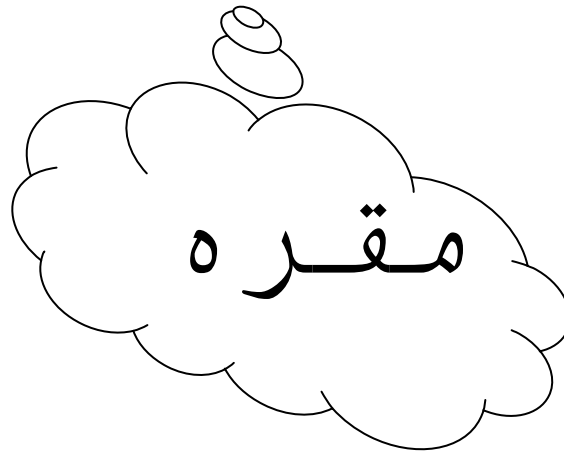


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

موضوع تحقیق :



فهرست

صفحه	عنوان
۳	مقدمه
۳	جنس مقره ها
۴	شیشه
۸	شکست الکتریکی در مقره ها
۱۰	انواع مقره ها
۱۲	انواع مقره های خطوط هوایی
۱۷	مقره های مخصوص
۱۸	مقره های اتکایی
۱۸	مقره های عبوری (بوشینگ ها)
۱۹	آزمایش مقره های خطوط هوایی
۲۰	Type Test بر طبق استاندارد بین المللی IEC
۲۴	آزمایش های روی مقره های نمونه طبق استاندارد IEC (Sample Test)
۲۶	شرح آزمایش
۳۲	تست های معمول مقره ها (Routine Test)

یکی از اجزاء مهم شبکه های فشار قوی ، مقره ها می باشد که بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت ، شکل خاصی به خود می گیرند. وظایف مقره ها در شبکه ها را می توان به صورت زیر بیان نمود :

۱. تحمل وزن هادی های خطوط انتقال و توزیع برای نگهداری سیم های هوایی روی پایه ها و دکل ها در بدترین شرایط (یعنی موقعی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم ها در حداکثر مقدار باشد) را داشته باشد و اصولاً باید بتوانند بیشترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر آن ها را تحمل کنند.
۲. عایق بندی هادی ها و زمین و بین هادی ها با یکدیگر به عهده مقره است. یعنی مقره ها باید از استقامت الکتریکی کافی برخوردار باشند تا بتوانند بین فازهای شبکه و دکل ها که متصل به زمین هستند ایزولاسیون کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند. استقامت الکتریکی آن ها باید در حدی باشد که در بدترین شرایط (یعنی در حضور رطوبت ، باران ، آلودگی و بروز صاعقه با ولتاژ بالا) دچار شکست کامی الکتریکی نشوند.

بنابراین مقره ها باید دارای خصوصیات زیر باشند :

۱. استقامت الکتریکی بالا.
۲. استقامت مکانیکی بالا.
۳. عاری از ناخالصی و حفره های داخلی.
۴. استقامت در برابر تغییرات درجه حرارت و عدم تغییر شکل در اثر تغییر دما (با توجه به ضریب انبساط حرارتی که بایستی کم باشد).
۵. ضریب اطمینان بالا.
۶. ضریب تلفات عایقی کم.
۷. در برابر نفوذ آب و آلودگی ها مقاوم باشد.

جنس مقره ها

جنس مقره ها معمولاً از چینی یا شیشه است. مقره های چینی از سه ماده مختلف تشکیل شده است :

۱. کائولین یا خاک چینی $AL_2O_3-2SiO_2-2H_2O$ به مقدار ۴۰ تا ۵۰ درصد.
۲. سیلیکات آلومینیوم (فلداسپات) $K_2O-AL_2O_3-6SiO_2$ به مقدار ۲۵ تا ۳۰ درصد.
۳. خاک کوارتز SiO_2 به مقدار حداکثر ۲۵ درصد.

این سه نوع با ترتیب برای بالا بردن استقامت حرارتی ، الکتریکی و مکانیکی به کار می روند.
به عبارت دیگر خواص الکتریکی ، مکانیکی و حرارتی چینی بستگی به درصد فراوانی این سه جزء دارد. هر چه فلداسپات بیشتر باشد استقامت الکتریکی آن زیادتر می شود و هر چه مقدار کوارتز بیشتر شود ، استقامت مکانیکی آن بیشتر شده و با افزایش کائولین ، استقامت حرارتی آن بیشتر می شود.

برای تهیه چینی ، مواد فوق را با کمی آب خالص مخلوط می کنند تا به صورت گل و خمیر در آید. سپس این گل را در قالب های معینی شکل داده و در کوره حرارت می دهند تا پخته شود و رطوبت آن نیز گرفته شود. البته قبل از قالب گیری ، درصد رطوبت گل را پایین می آورند و تحت خلاء آن را پرس می کنند ، پس از ریخته شدن آن را سرد می کنند. ولی سرد کردن آن به طور ناگهانی انجام نمی شود و با ملایم این کار صورت می گیرد. تا ترکی در آن ایجاد نشود. پس از این مرحله یک لایه لعاب شیشه ای بر روی آن می ریزند تا سطح آن کاملاً خالی از وجود حباب ها و ترک های مویین گردد. لعاب شیشه ای علاوه بر افزایش استقامت مکانیکی مفره قدرت چسبندگی گرد و غبار و نفوذ گرد و غبار و رطوبت را کاهش می دهد. همچنین باعث ایجاد یک سطح کاملاً صاف می شود که باعث افزایش مقاومت سطحی عایق می شود.

