



چهارمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو

کاربرد مقره‌های رزینی در شبکه‌های توزیع

علی اکبر سهیلی

شرکت مهندسی سابتا

چکیده:

با پیشرفت تکنولوژی، شیوه‌های تولید لوازم و تجهیزات مربوط به توزیع و انتقال نیروی برق نیز دستخوش دگرگونی شده است. در این میان تکنولوژی تولید مقره‌های هوای آزاد که در طول یک قرن گذشته بروش سنتی اسفاده از عایقهای ساخته شده از چینی بوده است، پس از پایان یافتن عمر کاربرد مقره‌های چینی در تجهیزات مورد استفاده در محیطهای بسته که بیشتر از سه دهه میگذرد، در حال تغییر بوده و مقره‌های رزینی با محاسن غالب خود بر مقره‌های چینی، رقابت دیرین خود را تجدید نموده است. این مقاله سعی در مقایسه مقره‌های چینی و رزینی هوای آزاد و شناساندن مقره‌های رزینی جهت آشنائی کارشناسان طراح و اسفاده کننده تجهیزات برق و دست اندرکاران تولید تجهیزات برقی دارد.

شرح مقاله:

بدون شک یکی از دست آوردهای مهم بشری دستیابی به مواد پلاستیکی بوده است. مواد پلاستیکی دگرگونی عظیمی را در زندگی بشر ایجاد نمود. مصنوعات پلاستیکی حدود ۵ دهه قبل به صنعت برق راه یافت. در این میان مواد پلاستیکی مورد استفاده

در مفره‌های رزینی که در انواع تابلوها و تجهیزات مورد مصرف در فضای بسته <Indoor> با کاربردهای بسیار وسیع و متنوع اکنون بیش از سه دهه است که رفته رفته جایگزین مفره‌های چینی شده است، همچنین نزدیک به سه دهه از زمان شروع کارهای تحقیقاتی بر روی طراحی گونه‌هایی از مواد پلاستیکی که بتوانند در تولید مفره‌های رزینی هوای آزاد بکار رود میگذرد. در حال حاضر انواعی از مفره‌های رزینی هوای آزاد تولید و مصرف انبوه دارند و کاربری توسعه در تولید و کاربری انواع دیگری از مفره‌های رزینی و جایگزینی آن با مفره‌های چینی به شکل فزاینده‌ای ادامه دارد.

از جمله کاربردهایی که در چند سال اخیر مطرح گردیده است، کاربرد مفره‌های رزینی در خطوط ولتاژ متوسط بجای مفره‌های سوزنی و بشقابی، در تجهیزات پستهای فشار قوی بصورت مفره‌های انکاسی، در ترانس جریان و ولتاژ و دژنکتورهای پوششکهای ترانسفورماتور تا ۵۵ کیلوولت میباشد. با توضیحات فوق‌الذکر به شرح موارد و مسائلی که بر سر راه تحقیقات بر روی مواد پلاستیکی وجود داشته و نتایج آن و همچنین مسائل فنی که باید در طراحی مفره‌های پلاستیکی منظور گردد، می‌پردازیم.

۱ - نقش پلاستیک بعنوان مواد اولیه مفره‌های بیرونی

در کارهای تحقیقاتی سوال اصلی از مصرف مواد پلاستیکی برای مفره‌های هوای آزاد آنست که جنس مواد برای طراحی چگونه باید انتخاب گردد که کاربردهای آنرا از نظر فنی قابل قبول سازد. از تجربیات و آزمایشات برای استفاده از مواد پلاستیکی و همچنین مصرف مواد پوششی نتایج بدست آمده که بصورت خلاصه این تجربیات شرح داده می‌شود.

کسانیکه در رابطه با مواد عایقی مقاوم در برابر هوای آزاد کار کرده‌اند میدانند که این دانش حد و مرزی ندارد. تجربیات بدست آمده بسیار گسترده میباشد و به سن مصرف مواد پلاستیکی بستگی دارد که شامل ساخت - فرم‌دادن - محل نصب و مسائل دیگر میگردد.

مسئله مقاوم بودن مواد مفره‌ها در مقابل عوامل محیطی هوای آزاد، همیشه

مورد سوال بوده است و استفاده از پلاستیک جهت ساخت مقره‌ها این امکان را نیز بوجود خواهد آورد که در آینده کاربرد آن را به کالاهای و تجهیزات برقی بیشتری نظیر مفل کابلها، ترانسهای جریان و ولتاژ ونیز کلیدها توسعه دهد.

