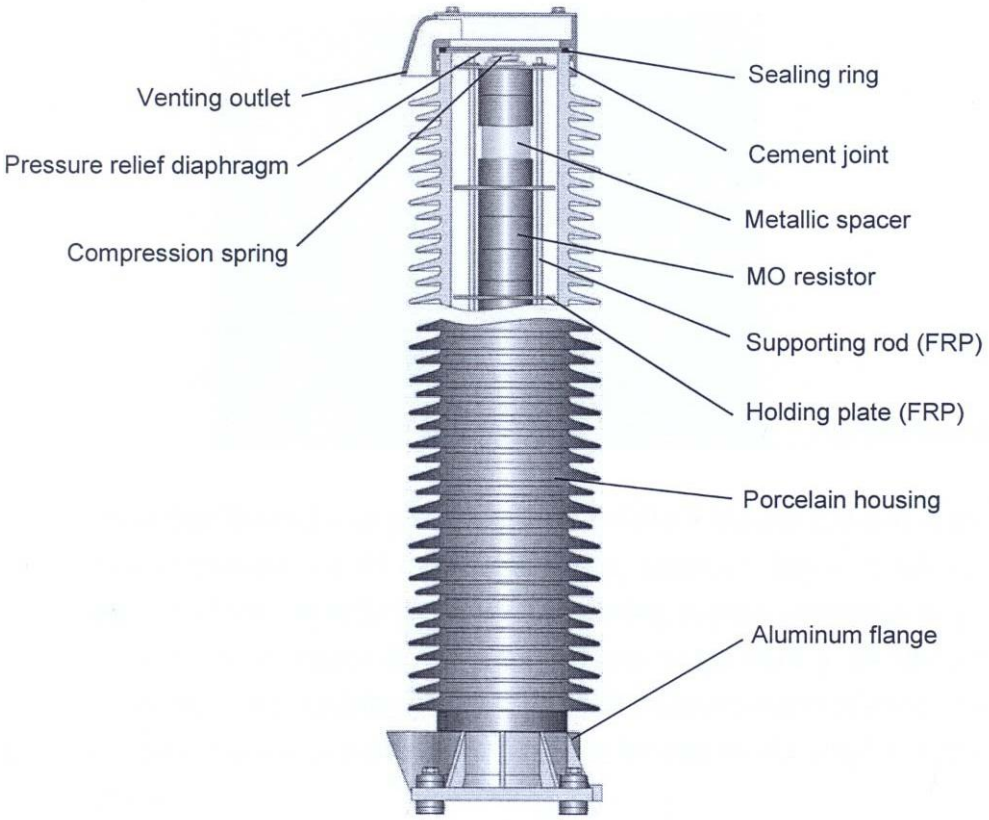


1	Porcelain insulator	6	Sealing cover
2	Venting duct	7	Sealing ring
3	Spring	8	Indication plates
4	Desiccant bag	9	ZnO-blocks
5	Copper sheet	10	Flange cover

شکل ۲-۲۰: برش شماتیکی از سوپاپ اطمینان نمونه‌ای یک برقگیر

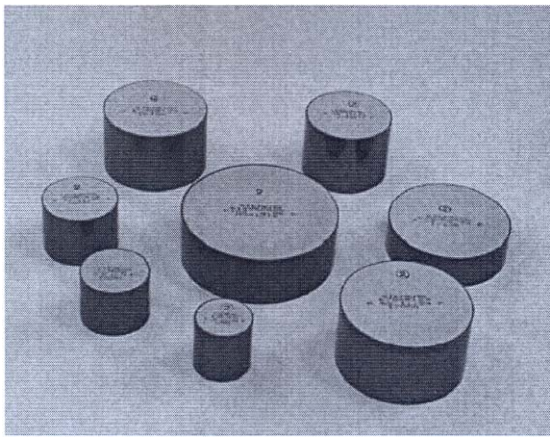
همچنین برش شماتیکی از برقگیر که در آن اجزاء مختلف نشان داده شده است در شکل (۲-۲۱) آورده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۲۱: برش شماتیکی از برقگیر

در شکل زیر نیز شکلی نمونه‌ای از انواع قرص‌های ZnO نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۲: شکل نمونه‌ای از انواع قرص‌های ZnO

زمانی که کلاس تخلیه خط معلوم باشد، به صورت خودکار قطر قرص‌های ZnO برقگیر مشخص می‌شود. جدول زیر جهت آشنایی اولیه و نمونه‌ای برای نحوه انتخاب و رابطه کلاس تخلیه و قطر قرص‌های ZnO آورده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱۲: رابطه بین کلاس تخلیه و قطر قرص‌های ZnO

قطر قرص‌های ZnO (برحسب میلی‌متر)	کلاس تخلیه خط
۵۰	۱ و ۲
۶۰	۲ و ۳
۷۰	۳ و ۴
۸۰	۴ و ۵
۱۰۰ (یا ۲ ردیف ۷۰ میلی‌متری به صورت موازی)	۵ و بالاتر

omoorepeyman.ir

فصل ۳

الزامات و آزمونها

omoorepeyman.ir

مقدمه

در این فصل نحوه انجام آزمونهای استاندارد برقگیرها، جهت حصول اطمینان از کار صحیح و مورد انتظار آنها تشریح می‌گردد.

۳-۱- الزامات عمومی

۳-۱-۱- دستگاه اندازه‌گیری و دقت[1]

دستگاه‌های اندازه‌گیری باید نیازمندیهای ارائه شده در IEC شماره ۳-۶۰۰۶۰ را برآورده سازند. دقت مقادیر بدست آمده می‌بایستی به منظور برآورده کردن شرایط آزمون مربوط به خود درحد قابل قبول باشد.

در کلیه آزمونهای با ولتاژهای فرکانس قدرت، به جز جاهایی که مستقیماً به آن اشاره می‌گردد، باید از ولتاژ متناوب با فرکانس بین ۴۸ تا ۶۲ هرتز و با شکل موج تقریباً سینوسی استفاده نمود.

۳-۱-۲- اندازه‌گیری‌های ولتاژ مبنا

در مواقع نیاز، ولتاژ مبنای یک برقگیر در جریان مبنای آن و بر روی واحدها و بخشهای برقگیر اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری باید در دمای محیط ۱۵±۲۰ درجه سانتیگراد انجام گیرد و این دما در موقع اندازه‌گیری باید ثبت گردد. به عنوان یک تقریب قابل قبول، مقدار پیک مؤلفه مقاومتی جریان می‌تواند متناظر با مقدار لحظه‌ای جریان در لحظه پیک ولتاژ در نظر گرفته شود.

۳-۱-۳- نمونه‌های آزمون

بجز موارد ویژه، کلیه آزمونها باید بر روی برقگیرها، بخشهای برقگیر یا واحدهای برقگیر یکسان صورت گیرند. آنها باید نو و تمیز بوده و کاملاً مونتاژ شوند (به عنوان مثال همراه با حلقه‌های یکنواخت‌کننده میدان در صورت استفاده شدن) به طوری که شرایط آزمون تا حد ممکن نزدیک به شرایط سرویس واقعی باشد.

وقتیکه آزمونها بر روی بخشها انجام می‌گیرند لازم است که آنها رفتار برقگیر کامل را با توجه به یک آزمون ویژه نشان دهند.

نمونه‌هایی که برای آزمون تخلیه خط و آزمون دوره کاری انتخاب می‌گردند باید دارای کمترین ولتاژ مبنا در محدوده تغییرات اعلام شده توسط سازنده باشند. علاوه بر این در مورد برقگیرهای چند ستونه بیشترین مقدار توزیع نامناسب جریان باید در نظر گرفته شود. بدین منظور موارد زیر می‌بایستی رعایت شوند:

ـ اگر نسبت ولتاژ نامی برقگیر کامل به ولتاژ نامی یک بخش برقگیر به صورت n تعریف گردد، حجم المانهای مقاومتی مورد استفاده به عنوان نمونه‌های آزمون نباید بزرگتر از حداقل حجم کلیه المانهای مقاومتی مورد استفاده در یک برقگیر کامل، تقسیم بر n باشد.

ـ ولتاژ مبنای بخش مورد آزمون باید معادل با KU_R/n باشد که در آن K نسبت میان حداقل ولتاژ مبنای یک برقگیر و ولتاژ نامی آن است. در حالتی که $U_{ref} > KU_R/n$ است، برای یک نمونه آزمون فراهم شده، فاکتور n باید مطابق آن کاهش یابد (در حالتی که

1. Measuring equipment and accuracy

omoorepeyman.ir

$U_{ref} < KU_R/n$ است برقگیر ممکن است انرژی زیادی جذب کند. بخشهایی از این نوع را تنها پس از کسب موافقت سازنده می‌توان مورد استفاده قرار داد).

ـ برای برقگیرهای چند ستونه، می‌بایستی توزیع جریان میان ستونهای برقگیر، برای موج ضربه جریان استفاده شده در آزمون توزیع جریان (رجوع کنید به بند ۳-۳) مشخص گردد. بیشترین مقدار جریان نباید بزرگتر از حداکثر حد مجاز مشخص شده توسط سازنده باشد.

۳-۲- آزمونهای نوعی

به منظور برخورداری برقگیر از کلیه مشخصات الکتریکی مورد نظر در طراحی نظیر ولتاژ نامی، ولتاژ باقی‌مانده، جریان تخلیه نامی، ظرفیت جذب انرژی، تحمل حرارتی و غیره، آزمونهای نوعی انجام می‌گیرند. به عبارت دیگر آزمونهای نوعی شامل آزمونهای متعدد به منظور اطمینان از کمیات نامی برقگیر می‌باشند. این آزمونها عبارتند از:

- آزمونهای تحمل عایقی: این آزمونها جهت اثبات توانایی محفظه برقگیر در تحمل تنشهای ولتاژی تحت شرایط مرطوب و خشک انجام می‌گیرند.
- آزمونهای ولتاژ باقیمانده: این آزمونها جهت اثبات سطوح حفاظتی برقگیر صورت می‌گیرند.
- آزمون تحمل موج ضربه جریان طولانی مدت. این آزمون جهت اثبات توانایی المانهای برقگیر در تحمل تنشهای عایقی و انرژی ممکنه بدون بروز قوس الکتریکی یا سوراخ شدن، انجام می‌گیرد.
- آزمونهای دوره کاری: این آزمونها جهت اثبات پایداری حرارتی برقگیر تحت شرایط مشخص اجرا می‌گردند.
- آزمون قطع‌کننده برقگیر: برای برقگیرهایی که مجهز به قطع‌کننده می‌باشند این آزمونها جهت اثبات عملکرد صحیح قطع‌کننده انجام می‌گیرد.
- آزمون دریچه اطمینان (برای برقگیرهایی که مجهز به این وسیله می‌باشند): این آزمون جهت اثبات توانایی محفظه برقگیر در تحمل جریانهای اتصال کوتاه بدون منفجر شدن محفظه، تحت شرایط مشخص صورت می‌گیرد.
- آزمون آلودگی مصنوعی: این آزمون نشان می‌دهد که آیا اجزای داخلی برقگیر شامل سیستم توزیع ولتاژ داخلی قادر هستند بدون هر گونه صدمه‌دیدگی آلودگی را تحمل کنند و در عین حال در عایق خارجی قوسی رخ ندهد یا خیر.
- آزمون تخلیه جزیی: این آزمون جهت اندازه‌گیری تخلیه‌های جزیی داخلی صورت می‌گیرد. (رجوع کنید به بند "ج" بخش ۳-۴-۲).
- آزمون توزیع جریان در برقگیرهای چند ستونه: این آزمون جهت تعیین جریان عبوری از هر ستون از مقاومتهای موازی وقتی‌که هیچگونه اتصال الکتریکی مابین ستونها وجود ندارد صورت می‌گیرد. (رجوع کنید به بند "هـ" بخش ۳-۴-۲).
- آزمون ممان خمشی: این آزمون جهت اثبات توانایی برقگیر در مقابل مقادیر بارهای خمشی ارائه شده توسط سازنده ارائه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

- برقگیرهایی که تنها در روشهای سوار شدن یا قرار گرفتن روی سازه نگهدارنده متفاوت هستند و در سایر موارد دارای اجزای یکسان و ساختمان مشابه‌اند، مشخصه‌های عملکرد یکسانی از لحاظ وضعیتهای اتلاف حرارت و اتمسفر داخلی دارا بوده و از اینرو به صورت یکسان در نظر گرفته می‌شوند.

۳-۲-۱- آزمونهای تحمل عایقی محفظه برقگیر

این آزمونها ظرفیت تحمل ولتاژی عایق محفظه خارجی برقگیر را اثبات می‌کنند. برای سایر طراحی‌ها، آزمون باید براساس توافق میان سازنده و خریدار صورت گیرد.

سطح خارجی قسمتهای عایقی باید کاملاً تمیز باشد. قسمتهای داخلی برداشته می‌شوند یا به گونه‌ای منتقل می‌شوند که امکان انجام این آزمونها فراهم گردد.

۳-۲-۱-۱- آزمونها بر روی محفظه یک واحد منفرد[1]

آزمونهای قابل اجرا بر روی محفظه برقگیر باید بر روی طولانی‌ترین محفظه برقگیر صورت گیرند. اگر این محفظه قادر به نشان دادن بیشترین تنش ولتاژی مشخص در واحد طول نباشد، آزمونهای اضافی دیگری باید بر روی محفظه واحدی که دارای بیشترین تنش ولتاژی مشخص است، صورت گیرد. به منظور فراهم کردن یک توزیع خطی برای ولتاژ در امتداد محور برقگیر، قسمتهای داخلی می‌تواند با یک آرایش معادل (مانند المانهای توزیع‌کننده میدان) جایگزین گردند.

۳-۲-۱-۲- شرایط محیطی در حین آزمونها

ولتاژی که در حین آزمون تحمل عایقی می‌بایستی به مقره اعمال شود، از حاصلضرب یک ولتاژ تحمل مشخص در ضریب تصحیح شرایط محیطی بدست می‌آید. این ضریب در واقع ترکیبی از دو ضریب مربوط به چگالی و رطوبت هوا در شرایط آزمون بوده که در پیوست (۲-۳) روش محاسبه آن آمده است. تصحیح مربوط به رطوبت هوا برای انجام آزمونهای خشک نباید انجام گیرد.

۳-۲-۱-۳- روش آزمون تحت شرایط مرطوب

عایق خارجی برقگیرهای بیرونی باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۶۰ تحت آزمونهای تحمل عایقی تحت شرایط مرطوب قرار گیرند.

۳-۲-۱-٤- آزمون ولتاژ موج ضربه صاعقه

برقگیرها باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۶۰ تحت آزمون ولتاژ موج ضربه صاعقه در شرایط خشک قرار گیرند. پانزده موج ضربه پی‌درپی در مقدار ولتاژ آزمون می‌بایستی برای هر پلاریته اعمال گردد. برقگیر با موفقیت آزمون را پشت سر گذاشته است، اگر هیچگونه تخلیه مخرب داخلی اتفاق نیفتد و اگر تعداد تخلیه‌های مخرب بیرونی بیش از دو مورد (در هر سری پانزده تایی از موج ضربه) نباشد. مقدار ولتاژ آزمون باید معادل با سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه ضربدر عدد ۱/۳ باشد.

1. Tests on individual unit housing

omoorepeyman.ir

اگر فاصله قوس‌زنی خشک[1] یا مجموع فواصل جزئی قوس‌زنی خشک[2] بزرگتر از مقدار ولتاژ آزمون تقسیم بر ۵۰۰ کیلوولت بر متر باشد این آزمون مورد نیاز نخواهد بود.

۳-۲-۱-۵- آزمون ولتاژ موج ضربه کلیدزنی

برقگیرهای ۱۰ و ۲۰ کیلوآمپر با ولتاژهای نامی ۲۰۰ کیلوولت و بالاتر باید مطابق با استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۶۰ تحت آزمون ولتاژ موج ضربه کلیدزنی قرار گیرند. برقگیرهای بیرونی باید در شرایط مرطوب و برقگیرهای داخلی باید در شرایط خشک مورد آزمون قرار گیرند.

پانزده موج ضربه پی‌درپی در مقدار ولتاژ آزمون باید برای هر پلاریته اعمال گردند. برقگیر با موفقیت آزمون را پشت سر گذاشته است، اگر هیچ گونه تخلیه مخرب داخلی صورت نگرفته باشد و اگر تعداد تخلیه‌های مخرب خارجی بیش از دو مورد (در هر سری پانزده تایی از موج ضربه) نباشد. ولتاژ آزمون باید معادل با سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی ضربدر عدد ۱/۲۵ باشد.

۳-۲-۱-٦- آزمون ولتاژ فرکانس قدرت

محفظه برقگیرهای بیرونی باید در شرایط مرطوب و محفظه برقگیرهای داخلی باید در شرایط خشک مورد آزمون واقع گردند.

محفظه برقگیرهای ۵ کیلوآمپر باید ولتاژ فرکانس قدرت با مقدار پیکی معادل با سطح حفاظت برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه ضربدر عدد ۰/۸۸ را برای مدت زمان تداوم یک دقیقه تحمل کنند.

محفظه برقگیرهای ۱۰ و ۲۰ کیلوآمپر با ولتاژهای نامی کمتر از ۲۰۰ کیلوولت باید ولتاژ فرکانس قدرت با مقدار پیکی معادل با سطح حفاظت برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی ضربدر عدد ۱/۰۶ را برای مدت زمان تداوم یک دقیقه تحمل کنند.

۳-۲-۲- آزمونهای ولتاژ باقیمانده

۳-۲-۲-۱- کلیات

هدف از آزمون نوعی ولتاژهای باقیمانده بدست آوردن حداکثر ولتاژهای باقیمانده برقگیر در ازای جریانها و شکل موجهای مشخص می‌باشد. این مقادیر، از داده‌های آزمون نوعی و حداکثر ولتاژ باقیمانده در یک جریان ضربه صاعقه مشخص که از آزمون جاری بدست آمده است حاصل می‌گردد. موج ضربه صاعقه می‌تواند در محدوده ۰/۰۱ تا ۲ برابر جریان تخلیه نامی (براساس روش انجام آزمون جاری انتخاب شده توسط سازنده) باشد.

حداکثر ولتاژ باقیمانده یک برقگیر در ازای هر جریان و شکل موج داده شده از طریق ضرب ولتاژ باقیمانده بخشهای مورد آزمون قرار گرفته در حین آزمونهای نوعی در ضریب مقیاس ویژه‌ای محاسبه می‌گردد. این ضریب مقیاس برابر با نسبت حداکثر ولتاژ باقیمانده اعلام شده از سوی سازنده (که در حین انجام آزمونهای جاری کنترل می‌گردد) به ولتاژ باقیمانده اندازه‌گیری شده بخشهای برقگیر در یک جریان و شکل موج مشابه می‌باشد.

omoorepeyman.ir

1. Dry arcing distance
2. Partial dry arcing distance

کلیه آزمونهای ولتاژ باقیمانده باید بر روی سه نمونه یکسان از برقگیرهای کامل یا بخشهای برقگیر انجام گیرند. زمان میان تخلیه‌ها باید مناسب باشد تا اینکه به نمونه‌ها اجازه داده شود که به دمای تقریبی محیط باز گردند. برای برقگیرهای چند ستونه، آزمون ممکن است بر روی بخشهای ساخته شده تنها از یک ستون صورت گیرد. ولتاژهای باقیمانده آنگاه به ازای جریانی معادل با مجموع جریانهای جاری شده در برقگیر کامل تقسیم بر تعداد ستونها اندازه‌گیری می‌شوند.

۳-۲-۲-۲- آزمون ولتاژ باقیمانده در ازای موج ضربه جریان با شیب تند

یک موج ضربه جریان با شیب تند با مقدار پیک معادل با جریان تخلیه نامی برقگیر (با ۵± درصد تلورانس) باید به هر یک از سه نمونه اعمال گردد. هر سه پیک ولتاژ باقیمانده باید ثبت شود. ولتاژهای باقیمانده براساس روش گفته شده در بند قبل تعیین می‌گردند. بالاترین مقدار به عنوان ولتاژ باقیمانده برقگیر در ازای موج ضربه جریان با شیب تند معرفی می‌گردد. پاسخهای زمانی T و T1 مدار اندازه‌گیری ولتاژ مورد استفاده باید بیش از ۲۰ نانوثانیه نباشند (به استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۰۶۰ رجوع کنید).