درجه حرارت پختن در کوره نیز در تعیین استقامت الکتریکی و مکانیکی مفره چینی مؤثر است که هر چه در درجه حرارت بالاتری قرار داده شود ، حبابهای هوا در آن کمتر به وجود می آیند و استقامت الکتریکی آن زیاد می شود اما در عوض عایق خیلی خلی ترد و شکننده می شود و هرچه درجه حرارت پختن در کوره کمتر شود استقامت مکانیکی آن بیشتر می شود و هر چه درجه حرارت پختن در کوره کمتر می شود ، استقامت مکانیکی آن بیشتر می شود ، ولی حفره های بیشتری در آن باقی می ماند و استقامت الکتریکی آن بیشتر می شود ولی حفره های بیشتری در آن باقی می ماند و استقامت الکتریکی آن کاهش می یابد. معمولاً درجه حرارت پخت در کوره را بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه نگه م دارند. در نتیجه ، استقامت الکتریکی چینی بین 120 (kv/cm) تا 280 (kv/cm) می باشد. همچنین استقامت مکانیکی چینی در برابر نیروی فشاری $690 \text{ (MNt/m}^2\text{)}$ (در مقاطع بزرگتر 275 MNt/m^2) و در برابر نیروی کششی $48 \text{ (MNt/m}^2\text{)}$ (در مقاطع بزرگتر 20 MNt/m^2) و در برابر نیروی خمشی $95 \text{ (MNt/m}^2\text{)}$ می باشد. از خواص بسیار مهم چینی می توان آسان شکل گرفتن آن ها و استقامت در برابر مواد شیمیایی و تغییرات جوی را نام برد.

شیشه

معمولاً شیشه را در درجه حرارت هی بالا با مخلوطی از مواد مختلف از جمله آهک و پودر کوارتز ذوب می نمایند و سپس به طور ناگهانی آن را سرد نموده و قالب ریزی می کنند. این عمل ((Toughening)) باعث سفت شدن شیشه می شود). بدین ترتیب مقره شیشه ای با استقامت مکانیکی خیلی زیاد بدست می آید که در مقابل لب پریدگی از چینی مقاوم تر است و استقامت مکانیکی فشاری آن ۱/۵ برابر چینی است و استقامت مکانیکی آن در برابر نیروهای خمشی اندک ، کمتر از چینی است.

همچنین استقامت الکتریکی آن هم خیلی بیشتر از عایق های چینی است (بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلو ولت بر سانتی متر).

مزیت دیگر شیشه این است که ضریب انبساط حرارتی آن کوچک است و در نتیجه تغییر شکل نسبی آن در اثر تغییر درجه حرارت ، خیلی کم است. همچنین در مقره های شیشه ای ، قبل از بروز ترک ، کاملاً خرد می شوند و لذا از روی زمین به راحتی می توان مقره معیوب را تشخیص داد. بر خلاف مقره های چینی ، در واقع ساخت مقره های شیشه ای ، معمولاً حفره در آن به وجود نمی آید و اگر ترک یا حفره ای هم باشد به راحتی قابل مشاهده است. به

علاوه به علت عبور نور خورشید از آن در اثر شاف بودن ، مقاومت آن در برابر نور خورشید

بیشتر است . اما معایب شیشه آن است که :

۱. اولاً رطوبت به راحتی در سطح آن تقطیر می شود.
۲. به علت تغییر شکل نسبی داخلی پس از سرد شدن ، نمی توان مقره های بزرگی از آن ها ساخت.
۳. گرد و خاک را بیشتر به خود جذب می کند.

شکست الکتریکی در مقره ها

دو نوع شکست در مقره ها ممکن است رخ دهد :

۱. سوراخ شدن مقره (شکست الکتریکی داخل بدنه مقره) :
- این شکست بستگی به جنس مقره ، ضخامت بدنه مقره و ناخالصی های آن دارد که غالباً اتفاق نمی افتد ؛ مگر در هنگام صاعقه های بسیار خطرناک و امواج سیار روی خط چین رخ می دهد. ضخامت بدنه مقره را طوری طراحی می کنند که برای ولتاژهای ضربه صاعقه ای و امواج سیار ناشی از سویچینگ سوراخ نشود.

۲. جرقه سطحی مقره :

به علت اینکه سح مقره ها با هوا در ارتباط است و با توجه به اینکه استقامت الکتریکی هوا خیلی کمتر از مقره ها است لذا قبل از سوراخ شدن ، در روی سطح مقره ها جرقه زده می شود. معمولاً اگر بر روی سطح مقره ها گرد و غبار و رطوبت و آلودگی بنشیند به سطح آن رسانا می شود و یک جریان ناشی روی سطح مقره بین هادی و پایه فلزی آن بر قرار می گردد و باعث پایین آمدن ارزش عایقی سطح مقره می شود. لذا اولاً سطح عایق ها را طویل می سازند تا مسیر جریان ناشی طولانی تر شود و ارزش عایقی سطحی زیاد از دست نرود. دیگر آن که سسطح عایق را به صورت چتری می سازند تا باران از آن ریخته شده و ابعاد مقره نیز بزرگ نشود و بالاخره جای خشک هم داشته باشد. شیب چترها باید طوری باشد که روی سطوح هم پتانسیل یعنی عمود بر خطوط میدان بین هادی و میله قرار گیرند. زیرا اگر بین دو نقطه ای که دارای اختلاف پتانسیل باشند ، سطح رسانای ناشی از گرد و غبار تشکیل می شود ، جریان زیادتری جاری شده و جرقه سطحی زودتر زده می شود.

بر حسب کاربرد این نوع وسیله ، مقره ها را به سه دسته تقسیم می کنند :

۱. **مقره های خطوط هوایی :** برای عایق کردن هادی ها نسبت به پایه (دکل) و نسبت به

یکدیگر و نگهداری هادی ها بر روی پایه ها از این نوع مقره استفاده می شود.

۲. **مقره های اتکایی :** برای عایق کاری باس بارها در پست ها و تابلوها نسبت به زمین و

نگهداری آن ها از این نوع مقره ها استفاده می شود.

۳. **مقره های عبوری یا پوشینگ ها :** از این نوع مقره ها برای عبور باس بارها از دیواره ها

یا ورود به تجهیزات استفاده می شود. همچنین برای ایزوله کردن خطوط یا باس بارها

نسبت دیوارها یا بدنه تجهیزات هم به کار می رود.

اکنون به توضیح تک تک این نوع مقره ها خواهیم پرداخت . البته درصد بسیار زیادی از مقره

های مورد استفاده از نوع مقره های خطوط هوایی می باشد.