آزمایشات بسیار زیاد از یک طرف نتایج مثبت کاربرد مقره‌های پلاستیکی در سیستم‌های خشک و مرطوب را مورد تأیید قرار داده است و از طرف دیگر مصرف مقره‌های چینی و شیشه‌ای با توجه به شرایط ایده آل ساخت مقره‌های رزینی رابه نقد گذاشته است. پاره‌ای از نکات مثبتی که در یک سری از آزمایشات حاصل شده است به شرح زیر می باشد.

- کم شدن وزن تا حدود ۹۰٪ وزن مقره‌های چینی روی مقره‌های KV ۱۲۵ که امکان کاهش آن در مقره‌های با ولتاژ بالاتر وجود دارد.

- نرم گیری ساده. دقت در ساخت با ترانسهای دقیقتر

- تولید ساده با زمان کوتاهتر و ضایعات کمتر.

- مقاومت مکانیکی بالا.

- باریک شدن مقره و در نتیجه شکل شدن آن.

- سبک شدن مقره و مصرف کمتر مواد و در نتیجه پائین آمدن قیمت و نصب ساده‌تر

- شکنندگی کمتر و در نتیجه ضایعات کمتر در حمل و نقل و نصب و در طول مدت

مصرف.

- احتیاج به چسباندن دستک به مقره‌ها وجود ندارد و اینکار در حین تولید

در قالب انجام میشود و برای نصب مقره به سایر بخشهای سیستم میتوان مهره‌ها

را در حین تولید درون آن قرارداد.

همچنین در تطبیقات بیشتری که انجام گرفته است، نکات مثبت دیگری نیز

بدست آمده است.

- امکان تولید مقره‌های بلند (تا بحال مقره‌های ۱-۸ متری ساخته شده است)

- امکان نصب جهت سیستم های مخابراتی جدید که توان بالایی دارند.

- سختی مواد که در مقابل ترک خوردگی مقره را حفاظت می‌نماید.

- تعمیرات ساده و سریع -

- باکم بودن ضریب مخصوص گرما و وجود تعادل حرارت خوب در پلاستیکها ، تولید شبنم در شرایط بردوت هوا امکان ندارد و این موضوع میتواند از وقوع جریان خزشی جلوگیری نماید .

- تجربیات بدست آمده معلوم نموده است که سرویس مقره های پلاستیک خیلی خیلی کمتر از مقره های چینی مورد نیاز بوده است.

- از آزمایشات مکرر معلوم گردیده است که اشکالات مقره های چینی خیلی بیشتر از مقره های پلاستیکی میباشد . زیرا در صورتیکه مواد قابل اطمینان و همچنین قالبهای سیلندر داده شده برای ریخته گری مواد پلاستیکی استفاده شود ، احتیاج به تمیز کردن و یا سیلندر دادن سطح آن نمیشود .

- با اضافه کردن مواد مخصوص ، بخصوص مواد سیلیسی تغییرات طولی در مقابل حرارت را میتوان بصورت خطی در آورده که این مسئله باعث میشود در مقابل تغییرات تغییرات طولی فولاد - آلومینیم و مس بسیار بهتر عمل نمایند . (نمودار شماره ۱)

توضیح اینکه با توجه به کاربرد مقره های رزینی هوای آزاد در شبکه ویاتجهیزات الکتریکی بیرونی جهت عایق سازی آنها با انواع فلزات مختلف مرتبط خواهند خواهند بود .

