

تجربیات بهره برداری از مقره های سیلیکونی در شبکه های توزیع مناطق ساحلی (استان هرمزگان)

غلامرضا نعمتی - محمد صادق وجدانی
شرکت توزیع نیروی برق استان هرمزگان

چکیده

شبکه انتقال و توزیع برق استان هرمزگان بدلیل گستردگی خطوط و پراکندگی مناطق جمعیتی تحت پوشش با توجه به اینکه ۶۵٪ جمعیت ساکن در بنادر و روستاهای ساحلی و در مجاورت دریا هستند بالا جبار درکناره ساحل گسترده است. چنین موقعیتی باعث گردیده با نشست املاح روی مقره های پرسلینی همزمان با افزایش رطوبت و ترشدن سطح مقره پدیده تخلیه جرقه و کرونا انجام گردیده و در نتیجه با اضمحلال و فروپاشی عایق پایداری شبکه بدلیل قطعی های گسترده و زمان بری تشخیص مقره معیوب بخصوص در شب کاهش یابد. طی ده سال گذشته با تعویض و جایگزینی مقره های سیلیکون رابر بجای مقره های پرسلینی کاهش قابل ملاحظه ای در خاموشیهای شبکه های فشار متوسط حادث گردیده است

در این مقاله ضمن ارائه تجربیات بهره برداری از مقره های سیلیکونی توصیه های لازم در انتخاب مشخصات مواد عایقی برای تولید مقره سیلیکونی مناسب مناطق ساحلی بویژه استان هرمزگان ارائه گردیده است.

تاریخچه

شبکه های توزیع نیروی برق استان هرمزگان از دیرباز تاکنون بدلیل استفاده از مقره های پرسلینی ۲۰ کیلوولت همواره در معرض قطعی های پیاپی بدلیل خطا در عملکرد عایقی مقره و پانچ شدن سریالی در طول شبکه بوده است. افزایش مشترکین و استفاده گسترده از سیستمهای تهویه مطبوع عمدتاً متکی بر استفاده از کولرهای گازی جهت مقابله با شرجی و گرمای طاقت فرسا توسعه شتابان شبکه ها را در گسترده مناطق ساحلی به همراه داشته است. متعاقب

با آن میزان آمار خاموشیها و قطعی ها نیز سیر صعودی نشان داد. در ابتدای دهه شصت ارتقاء سطح عایقی شبکه ها با جایگزینی مقره

های پرسلینی ۳۳ کیلوولت بجای ۲۰ کیلوولت و استفاده از خودروهای مقره شوئی بعنوان یک استراتژی جهت مقابله با تاثیرات تخریبی آلودگی نمکی اعلام گردید و این پروسه تا اواسط دهه هفتاد ادامه داشت. اگرچه این اقدام دوره های شستشوی مقره ها را از ۶ بار به ۳ بار در سال کاهش داد اما بدلیل رشد و توسعه بار ناشی از دوران سازندگی و افزایش خطوط و بالارفتن سطح انتظارات عمومی نتوانست تاثیر عمده ای در حل مشکلات خاموشی ناشی از خطاهای عایقی بگذارد.

در اوایل دهه هفتاد اولین مقره های سیلیکونی ساخت خارج در خطوط فشار قوی و فوق توزیع نصب و جایگزین مقره های پرسلینی گردیدند. در سال ۱۳۷۳ کارشناسان شرکت توزیع نیروی برق هرمزگان موفق شدند بروش نیمه صنعتی روکش سازی مقره های شیشه ای با مواد عایقی سیلیکونی را بروش غوطه وری انجام و مورد آزمایش و ارزیابی قرار دهند. در سال ۱۳۷۵ اولین مقره های سیلیکونی رده فشار متوسط ساخت داخل بعنوان نمونه آزمایشی در جزیره قشم نصب گردیدند.