انواع مقره های خطوط هوایی

الف) مقره های سوزنی (میخی):

از این مقره ها برای نگهداری خطوط توزیع ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت استفاده می شود که بیشتر به صورت یکپارچه ساخته می شوند و معمولاً به شکل ناقوس کلیسا هستند و هادی خط روی شیار بالایی مقره قرار می گیرد و توسط یک سیستم به مقره محکم می شود. مقره توسط یک پیچ فولادی که در داخل مقره محکم شده است به بازوی دکل بسته می شود. اطراف پیچ فولادی را با فلز نرم مانند سرب یا سیمان پر می کنند تا چینی مقره با فولاد سخت در تماس نباشد و در اثر گشتاور خمشی شکسته نشود.

چترهای روی مقره هم به خاطر ایجاد مسیر طولانی و همچنین ایجاد نقاط خشک در هنگام بارندگی و هم لغزان بودن سطح مقره برای باقی نماندن باران بر روی سطح مقره ایجاد می شود. به عبارت دیگر در حالت مرطوب بودن مقره ، فاصله جرقه برابر مجموع کوتاهترین فاصله از لبه یک چتر به نزدیکترین نقطه روی چتر پایینی به اضافه فاصله از لبه چتر پایینی تا پایه فلزی مقره می باشد. همچنین در حالت خشک بودن مقره کوتاهترین فاصله از هادی تا پایه فلزی مقره است. به این منظور ، ضریب اطمینان مقره را به صورت زیر تعریف می کنند.

$$\text{ولتاژ لازم برای جرقه سطحی} = \frac{\text{ضریب اطمینان مقره}}{\text{ولتاژ نامی مقره}}$$

در شبکه های ۲۰ کیلو ولت ، ضریب اطمینان هوای خشک مقره های میخی برابر ۶ و برای هوای مرطوب به مقدار ۴ است. همچنین در شبکه های 11 KV این ضریب در هوای خشک برابر ۸/۲ و برای هوای مرطوب به مقدار ۵ است.

(ب) **مقره های آویزان (در مقره های خطوط هوایی):** در ولتاژهای بالاتر از ۵۰ کیلو ولت که در سیستم های انتقال و فوق توزیع استفاده می شود ، استفاده از مقره های سوزنی به علت نیاز به ضخامت زیادتر و پیچیده تر شدن ساختمان مقره ها و گرانتتر شدن و غیر اقتصادی بودن آن ها امکان پذیر نیست. لذا در ولتاژهای بالا از مقره های آویزان می شود و هادی خط به وسیله کلمپ فلزی به پایین ترین مقره بشقابی زنجیره متصل می گردد.

هر مقره بشقابی از یک دیک بشقاب از جنس چینی یا شیشه تشکیل شده است که در قسمت بالایی آن ، یک کلاهک چدنی گالوانیزه توسط سیمان مخصوصی به نام Alumina (که مقاومت الکتریکی بالا و از استقامت مکانیکی و چسبندگی بالایی برخوردار است) به شیشه یا چینی متصل شده است و در قیمت پایین مقره نیز یک پین (pin) فولادی گالوانیزه که آن هم به وسیله سیمان مخصوص Alumina به مقره متصل شده است. همچنین مسیر زیر بشقاب ها به صورت چین دار است تا طول مسیر جریان نشتی افزایش یابد. پین فولادی هر مقره در داخل حفره کلاهک مقره پایینی قرار گرفته و با زدن گیره اطمینان (اشپیل Split-Pin).

حفره: کلاهک از سوراخ ریز مقابل آن اتصال پین و کلاهک محکم می شود. دو مقره ضمن اتصال محکم به مقره در محل اتصال به صورت لولایی حرکت آزادانه هم دارند. قطر بشقاب های این نوع مقره ها معمولاً بین ۱۵۰ تا ۳۶۰ میلیمتر و یا بیشتر می باشد. استقامت مکانیکی آن ها هم معمولاً بین ۴۰ تا ۳۰۰ کیلو نیوتن می باشد.

مزایای استفاده از مقره های بشقابی را می توان به صورت زیر بیان نمود :

۱. چون هر واحد مقره بشقابی برای یک ولتاژ نامی پایینی (در حدود ۱۱ کیلو ولت) طراحی می شود. متناسب با ولتاژ خط می توان به تعداد دلخواه از این بشقاب ها را به هم متصل نمود تا یک زنجیره آن بتواند ولتاژ خط را تحمل کند (قابلیت انتخاب تعداد بشقاب ها).
۲. اگر هر کدام از بشقاب های یک زنجیره مقره آویزان ، معیوب یا صدمه ببیند فقط لازم است همان یک بشقاب عوض شود و نیازی به تعویض کل زنجیره نیست (اقتصادی بودن مقره).
۳. چون زنجیره مقره به کراس آرم خط آویزان است و می تواند به صورت آزادانه حرکت نماید ، حداقل فشار مکانیکی بر مقره های آویزان وارد می شود (تنش های مکانیکی کمتری به مقره وارد می شود).

۴. اگر به دلیلی بخواهند ولتاژ نامی خط را افزایش دهند به راحتی می توان با اضافه نمودن

چند تا بشقاب ، قدرت عایقی مناسب را به دست آورد و نیازی به تعویض زنجیره مفره

نیست (قابلیت انعطاف در افزایش ولتاژ خط).

۵. چونهادی خط به زنجیره آویزان می گردد و پایین تر از بازوی کراس آرم (صلیبی) دکل

خط انتقال قرار می گیرد در نتیجه هنگام برخورد صاعقه به خط ، صاعقه ابتدا به بازوی

کراس آرم خط برخورد می نماید تا حدود زیادی از خط حفاظت می شود (حفاظت خط

در برابر صاعقه به وسیله بازوی کراس آرم دکل انجام می شود).

۶. اگر بار مکانیکی خط زیاد باشد مثلاً: در اسپن های بلند ، هنگام عبور خطوط انتقال از

روی رودخانه ها ، دره ها ، اتوبان ها می توان از زنجیره های دابل یا بیشتر استفاده نمود

(قابلیت استفاده از زنجیره های دابل یا بیشتر).