۳-۲-۲-۳- آزمون ولتاژ باقیمانده در ازای موج ضربه صاعقه

یک موج ضربه صاعقه باید به هر یک از سه نمونه و برای هر یک از سه مقدار پیک تقریبی ۰/۵، ۱ و ۲ برابر جریان تخلیه نامی برقگیر اعمال گردد. زمان پیشانی مجازی باید در محدوده ۷ تا ۹ میکروثانیه قرار گیرد در حالی که زمان تا نیم مقدار دم موج می‌تواند دارای هر مقدار تلورانسی باشد. ولتاژهای باقیمانده مطابق بند (۳-۲-۲-۱) تعیین می‌گردند. مقادیر حداکثر ولتاژهای باقیمانده بدست آمده باید در منحنی ولتاژ باقیمانده برحسب جریان تخلیه رسم شوند. ولتاژ باقیمانده‌ای که از روی این منحنی برحسب جریان تخلیه نامی خوانده می‌شود به عنوان سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه معرفی می‌گردد.

اگر آزمون جاری را نتوان بر روی برقگیر کامل در ازای یکی از جریانهای بالا انجام داد، آنگاه باید آزمونهای نوعی اضافه دیگری در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۲۵ جریان تخلیه نامی برای مقایسه با برقگیر کامل انجام گیرد.

۳-۲-۲-٤- آزمون ولتاژ باقیمانده در ازای موج ضربه کلیدزنی

یک موج ضربه کلیدزنی باید مطابق با جدول زیر به هر یک از سه نمونه با مقادیر پیک مشخص شده در این جدول با ۵± درصد تلورانس، اعمال گردد. ولتاژهای باقیمانده مطابق بند (۳-۲-۲-۱) تعیین می‌گردند. بزرگترین مقدار از این سه ولتاژ باقیمانده به عنوان ولتاژ باقیمانده موج ضربه کلیدزنی در جریان مربوطه معرفی می‌گردد. سطح حفاظتی برقگیر در برابر موج ضربه کلیدزنی به صورت حداکثر ولتاژ اندازه‌گیری شده در جریانهای مشخص شده در جدول (۳-۱) تعریف می‌گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۱: مقادیر پیک جریانهای مورد استفاده برای آزمون ولتاژ باقیمانده موج ضربه کلیدزنی

جریانهای پیک برحسب آمپر	کلاس برقگیر
۵۰۰,۲۰۰۰	۲۰ KA، کلاسهای تخلیه خط ۴-۵
۲۵۰,۱۰۰۰	۱۰ KA، کلاس تخلیه خط ۳
۱۲۵,۵۰۰	۱۰ KA، کلاسهای تخلیه خط ۱-۲

۳-۲-۳- آزمون تحمل موج ضربه جریان طولانی‌مدت

۳-۲-۳-۱- کلیات

قبل از انجام این آزمونها باید ولتاژ باقیمانده موج ضربه صاعقه در جریان تخلیه نامی هر یک از نمونه‌های آزمون اندازه‌گیری شوند.

هر آزمون موج ضربه جریان طولانی مدت باید بر روی سه نمونه جدید از برقگیرهای کامل، بخشهای برقگیر یا المانهای مقاومتی که قبلاً در معرض هیچگونه آزمونی قرار نگرفته‌اند (بجز موردی که در پاراگراف بالا بدان اشاره شد) انجام گیرد. مقاومتهای غیرخطی اکسید فلز ممکن است در حین انجام این آزمونها در معرض هوای آزاد با دمای ۱۵±۲۰ درجه سانتیگراد قرار گیرند.

هر آزمون موج ضربه جریان طولانی مدت باید شامل ۱۸ تخلیه بوده که به شش گروه متشکل از سه تخلیه تقسیم می‌شوند. فواصل زمانی میان اعمال موجهای ضربه باید۵۰ تا۶۰ ثانیه باشد و فاصله زمانی میان هر گروه از موج‌های ضربه باید به نحوی باشد که نمونه‌ها تا دمای نزدیک محیط خنک شوند.

در هنگام انجام آزمون جریان طولانی مدت و بعد از اینکه نمونه تا دمای نزدیک دمای محیط خنک شد آزمون‌های ولتاژ باقیمانده که قبل از انجام آزمون جریان طولانی مدت انجام شده‌اند مجدداً باید برای مقایسه با مقادیر بدست آمده قبل از آزمون، انجام گرفته و ولتاژهای باقیمانده نباید بیش از ۵ درصد تغییرات داشته باشند.

پس از انجام آزمون باید یک بررسی از نزدیک نیز بر روی نمونه‌ها صورت گیرد تا این اطمینان حاصل گردد که حوادثی از قبیل سوراخ شدن، قوس الکتریکی، ترک برداشتن یا صدمات قابل توجه دیگری بر روی مقاومتهای غیرخطی اکسید فلز صورت نگرفته باشد.

۳-۲-۳-۲- نیازمندیهای آزمون تخلیه خط برای برقگیرهای با جریان تخلیه نامی ۱۰ و ۲۰ کیلوآمپر

این آزمون برای شبیه‌سازی تخلیه بارهای الکتریکی یک خط نمونه (که بوسیله پارامترهای داده شده در جدول (۳-۲) تعریف می‌گردند) انجام می‌گیرد. این کار با اعمال موجهای ضربه جریان به نمونه آزمون صورت می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۲: پارامترها برای آزمون تخلیه خط در مورد برقگیرهای ۱۰kA و۲۰kA

ولتاژ شارژ خط U_L [kV]	مدت زمان مجازی تداوم پیک T [µs]	امپدانس موجی خط Z_0 (Ω)	کلاس تخلیه خط	جریان تخلیه نامی (A)
۳/۲ U_R	۲۰۰۰	۴/۹ U_R	۱	۱۰۰۰۰
۳/۲ U_R	۲۰۰۰	۲/۴ U_R	۲	۱۰۰۰۰
۲/۸ U_R	۲۴۰۰	۱/۳ U_R	۳	۱۰۰۰۰
۲/۶ U_R	۲۸۰۰	۰/۸ U_R	۴	۲۰۰۰۰
۲/۴ U_R	۳۲۰۰	۰/۵ U_R	۵	۲۰۰۰۰

با استفاده از پارامترهای جدول (۳-۲) و انرژی تزریق شده به نمونه آزمون (W)، از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$W = U_{res}.(U_L - U_{res}).(1/Z_0).T \qquad (۱-۳)$$

که در آن U_{res} کمترین مقدار ولتاژ باقیمانده موج ضربه کلیدزنی اندازه‌گیری شده از سه نمونه آزمون برای کمترین مقدار جریان جدول (۳-۱) می‌باشد.

آزمون می‌تواند بوسیله هر مولدی که نیازمندیهای زیر را برآورده سازد انجام گیرد:

ـ مدت زمان مجازی تداوم پیک موج ضربه جریان باید بین ۱۰۰ تا ۱۲۰ درصد مقدار مشخص شده در جدول (۳-۲) باشد.

ـ زمان مجازی کل تداوم موج ضربه جریان نباید بیش از ۱۵۰ درصد مدت زمان مجازی تداوم پیک باشد.

ـ نوسانات یا جهش‌های اولیه[1] نباید بیش از ۱۰ درصد مقدار پیک جریان باشند. اگر نوسانی اتفاق بیفتد، منحنی میانگین باید برای تعیین مقدار پیک رسم شود.

ـ مقدار انرژی برای هر موج ضربه در هر نمونه آزمون باید مابین ۹۰ تا ۱۱۰ درصد مقدار محاسبه شده در بالا برای اولین موج ضربه و بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ درصد این مقدار برای موجهای ضربه بعدی بدست آید.

مولد جریان می‌بایستی از نمونه آزمون در فاصله زمانی برابر با کل طول دوره زمانی مجازی موجهای ضربه جریان تا دو برابر این فاصله زمانی (پس از عبور جریان از نقطه صفر) جدا گردد.

نمونه‌ای از این مدار آزمون در پیوست ۳-۲ آمده است. باید توجه داشت که آزمون تحمل موج ضربه جریان طولانی مدت مطابق با بخش ۳-۴-۷ استاندارد IEC شماره ۴-۶۰۰۹۹ می‌بایستی انجام پذیرد.

۳-۲-٤- آزمونهای دوره کاری[2]

۳-۲-٤-۱- کلیات

آزمونهای دوره‌کاری آزمونهایی هستند که در آنها شرایط سرویس (بوسیله اعمال تعداد موج‌های ضربه مشخص به برقگیر همراه با برقدار بودن برقگیر توسط منبع تغذیه‌ای با ولتاژ و فرکانس مشخص) شبیه‌سازی می‌گردند. ولتاژ باید با میزان تلورانس یک درصد

1. Initial overshoot
2. Operation duty tests

omoorepeyman.ir

اندازه‌گیری شود و مقدار پیک آن مجاز نیست که از وضعیت بی‌باری تا بارداری بیش از یک درصد تغییر کند. نسبت مقدار پیک ولتاژ به مقدار مؤثر نباید از مقدار $\sqrt{2}$ به اندازه بیش از ۲ درصد تغییر کند. در حین انجام آزمونهای دوره‌کاری ولتاژ فرکانس قدرت نباید از مقادیر مشخص شده‌اش بیش از یک درصد تغییر کند.

نیاز اصلی برای گذراندن این آزمونها آن است که برقگیر نباید در حین اعمال ولتاژ فرکانس قدرت دچار ناپایداری حرارتی گردد. بنابراین ضروری است که بخشهای برقگیر مورد آزمون قرار گرفته، دارای توانایی جذب و مبادله انرژی حرارتی به دو صورت پایدار و گذرا، معادل یا کمتر از برقگیر کامل باشند.

مراحل انجام آزمون به شرح زیر می‌باشد:

- اندازه‌گیریهای اولیه قبل از شروع آزمونها.
- فراهم ساختن شرایط مناسب برای آزمونها.
- اعمال موجهای ضربه پیش‌بینی شده.
- اندازه‌گیری مجدد کمیات و مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر اولیه.

آزمون باید بر روی سه نمونه از برقگیرهای کامل یا بخشهای برقگیر در دمای محیط ۱۵±۲۰ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد. ولتاژ نامی نمونه‌های آزمون باید حداقل ۳ و حداکثر ۱۲ کیلوولت باشد.

برای برقگیرهایی که ولتاژ نامی آنها بیش از ۱۲ کیلوولت است معمولاً ضروری است که این آزمون به جهت تسهیل نمودن آزمون موجود بر روی بخشی از برقگیر انجام گیرد. بسیار مهم است که ولتاژ دو سر نمونه و جریان فرکانس قدرت عبوری از آن تا حد ممکن نزدیک به شرایط برقگیر کامل باشد.

پارامتر کلیدی برقگیر برای پشت‌سر گذاشتن آزمون دوره‌کاری، تلف توان مقاومتی برقگیر است. بنابراین آزمون دوره‌کاری باید بر روی مقاومتهای جدید در ولتاژهای آزمون افزایش داده شده U_C^* و U_R^* انجام گیرد که تلفات توان مشابه‌ای با مقاومتهای کارکرده[1] به ترتیب در ولتاژ کار دائم و ولتاژ نامی داشته باشند. این ولتاژهای آزمون افزایش یافته باید توسط روش کاهش عمر برقگیر[2] استخراج شوند.

ولتاژهای آزمون فرکانس قدرتی که به یک بخش برقگیر مورد آزمون اعمال می‌شوند باید ولتاژهای کار دائم و نامی برقگیر کامل تقسیم بر تعداد کل بخشهای مشابه برقگیر (n) باشند. این ولتاژها (U_{SC} معادل با U_C/n و U_{sR} معادل با U_R/n) سپس برای بدست آوردن ولتاژهای آزمون افزایش یافته (U_C^* و U_R^*) تصحیح می‌شوند.

توجه کنید که پیش‌گرم کردن المانها تا درجه حرارت ۳±۶۰ درجه سانتیگراد در طی آزمون که در شکلهای (۳-۱) و (۳-۲) مشخص شده‌اند، افزایش درجه حرارت المانها تحت تأثیر درجه حرارت محیط، تأثیر انرژی خورشید و آلودگی محیط در محفظه برقگیر در طی بهره‌برداری را پوشش می‌دهد.

omoorepeyman.ir

1. Aged resistors
2. Accelerated ageing procedure

۳-۲-٤-۲- آزمون کاهش عمر برقگیر

سه نمونه از مقاومتها باید در ولتاژی معادل با "حداکثر ولتاژ کار دائم تصحیح شده" [1] (U_{ct})، برای مدت زمان هزار ساعت تحت تنش قرار گیرند. همزمان دما باید کنترل شود به نحوی که دمای سطح مقاومت در ۴±۱۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شود. باید توجه نمود که آزمون کاهش عمر برقگیر می‌بایستی مطابق استاندارد IEC شماهر ۴-۶۰۰۹۴ انجام گیرد.

در حین انجام آزمون کاهش عمر، ستون مقاومت می‌بایستی در داخل مواد مشابه بکار رفته در داخل محفظه برقگیر قرار داده شود. در این حالت آزمون باید بر روی ستون مقاومت واقع در داخل محفظه بسته‌ای صورت گیرد که حجم محفظه به دو برابر حجم ستون مقاومت بالغ گشته و چگالی محیط محفظه نباید کمتر از چگالی محیط داخل برقگیر باشد.

نکات:

- اگر کارخانه سازنده بتواند ثابت کند که آزمون انجام گرفته در هوای آزاد معادل با نتایج بدست آمده در محیط واقعی است آنگاه می‌توان مراحل آزمون کاهش عمر برقگیر را در هوای آزاد انجام داد.
- اگر محیط اطراف ستون مقاومت داخل برقگیر جامد یا مایع باشد، روش اجرای آزمون کاهش عمر برقگیر باید با توافق سازنده و خریدار صورت گیرد.

ولتاژ اعمالی به برقگیر در این آزمون، "ماکزیمم ولتاژکار دائمی تصحیح شده" (U_{ct}) است که مقاومتها باید با در نظر گرفتن اثر عدم تعادل آن را تحمل کنند. این ولتاژ باید از فرمول زیر تعیین گردد:

$$U_{ct} = U_c(1 + 0.05L) \qquad (۲-۳)$$

که در آن L طول برقگیر برحسب متر است. اگر مقادیر کوچکتری از سوی سازنده ادعا شده باشد، آنها را باید با محاسبه یا اندازه‌گیری توزیع ولتاژ اثبات نمود.

از طرف دیگر اگر توزیع ولتاژ بر روی هر واحد از برقگیرهای چند واحدی بوسیله اندازه‌گیری یا محاسبه تعیین شود، رابطه (۳-۲) به واحدی که بیشترین تنش را دارد اعمال می‌گردد.

اگر از روشی متفاوت از رابطه فوق استفاده شود، جزئیات روش پذیرفته شده (برای تعیین توزیع ولتاژ) باید با توافق سازنده و خریدار و با در نظر گرفتن نحوه مونتاژ شدن برقگیر در سرویس صورت گیرد.

روش اجرای آزمون کاهش عمر برقگیر که در بالا توصیف گردید باید بر روی سه نمونه از المانهای مقاومتی با ولتاژ مبنای فراهم شده توسط نیازمندیهای بند (۳-۱-۳) انجام گیرد. ولتاژ فرکانس قدرت باید نیازمندیهایی را که جهت آزمون دوره کاری بیان گردید دارا باشد.

تعیین ولتاژهای کار دائم و نامی افزایش یافته

سه نمونه آزمون باید تا دمای ۴±۱۱۵ درجه سانتیگراد گرم شده و تلفات توان مقاومتی(P_{1ct}) باید پس از یک تا دو ساعت از اعمال ولتاژ U_{ct} اندازه‌گیری شوند. تلفات توان مقاومتی (P_{2ct}) باید پس از اعمال هزار ساعت (۱۰۰۰+۰ ساعت) ولتاژ به شکل پیوسته

1. Corrected maximum continuous operating voltage

Omoorepeyman.ir

بدون اینکه نمونه‌های آزمون بی‌برق شوند مجدداً اندازه‌گیری شود. در محدوده حرارتی مجاز، هر دو اندازه‌گیری باید در دمای یکسان (با یک درجه سانتیگراد تلورانس) انجام گیرند.

اگر P_{2ct} برابر یا کمتر از P_{1ct} باشد، U_{sc} و U_{sr} بدون هیچگونه تصحیحی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر P_{2ct} بزرگتر از P_{1ct} باشد، نسبت P_{2ct}/P_{1ct} برای هر یک از نمونه‌ها محاسبه می‌گردد. بزرگترین این سه نسبت K_{ct} نامیده می‌شود. برای سه مقاومت جدید در درجه حرارت محیط، تلفات توان مقاومتی P_{1c} و P_{1t} به ترتیب در ازای ولتاژهای U_{sc} و U_{sR} اندازه‌گیری می‌شوند. سپس، ولتاژها به نحوی افزایش می‌یابند که تلفات توان P_{2c} و P_{2r} روابط زیر را برآورده کنند:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct} \qquad (۳-۳)$$

$$\frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct} \qquad (۳-۴)$$

U_C^* و U_R^* بالاترین مقدار از سه ولتاژ افزایش یافته می‌باشند.

۳-۲-٤-۳- بررسی جذب و مبادله حرارت در نمونه‌های مورد آزمون

در آزمونهای دوره کاری، رفتار نمونه آزمون به شدت به توانایی نمونه در جذب و مبادله حرارت (یعنی به خنک شدن پس از تحت تنش قرار گرفتن بوسیله تخلیه یک موج) وابسته است. این بخش مطابق استاندارد IEC شماره ۴-۶۰۰۹۹ می‌بایستی انجام گیرد.

در نتیجه، در صورتی که قرار باشد اطلاعات صحیحی از آزمون بدست آید، نمونه‌های آزمون باید دارای قابلیت جذب و انتقال حرارت (در دو حالت مانا و گذرا) معادل با یک برقگیر کامل باشند. برای شرایط محیطی یکسان، مقاومتهای غیر خطی اکسید فلز در نمونه موجود و در برقگیر کامل، قاعدتاً هنگامی که در معرض تنشهای ولتاژی یکسانی قرار می‌گیرند باید به میزان دمای یکسانی برسند.

- نیازمندیهای یک بخش برقگیر

این قسمت مدل حرارتی یک بخش برقگیر را تشریح می‌کند و هنگامی که به تعادل حرارتی نیاز باشد می‌بایستی از آن پیروی نمود:

- مدل باید به صورت الکتریکی و حرارتی بخش بریده شده‌ای از قسمت مؤثر برقگیر مدل شده را نشان دهد.
- محفظه باید خواسته‌های زیر را برآورده سازد:
  - مواد باید مشابه مواد محفظه برقگیر باشند.
  - قطر داخلی باید با قطر داخلی محفظه برقگیر با حداکثر تلورانس ۵ درصد یکسان باشد.
  - جرم کل محفظه، نباید بیش از ۱۰ درصد بزرگتر از جرم متوسط محفظه بخش برقگیر مدل شده باشد.
  - محفظه باید به اندازه کافی بلند باشد تا اینکه بتواند بخش برقگیر را بپوشاند و مقدار عایق در دو انتها باید به گونه‌ای تنظیم شود که نیازمندیهای حرارتی که در پیوست (۳-۳) توصیف شده‌اند را برآورده سازد.
  - حداکثر اندازه هادی برای اتصالات الکتریکی داخل نمونه، سیم مسی به قطر۳ میلی‌متر است.

omoorepeyman.ir

۳-۲-٤-٤- آزمون دوره کاری موج ضربه کلیدزنی

این آزمون به برقگیرهای ۱۰کیلوآمپر با کلاس تخلیه خط ۲ و۳ و برقگیرهای ۲۰ کیلوآمپر با کلاس تخلیه خط ۴ و ۵ اعمال می‌گردند. روال کامل انجام آزمون در جدول (۳-۳) نشان داده شده است.

جدول ۳-۳: آزمون دوره کاری بر روی برقگیرهای ۱۰ کیلوآمپر کلاس تخلیه خط ۲ و ۳ و برقگیرهای ۲۰ کیلوآمپر کلاس تخلیه خط ٤ و ۵

اندازه‌گیری ولتاژ باقی‌مانده در جریان تخلیه نامی ۸/۲۰ میکرو ثانیه	اندازه‌گیری اولیه (کیفیت مقاومت)
فاصله زمانی دلخواه	
فراهم ساختن شرایط، شامل اعمال چهار گروه پنج تایی از موج ضربه جریان تخلیه نامی،۸/۲۰ میکرو ثانیه و اعمال همزمان ولتاژ فرکانس قدرتی معادل با ۱/۲ ولتاژ کار دائم U_c.	فراهم نمودن شرایط
فاصله زمانی دلخواه بین آزمایشها در دمای ۱۵±۲۵ درجه سانتیگراد.	
اعمال موج ضربه جریان بالا روی بخشها (موج ۱۰۰ کیلوآمپر ۴/۱۰ میکروثانیه).	
خنک شدن نمونه مورد آزمون تا دمای محیط.	
اعمال موج ضربه جریان بالا روی بخشها. (موج ۱۰۰ کیلوآمپر ۴/۱۰ میکروثانیه).	
ذخیره نمونه‌ها برای آزمونهای آتی.	
پیش گرم کردن تا دمای ۳±۶۰ درجه سانتیگراد.	آزمون دوره کاری موج ضربه کلیدزنی
اعمال موج ضربه جریان طولانی مدت.	
فاصله زمانی ۵۰ الی ۶۰ ثانیه.	
اعمال موج ضربه جریان طولانی‌مدت.	
حداقل فاصله زمانی کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه	
اعمال ولتاژ نامی افزایش یافته به مدت۱۰ ثانیه. (u^*_R)	
اعمال ولتاژ کار دائمی افزایش یافته به مدت ۳۰ دقیقه. (u^*_c)	
خنک کردن نمونه آزمون تا دمای محیط ۱۵±۲۰درجه سانتیگراد.	
اندازه‌گیری ولتاژ باقیمانده در جریان تخلیه نامی،۸/۲۰ میکروثانیه.	اندازه‌گیری مجدد و بررسی کیفیت مقاومتها
بازدید نزدیک از مقاومتها و بدنه داخلی و خارجی برقگیر.	