دو سال بعد در سال ۱۳۷۷ با حمایت و پیگیری مدیرعامل وقت شرکت برق منطقه ای جناب آقای مهندس خوش خلق قرارداد تاسیس اولین پایگاه تحقیقاتی تجهیزات برق در مناطق ساحلی با پژوهشگاه نیرو منعقد شد. انجام آزمایشات عایقی و خوردگی تجهیزات برقی و تستهای میدانی بخصوص در حوزه کاری عایقی و ارزیابی سازندگان از جمله اهداف راه اندازی این پایگاه بود که همچنان با استقرار سیستمهای اندازه گیری و دستگاههای آنالیز در حال کار میباشد. پایگاه مذکور بروش نوع انجام آزمایشات میدانی هم ارز با پایگاه تحقیقاتی Eskom در کشور آفریقای جنوبی بشمار میرود. در سال ۱۳۷۸ اولین مقره های لاستیک سیلیکونی ۲۰ کیلوولت ساخت خارج جهت احداث شبکه هوایی بخش خشکی خط دومداره کابلی برقرسان جزیره هرمز بکار گرفته شد. و بدنبال آن باره اندازی خطوط تولید مقره های سیلیکونی رده توزیع در ایران استراتژی احداث شبکه های هوایی با استفاده از مقره های مذکور توسط شرکت تبیین و از آن زمان بعد بیش از ۸۰۰۰۰ مقره لاستیک سیلیکونی تاکنون در شبکه های جدید احداث نصب و مورد بهره برداری قرار گرفته است. از سوی دیگر در طرحهای اصلاح و بازسازی شبکه های هوایی جایگزینی تدریجی نوع سیلیکونی بجای پرسلینی گنجانده شد. نتیجه اقدامات مذکور منجر به کاهش نرخ خاموشی خودکار بازا مشترک در روز از میزان حدود ۶ دقیقه در سال ۸۰ به میزان ۲/۸۴ دقیقه در سال ۸۶ بوده است.

۱- مشکلات بهره برداری از مقره های لاستیک سیلیکونی

از آنجائیکه میزان عمر مواد کمپوزیت بدلیل ساختار شیمیائی تحت شرایط بهره برداری در محیط های تخریبی فیزیکی - شیمیائی مورد بحث و ارزیابی فراوانی طی چند ساله اخیر قرار گرفته همواره این نگرانی وجود دارد که نظیر خطاهای ناشی از عملکرد مقره های پرسلینی هزینه ها و خسارتهای فراوانی بتدریج شبکه های نوین بازسازی شده با عایقهای لاستیک سیلیکونی رادبرگیرد. توضیح اینکه با گسترش استفاده از مقره های پلیمری (سیلیکون رابر) در مناطق ساحلی بدلیل آلودگی شدید نمکی و خاصیت آبریزی این عایق که موجب استقامت در برابر جریان خزشی میشود تعیین میزان کاهش خاصیت آبریزی با گذشت زمان و فرسایش سطحی عایق مهم میباشد. از آنجائیکه پلیمرها با گذشت زمان تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر املاح نمکی رسوب شونده رطوبت باد اسیدها گرما

واشعه ماوراء بنفش قرار میگیرد لذا زنجیره پلیمر بتدریج شکسته میشود. از طرف دیگر عوامل الکتریکی نظیر تخلیه های الکتریکی حاصل از کرونا و قوسهای الکتریکی ناشی از قطع و وصل و کلیدزنی ضمن کاستن از میزان مایع آزاد سیلیکون موجب خشکی تدریجی سطح عایق و کاهش خاصیت آبگریزی مقرر میشود. این عوامل با گذشت زمان موجب فرسائی عایق و ایجاد کانالهای جرقه روی سطح مقرر شده در نتیجه فروپاشی الکتریکی و کاهش استقامت مکانیکی راسبب میگردد.

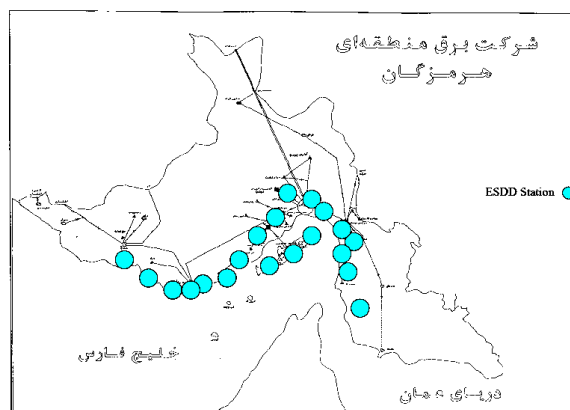
گزارشات واصله از بهره برداران استان هرمزگان نشان داده است که پیری و تخریب عایقی در مقررهای لاستیک سیلیکونی در حال رخداد میباشد و نرخ خطا در حال افزایش است

۱-۱- مطالعات میدانی

بمنظور بررسی میزان تاثیرپذیری عایق از عوامل مذکور بانجام آزمایشات روی نمونه های پیر شده و کارکرده و مقایسه نتایج با نمونه نو مشخصه های لازم جهت افزایش مقاومت عایق در برابر عوامل مذکور بدست آمده در سفارشات بعدی به سازندگان موارد مطلوب جهت ارتقاء کیفی مواد استفاده شده در ساخت عایق قابل گزارش میباشد.