ب) مقره های سنتی: مقره های کششی در جاهایی که نیروی کشش افقی زیادی به مقره وارد

می شود استفاده می گردد. از این مقره ها در پایه های ابتدا و انتهای خطوط انتقال ، توزیع و

در پایه هایی که در مسیر خط از حالت مستقیم خارج شده و یا نسبت به افق ، زاویه پیدا

می کنند ، استفاده می شوند. مقره های مذکور همان مقره های بشقابی هستند که به صورت

افقی نسب می شوند و باید بیوری کششی خط را در پایه ها تحمل نمایند و چون نیروی

زیادتری را باید تحمل کنند فقط استقامت مکانیکی آن ها نسبت به مقره های آویزان بیشتر است.

د) مقره های مهار: در خطوط توزیع برای پایه هایی که در ابتدا و انتهای خط قرار می گیرند و یا برای پایه هایی قرار گرفته در زاویه برای خنثی کردن نیروی کششی که از یک طرف به پایه وارد می شود از سیم مهار استفاده می شود. این سیم مهار از یک طرف به رأس تیر محکم می شود و از طرف دیگر به وسیله مهار و صفحه مهار در داخل زمین محکم می شود. برای ایمنی و حفاظت بیشتر که احتمالاً سیم مهار در بالا از طریق میلگرد تیر برق دار گردید ، سیم مهار در نزدیکی زمین برقرار نشود ، در وسط سیم مهار از مقره مهار استفاده می شود و سیم های مهار از دو طرف به مقره مهار متصل می شود. این مقره به گونه ای است که اگر شکسته شود ، سیم مهار رها نمی شود و البته بایستی تحمل نیروی کششی سیم مهار را داشته باشند.

ه) مقره های استوانه ای: این مقره ها به صورت یک زنجیره استوانه ای و به صورت یکپارچه از جنس چینی یا اخیراً از مواد ترکیبی (که استقامت مکانیکی بسیار بالایی داشته و آب بر روی سطح آن ها پخش نمی شود و برای مناطق صحرایی مناسب هستند) ساخته می شوند و

به دو طرف انتهایی آن ها دو کلاهک فلزی با سیمان مخصوص اتصال داده شده است. قطر استوانه عایق متناسب با قطر مکانیکی نیاز انتخاب می شود. از این مقره بعضاً در خطوط انتقال استفاده می شود. این مقره ها در مقایسه مقره های آویزان بشقابی از وزن بسیار کمتری برخوردارند (وزن مقره های آویزان در یک زنجیره بیشتر به خاطر وزن کلاهک های فلزی آن است) و لذا از نظر اقتصادی ارزان تر هستند. ولی نقطه ضعف اصلی آن ها امکان خراب شدن کامل مقره در اثر یک قوس الکتریکی یا ضربه مکانیکی بیرونی بر آن است. در صورتی که در مقره های بشقابی تمام زنجیره از بین نمی رود. در زنجیره های بشقابی اگر یک مقره دچار ترک شود تا مدت زیادی بقیه آن ها می توانند ولتاژ خط را تحمل کنند و همچنین بار مکانیکی خط را تحمل نمایند.

در ولتاژهای بالا می توان دو یا سه مقره استوانه ای را به هم متصل نمود. نوع ساخته شده از مواد ترکیبی (Composite Material) این نوع مقره ها دارای خاصیت آب گریزی بوده و آب و آلودگی بر روی سطح مقره پخش نمی شود ، بلکه این آلودگی و رطوبت در یک نقطه روی سطح باقی می ماند و چون تمام سطح مرطوب نمی شود ، می توان مسیر خزشی آن را کوتاه نمود. جریان نشی این نوع مقره ها خیلی کم است و در مناطق با آلودگی زیاد روی سطح آن ها جرقه زده نمی شود و نیازی به تمیز کردن هم ندارند. این مقره ها ضمن داشتن استقامت مکانیکی بالا از وزن بسیار کمی نیز برخوردارند.

مقره های مخصوص

برای مناطق با شرایط آب و هوایی بسیار بد مانند مناطقی که آلودگی صنعتی یا آلودگی آب و هوایی بیش از حد معمول وجود دارد یا مناطقی که مه زیاد وجود دارد یا مناطقی که صاعقه های خطرناک با شیب زیاد وجود دارد ، از مقره های استاندارد معمولی نمی توان استفاده نمود و باید از مقره های با طراحی خاص برای آن مناطق استفاده نمود و باید از مقره های با طراحی خاص برای آن مناطق استفاده نمود. در این نوع مقره ها معمولاً از بشقاب های گودتر استفاده می کنند و داخل بشقاب گود ، چترهای بلندتری به آن داده می شود. در نتیجه فاصله خزش مقره افزایش می یابد و جریان نشی آن به دلیل طولانی تر شدن مسیر و بزرگ شدن مقاومت سطحی کاهش یافته و دیرتر جرقه سطحی زده می شود (به خاطر آلودگی و رطوبت). همچنین سطح مقره را پر شیب می سازند تا در اثر باران سطح آن به راحتی تمیزتر شود.

(ز) **مقره چرخی**: از این مقره ها در خطوط فشار ضعیف ۴۰۰ ولت استفاده می شود. این مقره ها توسط تسمه فلزی U شکل به نام اتریه و پین واشپیل به پایه های خطوط توزیع هوایی بسته می شوند و سیم هوایی شبکه بر روی شیار چرخی مانند مقره قرار می گیرد و از آن به عنوان مقره کششی نیز استفاده می شود و در دو نوع یک شیار و دو شیار استفاده می شود.

این مقره ها برای نگهداشتن شین های فشار قوی و دیگر تجهیزات به کار برده می شوند. این مقره ها به شکل استوانه ای چینی توپر یا توخالی ساخته می شوند که برای تأسیساتی که مقره باید نیروی مکانیکی بیشتری را تحمل کند از نوع توخالی آن استفاده می شود. زیرا نوع توپر آن فقط با یک قطر معین و محدودی قابل ساخت است ولی برای افزایش استقامت الکتریکی نوع توخالی آن سوراخ داخل مقره ها به صورت افقی یا عمودی نصب می شوند.