قبل از انجام آزمون، سطح حفاظتی (ولتاژ باقیمانده) برقگیر در برابر موج ضربه صاعقه در جریان تخلیه نامی هر یک از سه نمونه آزمون (المانهای مقاومتی) در درجه حرارت محیط تعیین می‌گردد. نمونه‌های آزمون باید به نحو مناسبی برای اطیمنان از پلاریته صحیح اعمالی در بندهای زیر، نشانه‌گذاری گردند.

omoorepeyman.ir

- فراهم ساختن شرایط

نمونه‌ها در ابتدا در معرض۲۰ موج ضربه جریان ۸/۲۰ میکرو ثانیه با مقداری پیکی معادل با جریان تخلیه نامی برقگیر قرار می‌گیرند. موجهای ضربه در حالی اعمال می‌گردند که نمونه مورد آزمون تحت ولتاژ فرکانس قدرت با دامنه ۱/۲ ولتاژکار دائم‌اش برقدار شده است. ۲۰ موج ضربه در چهار گروه متشکل از پنج موج ضربه اعمال می‌گردند. فاصله زمانی بین موجهای ضربه باید بین ۵۰ تا ۶۰ ثانیه و فاصله زمانی بین گروهها باید ۲۵ دقیقه تا ۳۰ دقیقه باشد. در فاصله بین گروههای موج ضربه، لازم نیست که نمونه مورد آزمون برقدار باشد. پلاریته موج ضربه باید با پلاریته نیم سیکل ولتاژ فرکانس قدرت در حین اعمال آن یکسان باشد و باید در ۱۵±۶۰ درجه الکتریکی قبل از وقوع پیک ولتاژ فرکانس قدرت اعمال گردد. این قسمت از آزمون می‌تواند بر روی المانهای مقاومتی در فضای باز با هوای راکد و در درجه حرارت ۱۵±۲۰ درجه سانتیگراد انجام گیرد.

قسمت دوم آزمون عبارت است از اعمال ۲ موج ضربه جریان بالای۱۰۰ کیلوآمپر، ۴/۱۰ میکروثانیه. مقدار پیک اندازه‌گیری شده موج ضربه جریان باید در داخل محدود ۹۰ تا ۱۱۰ درصد مقدار پیک مشخص شده قرار گیرد.

پس از این دوآزمون بخشها برای استفاده‌های آتی در آزمون دوره کاری کلیدزنی نگهداری می‌گردند.

ـ اعمال موجهای ضربه

در آغاز آزمون دوره کاری کلیدزنی، ابتدا نمونه‌ها را تا دمای ۳±۶۰ درجه سانتیگراد در حالیکه در دمای محیط ۱۵±۲۰ درجه سانتیگراد واقع می‌باشند، گرم می‌شوند. این کار پیش از اعمال دو موج ضربه جریان طولانی مدت صورت می‌گیرد.

اگر دمای بالاتری به علت آلودگی بالا یا شرایط سرویس غیرعادی لازم باشد، آنگاه ممکن است مقدار بالاتری از دما مورد توافق سازنده و خریدار قرار گیرد.

بخش برقگیر باید در معرض دو موج ضربه جریان طولانی مدت با مشخصاتی مطابق جدول (۳-۲) که با توجه به کلاس تخلیه آن انتخاب می‌گردد قرار گیرد. فاصله زمانی بین اعمال موجهای ضربه باید بین ۵۰ ثانیه تا ۶۰ ثانیه باشد. موجهای ضربه اعمالی در مرحله قبل و موجهای ضربه جریان طولانی مدت در این مرحله باید با پلاریته یکسانی اعمال گردند.

پس از اعمال دومین موج ضربه جریان طولانی مدت، بخش برقگیر باید از خط جدا شده و به منبع ولتاژ فرکانس قدرت متصل گردد. این کار باید هرچه سریعتر و در مدت زمانی کمتر از ۱۰۰ میکروثانیه پس از اعمال دومین موج ضربه انجام گیرد. ولتاژ نامی افزایش یافته و ولتاژ کار دائم افزایش یافته که مطابق با بند ۳-۲-۴-۲ تعیین گردیده‌اند، باید به ترتیب برای مدت زمان۱۰ ثانیه و ۳۰ دقیقه اعمال گردند تا ثابت شود که آیا نمونه مورد آزمون پایداری حرارتی خود را حفظ می‌کند یا اینکه دچار ناپایداری حرارتی می‌گردد.

نکته:

برای بازسازی شرایط سیستم واقعی، موج ضربه جریان دوم باید مادامیکه نمونه در ولتاژ نامی افزایش یافته برقدار شده است اعمال گردد، ۱۰۰ میکرو ثانیه تأخیر زمانی از نقطه نظر محدودیتهای عملی در مدار آزمون مجاز می‌باشد.

omoorepeyman.ir

اسیلوگراف‌ها باید ولتاژ دو سر نمونه آزمون و جریان عبوری از آن در هنگام اعمال موج ضربه جریان طولانی مدت دوم را ثبت نمایند. انرژی تلف شده در نمونه آزمون در حین اعمال موج ضربه دوم باید از طریق این اسیلوگرافهای ولتاژ و جریان تعیین گردد و مقدار آن باید در گزارش آزمون نوعی آورده شود. ولتاژ و جریان باید به طور پیوسته در حین اعمال ولتاژ فرکانس قدرت ثبت گردند.

دمای مقاومت اکسید فلز یا مؤلفه مقاومتی جریان یا توان تلف شده آن باید در حین اعمال ولتاژ فرکانس قدرت کنترل گردند تا مشخص گردد که آیا نمونه مورد آزمون، پایداری حرارتی خود را حفظ می‌کند یا اینکه دچار ناپایداری حرارتی می‌گردد.

در راستای تکمیل مراحل آزمون و پس از اینکه نمونه آزمون به گونه‌ای خنک شده که دمای آن نزدیک دمای محیط قرار گرفته است، آزمونهای ولتاژ باقیمانده که قبل از شروع توالی آزمون انجام شده بودند دوباره تکرار می‌گردند.

برقگیر به سلامت آزمون را پشت‌سر خواهد گذاشت اگر پایداری حرارتی رخ داده باشد، اگر میزان ولتاژ باقیمانده اندازه‌گیری شده قبل و بعد از انجام آزمون بیش از ۵ درصد تغییر نکرده باشد و اگر بازبینی ظاهری نمونه‌های آزمون آشکار کند که هیچگونه حادثه‌ای از قبیل سوراخ شدن، قوس الکتریکی یا ترک برداشتن در مقاومتهای اکسید فلز رخ نداده است.

۳-۲-٤-٥- بررسی پایداری حرارتی در آزمونهای دوره کاری

بخشهای برقگیری که در معرض آزمونهای دوره کاری قرار گرفته‌اند، هنگامی از نظر حرارتی پایدار بوده و به طور موفقیت‌آمیزی آزمون را پشت سر گذاشته است که پیک مؤلفه مقاومتی جریان نشتی یا تلفات توان یا دمای مقاومت در آنها به تدریج و در طول ۱۵ دقیقه از اعمال ولتاژ U_c^* (طبق روال نشان داده شده در جدول ۳-۳) کاهش یابد. توضیحات کاملتر مربوط به این بخش در پیوست C از استاندارد IEC شماره ۴-۶۰۰۹۹ آورده شده است.

پیک مؤلفه مقاومتی جریان نشتی به شدت به پایداری ولتاژ اعمالی و همچنین تغییر دمای محیط وابسته است. به همین دلیل در پاره‌ای از موارد تشخیص پایداری حرارتی برقگیر در انتهای مدت زمان اعمال ولتاژ U_c^* دشوار می‌باشد. در این صورت، مدت زمان اعمال ولتاژ U_c^* تا هنگام کاهش تدریجی و محسوس در جریان یا توان تلف شده یا دمای المانهای مقاومتی ادامه می‌یابد.

اگر افزایش در میزان جریان یا توان تلف شده یا درجه حرارت در طی ۳ ساعت از اعمال ولتاژ مشاهده نشود، بخش مورد آزمون از نظر حرارتی پایدار است.

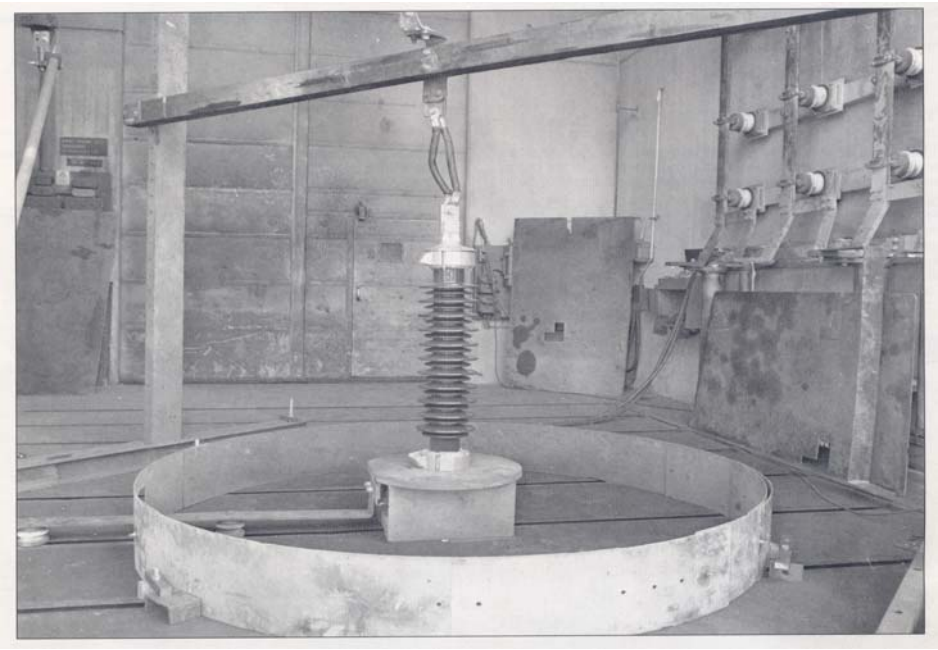
۳-۲-٥- آزمونهای مربوط به سوپاپ اطمینان

در صورتیکه برقگیر مجهز به وسیله سوپاپ اطمینان باشد، این وسیله باید به روشی که در ادامه خواهد آمد مورد آزمون قرار گیرد. هدف از انجام این آزمون، اطمینان از عدم انفجار محفظه برقگیر تحت شرایط بروز خطا در برقگیر می‌باشد. هر آزمون باید بر روی نمونه آزمونی که محفظه آن کاملاً نو و سالم است، انجام گیرد. یکی از این نمونه‌ها تحت آزمون جریان بالا و نمونه دیگر تحت آزمون جریان پایین، قرار می‌گیرد.

به منظور برقراری جریان در داخل برقگیر، کلیه المانهای غیرخطی را با استفاده از یک سیم فیوزی اتصال کوتاه می‌کنند. این سیم فیوزی باید در مدت زمانی معادل سی درجه الکتریکی از آغاز عبور جریان ذوب شود. سیم فیوزی که جهت اتصال کوتاه کردن المانهای مقاومت غیرخطی به کار می‌رود باید به صورت مارپیچ، اطراف مقاومتها و نزدیک سطح آنها پیچیده شود.

omoorepeyman.ir

نمونه آزمون باید به منظور شبیه‌سازی شرایط نصبی که مطابق با پیشنهادات سازنده است، سوار گردد. انتهای فوقانی باید به انتهای واحد دیگر یا ترمینال سرپوش[1] (هر کدام که برای سوپاپ اطمینان محدودیت بیشتری ایجاد می‌کند) منتهی گردد. پایه برقگیر باید بر روی یک سطح افقی ساخته شود. اطراف پایه برقگیر یک دیواره محاط دایراه‌ای شکل، هم مرکز با پایه نمونه آزمون، با ارتفاعی حداقل برابر ۳۰ سانتی‌متر قرارداده می‌شود (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱: نحوه انجام آزمون سوپاپ اطمینان برقگیر

قطر محفظه می‌بایستی برابر قطر نمونه بعلاوه دو برابر ارتفاع نمونه باشد(با حداقل قطر۱/۸ متر). نمونه آزمون را با موفقیت پشت سرگذاشته است اگر محفظه سالم باقی‌مانده یا در صورت شکستن قطعات آن از ناحیه مشخص شده خارج نشود.

۳-۲-۵-۱- آزمونهای جریان بالای سوپاپ اطمینان

برقگیر نمونه‌ای که برای آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرد باید از بین طراحی‌های مختلف مربوط به خود دارای بیشترین طول باشد، اما از لحاظ پارامترهای الکتریکی باید با برقگیرهای مشابه یکسان باشد.

قدرت اتصال کوتاه منبع تغذیه‌ای که جهت آزمون جریان بالا استفاده می‌گردد، باید به اندازه کافی بزرگ باشد به گونه‌ای که مقدار مؤثر مؤلفه a.c جریان آن نباید در مدت ۰/۲ ثانیه از زمان اتصال کوتاه شدن برقگیر با یک امپدانس ناچیز به ۷۵ درصد مقدار مشخص‌شده جریان تنزل پیدا کند.

ضریب توان مدار آزمون نباید بزرگتر از ۰/۱ باشد (نسبت X/R برابر با ۱۰ یا بیشتر).

در صورت امکان، آزمونها باید بر روی یک مدار تکفاز و در ولتاژی برابر با ۷۷ درصد ولتاژ نامی برقگیر (با صفر الی ۳۰ درصد افزایش مجاز) انجام پذیرند. با وجود این، انتظار می‌رود که امکان فراهم آوردن این چنین قدرتی برای انجام این آزمونها بر روی

1. Termind

omoorepeyman.ir

برقگیرهایی با ولتاژهای بالا، در ولتاژی برابر ۷۷ درصد ولتاژ نامی برقگیر امکان‌پذیر نباشد. بر این اساس دو روش جهت انجام آزمون جریان بالا در زیر تشریح می‌گردد.

نکته: *ولتاژ ۷۷ درصد برابر با اعمال ولتاژ به برقگیری است که ولتاژ نامی آن ۷۵ درصد ولتاژ فاز به فاز سیستم است (یعنی در محلی که ضریب زمین کردن آن برابر ۷۵ درصد است). در مورد محلهایی که ضریب زمین‌کردن آنها برابر ۸۰ یا ۱۰۰ درصد می‌باشد، ولتاژ فاز به زمین باید به ترتیب برابر ۷۲ یا ۵۸ درصد ولتاژ نامی برقگیر در نظر گرفته شود.*

آزمونها باید به منظور اثبات قابل قبول بودن یکی از کلاسهای سوپاپ اطمینان مشخص شده در جدول (۳-۴) انجام گیرند. در حین آزمون، باید به جریان اجازه داده شود که برای حداقل مدت زمان ۰/۲ ثانیه بر روی نمونه جاری شود، با این حال برای اندازه‌گیری جریان مورد انتظار در مدار وتنظیم مدار آزمون، زمانهای کوتاهتری را جهت انجام اینگونه مقاصد می‌توان در نظر گرفت.

جدول ۳-٤: نیازمندیهای آزمونهای سوپاپ اطمینان

کلاس سوپاپ اطمینان	کلاس برقگیر	حداقل جریان خطای متقارن پیش‌بینی‌شده A(r.m.s)
A	۱۰kAبا دوره کاری کم یا زیاد	۴۰۰۰۰
B	۱۰ kAبا دوره کاری کم یا زیاد	۲۰۰۰۰
C	۱۰ kAبا دوره کاری کم یا زیاد	۱۰۰۰۰
D	۵kA سریهای A یا B	۱۶۰۰۰
E	۵kA سریهای A یا B	۵۰۰۰

الف ـ آزمونهای جریان بالا در ۷۷ درصد ولتاژ نامی

در آغاز آزمون، جریان مورد انتظار باید با انجام آزمون بر روی برقگیری که با استفاده از یک سیم با امپدانس پایین اتصال کوتاه شده است، اندازه‌گیری نمود. پارامترهای مدار آزمون و زمان بسته‌شدن کلید باید به گونه‌ای باشد که مقدار مؤثر مؤلفه a.c جریان، معادل یا بزرگتر از مقدار اختصاص‌یافته برای هر کلاس مشخص از سوپاپ اطمینانی باشد. مقدار پیک جریان در اولین تناوب اصلی خود باید حداقل ۲/۵ برابر مقدار مؤثر مؤلفه a.c جریان باشد. پس از انجام این مرحله، سیمی که جهت اتصال کوتاه کردن برقگیر به کار رفته است برداشته شده و برقگیر نمونه با استفاده از پارامتر و زمان‌بندیهای مدار آزمون یکسانی تحت آزمون قرار می‌گیرد.

مقاومت قوس محدود شده به داخل برقگیر، مؤلفه a.c و مقدار پیک جریان را کاهش می‌دهد. این عامل، عدم اعتبار آزمون را به دنبال ندارد (چون آزمون، حداقل با ولتاژ عادی سیستم انجام گرفته و اثر روی جریان آزمون مشابه یک اتصال کوتاه در سیستم خواهد بود).

omoorepeyman.ir

ب ـ آزمونهای جریان بالا در ولتاژ نامی کمتر از ۷۷ درصد

هنگامی که آزمونها با استفاده از مدار آزمونی انجام می‌گیرند که ولتاژ آن به طور قابل محسوسی کمتر از ۷۷ درصد ولتاژ نامی نمونه آزمون است، مقاومت قوس داخلی در مقایسه با امپدانس مدار آزمون بسیار نامتناسب بوده، به گونه‌ای که مؤلفه a.c و مقدار پیک جریان ممکن است به طور چشمگیری کوچکتر از حالتی باشند که آزمون در ولتاژی برابر ۷۷ درصد ولتاژ نامی صورت گرفته است. از این رو ممکن است برای برقگیری با مقدار جریان مورد انتظار اعتبار صحیحی نباشد. به همین دلیل هنگامی که آزمونها تحت ولتاژی کمتر از ۷۷ درصد ولتاژ نامی برقگیر صورت می‌گیرند، مقدار پیک اولین تناوب اصلی جریان عبوری از برقگیر باید حداقل ۱/۷ برابر و علاوه بر آن مقدار مؤثر مؤلفه a.c باید حداقل معادل با مقدار مؤثر جریان پیش‌بینی شده انتخاب شده از طریق جدول (۳-۴) و برای کلاس سوپاپ اطمینان مربوط به خود باشد.

ضرورتی برای انجام آزمون پیش آماده‌سازی با اتصال کوتاه کردن برقگیر با یک سیم با امپدانس پایین نمی‌باشد، اما دقت فوق‌العاده‌ای باید در انتخاب پارامترهای مدار آزمون به جهت اثر مقاومت قوس داخلی که با طول و محدودیتهای قوس داخل محفظه برقگیر تغییر می‌کند صورت گیرد. این مسئله به ویژه هنگامی که ولتاژ مدار آزمون به طور محسوسی کمتر از ۷۷ درصد ولتاژ نامی برقگیر است ممکن است مستلزم افزایش جریان پیش‌بینی شده باشد. این بخش می‌بایستی مطابق با پیوست O از استاندارد IEC شماره ۴-۶۰۰۹۹ انجام گیرد.

۳-۲-۵-۲- آزمونهای جریان پایین سوپاپ اطمینان

برقگیر نمونه آزمون می‌تواند هر مشخصه نامی از یک سری برقگیر با یک نوع طراحی مشابه را داشته باشد و آزمون مقبول بودن کلیه برقگیرهای با مشخصه نامی مشابه را اثبات می‌نماید.

با ولتاژ مدار آزمونی معادل با ۷۷ درصد (۰-۳۰٪+) مشخصه نامی نمونه آزمون، پارامترهای مدار آزمون باید به گونه‌ای تنظیم شوند که جریان عبوری از برقگیر هنگامی که اندازه‌گیری در حدود ۰/۱ ثانیه پس از عبور جریان انجام می‌گیرد دارای مقدار مؤثری برابر ۲۰۰ ± ۶۰۰ آمپر باشد.