۱-۲- تعیین میزان آلودگی نمکی

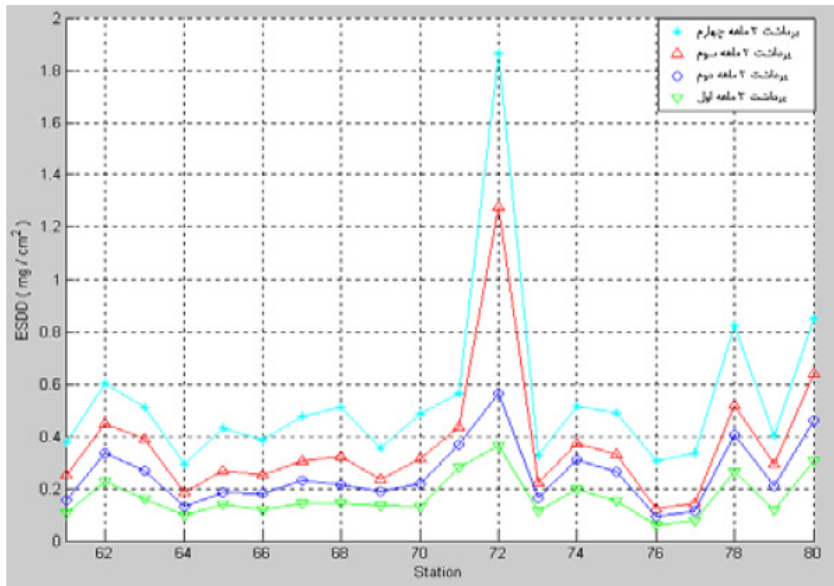
در ابتدای راه نتایج پروژه تعیین میزان آلودگی نمکی توسط پژوهشگاه نیرو مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار گرفت. بمنظور شمولیت اندازه گیری در کل استان تعداد ایستگاهها ۲۰ نقطه جغرافیائی بوده که پراکندگی و توزیع آن در شکل (۲) نشان داده شده است. بطور کلی ایستگاههای برداشت به چهار منطقه عمده نواحی تحت پوشش حوزه بندرعباس (۶ ایستگاه) - بندرلنگه (۷ ایستگاه) - میناب (۴ ایستگاه) و جزیره قشم (۳ ایستگاه) تقسیم شده اند. عملیات برداشت آلودگی در ایستگاههای مذکور در چهار دوره برداشت سه ماهه در طول یکسال انجام پذیرفته است.



شکل ۲- نقشه استقرار ایستگاههای سنجش آلودگی در استان هرمزگان

در نمودار ارائه شده نتایج اندازه گیری **ESDD** مربوط به استان هرمزگان طی چهار دوره برداشت آورده شده است

(منحنی - ۱)



همانطور که ملاحظه میشود ایستگاه ۷۲ واقع در جزیره قشم با مقدار ۱.۳۸ میلیگرم بر سانتی متر مربع بیشترین میزان آلودگی اندازه گیری شده را دارا میباشد. که بلحاظ طبقه بندی جزء مناطق ویژه تلقی میگردد. سایر مناطق نیز بویژه ایستگاههای واقع در بندر شناس - کوهستک - بوستان و توانیر بندر عباس دارای شرایط فوق سنگین بلحاظ سطح آلودگی میباشد. در جدول پائین توصیه کمیته عایقی CIGREE در خصوص تعیین فاصله خزشی با توجه به اندازه گیری نمک تجمعی آورده شده است :

طبقه بندی مناطق آلوده بر اساس ESDD

| استاندارد CIGRE | استاندارد IEC | استاندارد IEEE | استانداردها / سطوح آلودگی |
|-----------------|---------------|----------------|---------------------------|
| ۰,۰۳-۰,۰۶ | ۰,۰۳-۰,۰۶ | ۰,۰۳-۰,۰۶ | سبک |
| ۰,۰۶-۰,۱۲ | >۰,۱ | ۰,۱-۰,۲ | متوسط |
| ۰,۱۲-۰,۲۳ | -- | ۰,۳-۰,۶ | سنگین |
| ۰,۲۳-۰,۳۸ | -- | >۰,۶ | فوق سنگین |