مقره های عبوری (بوشینگ ها)

برای سرهای خروجی و ورودی دستگاه های فشار قوی ، برای جلوگیری از ایجاد جرقه بین ولتاژ آن خط عبوری و بدنه دستگاه به کار می روند (مثل بوشینگ ترانس ها). این مقره ها به صورت لایه های استوانه ای به کار می روند و نسبت به محیط مورد استفاده ، شکل مقره های عبوری متفاوت است. ساده ترین آن ها استوانه های درهم است. فضای داخل این استوانه های مابقی ، معمولاً توسط گازها یا مایع های عایق پر می شود. در ترانسفورماتورها ، بوشینگ ها حاوی روغن هستند. ارتفاع آن ها برحسب میزان ولتاژ و ارتفاع از زمین متفاوت است. به

منظور جلوگیری از ازدیاد حرارت در پوشینگ ها از فیبرهای عایقی در سر پوشینگ ها استفاده می شود زیرا فیبر هدایت حرارتی بهتری نسبت به چنین دارد.

آزمایش مقره های خطوط هوایی

به طور کلی سه دسته آزمایش بر روی مقره ها انجام می گیرد:

۱. **Type Test**: که فقط روی سه عدد مقره انجام می گیرد و صرفاً به خاطر بررسی

مشخصات الکتریکی یک مقره است که اساساً بستگی به شکل مقره و جنس و ابعاد آن به

طور کلی به طراحی مقره بستگی دارد. این آزمایش ها را فقط یک بار برای تأیید صحت

طراحی مقره ها و مقایسه نتایج حاصل با مقادیر تعیین شده توسط استانداردها انجام

می دهند. به این آزمایش ها ، آزمایش های تخلیه یا آزمایش های جرقه نیز می گویند

(Flashover Test).

۲. **Sample Test** (آزمایش های نمونه): این آزمایش ها بر روی تعدادی از مقره ها که به

صورت کاملاً اتفاقی انتخاب می شوند ، انجام می گیرد و به منظور بررسی مشخصات

مقره و کیفیت موارد مورد استفاده در آن ها است و در حقیقت معیاری برای پذیرش

کیفیت مقره های تولیدی یک تولید کننده است.

۳. Routine Test (آزمایش های سری): این آزمایش ها بر روی تک تک تمام

مقره های تولید شده در خط تولید شده در خط انجام می گیرد و به منظور خارج شدن

مقره هایی که احتمالاً در جریان ساختن آن اشکالی به وجود آمده می باشد. بدین طریق

مقره های کاملاً معیوب از خط تولید خارج می شوند.

Type Test بر طبق استاندارد بین المللی IEC

گروه اول آزمایش ها شامل آزمایش های زیر است:

۱. آزمایش استقامت در برابر ولتاژ ضربه ای ، صاعقه در هوای خشک: این آزمایش در

دو حالت انجام می شود:

الف) با موج ضربه ای مقاوم: برای هر مقره ای حداکثر دامنه موج ضربه ای استاندارد (که

برای امواج صاعقه مدل می شود) باعث ایجاد جرقه بر روی سطح مقره نمی شود را

استاندارد مشخص کرده است. البته مقادیر برای شرایط جوی استاندارد داده می شود. حالا

اگر شرایط آزمایش از نظر فشار و درجه حرارت و میزان رطوبت متفاوت با شرایط

استاندارد باشد ، باید مقادیر فوق را تصحیح نمود. در این آزمایش ۱۵ بار موج ضربه ای

استاندارد $1.2/50 \mu\text{sec}$ به مقره به دفعات متوالی اعمال می شود. فاصله زمانی بین هر بار

باید به اندازه کافی باشد تا اثر قبلی از بین رود. دامنه موج ضربه ای همان مقدار مشخص

شده در استانداردها با ضریب تصحیح مربوطه است. اگر این آزمایش در هیچ دفعه ای جرقه سطحی روی مقره زده نشود یا تعداد دفعات جرقه سطحی کمتر از ۲ بار باشد و سطح مقره ها آسیب کلی نبیند. این آزمایش جواب مثبت داده است. البته اثر جزئی جرقه روی سطح مقره (مثل خش انداختن) مجاز است.

(ب) با موج ضربه ای با احتمال ۵۰٪ جرقه سطحی: دامنه موج ضربه ای استاندارد که با احتمال ۵۰٪ بر روی سطح مقره جرقه زده می شود در استانداردها مشخص شده است. حالا برای یک مقره مورد آزمایش، یک موج ضربه ای استاندارد با دامنه V_k نزدیک به سطح تقریبی دامنه ولتاژ جرقه ۵۰٪ انتخاب می شود. همچنین یک دامنه متغیر ولتاژ ΔV که تقریباً ۳٪ از ولتاژ V است، انتخاب می گردد. حالا یک موج ضربه ای استاندارد با دامنه V_K به مقره اعمال می شود. اگر این موج سبب بروز جرقه سطحی روی مقره نگردد، دامنه موج ضربه ای بعدی باید $V_k + \Delta V$ انتخاب شود که اگر حدود ۳۰ بار و چون ممکن است V_k اولیه خیلی کوچک یا خیلی بزرگ انتخاب شده باشد، ۱ تا ۹ آزمایش اول را ۳۰ بار محسوب نمی کنند. اگر هر ولتاژ U_V در این آزمایش n_V بار تکرار شده باشد، ولتاژ جرقه سطحی ۵۰٪ از رابطه زیر بدست می آید:

$$U_{\%50} = \frac{\sum n_V U_V}{30}$$

مقره به شرطی این قسمت را جواب می دهد که $U_{\%50}$ بدست آمده از رابطه بالا برای آن از $1/04$ برابر ولتاژ جرقه مقاوم آن کمتر نباشد و مقره ها در اثر جرقه ای سطحی روی آن ها آسیب کلی نبیند.

۲. آزمایش استقامت در برابر ولتاژ ضربه ای سوئیچینگ در هوای مرطوب :

موج ضربه ای برای مدل کردن سوئیچینگ ، یک موج ضربه ای $250/2500\mu\text{sec}$ است که با موج ضربه ای صاعقه متفاوت است و زمان رسیدن به یک مقدار یک و نیم موج پشت آن خیلی بیشتر از موج ضربه ای صاعقه می باشد. در این حالت مقره تحت آزمایش ، زیر بارش یک باران مصنوعی قرار می گیرد. شدت بارش باران باید حداقل بین ۱ میلیمتر بر دقیقه تا ۲ میلیمتر بر دقیقه باشد و به صورت مورب با زاویه 45° بارش نماید. درجه حرارت محیط هم بین 15°C تا 15°C باشد و مقاومت مخصوص آن در 20°C باید $100 \pm 15 \Omega - \text{m}$ باشد.