جریان باید تا هنگام باز شدن منافذ برقرار بوده و کاهش آن در حین آزمون نباید بیش از ۱۰ درصد مقدار اندازه‌گیری شده اولیه باشد.

۳-۳- آزمونهای جاری

حداقل نیازمندیها برای آزمونهای جاری که باید توسط کارخانه سازنده فراهم شوند عبارتند از:

الف – اندازه‌گیری ولتاژ مبنا (U_{ref}). مقادیر اندازه‌گیری شده باید در داخل محدوده مشخص شده توسط سازنده قرار گیرند.

ب – آزمون ولتاژ باقیمانده. آزمون ممکن است بر روی هر یک از برقگیرهای کامل، واحدهای برقگیر مونتاژ شده یا بر روی نمونه تشکیل شده از یک یا چند المان مقاومتی انجام گیرد. سازنده باید موج ضربه جریان صاعقه مناسبی را در محدوده بین ۰/۰۱ تا ۲ برابر جریان نامی مشخص نماید و در آن ولتاژ باقیمانده اندازه‌گیری شود. اگر اندازه‌گیری بر روی برقگیر کامل صورت نگیرد،

omoorepeyman.ir

ولتاژ باقیمانده برقگیر کامل بصورت مجموع ولتاژهای باقیمانده المانهای مقاومتی یا واحدهای برقگیر تعیین می‌گردد. ولتاژ باقیمانده برای برقگیر کامل نباید بزرگتر از مقدار مشخص شده بوسیله سازنده باشد.

ج – اطمینان از عدم بروز تخلیه‌های جزیی و نویز ناشی از تماس باید بر روی هر واحد، بوسیله روشی که توسط سازنده پذیرفته شده است حاصل گردد.

د – برای واحدهای برقگیر با محفظه آب‌بندی شده بررسی نشتی باید بر روی هر واحد بوسیله روشی که توسط سازنده پذیرفته شده است، انجام گیرد.

هـ – آزمون توزیع جریان برای برقگیرهای چند ستونه. این آزمون روی کلیه گروههای مقاومت‌های موازی انجام می‌گیرد. یک گروه از مقاومتهای موازی به معنی قسمت مونتاژ شده‌ای است که در آن هیچ اتصال الکتریکی بین ستونها بکار نرفته است.

سازنده باید موج ضربه جریان مناسبی (در محدوده ۰/۰۱تا ۱ برابر جریان تخلیه نامی) را که در آن مقدار جریان ضربه عبوری از هر ستون مقاومت اندازه‌گیری می‌شود را مشخص نماید. بیشترین مقدار جریان اندازه‌گیری شده نباید بزرگتر از حد بالای مشخص شده توسط سازنده باشد. موج ضربه جریان نباید دارای زمان مجازی پیشانی کمتر از ۷ میکروثانیه باشد در حالیکه زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج می‌تواند هر مقداری را دارا باشد.

نکته:

اگر ولتاژ نامی گروهی از مقاومتهای موازی در مقایسه با توانایی‌های دستگاه آزمون فراهم شده بزرگتر باشد، برای سهولت ولتاژ نامی آن گروه را می‌توان به وسیله به کاربردن اتصالات الکتریکی واسطه بین ستونهاکاهش داد و بنابراین چندین گروه ساختگی[1] از مقاومتهای موازی را مورد ارزیابی قرار داد. هر گروه ساختگی از این نوع، باید آزمون توزیع جریان مشخص شده را بگذراند.

۳-٤- آزمونهای پذیرش

۳-٤-۱- آزمونهای پذیرش استاندارد

وقتیکه خریدار در توافق‌نامه خرید خود آزمونهای پذیرش را مشخص می‌کند، آزمونهای زیر باید بر روی نزدیکترین تعداد به پایین‌ترین عدد حاصل از ریشه سوم تعداد کل برقگیرهای درخواست شده از سازنده انجام گیرد.

الف ـ اندازه‌گیری ولتاژ فرکانس قدرت بر روی برقگیر کامل در جریان مبنای اندازه‌گیری شده در انتهای برقگیر. مقدار اندازه‌گیری شده باید در داخل محدودهٔ مشخص شدهٔ سازنده قرار گیرد. برای برقگیرهای دارای چندین واحد این مقدار ممکن است از ولتاژ مبنای برقگیر فاصله داشته باشد.

ب ـ ولتاژ باقیمانده برقگیر کامل یا واحد برقگیر در ازای موج ضربه صاعقه (در صورت امکان در جریان تخلیه نامی و در غیر اینصورت در مقدار جریان انتخاب شده مطابق بند ۳-۲-۲). در این حالت زمان مجازی تا نیم مقدار دم موج خیلی مهم نبوده و نیازی به مطابقت با آن نیست. ولتاژ باقیمانده برقگیر کامل به صورت مجموع ولتاژهای باقیمانده واحدهای منفرد برقگیر در نظر گرفته می‌شود. ولتاژ باقیمانده برای برقگیر کامل نباید بزرگتر از مقدار مشخص شده توسط سازنده باشد.

1. Artificial

omoorepeyman.ir

ج - برای آزمون تخلیه جزیی، ولتاژ فرکانس قدرتی که به برقگیر کامل یا واحد برقگیر اعمال می‌شود باید تا ولتاژ نامی افزایش داده شود و سپس در کمتر از۱۰ ثانیه به ۱/۰۵ برابر ولتاژ کار دائم‌اش تقلیل یابد. در این ولتاژ سطح تخلیه جزئی می‌بایستی مطابق با استاندارد IEC شماره ۶۰۲۷۰ اندازه‌گیری گردد. مقدار اندازه‌گیری شده برای تخلیه‌های جزئی داخلی نباید بیش از ۵۰ پیکوکولن باشند. هرگونه جایگزینی در تعداد نمونه‌های آزمون و یا نوع آزمون، باید با توافق بین سازنده و خریدار صورت پذیرد.

۳-٤-۲- آزمون پایداری حرارتی ویژه

انجام آزمون فوق لازم است با توافق مجدد خریدار و سازنده قبل از آغاز مونتاژ برقگیر مشخص شود. این آزمون باید بر روی سه دسته از المانهای مقاومت غیرخطی مختلف صورت پذیرد. المانهای مقاومت غیرخطی که از خط تولید برداشته می‌شوند باید ابعاد و مشخصات المانهای به کار رفته در برقگیرهای تحویلی را داشته باشند.

آزمون شامل بخشی از آزمون دوره‌کاری مربوط به نوعی از برقگیر است که در جدول (۳-۳) نشان داده شده است.

دمای مقاومت اکسید فلز یا مؤلفه مقاومتی جریان یا توان تلف شده باید در حین اعمال ولتاژ فرکانس قدرت مورد بازبینی قرار گیرد تا پایداری حرارتی اثبات گردد. اگر پایداری حرارتی در هر سه نمونه اثبات گردد، آزمون با موفقیت انجام شده است. اگر یکی از نمونه‌ها از نظر حرارتی دچار ناپایداری گردد، توافقی بین کارخانه سازنده و خریدار به منظور انجام آزمونها بیشتر و یا عدم نیاز به تکرار آزمونها باید صورت گیرد.

جدول ۳-۵: آزمون پایداری حرارتی بر روی برقگیرهای ۱۰ کیلوآمپر کلاس تخلیه خط ۲ و ۳ و برقگیرهای ۲۰ کیلوآمپر کلاس تخلیه خط ٤ و ٥

پیش گرم نمودن تا دمای ۳۰±۶۰ درجه سانتیگراد
اعمال موج ضربه جریان طولانی‌مدت
فاصله زمانی ۵۰ الی ۶۰ ثانیه
اعمال موج ضربه جریان طولانی‌مدت
فاصله زمانی کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه
اعمال ولتاژ نامی افزایش یافته به مدت۱۰ ثانیه
اعمال ولتاژ کار دائم افزایش داده شده به مدت۳۰ دقیقه

۳-۵- روشی برای اثبات مشخصه ولتاژ فرکانس قدرت برحسب زمان برقگیر

در هنگام تحقیق آزمایشی منحنی ولتاژ فرکانس قدرت برحسب زمان برقگیری که از سوی سازنده ارائه شده است، براساس توافق بین کارخانه سازنده و خریدار، قسمت پایانی آزمون دوره‌کاری که در جدول (۳-۳) نشان داده شده است، باید با تصحیح سطح و مدت زمان اعمال ولتاژ فرکانس قدرت پیش از اعمال ولتاژ U_c' انجام گیرد. در نظرگرفتن سه نقطه از منحنی برای تحقیق مناسب خواهد بود.

omoorepeyman.ir

برای برقگیرهای ۱۰ کیلوآمپر با کلاسهای تخلیه خط ۲ و۳ و برقگیرهای ۲۰ کیلوآمپر با کلاسهای تخلیه خط ۴ و ۵، نمونه تا دمای ۳±۶۰ درجه سانتی‌گراد پیش گرم شده و دو موج ضربه جریان طولانی مدت به نمونه آزمون اعمال می‌گردند. مراحل انجام آزمون درجدول (۳-۶) نشان داده است.

جدول ۳-٦: روش اثبات مشخصه‌های ولتاژ فرکانس قدرت در ازای زمان یک برقگیر. آزمون بر روی برقگیرهای ۱۰ کیلوآمپر کلاس تخلیه ۲ و ۳ و برقگیرهای ۲۰کیلوآمپر کلاس تخلیه خط ٤ و ٥ انجام می‌گیرد.

نمونه تا دمای۳±۶۰ درجه سانتی‌گراد پیش گرم می‌شود.
موج ضربه جریان طولانی مدت اعمال می‌گردد.
یک فاصله زمانی ۵۰ تا ۶۰ ثانیه.
موج ضربه جریان طولانی مدت دوم اعمال می‌گردد.
یک فاصله زمانی کوتاه که کمتر از ۱۰۰میلی‌ثانیه است برای آماده‌سازی مدار آزمون جهت مرحله بعدی مجاز است.
ولتاژ و مدت زمان اظهار شده از سوی کارخانه سازنده اعمال می‌گردد.
ولتاژ کار دائم افزایش یافته U_c^* برای مدت زمان ۳۰ دقیقه اعمال می‌گردد.

omoorepeyman.ir

پیوست (۳-۱): آزمون آلودگی مصنوعی با توجه به تنشهای حرارتی واردشده بر روی محفظه چینی برقگیرهای اکسید فلز

۱- فهرست علائم اختصاری

۱-۱- کمیتهای اندازه‌گیری شده

q_z[c/hm] : متوسط بار خارجی جاری شده بر روی سطح مقره (محفظه) برقگیرها در هنگام بروز آلودگی در سرویس و مربوط به آلودگی پس از زمان t_z. این پارامتر برای طبقه‌بندی شدت آلودگی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

t_z[h] : مدت زمان تداوم پدیده آلودگی در سرویس.

Q_e[c] : بار جاری شده بر روی سطح واحدهای برقگیر در حین آزمون آلودگی.

Q_i[c] : بار جاری شده در مسیرهای داخلی واحدهای برقگیر در حین آزمون آلودگی.

ΔT_k[k] : افزایش دمای مربوط به واحد K ام برقگیر.

β[k/c] : نسبت میان افزایش دمای قسمتهای داخلی برقگیر و بار جاری شده داخلی مربوط به آن که در آزمون حرارتی مقدماتی تعیین می‌گردد.

τ [h] : ثابت زمانی حرارتی معادل برقگیر که در آزمون حرارتی مقدماتی مشخص می‌شود.

۱-۲-کمیتهای محاسباتی

D_m[m]: قطر متوسط محفظه برقگیر که مطابق با روشی که در استاندارد IEC شماره ۶۰۸۱۵ آمده است، محاسبه می‌شود.

Q_{tot}[c]: کل بار مربوط به برقگیر. مقدارآن معادل با مجموع Q_i وQ_e است. این کمیت در ترمینال زمین برقگیر اندازه‌گیری می‌شود.

ΔT_{ZMax} [k]: حداکثر افزایش دمای تئوری در سرویس که به صورت تابعی از β ، q_z، t_z، D_m و τ محاسبه می‌شود.

WU : عدم تعادل وزن داده شده برقگیر که به صورت تابعی از مشخصه‌های الکتریکی و هندسی هر واحد برقگیر محاسبه می‌گردد. این پارامتر برای انتخاب کلیدی‌ترین شاخص طراحی جهت آزمون آلودگی بکار می‌رود.

K_{ie} : نسبت بین حداکثر بار خارجی و حداکثر بار داخلی جاری شده در واحدهای برقگیر در حین آزمون آلودگی.

Δt_z[k] : افزایش دمای مورد انتظار در سرویس که به صورت تابعی از β ، q_z، t_z، D_m، K_i و τ محاسبه می‌گردد.

TOD[°C] : دمای شروع که برای آزمون دوره کاری استفاده می‌گردد.

omoorepeyman.ir

۲- کلیات

آلودگی بر روی عایق خارجی برقگیر اکسید فلز باید به دلایل زیر در نظر گرفته شود:

- احتمال بروز قوس الکتریکی خارجی.
- تخلیه‌های جزئی در داخل برقگیر به جهت میدانهای شعاعی میان سطح خارجی و المانهای فعال داخلی.
- افزایش دمای المانهای فعال داخلی به جهت افزایش خاصیت غیرخطی و ولتاژ گذرای ایجاد شده بوسیله لایه آلودگی بر روی سطح محفظه برقگیر.

این پیوست تنها اثر سوم را در نظر می‌گیرد.

آزمونهای آزمایشگاهی و تجارب موجود نشان داده‌اند که گرم شدن قسمتهای فعال داخلی برقگیر تحت شرایط آلودگی با بار جذب شده مرتبط است. بنابراین این پارامتر می‌بایستی در ارزیابی عملکرد آلودگی برقگیرها در نظر گرفته شود.

طبقه‌بندی شدت آلودگی مناطق با در نظر گرفتن متوسط بار خارجی جاری‌شده بر روی سطح مقره‌های مختلف و برقگیرها انجام می‌گیرد.

روش تشریح شده در این پیوست تنها به آن دسته از برقگیرها مربوط می‌شود که دارای محفظه‌ای از جنس چینی[1] هستند.

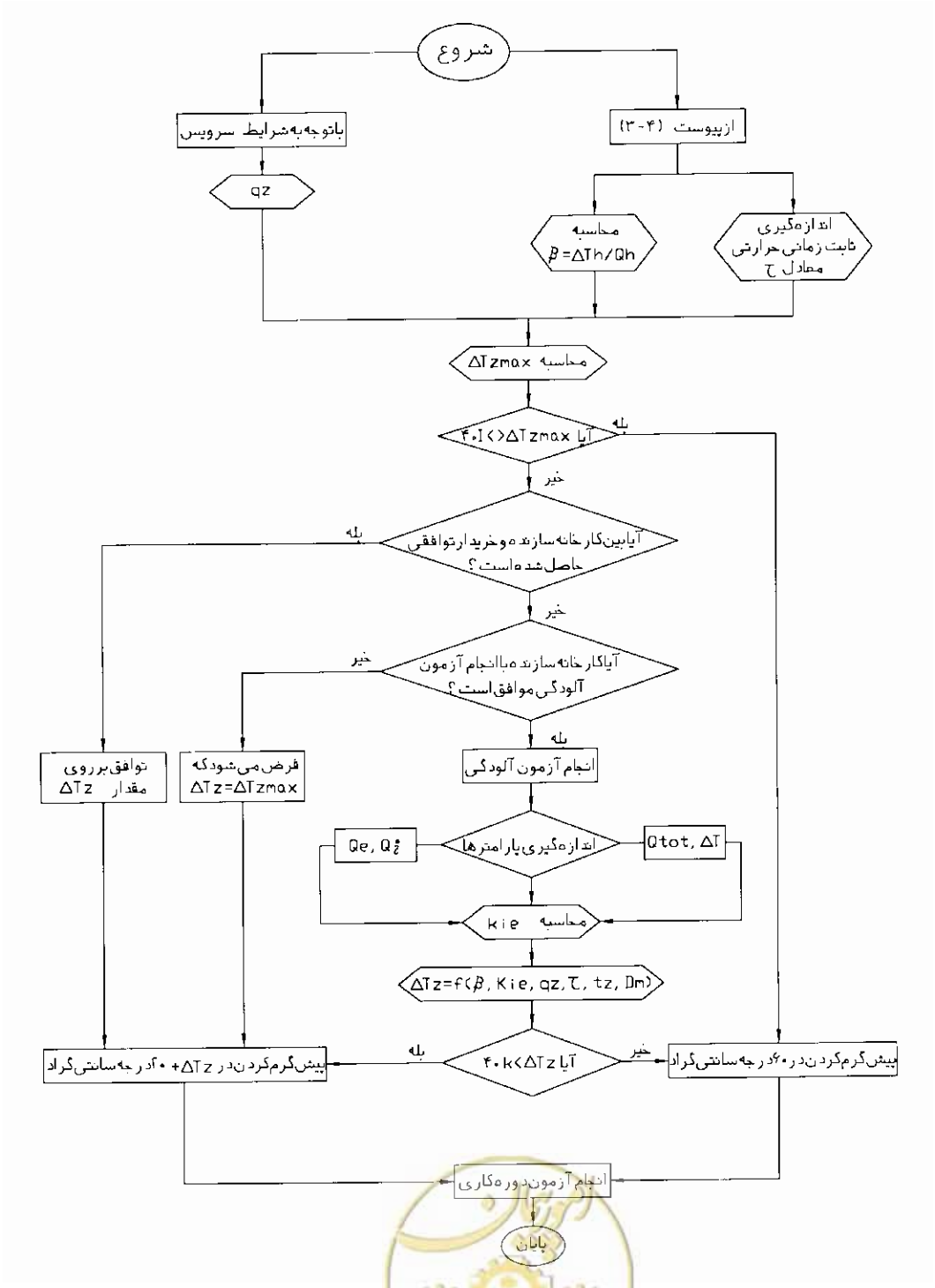
این پیوست روشی را برای پیش گرم کردن نمونه آزمون قبل از انجام آزمون دوره کاری با در نظر گرفتن اثر گرمایش آلودگی مشخص می‌سازد. این روش به طور سیستماتیک در فلوچارت شکل (۳-۲) نشان داده شده است. به طور مشخص:

- شدت آلودگی نقاط نمونه مختلف برحسب q_Z بیان می‌گردد. اطلاعات مربوطه در جدول (۳-۴) داده شده‌اند.
- مشخصه‌های حرارتی برقگیر مطابق با روش اشاره شده در پیوست (۳-۳) تعیین می‌گردد. در این روش ثابت زمانی حرارتی معادل τ و محاسبه پارامتر β با استفاده از معیارهای توصیف شده در بخش (۴) تعیین می‌گردند.
- با داشتن اطلاعات مربوط به مشخصه‌های حرارتی برقگیر و شدت آلودگی مورد انتظار نقطه‌ای که برقگیر قرار است در آن نصب شود می‌توان بصورت مقدماتی حداکثر افزایش دما را در محافظه‌کارانه‌ترین حالت (کل بار مربوط به اثر آلودگی در داخل برقگیر جاری شود) بدست آورد.
- اگر محاسبه حداکثر افزایش دما، ΔT_{ZMAX}، منجر به مقادیری کوچکتر از ۴۰ درجه کلوین گردد، آزمونهای آلودگی مورد نیاز نبوده و درجه حرارت نمونه در شروع آزمون دوره کاری باید برابر ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد. اگر ΔT_{ZMAX} برابر یا بزرگتر از ۴۰ درجه کلوین گردد، آزمونی مطابق با روش تشریح شده در این پیوست باید انجام گیرد مگر در خصوص عدم انجام این آزمون اینکه توافقی بین خریدار و سازنده صورت گیرد. علاوه بر این، مطابق با تصمیم سازنده، حتی اگر محاسبه ΔT_{ZMAX} منجر به مقادیر بزرگتر از ۴۰ در جه کلوین گردد، این امکان وجود دارد که با استفاده از مقدار دمای شروع (ΔT_{ZMAX} +۲۰) درجه‌سانتی‌گراد برای آزمون دوره کاری، از انجام آزمون آلودگی اجتناب شود.
- در صورت نیاز، آزمونهای آلودگی در آزمایشگاه بر روی برقگیری که معرف یک نوع و طراحی مشخص است صورت می‌گیرند. در حین آزمون آلودگی، بارهای خارجی و داخلی Q_e و Q_i باید برای هر واحد برقگیر اندازه‌گیری شوند. به طریق دیگر، بار کل Q_{tot} و افزایش دمای ΔT قسمتهای داخلی می‌توانند اندازه‌گیری شوند. تحلیل آماری نتایج آزمون برای در نظر گرفتن رفتار

1 . Porcelain

omoorepeyman.ir

احتمالی گرم شدن برقگیر تحت شرایط آلودگی ضروری است. نتایج آزمونی آلودگی، ضریب K_{ie} را نتیجه می‌دهند که میزان تمایل بار را به جاری شدن در داخل برقگیر و بالطبع گرم شدن قسمتهای فعال را نشان می‌دهد. این ضریب یک "مقدار مشخصه"[1] برای نوع و طرح مشخصی از برقگیر می‌باشد.