بیشتر مناطق ساحلی استان هرمزگان جزء مناطق فوق سنگین و بشدت آلوده محسوب شده میزان فاصله خزشی بالاتر از 31mm/kv توصیه میشود. بررسی سوابق بهره برداری در مناطق فوق نشان داده است که علیرغم رعایت فواصل خزشی ویژه 31mm/kv و ۲۵ در این مناطق پایداری ایزولاسیون در برابر ولتاژ فرکانس قدرت و شرایط سخت محیطی تحت تاثیر قرار گرفته و شکست الکتریکی مفره های آلوده رخ میدهد و استانداردهای آلودگی ایزولاسیون در این مناطق جوابگو نمیباشند.

۳-۱- انتخاب نمونه جهت مطالعات میدانی

باتوجه به اندازه گیریهای بعمل آمده در خصوص میزان نمک تجمیعی در نقاط مختلف استان ایستگاه ۷۲ واقع در جزیره قشم و ایستگاه ۷۴ واقع در بندر شناس (بندر لنگه) بعنوان محل برداشت نمونه مفره سیلیکون کار کرده جهت برداشت نمونه تستهای میدانی انتخاب گردید. نمونه های مذکور متعلق به یکی از سازندگان داخل کشور بوده که طی یک پروسه زمانی چهار ساله خریداری شده و در مناطق مختلف استان از جمله ایستگاههای اشاره شده نصب گردیده بود.

جهت نمونه برداری پس از جداسازی یک عدد مفره سیلیکونی در حوالی ایستگاههای ذکر شده ابتدا تکه بزرگی از چترک فوقانی را بریده سپس بکمک یک قطعه شیشه صاف سطح عایق خراشیده میشود تا آلودگی سطحی تاثیری در نتایج آزمایشات نداشته باشد. سپس نمونه بطول و عرض یک سانتیمتر مربع و ضخامت پنج میلیمتر جداسازی شده با محلول الکل شستشو داده میشود.

۲- آزمونهای جامع آزمایشگاهی

باتوجه به نصب گسترده انواع مختلف و نامشخص مفره های کمپوزیت و سیلیکون رابر در مناطق آلوده نمکی استان هرمزگان، انواع آزمونهای جامع توصیه شده روی مفره های نصب شده و کار کرده انجام گردیده است. کلیه آزمایشات در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران انجام گردید. آزمونها مطابق با جدول ذیل انجام گردید.

| پارامتر ارزیابی | روش آنالیز و تحلیل | محل و نوع فروسائی |
|--------------------------------|--|---|
| توزیع وزن مولکولی | گاز کروماتوگرافی و طیف سنجی جرمی GC/MS | عایقهای کار کرده داری تراکم وزن مولکولی کمتر سیلوکسانها نسبت به عایق نومیباشند. این میزان در چترکهای بالایی به مراتب بیشتر از چترکهای پادینی است. |
| آزمون تشخیص مواد ترکیبی | ترموگرافی متریک TGA | گرما وزن سنجی روشی است که تغییر جرم نمونه را بعنوان تابعی از درجه حرارت اندازه گیری میکند. تغییرات گرمائی در ارتباط با تغییر جرم نمونه از قبیل تجزیه، تصعید، احیاء و تبخیر با این روش اندازه گیری میشود |
| شکستگی زنجیره depolymerization | طیف سنجی زیر قرمز تبدیل فوریه Fourier Transform Infrared spectroscopy-FT-IR | در نتیجه شکستگی زنجیره مواد ناشی از تخریب پلیمر روی سطح عایق پدیدار میشوند |
| عکسبرداری میکروسکوپی | مقایسه میکروسکوپی | پیدایش ناهمواری و تخلخل روی نمونه های کار کرده موجب تجمع آب و املاح روی سطح پلیمر و تخریب میشود. |

براساس نتایج احراز شده پدیده شکست پیوندی و کاهش منومرهای موثر در کاهش آبگریزی پس از چهارسال کارکرد ملاحظه گردیده شد.