مقره باید به مدت ۱۵ دقیقه قبل از شروع تست تحت بارش این باران قرار گیرد ، البته این زمان می تواند کمتر هم باشد ، مخصوصاً زمانی که تست های متوالی انجام می گیرد. در این جا نیز این آزمایش در دو حالت مختلف می تواند انجام بگیرد :

الف) با موج ضربه ای با احتمال 50% جرقه سطحی : طریقه آزمایش مانند حالت هوای خشک است (با موج ضربه ای صاعقه) ولی دامنه موج ضربه ای 50% بدست آمده از

رابطه نباید کمتر از ۱/۰۸۵ برابر دامنه موج ضربه ای مقاوم تعیین شده در استاندارد برای موج ضربه ای مقاوم تعیین شده در استاندارد مربوط به شرایط جوی استاندارد است که برای شرایط آزمایشگاهی باید در ضرایب تصحیحی، اصلاح شود.

ب) با موج ضربه ای مقاوم: این آزمایش نیز با دامنه موج ضربه ای مقاوم تعیین شده در استاندارد برای ۱۵ بار تکرار می شود و اگر تعداد دفعاتی که جرقه سطحی روی مقره زده می شود بیشتر از ۲ بار نباشد این آزمایش جواب مثبت داده است. در این آزمایش نیز نباید سطح مقره ها آسیب کلی ببیند (اثرهای جزئی روی سطح مقره قابل پذیرش است).

۳. آزمایش استقامت در برابر ولتاژ با فرکانس صنعتی در هوای مرطوب

Wet Power – Frequency Test

در این لحظه مقره نیز تحت آزمایش در یک شرایط باران مصنوعی مانند حالت قبل قرار می گیرد. متناسب با شرایط جوی زمان آزمایش از نظر فشار و درجه حرارت، مقدار ولتاژ قابل استفاده مقره را بر اساس مقدار تعیین شده آن در استانداردها بدست می آوریم (با استفاده از ضرایب تصحیح). سپس یک ولتاژ در حدود ۷۵٪ ولتاژ فوق را به مقره اعمال می کنیم و سپس به تدریج و به آرامی با یک شیب در حدود ۲٪ ولتاژ فوق بر ثانیه، ولتاژ را افزایش می دهیم تا به مقدار ۱۰۰٪ فوق برسد. سپس این ولتاژ را در حدود یک دقیقه بر روی مقره نگه می داریم. طی این آزمایش هیچ گونه جرقه سطحی یا سوراخ شدن مقره

نباید اتفاق بیفتد. در این آزمایش می توان افزایش ولتاژ را هنوز ادامه دهیم تا جرقه سطحی حاصل شود. این آزمایش را ۵ بار تکرار می کنیم و مقدار متوسط ولتاژهای جرقه سطحی را به عنوان ولتاژ جرقه هوای مرطوب در ولتاژ سینوسی با فرکانس های صنعتی تعیین کنیم. فرکانس موج سینوسی باید بین 15^{kv} تا 100^{kv} باشد.

هر واحد مفره ، نام تولید کننده و سال تولید آن نوشته می شود. همچنین حداکثر قدرت مکانیکی مفره نیز بر روی آن نوشته می شود. مثلاً U300 مفره ۳۰۰ کیلو نیوتنی است. شرایط استاندارد به صورت $T = 20^{\circ}C$ و $P = 760mmHg$ و $119 \text{ water}/m^3$ رطوبت است. قبل از پرداختن به آزمایش هایی که بر روی مفره های نمونه انجام می گیرد ، ساختمان مفره ها را بیان می کنیم ، که به دو دسته تقسیم می شوند :

۱. نوع A: مفره هایی که طول یا ضخامت کوتاهترین مسیر موجود در داخل آن ها برای سوراخ شدن داخل بدنه مفره حداقل برابر با نصف طول کوتاهترین مسیر جرقه در هوای روی سطح مفره است.

۲. نوع B: مفره هایی که ضخامت داخل آن ها برای مسیر سوراخ شدن مفره کمتر از نصف طول کوتاهترین مسیر جرقه بر روی سطح مفره در هوا است.

برای یک محموله ای از مقره های یک نوع با مشخصات یکسان از همه نظر که به وسیله خریدار از تولید کننده مقره خریداری می شود. تعدادی مقره به صورت کاملاً اتفاقی و تصادفی از بین محموله آماده انتخاب می شود و تعدادی آزمایش روی نمونه های انتخابی انجام می شود. در صورتی که نتایج آزمایش ها مثبت باشند ، کیفیت محصول آن ها از طرف خریدار تأیید می شود. تعداد نمونه های انتخابی بر اساس استاندارد IEC به صورت زیر است:

با فرض P تعداد مقره های انتخابی به عنوان نمونه و N تعداد کل مقره ها باشد ، آنگاه :

۱) اگر $N < 500$ باشد ، P با توافق طرفین تعیین می شود.

۲) اگر $500 < N < 2000$ باشد $P = 4 + (1/5N \div 1000)$ است.

۳) اگر $N > 20000$ باشد ، $P = 14 + (0/75N \div 1000)$ است.

آزمایش هایی که بر روی مقره های نمونه انتخاب شده انجام می گیرند ، عبارتند از :

۱- بررسی سیستم قفل و بست.

۲- کنترل مقدار وزن مقره ها و ابعاد قسمت های مختلف آن ها.

۳- آزمایش سیکل حرارتی.

۴- آزمایش حداکثر تحمل بار الکترومکانیکی (فقط روی مقره های شیشه ای).

۵- آزمایش حداکثر تحمل بار مکانیکی.

۶- آزمایش شوک حرارتی (فقط برای مقره های شیشه ای).

۷- آزمایش تحمل ولتاژ در برابر سوراخ شدن (فقط برای مقره های نوع B).