شکل ۳-۲: فلوچارت تعیین دمای شروع آزمون دوره کاری

1. Characteristic value

omoorepeyman.ir

افزایش دمای مورد انتظار ΔT_z در سرویس به صورت تابعی از D_m, K_{ie}, q_z، t_z، β و τ محاسبه می‌گردند.

- دمای شروع آزمون دوره کاری، TOD، براساس معیارهای زیر محاسبه می‌گردد:
  - اگر ΔT_z بزرگتر از ۴۰ درجه کلوین باشد، $TOD = ۲۰°C + \Delta T_z$.
  - اگر ΔT_z کوچکتر یا معادل ۴۰ درجه کلوین باشد، $TOD = ۶۰°C$.

۳- طبقه‌بندی شدت آلودگی مناطق

طبقه‌بندی میزان شدت آلودگی یک منطقه براساس متوسط بار خارجی مورد انتظار q_z (براساس میزان اندازه‌گیریهای انجام گرفته در مناطق معرف شدت آلودگی‌های مختلف) انجام می‌گیرد.

با در نظر گرفتن این موضوع که بار جاری شده بر روی سطح یک مقره متناسب با قطر آن است، مقدار q_z بر اساس قطر معادل یک متر، نرمالیزه می‌شود.

مدت زمان تداوم پدیده آلودگی (t_z) برابر مقادیر زیر فرض می‌شود:

ـ آلودگی با مدت زمان متوسط و با شدت بالا برابر ۲ ساعت.

ـ آلودگی با مدت زمان طولانی برابر با ۶ ساعت.

q_z ی که باید در محاسبات بعدی در نظر گرفته شود، مطابق با وضعیت آلودگی شدیدتر است (۲ ساعت یا ۶ ساعت). مقادیر q_z برای انواع سطوح آلودگی در جدول زیر آمده است.

جدول۳-۷: متوسط بار خارجی برای شدت آلودگی‌های مختلف

سطح آلودگی (ناحیه*)	حداقل فاصله خزشی ویژه mm/kV	q_z: متوسط بار خارجی بر حسب c/h.m	
		t_z=٦h	t_z=۲h
I- سبک	۱۶	۰/۲۴	۰/۵
II- متوسط	۲۰	۲/۴	۳/۳
III- سنگین	۲۵	۱۴/۰	۲۴/۰
IV- خیلی سنگین	۳۱	۳۶/۰	۵۵/۰

*سطوح آلودگی (نواحی) مطابق با تعاریف سطوح آلودگی ارائه شده دراستاندارد IEC با شماره ۶۰۸۱۵ می‌باشد.

توجه: مقادیر q_z با استفاده از مقدار آستانه ۲ میلی‌آمپر بدست آمده‌اند.

٤- آزمون گرم کردن مقدماتی: (اندازه‌گیری ثابت زمانی حرارتی τ و محاسبه β)

در این حالت، روشی که در پیوست (۳-۳) برای برقگیر کامل انجام گرفت، می‌بایستی با استثناهای زیر استفاده شود:

- زمان گرم کردن (t_h) باید کمتر از ۱۰ دقیقه باشد.
- بار Q_h اعمالی به برقگیر درحین گرم کردن باید اندازه‌گیری شود.

omoorepeyman.ir

- τ زمانی است که از منحنی خنک‌شدن برقگیر بین دماهای ۶۰ و T_a ۲۲+۰/۶۳ T_a درجه سانتی‌گراد استخراج می‌شود، کـه درآن T_a دمای محیط بر حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

پارامتر β باید از رابطه زیر محاسبه گردد.

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \qquad (۵-۳)$$

در این رابطه:

ΔT_h : میزان افزایش دما در حین آزمون گرم‌کردن.

Q_h : میزان بار اعمالی در حین آزمون گرم‌کردن.

پس از آزمون گرم کردن، باید ثابت شود که زمان گرم شدن (t_h) کمتر از $\tau \times$ ۰/۱ است، در غیر اینصورت آزمـون گـرم کـردن بایـد دوباره با t_h کوتاهتر تکرار شود.

۵- تحقیق به منظور نیاز به انجام آزمونهای آلودگی

به منظور اثبات نیاز به انجام آزمون آلودگی، می‌بایستی بصورت مقدماتی حـداکثر افـزایش دمـا در سـرویس (ΔT_{zmax}) بصـورت تئوری محاسبه گردد. این محاسبه با این فرض انجام می‌پذیرد که کل بار مورد انتظـار در سـرویس (q_z) بـه صـورت داخلـی جـاری می‌شود. با این فرض، ΔT_{zmax} را می‌توان از معادله زیر استخراج نمود:

$$\Delta T_{z\,max} = \beta q_z D_m \tau \left[1 - e^{\frac{-t_z}{\tau}}\right]\left[\frac{U_R - U_{R\,min}}{U_R}\right] \qquad (۶-۳)$$

که در آن:

U_R : ولتاژ نامی برقگیر

U_{rmin} : حداقل ولتاژ نامی در میان واحدهای برقگیر می‌باشد.

٦- نیازمندی‌های کلی برای انجام آزمون آلودگی

٦-۱- نمونه آزمون

نمونه آزمون باید معرف یک نوع برقگیر مشخص باشد. مشخصه‌های نمونه آزمون باید مطابق با معیارهای مشخص شده در جدول زیر باشد.

omoorepeyman.ir

جدول۳-۸: مشخصه‌های نمونه آزمونی که برای آزمون آلودگی استفاده می‌گردد

پارامتر	معیار انتخاب (مشخصه نمونه‌ای که باید با توجه به نوع طراحی مربوطه مورد آزمون قرار گیرد)
U_c/U_R	حداکثر
عدم تعادل وزن داده شده*(WU)	حداکثر
فاصله خزشی تعریف‌شده [mm/kV]	حداقل
قطرچینی معادل	حداکثر
سطح مقطع عرضی بلوک	حداقل

* عدم تعادل وزن داده شده به صورت زیر محاسبه گردد:

$$WU=\max.[\frac{U_{RK}^2.CD}{CD_K.U_R^2}]$$

که در آن:

U_R: ولتاژ نامی برقگیر، U_{Rk}: ولتاژ نامی واحد Kام ، CD : فاصله خزشی برقگیر

CD_k : فاصله خزشی واحد Kام

n : تعداد واحدهای برقگیر است به نحوی که: K=1,2,…n

٦-٢- دستگاه آزمون

دستگاه آزمون باید کلیه نیازمندیهای ارائه شده در استاندارد IEC شماره ۶۰۵۰۷ را برآورده سازد.

٦-٣- دستگاههای اندازه‌گیری و روشهای اندازه‌گیری

٦-٣-١- اندازه‌گیری بار الکتریکی

از وسیله‌ای مناسب جهت اندازه‌گیری بار می‌بایستی استفاده گردد. برای اندازه‌گیری بار داخلی، تنها مؤلفه اهمی جریان باید در نظر گرفته شود و اثر جریان خازنی بر روی اندازه‌گیری بار باید حذف گردد. نمونه‌ای از روشهای حذف اثر جریان خازنی عبارتند از "روش کسر شکل موج"[1] یا انتگرال‌گیری فراتر از یک سطح آستانه[2] (به عنوان مثال ۲ میلی‌آمپر، رجوع کنید به جدول ۳-۷).

حداقل نیازمندیها برای وسیله اندازه‌گیری در جدول زیر ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

1. Waveform subtraction method
2. Integeration upon exceeding a threshold limit

جدول ۳-۹: نیازمندیهای وسیله اندازه‌گیری مورد استفاده برای اندازه‌گیری بار الکتریکی

مشخصه	نیازمندی
حداقل قدرت تشخیص[1] جریانی	۰/۲ میلی‌آمپر
حداقل پهنای باند آنالوگ	۰-۲۰۰۰ هرتز
حداقل فرکانس نمونه‌برداری	۱۰۰۰ هرتز
حداقل دوره بروزرسانی اطلاعات بار[2]	یک دقیقه
حداکثر بارخازنی باقی‌مانده در دوره بروزرسانی اطلاعات	±٪۱۰ کل بار در دوره بروزرسانی اطلاعات
حداقل محدوده یکپارچگی جریان[3]	۰-۵۰۰ mA
حداکثر عدم قطعیت در تمام محدوده اندازه‌گیری	±٪۱۰

در مورد برقگیرهای دو واحدی، بارهای داخلی و خارجی باید در هر دو ترمینال خط و زمین اندازه‌گیری شوند.

در حالتی که برقگیر شامل بیش از دو واحد مجزا باشد، روال اندازه‌گیری زیر باید انجام گیرد:

- بارهای داخلی و خارجی باید در هر دو ترمینال خط و زمین برقگیر اندازه‌گیری شوند.
- برای واحدهای میانی تنها بار خارجی باید اندازه‌گیری شود.
- بار داخلی با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$Q_i = \frac{(Q_{it} + Q_{et}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \qquad (۷-۳)$$

در این رابطه:

Q_i : بار داخلی واحد میانی است.

Q_{iT} : بار داخلی واحدی است که در قسمت فوقانی برقگیر قرار گرفته است.

Q_{iB} : بار داخلی واحدی است که در قسمت تحتانی برقگیر قرار گرفته است.

Q_e : بار خارجی واحد میانی است.

Q_{eT}: بار خارجی واحدی است که در قسمت فوقانی برقگیر قرار گرفته است.

Q_{eB}: بار خارجی واحدی است که در قسمت تحتانی برقگیر قرار گرفته است.

٦-۳-۲- اندازه‌گیری دما

دمای قسمتهای داخلی برقگیر می‌تواند به جای بار داخلی آن اندازه‌گیری شود. در این حالت اندازه‌گیری دما باید با استفاده از سنسورهایی که (حداقل در سه نقطه) به طور یکنواخت در طول هر واحد توزیع شده‌اند، انجام گیرد. فاصله بین سنسورها باید برابر با $\frac{h}{n+1}$ باشد که در آن h ارتفاع واحد و n تعداد سنسورهای مورد استفاده می‌باشد.

1 . Resolution
2. Maximum residual capacitive charge in the updating period
3. Minimum current integeration range

omoorepeyman.ir

حداقل نیازمندیها برای وسایل اندازه‌گیری دما در جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول ۳-۱۰: نیازمندیهای وسیله مورد استفاده برای اندازه‌گیری دما.

مشخصه	نیازمندی
محدوده اندازه‌گیری دما	۲۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد
مقدار مطلق عدم قطعیت در اندازه‌گیری	۱± درجه
رزلوشن	کوچکتر یا مساوی ۰/۴ درجه
حداکثر ثابت زمانی حرارتی	یک دقیقه
حداقل نرخ نمونه‌برداری	$\frac{۱}{\text{دقیقه}}$
توجه: افزایش دماهای نوعی در آزمون کمتر از ۱۰۰ درجه هستند.	

در حالت اندازه‌گیری دمای داخلی، بار Q_{tot} باید تنها در ترمینال زمین برقگیر اندازه‌گیری گردد.

٦-٤- مراحل آماده‌سازی آزمون

٦-٤-١- تمیز نمودن نمونه آزمون

محفظه برقگیر باید به طور مناسبی تمیز گردد به نحوی که کلیه آثار ناشی از چرک و گریس برداشته شود. پس از تمیز کاری، قسمتهای عایقی برقگیر نباید مورد تماس دست قرار گیرند. آبی که تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده است و به آن فسفات تری‌سدیم یا عامل تمیزی معادل دیگری افزوده شده است باید استفاده شده و عایق در آن غوطه‌ور گردد یا با فشار بر روی آن پاشیده شود. سطح عایق هنگامی به طور مناسب تمیز و به دور از هر گونه گریس فرض می‌شود که سطوح خیس پیوسته بزرگی در روی آن مشاهده گردد.

٦-٤-٢- مونتاژ نمونه آزمون

برقگیر مورد آزمون باید به طور کامل (همانگونه که در سرویس واقعی قرار است استفاده گردد) مونتاژ و سوار شده باشد. وسایل مورد استفاده برای اندازه‌گیری بار و دما نباید تأثیر قابل توجه‌ای بر روی رفتار برقگیر تحت آزمون داشته باشند.

۷ ـ روشهای آزمون

یکی از دو روش آزمونی که در بخشهای (۷-۱) و (۷-۲) توصیف شده‌اند، ممکن است مورد استفاده قرارگیرد.

omoorepeyman.ir

۷-۱- روش لایه سطحی[1]

۷-۱-۱- فراهم نمودن آلودگی

آلودگی باید در یک ظرف انباشته شود به نحوی که بتوان آن را درست قبل از استعمال آن پخش نمود. آلودگی باید متشکل از سطوح زیر باشد:

- آب.
- Bentonite، پنج گرم بر هر لیتر از آب.
- مادهٔ پاک‌کننده غیریونی رقیق نشده شامل نونیل، فنل، پلی‌اتیلن، گلی‌کول، اتر یا و دیگر مواد اتری غیریونی با زنجیره طولانی، یک گرم بر هر لیتر از آب.
- سدیم کلراید

مقاومت حجمی لایه سطحی باید به وسیله اضافه نمودن کلراید سدیم در محدوده‌ای مابین ۴۰۰ تا ۵۰۰ اهم ـ سانتی‌متر تنظیم گردد. این مقاومت باید در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شود. اگر در حین اندازه‌گیری، دمای لایه سطحی متفاوت از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد، محاسباتی باید جهت تصحیح آن صورت پذیرد.

۷-۱-۲- شرایط محیطی

در شروع آزمون، برقگیر باید در حالت توازن حرارتی با محفظه آزمون باشد. دمای محیط نباید کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد و همچنین بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

۷-۱-۳- فراهم نمودن شرایط در سطح برقگیر

ابتدا ولتاژ مبنای برقگیر باید مطابق با بند (۳-۱-۲) تعیین گردد.

مراحل زیر باید انجام گیرد:

ـ در حالی که برقگیر بدون برق می‌باشد، آلودگی باید به برقگیر کامل اعمال گردد. این کار شامل پاشیدن آلودگی به سطح زیرین چتر مقره نیز می‌گردد. لایه آلودگی باید به صورت یک لایه پیوسته ظاهر گردد. حداکثر زمان برای اعمال آلودگی ۱۰ دقیقه می‌باشد.

ـ سه دقیقه پس کامل شدن پاشش لایه سطحی آلودگی برقگیر باید تحت ولتاژ U_c برای مدت زمان ۱۰ دقیقه برقدار گردد.

ـ برقگیر باید بوسیله شستشو با آب تمیز گردد و سپس رها شده و از طریق چکیدن آبها خشک گردد.

ـ گام‌های ۱، ۲ و ۳ باید سه بار تکرار گردند.

در پایان کار، برقگیر باید مدتی در جای خود باقی مانده تا اینکه تا دمای محیط خنک گردد.

به جهت اثبات اینکه هیچ‌گونه خسارتی به برقگیر در حین مراحل فوق وارد نشده است، ولتاژ مبنای برقگیر باید مجدداً اندازه‌گیری شود و با مقدار اندازه‌گیری شده قبل از فرآیند مقایسه گردد. محدوده مجاز تغییرات ولتاژ مبنا باید از سوی سازنده مشخص گردد.

آزمون باید بلافاصله پس از کامل شدن پروسه آماده‌سازی شرایط آغاز گردد.

1. Slurry method

omoorepeyman.ir

۷-۱-٤- رویه آزمون

مراحل زیر باید انجام گیرد:

الف ـ در حالتی که برقگیر بی‌برق است، آلودگی باید به برقگیر اعمال گردد. این کار شامل ریختن ذرات ریز آلودگی بر روی عایق برقگیر می‌باشد. لایه آلودگی باید به صورت پیوسته روی سطح قرار گیرد. حداکثر زمان برای اعمال آلودگی ۱۰ دقیقه است.

ب ـ سه دقیقه پس از اعمال کامل لایه سطحی آلودگی، برقگیر باید تحت ولتاژ U_c به مدت ۱۰ دقیقه برق‌دار شود. اندازه‌گیری بار در لحظه اعمال ولتاژ آغاز می‌گردد.

ج ـ برقگیر باید با استفاده از آب تمیز شده و پس از آن برای خشک شدن مدتی رها گردد. پیش از آغاز آزمون بعدی، قسمتهای داخلی برقگیر باید تا حداکثر اختلاف دمای ۲ درجه از متوسط دمای محیط خنک شوند. اگر دمای قسمتهای داخلی اندازه‌گیری نشود، حداقل زمان 2τ باید میان دو آزمون متوالی به جهت اطمینان از خنک شدن آنها تا دمای نزدیک محیط فاصله انداخته شود. هر وسیله‌ای برای خنک‌کردن برقگیر که از سوی سازنده پذیرفته شود می‌تواند استفاده گردد. به جهت کاهش زمان انتظار، چندین برقگیر می‌توانند به طور موازی مورد آزمون واقع گردند.

د ـ مراحل فوق می‌بایستی پنج مرتبه تکرار گردند.

هـ ـ افزایش دمای مورد انتظار ΔT_z باید مطابق با روش تشریح شده در بخش ۸ محاسبه گردد.

و ـ اگر مقدار ΔT_z کمتر از ۴۰ درجه کلوین باشد، آزمون آلودگی دیگری لازم نبوده و دمای آغازین آزمون دوره کاری (TOD) برابر ۶۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب می‌گردد. اگر مقدار ΔT_z بزرگتر یا معادل با ۴۰ درجه کلوین باشد، مراحل الف، ب و ج باید پنج بار دیگر تکرار گردند و مجدداً افزایش دمای مورد انتظار (ΔT_z) مطابق با رویه تشریح شده در بخش ۸ محاسبه می‌گردد.

نکته ۱: *پس از هر دوره، برای حذف هر گونه اثر از دوره‌های آزمون قبلی، عمل شستشو می‌بایستی مجدداً انجام گیرد که با این عمل استقلال آماری بین دوره‌های آزمون بهبود می‌یابد.*

نکته ۲: *در حالتهایی که ولتاژ کار دائم به دلایل خاصی بزرگتر از ولتاژ کاری فاز به زمین سیستم انتخاب شده است، با توافق سازنده و خریدار، آزمون می‌تواند در ولتاژ فاز به زمین انجام گیرد.*

۷-۲- روش آزمایش با افشانه نمک[1]

۷-۲-۱- تهیه آلودگی

محلول نمک باید مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۵۰۷ تدارک دیده شود. محلول نمک باید از کلراید سدیم (NaCl) خالص صنعتی و آب تمیز تهیه گردد.

غلظت آب نمک مورد استفاده باید دو پله پایین‌تر از تحمل غلظت آب نمک مشخص شده برقگیر باشد. تلورانس مقدار غلظت آب نمک باید مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۵۰۷ باشد. اندازه‌گیری میزان غلظت باید بوسیله اندازه‌گیری هدایت با تصحیح دما با توجه به شاخص‌های استاندارد IEC شماره ۶۰۵۰۷ صورت گیرد.

1. Slat fog

omoorepeyman.ir

۷-۲-۲- سیستم افشانه

سیستم تولید کننده افشانه نمک باید مطابق استاندارد IEC شماره ۶۰۵۰۷ باشد.

۷-۲-۳- پیش آماده‌سازی شرایط در سطح برقگیر

قبل از آغاز این مرحله ولتاژ مبنای برقگیر باید تعیین گردد.

پروسه پیش‌آماده سازی شرایط در هر زمان باید بر روی یک واحد از برقگیر به عمل آید. اگر پیش‌آماده سازی شرایط بر روی واحدهای مونتاژ شده برقگیر صورت گیرد، سایر واحدها باید توسط یک سیم خارجی اتصال کوتاه شده و برق‌دار نگردند.

واحد مورد نظر باید در ولتاژ U_c برقدار گردد و اجازه داده شود که افشانه آب نمک بر روی برقگیر برای مدت زمان ۲۰ دقیقه یا تا زمانی که قوس الکتریکی حاصل گردد، پاشیده شود.

اگر قوس الکتریکی اتفاق نیفتد، ولتاژ تا مقدار ولتاژ نامی واحد برقگیر برای مدت زمان ۵ ثانیه یا تا زمانی‌که در واحد قوس الکتریکی رخ دهد افزایش داده شده و سپس دوباره به مقدار U_c برای مدت زمان اعمال پنج دقیقه کاهش داده می‌شود. این پروسه تکرار می‌گردد تا زمانیکه هشت قوس الکتریکی حاصل آید.

برای بدست آوردن هشت قوس الکتریکی بدون نیاز به تعداد زیادی افزایش دوره‌ای پله‌های ولتاژ، آزمون می‌تواند در مقدار غلظت ترجیحاً بالاتری از ماکزیمم سطح تحمل مورد انتظار واحد برقگیر، انجام گیرد.