۲-۱- بررسی و تحلیل نتایج تستهای آزمایشگاهی بر روی مفره های کارکرده :

بررسی نتایج حاصل از آزمونهای تشریح شده بر روی نمونه های نو و کارکرده مفره های لاستیک سیلیکونی در استان هرمزگان موارد ذیل را به اثبات میرساند:

۱- مفره های سیلیکون رابر نصب شده در ایستگاههای آلوده نظیر ایستگاه ۷۲ و ایستگاه ۷۴ بدلیل تاثیرپذیری از شرایط محیطی در حضور تخلیه الکتریکی و اعمال ولتاژ دچار زوال تدریجی و فساد عایقی میشوند. شکسته شدن پیوندهای زنجیره های سیلوکسان در ناحیه سطحی میتواند خاصیت آبگریزی عایق را بتدریج کاهش دهد. هرچند که تخلیه های مکرر و پیاپی در کاهش شدید عمر عایقی تاثیر شایان توجهی داشته است .

۲- نتایج آزمونها در مورد نمونه های پیر شده نشان میدهد نمونه های برداشته شده از سایتها بهره برداری هرچند متعلق به یک سازنده هستند ولیکن نوع ترکیب مواد و طرز پخت متفاوتی دارند .بعنوان نمونه مفره های نو و دوساله ترکیب مشابهی بلحاظ اختلاط فیلر و سیلیکون داشته و رفتار مشابهی تحت برخی آزمونها نشان میدهند اما نمونه های یکساله و چهارساله در عین حال که مشابه هستند هر دو نمونه فاقد فیلر میباشند. بررسی این مطلب عدم اطمینان به نتایج پیرسازی را اثبات میکند چراکه در پیرسازی و مقایسه عملکرد نمونه ها در مقام مقایسه همه نمونه میبایست دارای یک ترکیب و برگرفته شده از یک خط تولید باشند در حالیکه رفتار مفره های تولید شده سازنده بلحاظ تفاوت در تولید نمیتواند قابل اعتماد باشد.

۳- توزیع پراکندگی واحدهای تکرار شونده سیلوکسان در مفره کارکرده دوساله و چهارساله بیانگر شکسته شدن پیوندهای زنجیره و افزایش تعداد منومرهای مهاجر با وزن مولکولی کم است . این پدیده از یکطرف آمادگی بیشتر مهاجرت منومرها به سطح جهت تقویت خاصیت آبگریزی با گذشت زمان را نشان میدهد اما از طرف دیگر باتوجه به نتایج آزمون میکروسکوپی مشخص شده نفوذ فیلر به سطح در نمونه های مربوطه بدلیل عدم ترکیب و اختلاط مناسب مواد موجب ایجاد سد در لایه های سطحی و عدم پخش و نفوذ الیگومرهای وزن مولکولی کم به سطح میشود. نتیجه این پروسه کاهش خاصیت آبگریزی در بازه زمانی نامعلومی است که بررسیهای محققین تعیین نیمه عمر عایق در چنین شرایط محیطی است .

۴- نتایج حاصله از آزمون ترموگراویمتری بسیار حائز اهمیت است . آزمون مذکور در صورت استاندارد شدن نه تنها مواد کمپوند در عایق را مشخص مینماید بلکه درصد مواد و میزان اختلاط آن را روشن نمایی میسازد. بدین ترتیب میتوان سازنده را مکلف نمود که داده های تکنیکی خود در زمینه این دو مشخصه را اعلام و با انجام آزمون فوق صحت و سقم اطلاعات را تعیین نمود.

۲-۲- آزمون تطبیقی مفره های کارکرده

دراقدام بعدی ۱۴ مدل مقره های لاستیک سیلیکونی ساخت داخل و خارج در رده ۲۰ کیلوولت انتخاب شده تحت آزمون ترموگراویمتری (TGA) قرار گرفتند.