۸- آزمایش تخلخل (وجود حفره) (فقط برای مقره های چینی).

۹- آزمایش میزان گالوانیزه بودن قسمت های فلزی مقره.

مقره های نمونه انتخاب شده را طبق استاندارد IEC به دو گروه تقسیم می کنند :

گروه اول شامل دو سوم تعداد مقره های انتخاب شده و گروه دوم شامل یک سوم تعداد مقره

های انتخاب شده است. بر اساس نوع A یا B مقره ها و نوع بشقابی یا اتکایی ، آزمایش های

نمونه فوق تعدادی بر روی گروه اول و تعدادی بر روی هر دو گروه انجام می شود.

	مقره های بشقابی		مقره های اتکایی	
	نوع A	نوع B	نوع A	نوع B
گروه اول	۸و۳و۲	۴و۳و۲ یا ۵و۳و۲	۸و۳و۲	۸و۳و۲
گروه دوم	۹و۶و۳و۲و۱	۹و۶و۳و۲و۱	۹و۶و۳و۲	۹و۶و۳و۲و۱

مقره هایی که بر روی آن ها آزمایش های نمونه صورت می گیرد نباید در سرویس از آن ها

استفاده شود.

۱- بررسی سیستم قفل و بست : در این جا چند آزمایش مختلف برای اطمینان از مکانیزم قفل

و بست انجام می گیرد :

(الف) با اتصال بشقاب ها به همدیگر و تشکیل یک یا چند زنجیره ، حرکت های افقی شبیه به حرکت هایی که در حالت سرویس ممکن است پیدا شود به آن ها داده می شود که اتصال زنجیره ها باید باز شود.

(ب) اشپیل (Split – Pin) تمام بشقاب ها در موقعیت قفل قرار داده می شود و به وسیله یک دستگاه که نیروی کششی وارد می کنند بار کششی برای حرکت کردن اشپیل هر بشقاب اعمال می شود. برای هر بشقاب این عمل ۳ بار تکرار می شود. مقدار این نیرو طبق استاندارد ، بین ۵۰ تا ۵۰۰ نیوتن بایستی اعمال شود.

(ج) هشپیل هر مقره یا نیروی کششی حداکثر یعنی 500N کشیده می شود (به وسیله دستگاه کشنده). اشپیل ها در اثر این نیرو نباید از محل قفل به طور کامل خارج شوند.

۲- کنترل ابعاد مقره (Verification Of Dimensions) :

این کنترل ابعاد عبارتند از :

(الف) اندازه گیری وزن مقره های نمونه و متوسط گیری به عنوان وزن مقره.

(ب) اندازه گیری قطر خارجی مقره از بالاترین تا پایین ترین نقطه.

(ج) اندازه گیری ارتفاع مقره از بالاترین تا پایین ترین نقطه.

(د) اندازه گیری فاصله خزشی مقره (Creep Age Distance).

(ه) کنترل قطر حفره کلاهک و قطر پین فلزی مقره با اشل های استاندارد (اشل هایی که باید

داخل حفره بروند یا از قطر پین بگذرند و اشل هایی که نباید بگذرند).

۳- آزمایش سیکل حرارتی (Temperature Cycle Test)

در این آزمایش یک مخزن آب سرد و یک مخزن آب گرم تهیه می شود. درجه حرارت

مخزن آب گرم باید 70°C بیشتر از درجه حرارت مخزن آب سرد باشد و به وسیله یک

سیستم اتوماتیک ، درجه حرارت مخزن ها ثابت نگه داشته شوند. مقره های نمونه به مدت T

دقیقه در مخزن آب گرم قرار داده می شوند.

جرم مقره بر حسب $m = \text{kg}$, $T = 15 + 0/7 m$ مقره نوع A

$T = 15 \text{ min}$ مقره نوع B

بعد از طی زمان فوق ، سریعاً بدون هیچ تأخیری (حداکثر تأخیر ۳۰ ثانیه) و برای مدت زمان

T دقیقه نیز در مخزن آب سرد غوطه ور می شوند. این سیکل گرما و سرما ۳ بار تکرار می

شود. برای مقره های اتکایی به جاب مخزن آب سرد ، باید آن را بعد از خارج کردن از

مخزن آب گرم (برای مدت ۱۵ دقیقه در مخزن آب گرم قرار گرفته است) به مدت ۱۵ دقیقه

در معرض باران مصنوعی با شدت ۳ میلیمتر بر دقیقه قرار می دهیم و این سیکل را ۳ بار تکرار می کنیم.

شرط پذیرش این آزمایش این است که در پایان هیچ یک از مقره های نمونه ترک خوردگی پیدا نکرده باشند.

۴- آزمایش تحمل بار الکترومکانیکی (Electromechanical Failing Load Test)

در این آزمایش همزمان با اعمال ولتاژ با فرکانس صنعتی به مقره یک بار مکانیکی کششی نیز به مقره اعمال می شود تا اگر تخلیه الکتریکی داخلی در اثر تخلیه های داخل مقره اتفاق می افتد ، در اثر نیروی کششی اعمال شده به صورت عیب مکانیکی (مثلاً ترک خوردن مقره) مشخص می شود. ولتاژ اعمالی به مقره همان ولتاژ مقاوم با فرکانس صنعتی در هوای مرطوب است. چون در مقره های شیشه ای تخلیه های موضعی داخل مقره کاملاً پیدا است ، لذا این آزمایش برای مقره های شیشه ای انجام نمی شود.

۵- آزمایش تحمل حداکثر بار مکانیکی (Mechanical Failing Load Test)

در این آزمایش مقره نمونه ، تک تک و به نوبت در داخل دستگاه مخصوص اعمال نیروی کششی قرار گرفته و نیروی کششی اعمالی به آن ها از صفر به طور سریع به مقدار ۷۵٪ حداکثر تحمل بار مکانیکی نامی مقره افزایش داده می شود. سپس به آرامی در یک مدت زمان معین بین ۱۵ تا ۴۵ ثانیه بار کششی اعمالی را به ۱۰۰٪ حداکثر بار مکانیکی می رسانیم.

شدت این افزایش به مقدار ۳۵٪ حداکثر بار مکانیکی نامی در هر دقیقه می باشد. در این آزمایش مقره باید بتواند بار مکانیکی کششی اعمال شده را تحمل کند و دچار شکست مکانیکی لازم برای شکست مقره دست یابیم. لازم به ذکر است که برای مقره های اتکایی (سوزنی) بار مکانیکی خمشی به جای کشش اعمال می شود.

۶- آزمایش شوک حرارتی (فقط برای مقره های شیشه ای)

در این آزمایش یک مخزن آب که درجه حرارت کمتر از 50°C را دارد ، مهیا می شود. سپس مقره های نمونه را در داخل یک کوره هوای گرم که درجه حرارت آن حداقل 100°C بالاتر از درجه حرارت مخزن آب است ، ۲۰ دقیقه قرار می دهند. سپس مقره ها را به طور ناگهانی وارد مخزن آب می نمایند و حداقل ۲ دقیقه در مخزن با آب نگه می دارند. مقره ها نباید دچار ترک یا شکستگی شوند.

۷- آزمایش تحمل ولتاژ در برابر سوراخ شدن مقره (Pun Chore Tesr)

این آزمایش می تواند با یک موج ولتاژ سینوسی با فرکانس صنعتی و یا با یک موج ضربه ای انجام گیرد. البته معمولاً با فرکانس صنعتی انجام می شود. مقره های نمونه در این آزمایش کاملاً خشک و تمیز می شوند و در داخل یک محفظه روغن شناور می شوند. که روغن باید عاری از رطوبت و ناخالصی باشد و استقامت الکتریکی بالایی داشته باشد. اگر محفظه روغن فلزی باشد باید ابعاد آن خیلی بزرگ باشد که جرقه بین قسمت فلزی مقره و بدنه محفظه

روغن زده نشود. ولتاژ با فرکانس صنعتی بین قسمت های فلزی مقره اعمال می شود. همچنین روغن برای این استفاده می شود که استقامت الکتریکی خیلی بالاتری نسبت به هوا دارد و از بروز جرقه سطحی روی مقره در اثر اعمال ولتاژ بالا جلوگیری می کند. برای آزمایش ، ولتاژ اعمالی را سریعاً به مقدار حداکثر ولتاژ نامی قابل تحمل مقره می رسانیم که در استانداردها مشخص شده است که بر اثر این ولتاژ نباید در مقره شکست الکتریکی و سوراخ شدن به وجود آید. اگر میزان استقامت مقره مورد نظر باشد بایستی ولتاژ را آنقدر افزایش داد تا مقره سوراخ شود.

۸- آزمایش تخلخل (فقط برای مقره های چینی) Poorsity Test

در این آزمایش قطعات شکسته شده یک مقره چینی در یک محلول الکل یک درصد که مقداری جوهر قرمز نیز به آن اضافه شده (یک گرم جوهر قرمز در صد گرم الکل) و تحت فشار ۱۵ مگانیوتن بر متر مربع برای چندین ساعت (حدود ۲۴ ساعت) قرار داده می شود. سپس قطعات بیرون آورده شده و تمیز و خشک می شوند و دوباره شکسته شده و به قطعات کوچکتری تبدیل می شوند. در سطوح شکسته شده نباید هیچ اثری از نفوذ الکل مشاهده شود.

این آزمایش برای لعاب (glaze) مقره است (برای اطمینان از عدم وجود ترک های موین در لعاب مقره) لذا می توان مقره را پس از آزمایش وزن کرد و سپس برای ۲۴ ساعت در آب

تحت فشار قرار داده و سپس مجدداً وزن نمود. اگر افزایش وزن داشته باشیم نشان دهنده نفوذ آب در خلل و فرج مقره است.

۹- آزمایش میزان گالوانیزاسیون قسمت های فلزی (Galvanizing Test)

در این آزمایش اولاً وضعیت ظاهری پوشش سطحی روی قسمت های فلزی مقره های نمونه از نظر یکنواختی و هموار بودن بررسی می گردد. همچنین به وسیله یک دستگاه مخصوص جرم فلز (روی) بر روی سطوح فلزی در واحد تعیین می گردد. دستگاه مخصوص فوق ، ضخامت فلز روی را می تواند در یک نقطه هم اندازه گیری کند. برای این منظور ۱۰ نقطه به طور تصادفی بر روی کلاهک و ۱۰ نقطه بر روی پین انتخاب می شوند. سپس با داشتن جرم حجمی روی ، مقدار جرم فلز روی در واحد سطح مشخص می شود. در هر مقره نمونه ، جرم روی در واحد سطح نباید کمتر از ۵۰۰ گرم بر متر مربع باشد و برای تمام نمونه ها به طور متوسط از مقدار ۶۰۰ گرم بر متر مربع نباید کمتر باشد.

تست های معمول مقره ها (Routine Test)

این آزمایش ها به تک تک مقره ها در خط تولید اعمال می شود که شامل آزمایش های زیر هستند :

۱- بررسی وضعیت ضاهری مقره ها از نظر شکل و ابعاد و رنگ ظاهری آن ها.

۲- آزمایش های مکانیکی :

برای مقره های نوع A: یک زنجیره از مقره ها به مدت یک دقیقه تحت یک بار کششی

معادل ۶۰٪ حداکثر تحمل بار مکانیکی قرار می گیرند.

برای مقره های نوع B: یک زنجیره از مقره ها برای مدت ۱۰ ثانیه تحت یک بار کششی

معادل ۴۰٪ حداکثر تحمل بار مکانیکی قرار می گیرند.

مقره هایی که در این آزمایش دچار شکست و ترک خوردگی شوند از خط تولید خارج

می شوند.

۳- آزمایش الکتریکی :

مقره های بشقابی یا مقره های اتکایی (سوزنی) در این آزمایش به آنها یک ولتاژ سینوسی

با فرکانس صنعتی اعمال می شود. دامنه ولتاژ باید به حدی باشد که هر چند ثانیه یک بار

جرقه سطحی روی مقره زده می شود. زمان اعمال ولتاژ باید حداقل ۵ دقیقه باشد. اگر

مقره ها دچار سوراخ شدگی شوند از خط تولید خارج می شوند.