از طرف دیگر، با توافق میان سازنده و خریدار، پیش آماده‌سازی شرایط می‌تواند بر روی محفظه برقگیر بدون وجود قسمتهای داخلی صورت پذیرد.

پس از پیش آماده‌سازی شرایط هر واحد برقگیر، افشانه باید متوقف شده و برقگیر با استفاده از آب تمیز شسته شود. در پایان پروسه برقگیر باید رها شده و تا دمای محیط خنک شود.

به منظور تحقیق این نکته که در حین پروسه پیش‌آماده‌سازی شرایط هیچگونه خسارتی به برقگیر وارد نیامده است، ولتاژ مبنای برقگیر باید مجدداً اندازه‌گیری شود و با مقدار بدست آمده پیش از انجام پیش آماده‌سازی شرایط مقایسه گردد. تلورانس تغییرات ولتاژ مبنا باید از سوی سازنده مشخص گردد. آزمون افشانه نمک بمحض کامل شدن پروسه پیش آماده‌سازی شرایط آغاز می‌گردد.

در آغاز آزمون، برقگیر باید از لحاظ حرارتی با اتاق آزمون دارای توازن حرارتی باشد. دمای محیط باید کمتر از ۵ و بیشتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد نباشد و میزان اختلاف آن از دمای محلول آب نباید بیش از ۱۵ درجه باشد.

۷-۲-٤- رویه آزمون

مراحل زیر باید انجام گیرند:

الف ـ برقگیر باید به طور یکنواخت توسط آب تمیز شسته شود. ولتاژ آزمون U_c باید در زمانی که برقگیر هنوز کاملاً خیس است اعمال گردد.

ب ـ برقگیر باید با ولتاژ آزمون مشخص شده برقدار گردد و پمپ محلول آب نمک و کمپرسور هوا باید راه‌اندازی گردند. به محض اینکه هوای فشرده در نازلها به فشار کاری نرمال رسید آزمون شروع شده است. این زمان، زمان شروع سیستم اندازه‌گیری بار نیز فرض می‌شود.

omoorepeyman.ir

ج ـ تولید افشانه باید پس از ۱۵ دقیقه متوقف شود و برقگیر باید برای ۱۵ دقیقه دیگر برق‌دار باقی بماند.

د ـ افشانه نمک باید متوقف شده و به برقگیر اجازه داده شود تا دمای محیط خنک گردد (پیش از آغاز دوره بعدی آزمون). به منظور اطمینان از اینکه برقگیر تا دمای محیط خنک شده است، حداقل فاصله زمانی 2τ باید بین مراحل آزمون، فاصله زمانی وجود داشته باشد. هر گونه وسیله برای خنک کردن برقگیر تا دمای نزدیک دمای محیط که مورد پذیرش سازنده باشد، مجاز به استفاده می‌باشد. به جهت کاهش زمان انتظار چندین برقگیر به طور موازی ممکن است با هم مورد آزمون واقع گردند.

هـ ـ مراحل فوق باید پنج مرتبه دیگر تکرار گردند.

و ـ افزایش دمای مورد انتظار ΔT_z باید مطابق رویه تشریح شده در بخش ۸ محاسبه گردد.

ز ـ اگر مقدار ΔT_z کمتر از ۴۰ درجه باشد، آزمون آلودگی دیگری لازم نخواهد بود و دمای آغاز آزمون دوره کاری (TOD) باید ۶۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب گردد. اگر مقدار ΔT_z بزرگتر یا معادل با ۴۰ درجه باشد، مراحل الف تا د باید پنج بار دیگر تکرار شوند و مجدداً مقدار افزایش دمای مورد انتظار (ΔT_z) مطابق رویه تشریح شده در بخش ۸ محاسبه می‌گردد.

نکته ۱: *پس از هر دوره آزمون، شستشو با آب انجام می‌گیرد تا هر گونه تأثیر دوره‌های آزمون قبلی حذف گردد.*

نکته ۲: *در مواردی که ولتاژ کار دائم به هر دلیلی خیلی بزرگتر از ولتاژهای کاری فاز به زمین سیستم انتخاب شده است، آزمون می‌تواند در ولتاژ فاز به زمین با توافق میان سازنده و خریدار انجام گیرد.*

۸ - ارزیابی نتایج آزمون

۸-۱- محاسبه Kie

برای هر تکرار دوره آزمون، مقدار K_n مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$k_n = \frac{\sum (\frac{Q_{ik} U_{Rk}}{U_R})}{Q_{e\,max}} \qquad (۸-۳)$$

که در این رابطه:

Q_{emax}: ماکزیمم سطح بار خارجی

Q_{ik}: بار داخلی مربوط به واحد K ام

U_{Rk}: ولتاژ نامی واحد K ام

U_R: ولتاژ نامی برقگیر

$K= 1,2, \ldots n$ و n تعداد واحدهای برقگیر می‌باشد.

در حالتی که دمای قسمتهای داخلی برقگیر به جای بار داخلی اندازه‌گیری می‌شود، معادله (۳-۸) با معادله زیر جایگزین می‌گردد:

$$k_n = \frac{(\frac{\Delta T_k U_{R\,k}}{\beta U_R})}{Q_{e\,max}} \qquad (۹-۳)$$

که در این رابطه، ΔT_k افزایش دمای مربوط به واحد K ام است که به صورت مقدار متوسط حسابی ما بین حداکثر دمای اندازه‌گیری شده در نقاط مختلف واحد مورد آزمون، محاسبه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

اگر افزایش دمای داخلی ΔT_k مستقیماً در حین آزمون اندازه‌گیری شود، $Q_{e\,max}$ را می‌توان مطابق از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$Q_{emaz} = \max\left[Q_{tot} - \frac{\Delta T_k}{\beta} \right] \qquad (۱۰-۳)$$

مقدار میانگین K_{ieM} به صورت مقدار متوسط حسابی مقادیر K_n، δ به صورت انحراف معیار مقادیر Kn و نسبت آماری K_{ie} مطابق با معادله زیر محاسبه می‌گردند:

$$K_{ie} = K_{ieM} + C\delta \qquad (۱۱-۳)$$

که در این رابطه:

$C = 2$: در حالتی که محاسبات براساس اندازه‌گیریها مربوط به ۱۰ دوره انجام می‌گیرد.

$C = 2.9$: در حالتی که محاسبات براساس اندازه‌گیریها مربوط به ۵ دوره انجام می‌گیرد.

۸-۲- محاسبه افزایش دمای مورد انتظار ΔTz در شرایط سرویس

افزایش دمای مورد انتظار ΔT_z مطابق با رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta T_z = \beta K_{ie} q_z D_m \tau \left[1 - e^{\left(\frac{-t_z}{\tau}\right)} \right] \qquad (۱۲-۳)$$

۸-۳- فراهم سازی برای آزمون دوره کاری

دمای آغازین آزمون دوره کاری (TOD) براساس معیارهای زیر محاسبه می‌گردد:

اگر ΔTz بزرگتر از ۴۰ درجه باشد، $TOD = 20°C + \Delta Tz$ می‌باشد.

اگر ΔTz کوچکتر یا مساوی با ۴۰ درجه باشد، $TOD = 60°C$ می‌باشد.

۹- مثالی از رویه آزمون

مثال زیر روال آزمون را بر روی برقگیری با مشخصات زیر تشریح می‌کند:

U_R	۱۹۸ kV
$U_{R\,min}$	۹۰kV
U_c	۱۵۶ kV
ولتاژ آزمون	*(به تذکر زیر مراجعه نمایید)۱۴۲kV
تعداد واحدها	۲
U_R(المان پایینی)	۱۰۸ kV
D_m	۱۹۸ mm

* تذکر: مقدار ولتاژ آزمون برابر مقدار ولتاژ فاز به زمین واقعی سیستم انتخاب شده است.

omoorepeyman.ir

۹-۱- آزمون گرم‌کردن پیش آماده‌سازی شرایط

نتایج آزمون پیش آماده‌سازی شرایط به شرح زیر می‌باشند:

τ : ۱/۵ ساعت.

β : ۱۹ K/C (یعنی یک بار ۵/۳ کولنی موردنیاز بوده تا برقگیر را از ۲۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد گرم نماید).

۹-۲- بررسی نیاز یا عدم نیاز به انجام آزمون آلودگی

محاسبه $\Delta T_{z\,max}$، با استفاده از رابطه (۳-۶) منجر به نتایج جدول زیر گردیده است.

جدول ۳-۱۱: مقادیر محاسبه شده $\Delta T_{z\,max}$ برای مثال انتخاب شده

ناحیه آلودگی	مدت زمان تداوم آلودگی بر حسب ساعت	$\Delta T_{z\,max}$[k]	آیا نیاز به انجام آزمونهای آلودگی هست؟
I	۲	۱/۱	خیر
	۶	۰/۷	
II	۲	۷/۵	خیر
	۶	۷/۳	
III	۲	۵۴/۴	بله
	۶	۴۲/۳	
IV	۲	۱۲۴/۷	بله
	۶	۱۰۸/۸	

استفاده از برقگیر در نواحی آلودگی I وII مستلزم انجام آزمون آلودگی نمی‌باشد و دمای آغازین آزمون دوره کاری باید برابر ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شود.

۹-۳- آزمونهای افشانه نمک

نتایج آزمونهای افشانه نمک، در میزان غلظت ۱۴ Kg/m^3 در جدول (۳-۱۲) نشان داده شده‌اند.

۹-٤- انجام محاسبات پس از پنج دوره آزمون

۹-٤-۱- محاسبه K_{ie}

انجام محاسبات بر روی اطلاعات بدست آمده در حین نخستین ۵ دوره آزمون آلودگی منجر به نتایج زیر می‌شود:

K_{iem} =۰/۱۶۶ (یعنی متوسط حسابی مقادیر K_n).

σ=۰/۰۳۱ (یعنی مقدار انحراف معیار مقادیر K_n)

omoorepeyman.ir

نسبت آماری K_{ie} مطابق با معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$K_{ie} = ۰/۱۶۶ + ۲/۹ \times ۰/۰۳۱ = ۰/۲۵۶ \quad (۱۳-۳)$$

جدول ۳-۱۲: نتایج آزمون افشانه نمک برای مثال انتخاب شده

شماره آزمون	Qibot [C]	Qitop[C]	Qetop[C]	Qebot[C]	K_n
۱	۰	۲/۳	۴/۱	۶/۷	۰/۱۸
۲	۰	۱/۳	۴/۲	۵/۹	۰/۱۲
۳	۰	۱/۸	۴/۳	۶/۴	۰/۱۵
۴	۰	۲/۲	۴/۵	۶/۷	۰/۱۸
۵	۰	۲/۲	۳/۵	۵/۹	۰/۲۰
۶	۰	۲	۳/۶	۵/۷	۰/۱۹
۷	۰	۲/۴	۳/۵	۶/۲	۰/۲۱
۸	۰	۲/۴	۳/۵	۶/۰	۰/۲۱
۹	۰	۲/۶	۴/۰	۶/۸	۰/۲۰
۱۰	۰	۲/۱	۳/۸	۶/۲	۰/۱۸

Qebot: بار سطحی اندازه‌گیری شده در ترمینال زمین واحد پایینی می‌باشد.

Qibot: بار داخلی اندازه‌گیری شده در ترمینال زمین واحد پایینی می‌باشد.

Qetop: بار سطحی اندازه‌گیری شده در ترمینال زمین واحد بالایی می‌باشد.

Qitop: بار داخلی اندازه‌گیری شده در ترمینال زمین واحد بالایی می‌باشد.

۹-٤-۲- محاسبه ΔTz و TOD

محاسبه افزایش دمای مورد انتظار در سرویس (ΔT_z) به ازای نواحی آلودگی مختلف در جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول ٤-۹: مقادیر محابه شده ΔT_z و TOD پس از پنج دوره آزمون آلودگی برای مثال انتخاب شده

ناحیه آلودگی	مدت زمان تداوم پدیده آلودگی بر حسب ساعت	ΔT_z[k]	TOD[°C]
III	۲	۲۶	۶۰
	۶	۲۰	۶۰
IV	۲	۵۹	۷۹
	۶	۵۱	۷۱

بنابراین در حالتی که برقگیر در ناحیه آلودگیIII استفاده گردد، آزمون آلودگی دیگری لازم نمی‌باشد و دمای آغاز آزمون دوره کاری باید ۶۰ درجه سانتی‌گراد باشد، اما در مورد ناحیه آلودگی IV، پنج دوره آزمون آلودگی دیگر نیز باید انجام گیرد.

omoorepeyman.ir

۹-۵- انجام محاسبات پس از ۱۰ دوره آزمون

۹-۵-۱- محاسبه K_{ie}

انجام محاسبات بر روی اطلاعات بدست آمده در حین نخستین ۱۰دوره آزمون آلودگی منجر به نتایج زیر شده است:

K_{iem}=۰/۱۸۲ ، (یعنی متوسط حسابی مقادیر K_n)

σ =۰/۰۲۸ ، (یعنی انحراف معیار مقادیر K_n).

نسبت آماری K_{ie} مطابق معادله زیر محاسبه می‌گردد.

$$K_{ie} = ۰/۱۸۲ + ۲ \times ۰/۰۲۸ = ۰/۲۳۸ \quad (۱۴-۴)$$

۹-۵-۲- محاسبه ΔT_z و TOD

نتایج محاسبات افزایش دمای مورد انتظار در سرویس (ΔT_z) و دمای آغاز برای آزمون دوره کاری (TOD) مربوط به نواحی مختلف (در این حالت محاسبات تنها برای ناحیه آلودگی IV انجام می‌شود) در جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول ۳-۱٤: مقادیر محاسبه شده ΔTz و TOD پس از ۱۰ دوره آزمون برای مثال انتخاب شده

ناحیه آلودگی	مدت زمان تداوم پدیده آلودگی بر حسب ساعت	ΔT_z[k]	TOD[°C]
IV	۲	۵۴	۷۴
	۶	۴۷	۶۷

بنابراین، در حالتی که برقگیر در ناحیه آلودگی IV استفاده می‌گردد، آزمون دوره کاری باید با دمای آغاز آزمون معادل با ۷۴ درجه سانتی‌گراد انجام گیرد.

omoorepeyman.ir

پیوست (۳-۲): مدار نوعی مولد موج ضربه باثوابت توزیع شده جهت انجام آزمون تحمل موج ضربه جریان طولانی مدت

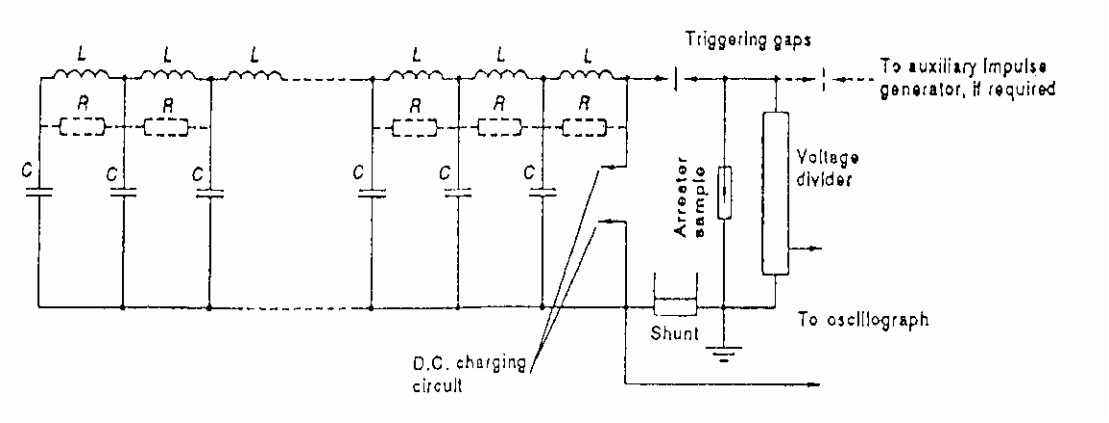
دیاگرام این مدار در شکل (۳-۳) نشان داده شده است. در این مدار با صرفنظر کردن از مقاومت مدار، امپدانس موجی مولد از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$Z = \sqrt{L/C} \qquad (۱۵-۳)$$

تعداد قسمتهای LC مولد بطور معمول حدود ۱۰ بخش، برای تولید یک شکل موج قابل قبول، خواهد بود. به منظور محدود نمودن نوسانات در آغاز و پایان پیک موج، ممکن است ضروری باشد اندوکتانسهای هر دو انتهای مولد افزایش داده شوند و علاوه بر آن مقاومتهای موازی R جهت جبران کاهش شیب پیشانی موج که به موجب افزایش اندوکتانسها بوجود آمده است، وارد مدار گردند.

فاصله جرقه می‌تواند به شکل ساده شامل یک سوئیچ باشد. چنانچه یک مولد موج ضربه کمکی جهت شروع تخلیه مولد با ثوابت توزیع شده استفاده شده باشد، انرژی ذخیره شده مولد اصلی نباید بیش از ۰/۰۵ درصد انرژی ذخیره شده مولد کمکی باشد.

جریان عبوری از برقگیر نمونه و ولتاژ دو سر آن باید ثبت گردد.



شکل ۳-۳: مدار نوعی مولد موج ضربه با ثوابت توزیع شده جهت انجام آزمون موج ضربه جریان طولانی مدت

omoorepeyman.ir

پیوست (۳-۳): آزمون تحقیق تعادل حرارتی میان برقگیر کامل و بخش برقگیر

این آزمون به منظور اثبات تعادل حرارتی میان برقگیر کامل و بخش برقگیر باید با توافق سازنده و خریدار به صورت زیر یا هر روش مشابه دیگری انجام گیرد.

برقگیر کامل یا واحدی از برقگیر که دارای بیشترین مقاومت در واحد طول از برقگیر چند ستونه است در هوای راکد تحت دمای محیط ۱۵±۲۰درجه سانتی‌گراد، قرار داده می‌شود. در دمای انتخابی، میزان تغییرات مجاز درجه حرارت ۳± درجه سانتیگراد می‌باشد. وسایلی مانند ترموکوپلها و یا سایر سنسورهای سنجش دما، برای اندازه‌گیری دما به مقاومتها چسبانده می‌شوند. تعداد نقاط مناسبی باید برای محاسبه دمای میانگین بازبینی گردند (سازنده ممکن است که نقطه‌ای مشخص را در حد فاصل $\frac{۱}{۲}$ تا $\frac{۱}{۳}$ طول برقگیر، از سر برقگیر را برای اندازه‌گیری دما مشخص نماید).

با استفاده از ولتاژ فرکانس قدرتی با دامنه بالاتر از ولتاژ مبنا، مقاومتها تا دمای حدود ۱۲۰ درجه‌سانتی‌گراد گرم می‌شوند. این دما باید مطابق با مقدار میانگین دما (اگر دما بر روی چندین مقاومت اندازه‌گیری می‌شود) یا مقدار دمای یک نقطه اگر نقطه $\frac{۱}{۲}$ تا $\frac{۱}{۳}$ تنها کنترل می‌گردد باشد. اگر زمان تقریباً یکسانی هم برای گرم‌کردن بخش آزمون استفاده شود، زمان گرم کردن خیلی مهم نخواهد بود. این زمان می‌تواند از چندین دقیقه تا چندین ساعت (با توجه قدرت منبع ولتاژ) انتخاب گردد. وقتیکه این دمای از پیش تعیین شده فراهم شد، منبع ولتاژ باید جدا شده و منحنی زمان خنک شدن، در پریود زمانی که نباید کمتر از ۲ ساعت باشد، تعیین گردد. در حالتی که چندین نقطه برای اندازه‌گیری دما انتخاب شده است، منحنی دمای متوسط‌گیری شده‌ای تهیه می‌گردد. پس از انجام آزمون بر روی برقگیر کامل، آزمون مشابهی در هوای راکد با دمای محیط ۱۵±۲۰ درجه سانتی‌گراد بر روی بخش برقگیر، صورت می‌گیرد. دمای محیط باید بیش از ۳ درجه سانتیگراد تغییرات نداشته باشد. بخش مورد آزمون را باید بوسیله اعمال ولتاژ فرکانس قدرت تا دمای بالاتر از دمای محیط همانند آنچه که برای برقگیر کامل انجام گرفت، گرم نمود. اندازه ولتاژ به گونه‌ای انتخاب می‌شود که زمان گرم شدن بخش تقریباً با زمان گرم‌شدن برقگیرکامل یکسان باشد. دمای میانگین باید با اندازه‌گیری دمای چندین مقاومت تعیین گردد، یا اینکه به طریق دیگر، دما ممکن است از روی جعبه‌ای که در حد فاصل $\frac{۱}{۲}$ تا $\frac{۱}{۳}$ فاصله از سر بخش قرار داده شده، اندازه‌گیری شود. هنگامی که دمای بخش به میزان از پیش تعیین شده رسید، منبع ولتاژ باید جداشده و منحنی زمان خنک شدن بخش در فاصله زمانی که نباید کمتر از ۲ ساعت باشد، تعیین می‌گردد.