از آنجائیکه جهت کمپوند سازی عایق سیلیکون رابر براساس هند بوک معتبر سیلیکون رابر درصد متعارف ۳۴ تا ۳۶ درصد سیلیکون و ۴۸ تا ۵۰ درصدی برای فیلر ATH در نظر گرفته شده است لذا بلحاظ درجه بندی مرغوبیت تطبیقی نمونه های آزمایش شده جدول شکل ۲- بر حسب رتبه بندی حاصل میگردد.

| کد نمونه | درصد سیلیکون (34-36) | درصد فیلر (ATH 48-50) |
|----------|----------------------|-----------------------|
| 4 | 34.78 | 49.61 |
| 7 | 34.68 | 48.21 |
| 11 | 35.78 | 50.44 |
| 13 | 36.25 | 49.48 |
| 9 | 31.89 | 52.15 |
| 1 | 30.49 | 38.6 |
| 6 | 29.56 | 61.9 |
| 3 | 21.15 | 71.08 |
| 10 | 48.66 | 32.05 |
| 2 | 43.09 | 44.32 |

جدول شماره ۲- رتبه بندی نمونه ها بلحاظ درصد ترکیب مواد

با توجه به جدول مشخص میشود که چهار نمونه اول جدول دارای مشخصه مطلوب در کمپوند همگن بوده و سایر نمونه ها امکان خطا در کارکردهای عایقی را دارا میباشند. در عین حال تنها یک نمونه ساخت داخل جزء چهار رتبه اول بوده که کارکرد عایق مذکور بشکل برقییر بوده است و نمونه بصورت مفره ساخته نشده است .

۳- تعیین مشخصات مورد نیاز

۳-۱ - مشخصات مواد

در جدول زیر مشخصات مواد عایقی مطابق با نتایج این پروژه آورده شده است. این مشخصات در جدول امتیاز بندی و همچنین فرمهای درخواست کالا قابل استفاده میباشد.

| نوع مواد | HTV | لاستیک جامد - ترکیب کاملا کمپوند شده باشد- از پراکسید در پخت استفاده شود |
|------------------|-------------------------------------|---|
| پارامتر عمل آوری | نوع سیستم دو جزئی | نسبت مخلوط : ۱۰۰-۱:۴ ویسکوزیته : ۵۰-۴۰۰ mps وضعیت : خمیری کاتالیزور: پراکسید درجه حرارت پخت : ۱۵۰-۲۰۰ درجه سانتیگراد پروسه عمل آوری : تزریق با فشار زیاد- قالب ریزی تحت فشار |
| مشخصات فیزیکی | سختی (با دستگاه سختی سنج (shore A)) | ۵۰-۸۰ |
| | وزن مخصوص | ۱.۶۳-۱.۵۳ |
| | استحکام کششی (مدول یانگ) | MPS ۲.۵-۴.۵ |
| | افزایش طولی (%) | ۱۵۰-۳۰۰ |
| | تولید اشک (n/mm) | 13-17 |
| مشخصات | مقاومت حجمی | ۱۰.۸۱۴ |

| | | |
|------------|---------------------------|------------------------------|
| | | الکتریکی |
| ۳.۶ | ضریب دی الکتریک | دارای آنتی اکسیدان |
| ۰.۰۱۷ | ضریب پراکندگی | دارای افزودنی ضد ماوراء بنفش |
| ۱A۴.۴ | مقاومت درمقابل کانال جرقه | |
| ۱۷ | استقامت دی الکتریک | |
| فوق العاده | مقاومت درمقابل فرسایش | |

همانطور که ملاحظه میشود برای داشتن عایق مقاوم درمقابل عوامل فرساینده الکتریکی و محیطی پیشنهاد میشود عایق با افزودن افزودنیهای آنتی اکسیدان و ضد UV تقویت شود. در واقع با اضافه کردن افزودنی با مقادیر ۲/۵ الی ۴ پارت در کمپوند میتوان ضمن تقویت عایق در برابر عوامل مذکور برای نخستین بار کمپوند ساخت داخل کشور مخصوص مناطق آلوده ساحلی رابه دنیا عرضه نمود. در حال حاضر کمپوند مذکور با کمک یکی از سازندگان داخلی ساخته شده و در حال تست میباشد..