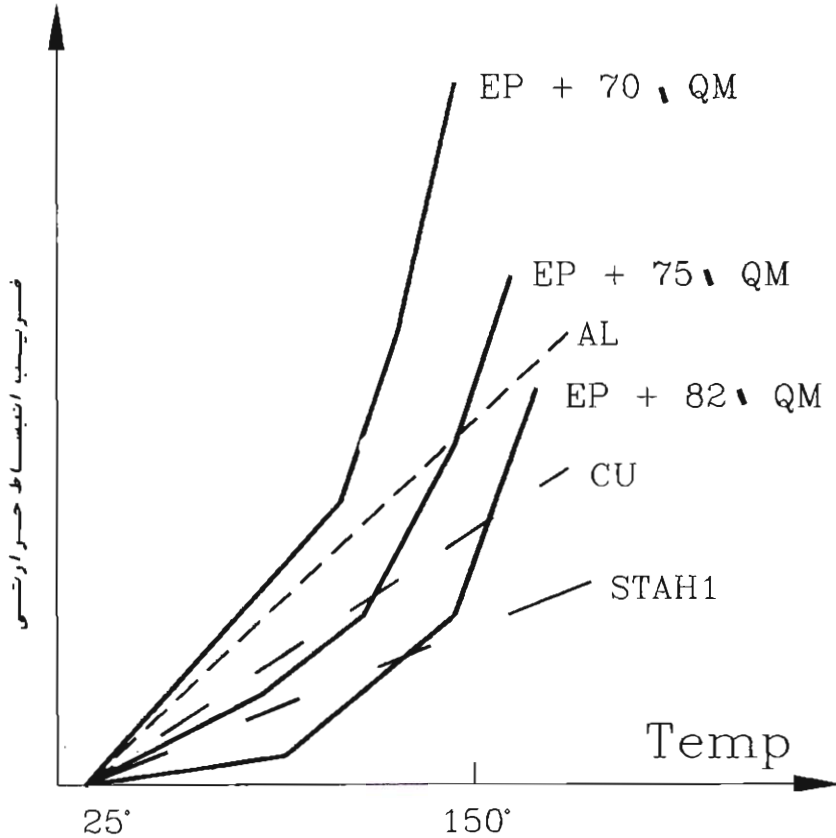
تغییرات در ابعاد قطعات فلزی در درجه حرارتهای مختلف و مطابق آن با تغییرات در ابعاد مقره ها ، همواره یکی از مشکلات در طراحی قطعات فلزی و نحوه چسباندن به آن مقره های چینی بوده است که این موضوع بسیار مهم (مطابق تغییرات طولی فلزات مختلف با مقره) را با کاهش و یا افزایش مقدار سیلیس به مواد مقره میتوان حل و فصل نمود .

- آزمایشات نشان داده است که جریانهای خزننده بوجود آمده روی مقره های پلاستیکی بمراتب کمتر از موارد مشابه در مقره های چینی بوده است .

در مقابل کلیه جنبه های مثبت که تا بحال شرح داده شده مقره های پلاستیکی

یک جنبه منفی نیز دارند و آن ضعف پایداری مفره در مقابل شرایط جوی و آلودگیهای هوا میباشد که بایستی با مواد مرغوب و روش صحیح ساخت آنرا رفع نمود.

(نمودار ۱)



نسبت خطی ضریب انبساط طولی مدار رزین با پودر کوارتز QM

تغییرات خطی حجم ۱:۱ نسبت به درجه
حرارت در مورد رزین اپوکسی که با
خاکه سنگ (QUARTZ MEL) پر شده باشد.

۲ - شرایط هوای آزاد و پوشش عایق :

مقره‌های نصب شده و آویخته در هوای آزاد همواره در معرض هوای آلوده و تغییرات جوی (درجه حرارت - رطوبت - تاثیر آنتاب - ابر - باران - باد و ...) هستند. این موضوع البته به موقعیت جغرافیایی، فصل سال، طول شب و روز و همچنین محیط زیست بستگی دارد. مسائل محیط زیست را عوامل زیر تعیین می‌کنند.

- کارخانجات بخصوص کارخانجات شیمیایی - سیمان - ذوب آهن و معادن.

- محیط نمکی بخصوص در نزدیکی دریا.

- گرد و غبار و آلودگی هوای ناشی از سوختهای فسیلی بخصوص در نزدیکی

اتوبانها و جاده‌های پررفت و آمد.

تجربه نشان داده است که آلودگیهای ناشی از کارخانجات بدترین اثرات را در

برداشت است. مثلا " در اوائل دهه هفتاد در آلمان سالیانه ۲۰ میلیون تن گرد و غبار

و دوده و گازهای سمی به هوا فرستاده شده است .

همچنین در یکی از شهرهای انگلیس در هر متر مکعب هوا ۳۰۰ میکروگرم اکسید گوگرد

۳۰۰ میکروگرم دوده و ۵۰۰ میکروگرم غبار بدست آمده است. این موضوع خسارتهای غیر-

قابل جبرانی بر روی مقره‌ها وارد می‌سازد.

البته برای شرایط محیطی مقره‌های هوای آزاد در اولین حله مقدار و نوع

گرد و غبار مطرح نیست، بلکه رطوبتی که بر روی سطح غبار آلود عایق مقره بوجود

می‌آید از اهمیت بیشتری برخوردار است. همچنین تغییرات آب و هوایی کاملا " متفاوت

بطوریکه برای درجه حرارت از $C ۶۵ - C ۵۸ +$ (در سوئیس $C ۲۱ - C ۳۹ +$) و برای

رطوبت از ۳٪ تا ۹۰٪ و بارندگی تا ۵۰ mm/h ویا بالاتر نیز موشراست.

مسائل مربوط به مجاورت مواد شیمیایی با مقره‌ها و همچنین رطوبت - گرما و

تابش خورشید هم برای مقره‌های چینی و هم برای مقره‌های رزینی وجود دارد. در

مطهرای مختلف مقدار پوشش عایقی سطوح مقره‌ها برابر نیستند زیرا اثرات آلودگی

هوا روی آنها متغیر است و حتی باد نیز اثرات بیشتری در محل و سمت وزش خود بر روی

مقره‌ها می‌گذارد. تغییر سریع آب و هوا خصوصا " تغییرات سریع درجه حرارت (بظور

مثال یخبندان) در نتیجه تولید شبنم و سرخوردن یخها روی مقره و یاباریدن یس

از یک دوره هوای خشک (محیطهای کویری) اثرات خیلی زیادی روی سطح مقره می‌گذارد

و ضریب هدایت را تغییر میدهد.

برای محیطهای آلوده، ساختمان آلودگیهاروی هم و فعالیت هدایت آنها که آیا بکنواخت است یا نه را نباید از نظر دور داشت. کهن بودن سطح مقره و اینکه چگونه مقره را تمیز نمائیم خیلی اهمیت دارد و در صورتیکه دقت نشود سطح رویه مقره خیلی سریع خراب میشود و حتی از بین رفتن کامل مقره را در پی خواهد داشت بگونه ای که دیگر نمیتوان این نوع مقره ها را در حالت عادی مورد مصرف قرار داد.

برای تمیز کردن (سطح عایقی مقره ها) سیستم آترو دینامیک (سیستم باد از طریق کانال) بهترین روش است. همچنین شستوی سطوح مقره ها با دستگاههای اتوماتیک و یا با ابزارهای معمولی نیز عمومیت دارد. بارانهای تند نیز اثرات مطلوبی روی سطوح خارجی مقره ها دارند. ولی در صورتیکه شستو از چند جانب باشد و نیز این شستو تحت فشار معین انجام شود بهتر خواهد بود. اما بهترین پوشش برای حفاظت سطح مقره ها در مقابل آلودگیهای شدید، " گریس سیلیکون " میباشد. این گریس هم برای مقره های رزینی و هم برای مقره های چینی کاربرد دارد. برای استفاده از آن قبل از پوشش کاری بایستی سطح مقره کاملاً تمیز باشد. این پوشش حفاظتی مسئولیت دارد تا از تشکیل قطرات آب و یاشبیم روی مقره ها جلوگیری نماید و راه باریک جهت هدایت الکتریسیته ایجاد نشود.

اهمیت ویژه زیادی به مسائل آلودگی باعث شده است که در حال حاضر در محیطهای بسیار آلوده، مقره های پلاستیکی و جوه برتر خود را نسبت به مقره های چینی نشان دهد که از جمله عملکرد ۵ ساله مقره های رزینی نصب شده در یک پست $69/4 \text{ KV}$ در جوار یک کارخانه کاغذسازی در آمریکا است. (۱)

نتایج حاصل از بررسیها و آزمایشات روی مواد پلاستیکی مضعف نهایتاً " بدست آمدن جنس جدیدی بنام Cycloaliphatic رادر پی داشت و امروزه ترکیبی از مواد مذکور به همراه سیلیسها با دانه بندی مناسب و سیلانیزه شده (Silanized) بخش عمده مواد اصلی بدنه مقره های رزینی را تشکیل میدهد.

۳ - مقایسه مقره های رزینی و چینی برای مصارف شبکه و تجهیزات الکتریکی :

در شبکه توزیع ولتاژ متوسط انواع مقره های سوزنی و بشقابی چینی وزینی

مورد استفاده است که از نظر فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار میگیرد.

۳-۱) مقایسه فنی و روش تولید:

۳-۱-۱) از نظر فیزیکی مشخصه‌های مانند سبکی وزن (وزن مخصوص) ضربه پذیری و... و جوه تمایز مفره‌های رزینی است. بعنوان مثال دو عدد مفره بخفایی با ملحطات مربوطه حدود ۱۱ کیلوگرم وزن دارد در صورتیکه وزن مفره رزینی مشابه با ملحطات فلزی کمتر از ۲ کیلوگرم است. همچنین وزن مخصوص مفره‌های چینی بین $2/5 \text{ g/C}^3$ تا 3 g/C^3 میباشد در حالیکه وزن مخصوص مفره‌های رزینی بین $1/0-1 \text{ g/C}^3$ تا $1/0-1 \text{ g/C}^3$ متغییر است.

۳-۱-۲) از نظر کاربرد به هنگام حمل و نقل و نصب سهولت ویژه‌ای در مفره‌های رزینی وجود دارد. همچنین مفره‌های رزینی تحصل بهتری در مقابل شرایط متفاوت آب و هوایی و تغییرات دمای هوا و نیز جلوگیری از تشکیل شبنم و یخ دارد. همچنین تطابق منحنی انقباض و انبساط مفره و ملحطات فلزی با توجه به نوع فلزیکار رفته در مفره‌های رزینی بسادگی امکان پذیر است. در صورتیکه در مورد مفره چینی کار بسیار مشکلی است.

۳-۱-۳) سایر مشخصه‌های فنی همچون فاصله خزشی، تحمل نیروهای کششی و... برای هر دو مفره در حد قابل قبول است.

۳-۱-۴) روش تولید در مفره چینی بسیار پیچیده و مراحل آن بسیار متعدد است. همچنین عوامل بسیاری در کیفیت ساخت تاثیر دارند که بر شمردن آنها در حوصله مقاله نیست. بدلیل تولید سری مفره‌های چینی چنانچه در مرحله لعاب و پاپخت مشکلی بوجود آید، مقدار قابل توجهی ضایعات خواهیم داشت. ولی مفره‌های رزینی که بروش ریخته‌گری در قالبهای فولادی انجام میگیرد، بسیار ساده و مراحل تولید عملاً در ۳ تا ۴ مرحله انجام میگیرد. دوره زمانی تولید مفره چینی حداقل یک هفته میباشد در صورتیکه این مدت برای مفره‌های رزینی حداکثر ۲ ساعت است.

۳-۱-۵) مسأله نصب ملحطات فلزی در حین تولید مفره‌های رزینی بصورتی ساده انجام میگیرد و از تفاوت‌های بازار در شیوه ساخت دو نوع مفره است.

۳-۱-۶) درجه حرارتی که پخت مفره‌های چینی نیاز دارد در حدود ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد

برای مدت ۶۳ ساعت است در صورتیکه مقسره‌های رزینی به حداکثر ۱۱۰ درجه حرارت آتیم برای مدت ۱۵ دقیقه نیاز دارد.

۳-۲) مقایسه سایر مشخصه‌های فیزیکی

برای ساخت مقره‌های مورد مصرف در تجهیزات الکتریکی علاوه بر قابل قبول بودن مقایسه بند ۱، موارد زیر مطرح است :

۳-۲-۱) مقره‌های چینی در مقابل نیروهای برشی (بخصوص در ناحیه اتصال مقره به فلنج) قابلیت تحمل کمتری دارند، در صورتیکه مقره‌های رزینی بدلیل قابلیت خوب در مقابل نیروهای برشی، تجهیزات را در مقابل نیروهای مختلف زلزله حفاظت می‌نمایند.

۳-۲-۲) با توجه به قابلیت خوب مقره‌های رزینی در شرایط جوی مختلف، می‌توان در طراحی‌ها فاصله خزگی (Creepage Distance) را در آنها کمتر از مقره‌های چینی در نظر گرفت.

۳-۲-۳) بدلیل کاهش فاحش وزن مقره، وزن سازه‌های نگهدارنده کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته و حتی ابعاد فونداسیون را نیز می‌توان کاهش داد.

۳-۲-۴) قابلیت ایجاد هر نوع سوراخ و یا قراردادن لوله برای عبور سیم و یا کابل در مقره‌های رزینی بصورتیکه ایجاد اشکال در مشخصه‌های عایلی آن ننماید وجود دارد. با استفاده از این قابلیت، می‌توان با نصب مدارهای الکتریکی و یا الکترونیکی کوچک و یا بزرگ (با توجه به ابعاد مقره) مقره را در خدمت حفاظت و یا کنترل خط و یا پست قرارداد.

۳-۲-۵) درپاره‌ای از پوشش‌ها بخاطر حساسیت آبندی، فلز و مقره چینی با تکنولوژی پیچیده‌ای جوش داده می‌شوند که کار دشوار و گرانی است. کاربرد مقره‌های رزینی این شکل را نیز بسادگی حل و فصل نموده است.

۳-۳) مقایسه اقتصادی :

اگر فرض بر این باشد که بخواهیم برای ساخت مقره چینی تصمیم به ایجاد کارخانه‌ای بگیریم. جدا از قیمت تمام شده مقره، موارد زیر می‌تواند مورد نظر

تسرار گیرد .

۳-۳-۱) از نظر ظرفیت اقتصادی با توجه به روش تولید و هزینه آماده سازی مواد ، کارخانه مفره چینی نمی تواند با ظرفیت کمتر از ۲۰۰ تن در سال اقتصادی باشد . در صورتیکه برای مفره های رزینی ظرفیت ۱۰۰ تن مفره در سال می تواند یک ظرفیت اقتصادی باشد .

۳-۳-۲) از نظر سرمایه گذاری اولیه با توجه به ظرفیت اقتصادی و روش پیچیده تولید مفره های چینی و امکانات آزمایشگاهی و کنترل کیفی که باید در جوار آن قرار گیرد ، همچنین بلحاظ کاربری (نیروی انسانی) بسیار زیاد مفره های چینی ، آموزش و تربیت افراد در ظرفیت مساوی نسبت سرمایه گذاری بین ۵ تا ۱۰ برابر برای مفره های چینی بیشتر خواهد بود .

۳-۳-۳) از نظر قیمت تمام شده مفره های چینی با توجه به ابعاد و وزن زیاد آنها (۲) که در مفره های بوشینگ و ... مورد مصرف در تجهیزات فشارقوی تولید آنها با مراقبت های ویژه ای صورت می گیرد و نصب ملحقات فلزی بر روی آن با مشکلات و پیچیدگی زیادی مواجه است در مقایسه با قیمت مفره های رزینی گرانتر است .

روش های تست : برای دقت در طراحی و ساخت ، روش های تست مفره های رزینی هوای آزاد در مقاله ای تحت عنوان : (۳)

(Long-Term performance of Cycloaliphatic Epoxy Casting Resin Systems Under Outdoor Operation Conditions)

شامل تست های کوتاه مدت - تست تاثیرات آلودگی - تست در محیط - مقایسه بین تست کوتاه مدت و تست بیرونی توضیح داده شده است .

یکی از موارد بسیار مهمی که پس از آزمایشات زیاد با استفاده از روش های تست مندرج در مقاله مذکور مشخص گردیده است . تاثیر شکرک استفاده از سیلیس "سیلانیزه" (Silanized) است . زیرا استفاده از سیلیس های معمولی نشان داده است که پس از مدتی مفره دچار ترک خوردگی های موضعی (غیر قابل رویت با چشم غیر مسلح) می گردد . برای سیلانیزه کردن سیلیس به این موضوع اشاره میشود که سطحی معادل ۹۷٪ از دانه (کرده) های بسیار ریز سیلیس آغشته به موادی می گردد که شباهت فرآیند مربوط

به این فعالیت رامیتوان با آغشته سازی شن و ماسه به قیر برای تهیه آسفالت (در مقیاس مایکروسکوپی) مقایسه نمود .

۴ - نتیجه گیری :

گسترش و کاربرد مواد پلاستیکی در مقره ها، مزایای نسبی بهتر - سرمایه گذاری بسیار کمتر و ... را در برداشته است که در آینده اسفاده از مقره های رزینی برای کاربرد در هوای آزاد را غیر قابل اجتناب میسازد . لذا لازم است دست اندرکاران صنعت برق کشور چه آنان که در زمینه های طراحی و مهندسی و چه کسانی که در زمینه خرید و اسفاده از تجهیزات برقی فعالیت دارند و همچنین سیاستگذاران تولید تجهیزات برقی از هم اکنون با آشنایی بیشتر با این پدیده و با توجه به امکانات بالقوه ای که در صنایع پتروشیمی و کانی غیر فلزی کشور وجود دارد - تدابیر لازم جهت کاربرد و تولید اقتصادی مقره های رزینی هوای آزاد را در داخل بعمل آورند .

1. Long-Term Weather Resistance of Different High voltage insulating Materials (SIXTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HIGH VOLTAGE ENGINEERING-1989).
2. Cycloaliphatic Epoxy Bushings Are used in contaminated Atmosphere in substations (TRANSMISSION & DISTRIBUTION-1991)
3. Long-Term Performance of Cycloaliphatic Epoxy casting Resin Systems Under Outdoor operating Conditions (Pentti Mahonen , Stromberg Corporation)