منحنی‌های خنک شدن برقگیر کامل و بخشهای برقگیر باید با یکدیگر مقایسه گردند. هر یک از مقادیر میانگین یا منفرد قابل استفاده می‌باشد. این منحنی‌ها باید برای میزان دمای محیط یکسانی با افزودن اختلاف دمای محیط به منحنی کوچکتر تنظیم گردند. برای اثبات تعادل حرارتی، بخش برقگیر باید برای کلیه زمانها در طول دوره خنک‌شدن دارای دمای معادل یا بزرگتر از برقگیر کامل باشد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ۴

دستورالعملهاي نصب، نگهداري و بازديدهاي دوره‌اي برقگيرها

omoorepeyman.ir

مقدمه

در این فصل دستورالعملهای نصب و نگهداری برقگیر ارائه خواهد شد. همچنین نحوه بازدیدهای دوره‌ای و انجام سرویس روی برقگیرها نیز از دیگر مباحث مطرح شده در این فصل خواهد بود.

٤-١- دستورالعملهای نصب برقگیر

دستورالعملهای نصب برقگیر باید از سوی سازنده برقگیر ارائه شده و براساس مندرجات آنها نصب برقگیر می‌بایستی انجام پذیرد. در صورت عدم دسترسی به دستورالعملهای نصب برقگیر می‌توان از دستورات ارائه شده در ذیل جهت نصب و استقرار برقگیر استفاده نمود.

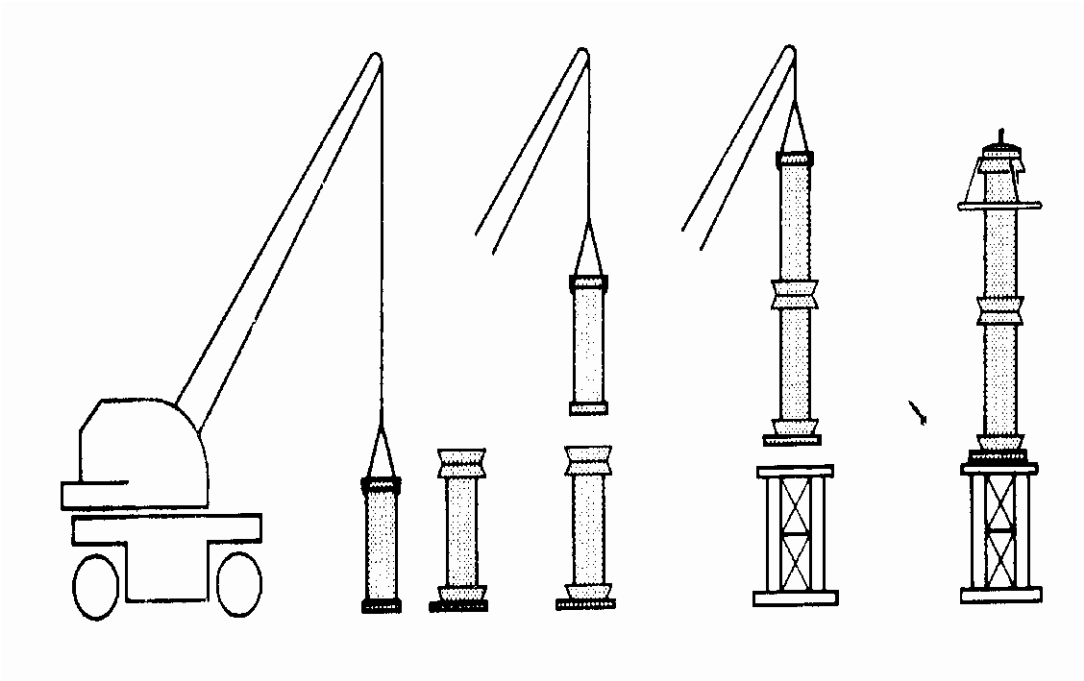
٤-١-١- چک کردن قسمتهای برقگیر قبل از مونتاژ

یک پلاک مشخصه باید در انتهای هر یک از واحدهای برقگیر نصب شده باشد. این پلاک مشخصه باید مشخصات واحد، شماره سریال، شماره تولید و مکان واحد مورد نظر نسبت به سایر واحدها را نشان دهد. به عنوان مثال اگر برقگیر از سه واحد تشکیل شده است در پلاک مشخصه واحد میانی باید نشان"۲" در فضای فراهم دیده شده برای بیان این موضوع درج شود و برای واحد بالایی هم به طریق مشابهی باید نشان "۳" درج گردد. در هنگام باز کردن واحدها باید به طریقی واحدهای هر برقگیر و محل قرارگیری آنها در آن برقگیر مشخص شود. این امر بدان جهت است که در هنگام مونتاژ مجدد، تنها واحدهای با شماره سریالهای یکسان و محلهای قرارگیری صحیح می‌بایستی مورد استفاده قرار گیرند.

٤-١-٢- مونتاژ کردن برقگیر

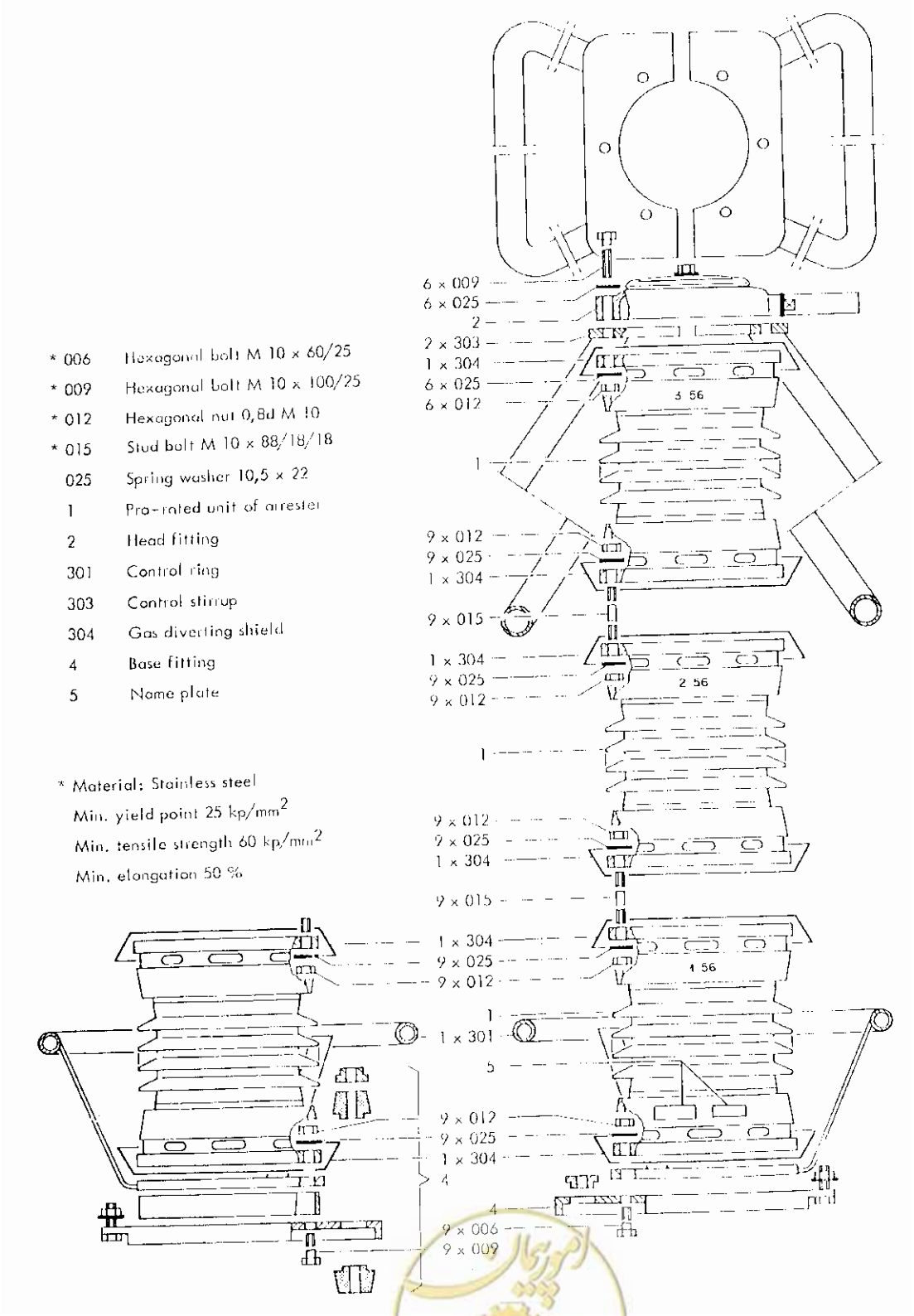
چنانچه برقگیر مجهز به رینگهای توزیع میدان باشد، این قسمت در ابتدا در سر واحد بالایی برقگیر (در صورتی که برقگیر چند واحدی باشد) نصب می‌گردد. سپس در صورتی که برقگیر از چند واحد تشکیل شده باشد مطابق شکل (۴-۱) واحدها بر روی هم با استفاده از یک جرثقیل یا وسیله مشابه‌ای، سوار شده و سپس برقگیر کامل بر روی استراکچر فلزی در نظر گرفته شده برای آن، نصب می‌گردد. در هنگام بلند کردن واحدها توسط جرثقیل، یک پوشش لاستیکی نرم می‌بایستی اطراف مقره‌های چینی برقگیر قرارداده شود تا در اثر فشار کابل جرثقیل، برقگیر آسیب نبیند. نصب ترمینالهای برقگیر و سایر مواردی که ممکن است جهت واحدهای برقگیر در نظر گرفته شده باشند باید همگی بر روی زمین و قبل از مونتاژ کامل واحدها و سوار کردن برقگیر صورت گیرد. نصب برقگیر باید به گونه‌ای باشد که کلیه فواصل آزاد مشخص شده در اطلاعات کاتالوگ برقگیر را پوشش دهد. شکل (۴-۲) نحوه مونتاژ یک نمونه از برقگیرها را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir



شکل ٤-۱: نحوه مونتاژ و سوار کردن برقگیر

omoorepeyman.ir



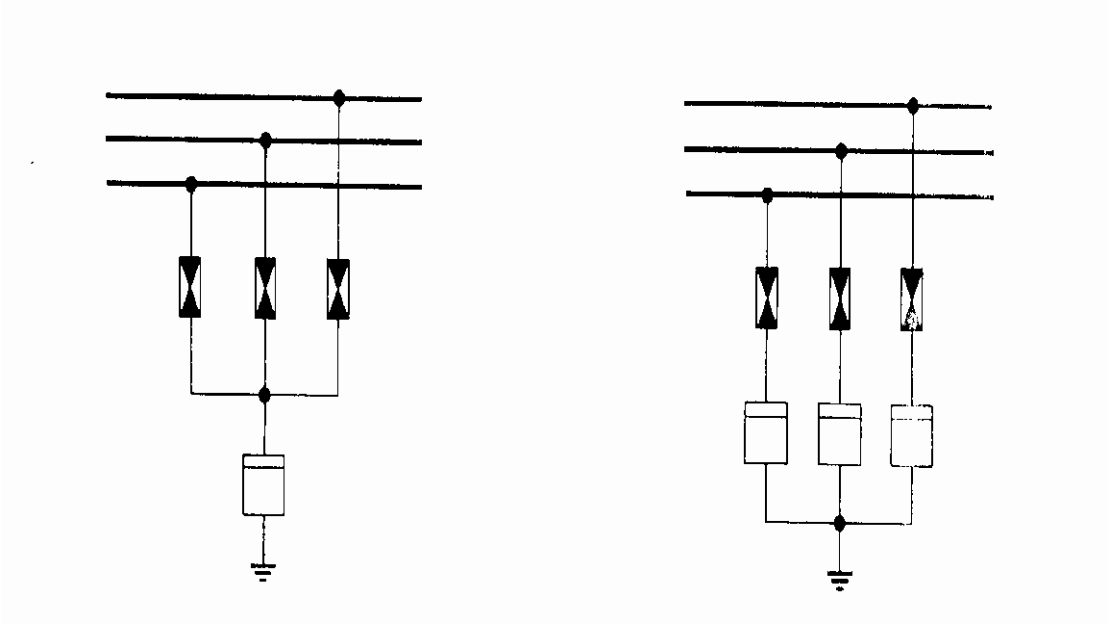
شکل ٤-٢: مونتاژ یک نمونه برقگیر

omoorepeyman.ir

٤-١-٣- نصب شمارنده موج ضربه و زمین کردن برقگیر

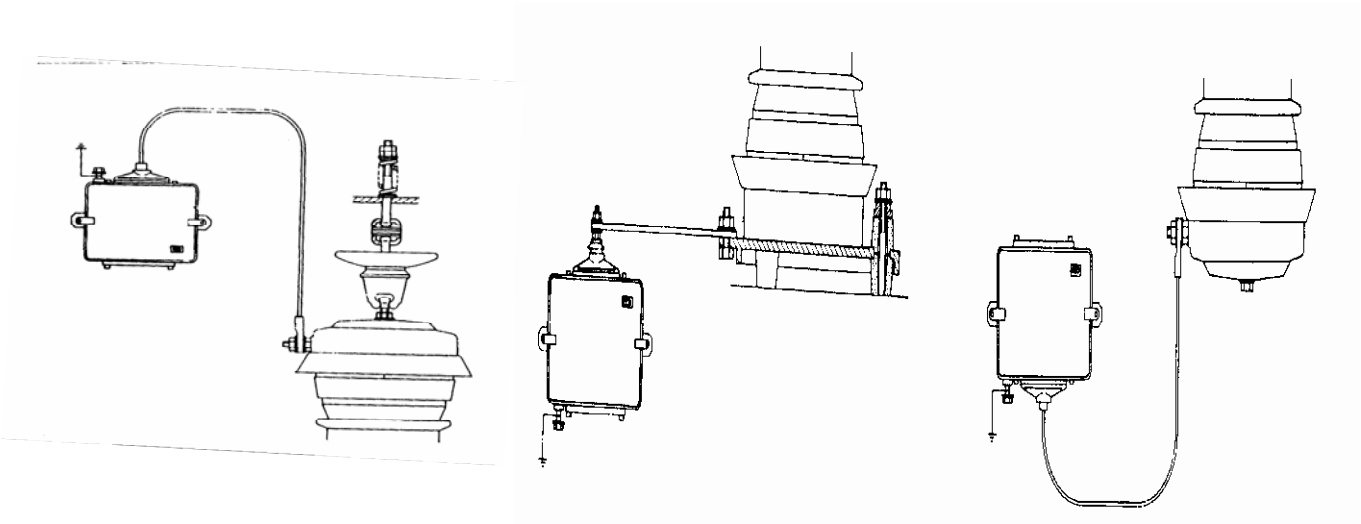
چنانچه برقگیر مجهز به شمارنده موج ضربه باشد، می‌توان آن را مطابق مدارهای نشان داده شده درشکل (۴-۳) نصب نمود. در صورت استفاده از شمارنده موج ضربه، برقگیر باید نسبت به زمین ایزوله گردد و از این رو ضروری است در هنگام نصب برقگیر بر روی استراکچر فلزی‌اش توسط عایقهایی نسبت به آن و در نتیجه نسبت به زمین ایزوله گردد. جهت اتصال ترمینال زمین برقگیر به ترمینال شمارنده موج ضربه باید از یک کابل مسی پوشش‌دار استفاده نمود. طول این کابل حداقل باید ۰/۵ متر و حداکثر ۵ متر باشد. ولتاژ آزمون کابل، 5L کیلوولت پیک نسبت به زمین می‌باشد که L طول آن به متر است. اتصال زمین شمارنده موج ضربه باید توسط یک کابل بدون پوشش و با حداقل طول ممکنه به سیستم زمین پست انجام گیرد. استقامت مکانیکی این اتصالات و کابلها باید مطابق استاندارد باشد.

سه گونه مختلف از اتصال ترمینال زمین برقگیر به ترمینال مخصوص شمارنده موج ضربه در شکل (۴-۴) نشان داده شده است.



شکل ٤-٣: دو فرم متداول برای نصب شمارنده موج ضربه در سیستم‌های سه‌فاز

omoorepeyman.ir



شکل ٤-٤: سه گونه مختلف اتصال ترمینال زمین برقگیر به ترمینال مخصوص شمارنده موج ضربه

٤-۲- دستورالعملهای نگهداری از برقگیرهای اکسید فلز

یک برقگیر که توسط سیستم حفاظت از صاعقه پست در مقابل برخورد مستقیم ضربات صاعقه محافظت شده است عموماً تنها در معرض تخلیه‌های صاعقه با اندازه‌های محدود (در حد چند کیلوآمپر) قرار خواهد داشت. بنابراین احتمال صدمه دیدن بلوکهای ZnO در ازای صاعقه، بسیار غیرمحتمل است. اما تخلیه‌های خط در هنگام کلیدزنی و اضافه ولتاژهای موقت می‌توانند المانهای مقاومت غیرخطی را تحت تنش قرار دهند. بنابراین ظرفیت تخلیه خط برقگیر و قابلیت تحمل اضافه ولتاژهای موقت آن باید مطابق با شرایط سرویس شبکه واقعی در نظر گرفته شود.

از نقطه نظر الکتریکی، انتخاب صحیح برقگیر سبب می‌شود که برقگیر در طول عمر مفیدش در صورت انجام دستورالعملهای نگهداری به کار خودش به سلامت ادامه داده و دچار مشکل نگردد.

در صورت بالا بودن میزان آلودگی در منطقه محل نصب برقگیر، دمای برقگیر می‌تواند به علت توزیع نامناسب ولتاژ در طول امتداد محفظه برقگیر دستخوش تغییراتی (در اثر بارهای گذرای الکتریکی ناشی از این توزیع نامناسب ولتاژ) شده و این امر می‌تواند موجب گرم شدن برقگیر گردد. در اینگونه حالتها تمیز کردن دوره‌ای محفظه برقگیر برای جلوگیری از این پدیده پیشنهاد می‌گردد.

در برقگیر اکسید فلز، بلوکهای مقاومت غیرخطی به طور دائم در معرض ولتاژ فرکانس قدرت شبکه هستند. این عامل موجب ایجاد جریان نشتی در برقگیر می‌گردد. این جریان نشتی از دو مؤلفه اهمی و خازنی تشکیل یافته است. تحت ولتاژ کار نرمال مؤلفه خازنی غالب‌تر است. براساس مواد ترکیبی و پروسه ساخت بلوکهای اکسید فلز مؤلفه مقاومتی جریان نشتی به شدت به دمای عنصر و گرادیان ولتاژ اعمالی به آن وابسته است.

افزایش میزان مؤلفه مقاومتی جریان نشتی می‌تواند به عنوان شاخصی از فرسوده شدن قرصهای برقگیر ZnO تلقی گردد. از این رو در استفاده از برقگیرهای ZnO ، جریان نشتی و بویژه مؤلفه مقاومتی آن تحت کنترل قرار می‌گیرد، تابدین وسیله از وضعیت برقگیرهای ZnO اطلاع داشت و در مواقع ضرورت نسبت به تعویض آنها اقدام نمود. قرائت جریان نشتی کنتور به ازاء شرایط مختلف براساس دستورالعمل سازنده انجام می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

علاوه بر دستگاه اندازه‌گیری جریان نشتی از شمارنده موج ضربه نیز می‌توان به عنوان یک مجـرای کنترلـی جهـت اطمینـان از عملکرد برقگیر و سالم بودن آن استفاده نمود این کار با مشاهده تعداد تخلیه‌ها صورت می‌گیرد.

به طور کلی جهت نگهداری و مراقبت از برقگیرها و به منظـور اطمینـان از عملکـرد صـحیح آنهـا ضـروری اسـت کـه سـازنده دستورالعملهایی را در این رابطه به همراه سایر مشخصه‌های برقگیر در اختیار استفاده کننده قرار دهد. در مـواردی کـه دسترسـی بـه دستورالعملهای سازنده مقدور نیست می‌توان موارد زیر را مورد توجه قرار داد.

٤-۲-۱- انجام عملیات بر روی هادیهای زمین برقگیر

در حین پروسه تخلیه در برقگیر، به جهت عبور جریان تخلیه، اختلاف پتانسیل خطرناکی (دراثر مقاومت زمین، افت ولتاژ اندوکتیو و غیره) در هادی‌های اتصال دهنده برقگیر به سیستم زمین، به وجود می‌آید. بنابراین انجام هر گونـه عملیـات بـر روی ایـن هادیهـا مستلزم آن است که برقگیر از شبکه ایزوله شده باشد.