۲-۳- آزمونهای جامع جهت تبیین مشخصات

بطور اجمالی با توجه بشرح آزمونها در ابتدای گزارش میتوان در چند مرحله آزمونها رادسته بندی نمود:

- ۱- کلیه اجزاء آزمون IEC-1109 با نتیجه مثبت برگزار شده باشد
- ۲- نمونه بمدت حداقل ششماه در سایت آلودگی تحت ولتاژ کاری قرار بگیرد
- ۳- تستهای مکانیکی نمونه نو (ASTM D412): (Tensile strength, %Elongation, Modulus)
- ۴- مورفولوژی نمونه نو: (SEM): اندازه گیری ذرات - نحوه توزیع ذرات کمپوند- تخلخل در ساخت کمپوند
- ۵- آنالیزهای حرارتی (DMTA, DSC, TGA) - (تعیین ترکیب کمپوند - تشخیص درصد ترکیب)
- ۶- تستهای دی الکتریک (ASTM D-150, ASTM D-257, IEC 60156): Breakdown Strength, Tan Delta, Permittivity
- ۷- مقاومت حجمی: (IEC-60093)
- ۸- از نمونه پیر شده آزمون TGA اخذ شود (تشخیص میزان مواد افزودنی)
- ۹- از نمونه پیر شده آزمون GC-MASS اخذ شود (تعیین نیمه عمر پیری عایق - میزان فروپاشی عایقی)

- ۱۰- از نمونه پیر شده آزمون FT-IR اخذ شود (تعیین میزان شکستگی پیوند زنجیره کراسلینگ)
- ۱۱- از نمونه پیر شده XPS اخذ شود (تعیین پدیده Chalking- کانالهای جرقه - فرسائی عایقی)
- ۱۲- مقایسه TGA نمونه های نو و پیر شده (تغییر ترکیب کمپوند در اثر پیری)
- ۱۳- از نمونه پیر شده آزمون اندازه گیری زاویه تماس شود (Contact angle): تعیین میزان آبگریزی

۴- بحث و نتیجه گیری

بر اساس تجربیات بدست آمده از مطالعات میدانی و آزمونهای جامع آزمایشگاهی جهت انتخاب مقررهای لاستیک سیلیکونی با کیفیت مواد عایقی مناسب مناطق ساحلی موارد زیر مهم و توصیه میگردد:

- ۱- نصب مقررهای پیشنهادی در سایتهای آلوده حداقل بمدت ۶ ماه
- ۲- انجام آزمونهای جامع آزمایشگاهی مطابق با شرح مقاله جهت مقررهای کارکرده
- ۳- تعیین مشخصات مواد مطابق با جداول تشریح شده
- ۴- توجه به انتخاب فاصله خزشی مناسب مطابق با توصیه سیگره
- ۵- عدم شستشوی مقررهای لاستیک سیلیکونی بمدت حداقل چهار لغایت پنج سال بدلیل حفاظت سطحی مقرر توسط لایه مواد آلوده نمک در برابر اثرات تخریبی اشعه ماوراء بنفش
- ۶- اخذ گواهینامه IEC-1109 شامل کلیه اجزاء و آزمونهای دهگانه از فروشندگان

مراجع :

- ۱- ساسان جباری, "تاثیرپذیری خطوط پرعارضه استان هرمزگان از شرایط محیطی حاکم بر منطقه "دهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق
- ۲- محمدرضا شریعتی, محمدعلی طالبی, مجیدرضائی, داوودمحمدی, محمدحسن بهشتی, "اندازه گیری آلودگی محیط بر روی ایزولاسیون با استفاده از دستگاههای اندازه گیر جهت دار آلودگی در مناطق خاص کشور", نوزدهمین کنفرانس بین المللی برق

3- Lukaza nieradco, Krysztof Malecki, "Silicone Components For Gas Chromatograph", Wroclaw University Of Technology, Institute Of Microsystems Technology

4- Hall j.F., "History and Bibliography of Polymeric Insulators for Outdoor Applications", IEEE Trans. Power Delivery, Vol.8, No.1, pp.376-385, 1993.

5 - hillborg H.C., "Loss and Recovery of Hydrophobicity of Polydimethylsiloxane After Exposure To Electrical Discharges", Department Of Polymer Technology, Stockholm, Sweden 2001

6- hillborg H.C., "Loss and Recovery of Hydrophobicity of Polydimethylsiloxane After Exposure To Electrical ischarges", Department Of Polymer Technology, Stockholm, Sweden 2001

7- Voslo W.L., Holtzhausen J.P., "Observation of Discharge Development and Surface Changes to evaluate the Performance of Different Outdoor Insulator materials at a severe Coastal Site", XIIIth International Symposium on High Voltage Engineering, Netherlands, 2003

8- R.Barsch, H.jahn, J.Lambrecht, "Test Methods For Polymeric Insulating Materials For Outdoor HV Insulation", Htwz Zittau, Germany