٤-۲-۲- نظارت کردن[1]

به منظور کنترل و نظارت پیوسته برقگیر، پیشنهاد می‌گردد که شمارنده‌های تخلیه بر روی برقگیرها نصب گردند و مقدار جریـان نشتی و تعداد تخلیه‌ها هر از چند گاهی کنترل گردد.

٤-۲-۳- کنترل سیستم سوپاپ اطمینان

چنانچه شاخص نشان‌دهنده عملکرد سوپاپ اطمینان، عملکرد این وسیله را نشان دهد به این معنی خواهد بود که برقگیـر دیگـر جهت استفاده مناسب نبوده و باید در اسرع وقت نسبت به تعویض آن اقدام نمود.

٤-۲-٤- عملکرد در مناطقی با شرایط آب و هوایی آلوده (پاک کردن مقره‌ها)

طراحی و ساخت مقاومتهای غیرخطی این اطمینان را فراهم می‌کند که برقگیر تحت تأثیر آلودگی خارجی قرار نگیرد. با وجود این پیشنهاد می‌شود که در شرایط آب و هوایی آلوده به طور دوره‌ای مقره‌های برقگیر تمیز شوند. برای این منظور، برقگیر به طور نرمـال ایزوله و زمین می‌گردد. اگر از فواره جهت پاشیدن آب استفاده شود، این عملیات می‌تواند در حالی انجام شود که برقگیر برقدار اسـت البته به شرطی که برقگیر قابلیت شستشو در حین سرویس را دارا باشد.آب مورد استفاده برای ایـن عملیـات بایـد در صـورت امکـان کاملاً تمیز باشد و دارای هدایت الکتریکی پایینی باشد. اغلب از آب تقطیر شده برای اینگونه مقاصد استفاده می‌گردد.

٤-۲-۵- روشهای کنترلی به منظور اثبات عملکرد صحیح برقگیرها

برقگیرهایی را که چندین سال متوالی در سرویس بوده‌اند می‌توان جهت بازبینی خصوصیات حفاظتی آنها مـورد آزمـون قـرار داد. برای انجام این قبیل آزمونها دستورالعملهایی وضع شده است که چگونگی انجام و تجهیزات مورد لزوم آزمون را مشخص می‌نماینـد. این دستورالعملها و روشهای انجام آزمونها باید از سوی سازنده برقگیر ارائه گردیده تا اقدام‌های لازم براساس آنها انجام گیرد. برخـی از این آزمونها عبارتند از:

1. Monitoring

omoorepeyman.ir

٤-۲-۵-۱- اندازه‌گیری جریان نشتی برقگیر

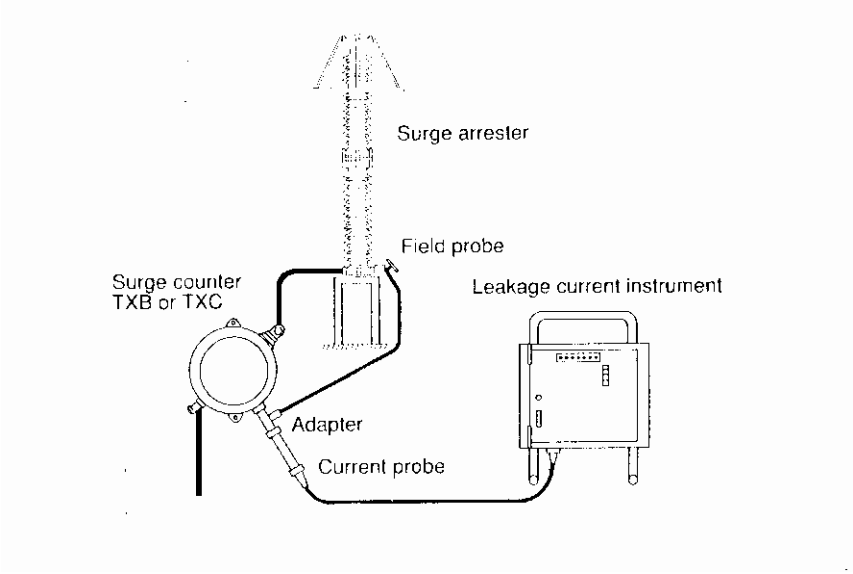
یکی از روشهای اطلاع از سلامت برقگیر در شرایط سرویس، اندازه‌گیری پیوسته مؤلفه اهمی جریان نشتی برقگیر می‌باشد. اندازه‌گیری این مؤلفه می‌تواند به طرق مختلفی انجام گیرد. ساده‌ترین وسیله برای انجام این منظور استفاده از یک میلی‌آمپرمتر است که در شمارنده ضربه برقگیر یا به طور منفرد به همراه برقگیر نصب می‌گردد. استفاده از این روش دارای محدودیتهایی نیز می‌باشد. به عنوان مثال این روش قادر به تشخیص تفاوت بین جریانهای نشتی داخلی و خارجی یا مؤلفهای اهمی و خازنی نمی‌باشد.

یک روش دیگر که دارای حساسیت بیشتری است، روش تحلیل هارمونیک سوم جریان نشتی دائمی برقگیر می‌باشد. به دلیل خاصیت غیرخطی مقاومتهای برقگیر اکسید فلز، جریان نشتی حاوی هارمونیکهایی از فرکانس پایه شبکه قدرت است. با اندازه‌گیری هارمونیکهای تشکیل‌دهنده جریان نشتی با دستگاههای ویژه، امکان اندازه‌گیری مؤلفه مقاومتی جریان نشتی فراهم می‌گردد و از این رو می‌توان وضعیت واقعی برقگیر را مورد ارزیابی و کنترل قرار داد. در استفاده از این روش نکته‌ای که باید لحاظ گردد تمایز قائل‌شدن بین هارمونیکهای ولتاژ شبکه با هارمونیکهای جریان است و دستگاه اندازه‌گیری باید قادر به تفکیک میان این هارمونیکها باشد. این مشکل با استفاده از دستگاهها و روشهای پیشرفته پردازش اطلاعات امروزی حل شده است.

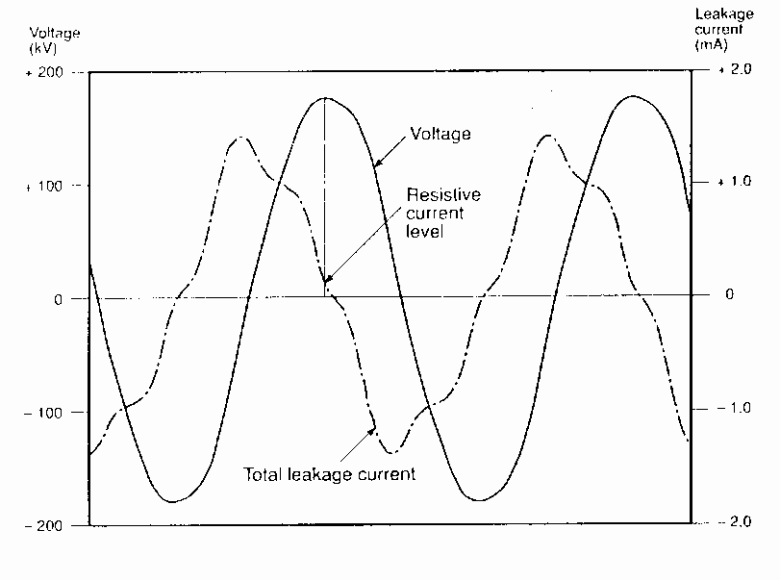
علت اندازه‌گیری مؤلفه هارمونیک سوم را می‌توان با توجه به مدار معادل برقگیر تشریح نمود. تنها عناصر ایجادکننده هارمونیک، مقاومتهای غیرخطی هستند که مؤلفه اهمی جریان نشتی را ایجاد می‌کنند. همچنین در فرکانس پایه علاوه بر جریان نشتی مقاومتهای غیرخطی، جریان خازنی نیز حضور دارد که تفکیک آن از مؤلفه مقاومتی معمولاً مشکل است. در حالی که با اندازه‌گیری مؤلفه‌های هارمونیکی به علت عدم توانایی خازن معادل در تولید جریان هارمونیکی، جریانهای هارمونیکی اندازه‌گیری شده تنها متعلق به مؤلفه اهمی جریان نشتی خواهند بود. جریان مقاومتی برقگیر دارای هارمونیکهای بالاتری همانند هارمونیک پنجم و ... نیز می‌باشد اما به علت کوچک بودن دامنه این هارمونیکها متداول است که تنها دامنه هارمونیک سوم اندازه‌گیری شود. بنا به روش فوق، برای اطمینان از سالم بودن برقگیر و بلوکهای آن، جریان هارمونیک سوم اندازه‌گیری شده و با مقدار مبنای مورد نظرکه معمولاً از سوی سازنده ارائه می‌گردد مقایسه می‌شود. مقدار مبنای داده‌شده دارای تلورانسی است که در صورت انحراف مقدار اندازه‌گیری شده از این تلورانس، بروز عیب در المانهای مقاومت غیرخطی و تعویض برقگیر یا بخشهای آن لازم خواهدبود.

شکل(۴-۵) یک روش نوعی برای اندازه‌گیری مؤلفه هارمونیک سوم جریان نشتی را نشان می‌دهد. شکل (۴-۶) نیز شکل موجهای جریان نشتی و ولتاژ اعمالی به برقگیر را در مورد یک برقگیر نمونه نمایش می‌دهد.

omoorepeyman.ir



شکل ٤-٥: یک روش نوعی جهت اندازه‌گیری مؤلفه هارمونیک سوم جریان نشتی



شکل٤-٦: شکل موجهای جریان نشتی و ولتاژ اعمالی به یک برقگیر ZnO نمونه

٤-٢-٥-٢-آزمونهای ضریب توان

هر برقگیر نو دارای یک ضریب توان مشخص است. آزمونهای دوره‌ای می‌تواند به منظور بررسی میزان انحراف ضریب توان برقگیر از مقدار اولیه‌اش انجام گیرد. میزان انحراف قابل توجه ضریب توان برقگیر از مقدار اولیه‌اش به معنای خرابی برقگیر به جهت آسیب‌های مکانیکی یا نفوذ رطوبت می‌باشد.

omoorepeyman.ir

٤-۳- دستورالعملهای بازدیدهای دوره‌ای برقگیرهای اکسیدفلز

از آنجایی که بازدیدهای دوره‌ای نقش مؤثری در جلوگیری از آسیب رسیدن به برقگیرها دارند، کلیه بهره‌برداران ملزم به رعایت دستورالعملهای تدوین شده در این زمینه می‌باشند. نحوه یا زمان بازدید بستگی به خصوصیات برقگیر مورد استفاده و اهمیت برقگیرهای مورد نظر و شرایط محیطی پست داشته و علاوه بر این دستورالعملهای صادره از سوی سازنده برقگیر نیز باید مدنظر قرار گیرد. با توجه به عوامل فوق‌الذکر بازدیدهای روزانه، هفتگی و ماهانه از برقگیرها مورد نیاز خواهد بود.

هدف از تدوین این دستورالعملها، ارائه چگونگی انجام بازدیدهای دوره‌ای جهت برقگیرها می‌باشد که باید توسط اپراتورها انجام گرفته و درفرمهای مربوطه ثبت و به صورت مرتب به مسئولین مربوطه گزارش شود.

٤-۳-۱- بازدیدهای روزانه از برقگیر

در بازدیدهای روزانه برقگیر در صورت مشاهده عیبی در آن، مشخصات برقگیر به همراه نوع اشکال مشاهده شده باید در فرم مخصوصی که در پیوست (۴-۱) نشان داده شده است، ثبت گردد تا براساس نوع اشکال ثبت شده، از طریق مسئولین مربوطه در مورد ادامه بهره‌برداری از برقگیر تصمیم گیری گردد.

مواردی که در بازدید روزانه مورد توجه قرار می‌گیرند عبارتند از:

- وضعیت ظاهری از نظر صدای غیر عادی
- وضعیت مقره‌ها از نظر آلودگی، ترک و شکستگی
- سالم بودن شمارنده موج ضربه
- بررسی اتصال زمین برقگیر

٤-۳-۲- بازدیدهای هفتگی از برقگیر

بازدیدهای هفتگی از برقگیر در واقع بازدیدهایی هستند که با اعمال آنها وضعیت دقیقتری از برقگیرها نسبت به بازدیدهای روزانه فراهم می‌شود و سعی شده است اهم مواردی که بازدید کننده ممکن است با آنها برخورد کند در نظر گرفته شود. در هنگام انجام بازدیدهای هفتگی از برقگیرها باید فرم مخصوص بازدیدهای هفتگی برقگیرها که در پیوست (۴-۲) نشان داده شده است، تکمیل گردد.

مواردی که در بازدید هفتگی برقگیرها باید لحاظ گردند عبارتند از:

- سالم یا معیوب بودن وضعیت ظاهری
- وجود یا عدم وجود ترک و شکستگی در مقره‌ها
- کامل یا ناقص بودن اتصالات هادی‌های ورودی و خروجی فشار قوی
- سالم یا معیوب بودن وضعیت ظاهری شمارنده موج ضربه و آمپرمتر (در صورت وجود)
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین
- سایر اشکالات مشاهده شده

omoorepeyman.ir

٤-۳-۳- بازدیدهای ماهیانه از برقگیرها

بازدیدهای ماهیانه که در واقع به صورت دقیق‌تر انجام می‌گیرند در برگیرنده کلیه معایبی هستندکه ممکن است در برقگیرها وجود داشته باشد و در واقع این بازدید پوشش‌دهنده بازدیدهای روزانه و هفتگی است ولی این بازدیها دلیلی بر عدم انجام بازدیدهای روزانه و هفتگی نخواهد بود.

در هنگام انجام بازدیدهای ماهیانه، همانند بازدیدهای روزانه و هفتگی موارد اشکال مشاهده شده باید در فرم مخصوص بازدیدهای ماهیانه برقگیرهای اکسید فلز که در پیوست (۴-۳) ارائه گردید است، ثبت گردند.

مواردی که در هنگام انجام بازدیدهای ماهیانه برقگیر اکسید فلز باید مورد بررسی قرار گیرند، عبارتند از:

- کامل یا ناقص بودن اتصال هادیهای ورودی
- سالم یا معیوب، تمیز یا کثیف بودن مقره‌های برقگیر و نیاز یا عدم نیاز به شستشو یا تمیز کردن
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین
- سالم یا معیوب بودن شمارنده موج ضربه و شمارنده آن
- طبیعی بودن یا غیرطبیعی بودن حلقه‌های توزیع میدان
- ثبت مقدار جریان نشتی برقگیر
- سایر اشکالات مشاهده شده

٤-٤- سرویس‌های دوره‌ای برقگیرهای اکسید فلز

سرویس و تعمیرات به موقع و همچنین آزمونهای دوره‌ای و پیشگیرانه برقگیرها علاوه بر اینکه در سلامتی و طولانی شدن عمر آنها مفید خواهد بود، از آسیب دیدن و یا تعمیرات اصلاحی مکرر و احتمالاً از گسترش عیب در سایر تجهیزات پست (که می‌تواند سبب خروج طولانی مدت یا غیر قابل بهره‌برداری شدن تجهیزات شود) نیز جلوگیری به عمل می‌آورند.

دستورالعملهای ارائه شده در اینجا به همراه دستورالعملهای سازنده برقگیر باید مورد توجه قرارگیرند. معمولاً این سرویس‌ها به صورت سالیانه انجام می‌گیرند مگر اینکه سازنده دوره زمانی مشخصی را تعیین نماید.

٤-٤-۱- مراحل انجام کار

- کنترل و آچارکشی اتصالات (استراکچر و ترمینال فشارقوی)
- کنترل و آچارکشی سیم اتصال زمین از لحاظ شل شدگی و فرسودگی اتصالات و پارگی آنها
- اندازه‌گیری جریان نشتی
- آزمونهای صحت عملکرد شمارنده برقگیر براساس روش سازنده (در صورت وجود)
- کنترل وضعیت مقره و تمیز نمودن آنها در صورت نیاز
- آزمون ترموویژن برقگیر

omoorepeyman.ir

٤-٤-٢- مهارتهای لازم

- کارشناس یک نفر
- تکنیسین یک نفر
- کارگر ماهر یک نفر

٤-٤-٣-تجهیزات لازم

- جعبه ابزار کامل
- میگر یک کیلوولت
- میلی‌آمپر چنگکی
- سمباده
- دستگاه آزمون شمارنده موج ضربه برقگیر
- بالابر (در صورت نیاز)
- خودرو
- دستگاه اندازه‌گیری جریان اهمی برقگیر
- ترموویژن

omoorepeyman.ir

پیوست (٤-١): فرم بازدید روزانه برقگیر

نام پست: **ولتاژ:** **ماه:** **سال:**

ردیف	شماره برقگیر معیوب	ولتاژ	وضعیت		ایام ماه ۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲٤	۲٥	۲٦	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			معیوب																																
			بهره برداری	مجاز																															
				غیرمجاز																															
			نام و نام خانوادگی اپراتور بازدیدکننده و امضاء																																
			نام و نام خانوادگی مسئول پست و امضاء																																

* کلیه برقگیرها می‌بایستی مورد بازبینی قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

پیوست (۴-۲): فرم بازدید هفتگی برقگیر

نام پست: **ولتاژ:** **نام فیدر:** **شماره بی:**

موضوع بازدید و شماره ردیف	وضعیت ظاهری برقگیر		ترک و شکستگی مقره‌ها				اتصالات هادی‌های ورودی - خروجی		وضعیت ظاهری کنتورها و آمپرمتر			اتصال سیم زمین		سایر اشکالات برقگیر	امضاءاپراتور بازدیدکننده	امضاء مسئول پست
تاریخ بازدید	سالم	معیوب	ندارد	دارد			کامل	ناقص	سالم	معیوب		کامل	ناقص			
				A	B	C				کنتور	آمپرمتر					

omoorepeyman.ir

پیوست (۴-۳): فرم بازدید ماهانه برقگیر

نام پست: **ولتاژ:** **نام فیدر:** **شماره بی:**

موضوع بازدید وشماره ردیف / تاریخ بازدید	اتصال هادی ورودی				مقره برقگیر									اتصال سیم زمین				شمارنده				
	کامل	ناقص			تمیز	نیاز به شستشو			سالم	معیوب			کامل	ناقص			طبیعی	جریان نشتی			
		A	B	C		A	B	C		A	B	C		A	B	C		A	B	C	

omoorepeyman.ir

منابع و مراجع

[1] IEC 60099-1, "Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c systems"
[2] IEC 60099-3, "Artificial pollution testing of surge arresters"
[3] IEC 60099-4, "Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c systems"
[4] IEC 60099-5, "Selection and application recommendations"
[5] IEEE C62.11, "IEEE standard for metal-oxide surge arresters for alternating current power circuits"
[6] IEEE C62.22, "IEEE guide for the application of metal-oxide surge arresters for alternating current systems"
[7] IEC 60071.1, "Insulation co-ordination – part1: definitions, principles and rules"
[8] IEC 60071.2, "Insulation co-ordination – part2: application guide"
[9] "Metal oxide surge arrester in AC systems", working group of study committee 33 of CIGRE, ELECTRA 1288133
[۱۰] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ایران، جلد ۲۰۸، معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب برقگیر.
[۱۱] استاندارد طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ایران، جلد ۳۰۸، مشخصات فنی برقگیر.
[۱۲] استاندارد پستهای (۳۳)۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی، جلد ۱۲۰۱، هماهنگی عایقی و برقگیرها.
[۱۳] استاندارد برقگیرهای اکسید فلز برای سیستم با ولتاژ نامی ۶۳، ۶۶ و ۱۳۲ کیلوولت.
[۱۴] استاندارد و آئین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، شماره ۴۰۴-۷۳، بازدیدهای دوره‌ای.
[۱۵] استاندارد و آئین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت، شماره ۴۰۵-۷۳، تعمیرات، سرویس و آزمونهای دوره‌ای تجهیزات بیرونی پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت.
[16] Selection guide for ABB HV surge arresters, zinc oxide surge arresters, technical information pub.SES WG/A 2300, Edition 2, 1991.
[17] ZnO surge arresters application guide, ASEA, HV apparatus LB200 – 144E, Jan. 1986.
[۱۸] برقگیرهای فشارقوی بدون فاصله هوایی، تألیف مهندس طهماسبقلی شاهرخشاهی.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

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

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

General Technical Specification and Execution Procedures for Transmission and Subtransmission Networks Lightning Arrester at High Voltage Substations

NO: 501- 2

Office of Deputy for Strategic Supervision
Bureau of Technical Execution System
http://tec.mporg.ir

Energy Ministry - Tavanir Co.
Power Industry Technical Criteria Project
www.tavanir.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال – برقگیرها در پست‌های فشار قوی" جلد دوم از مجموعه دو جلدی است. در این مجلد مطالب مربوط به برقگیرها شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی و مهندسی، آزمون های نوعی، آزمون های جاری، و دستورالعمل های نصب و بهره برداری ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir