

ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش های سیلیکون رابری RTV در پست های فشار قوی مناطق آلوده

محمدعلی طالبی^۱ - احمد غلامی^۱ - محمدرضا شریعتی^۲ - قدرت اله علیزاده^۳
۱- دانشگاه علم و صنعت ایران، ۲- پژوهشگاه نیرو، ۳- شرکت برق منطقه‌ای هرمزگان

کلمات کلیدی: پست فشار قوی، آلودگی، تعمیر و نگهداری، پوشش سیلیکون رابری، RTV

چکیده

به منظور ممانعت از هدایت جریان الکتریکی در مسیرهای ناخواسته در سیستم های قدرت از مقره های فشارقوی استفاده می شود. از آنجائیکه این مقره ها برای جداسازی سطوح ولتاژ فشار قوی بکار برده می شوند، باید دارای مقاومت سطحی بسیار بالایی باشند. با وجود مناسب بودن مقاومت سطحی مقره ها در حین طراحی و ساخت، پس از نصب در مناطق آلوده و با گذشت زمان، لایه آلودگی نشسته بر سطح آنها با رطوبت هوا یا نزولات جوی تلفیق گشته و با حل شدن مواد محلول آلودگی و پیدایش یک لایه سطحی الکترولیتی، مسیری مناسب جهت هدایت جریان بر سطح مقره‌ها ایجاد می شود.

به منظور مقابله با اثرات نامطلوب آلودگی در پست های فشار قوی مناطق آلوده، روشهای مختلفی نظیر شستشوی دوره ای مقره ها و استفاده از گریس های سیلیکونی جهت نگهداری ایزولاسیون بکار گرفته می شود. شستشوی دوره ای

مقره ها با توجه به تعداد دفعات بالای تکرار سالیانه از لحاظ فنی و اقتصادی با محدودیتهایی روبروست. استفاده از گریس های سیلیکونی نیز هزینه اجرایی بالایی داشته و در مناطق دارای میزان آلودگی نامحلول بالا، کارایی ندارد. در این مقاله استفاده از پوششهای سیلیکون رابری RTV، بعنوان روشی جایگزین جهت تعمیر و نگهداری ایزولاسیون پست ها در مناطق آلوده معرفی شده است. این روش برای مقابله با آلودگی های آنی نیز مؤثر بوده و محدودیتی از نظر میزان آلودگی نامحلول محیط ندارد. علاوه بر دلایل فنی موجود، محاسبات انجام شده نشان می دهد که استفاده از این روش از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می باشد.

۱- مقدمه

مقره های فشار قوی به منظور جداسازی سطوح مختلف ولتاژ از یکدیگر استفاده می شود. به مرور زمان آلودگی بر سطح مقره ها نشسته و تحت تاثیر شرایط جوی و محیطی

۲ روشهای متداول نگهداری ایزولاسیون پستها در مناطق آلوده [۱]، [۲]، [۵] و [۶]

در مناطق آلوده به منظور مقابله با اثرات نامطلوب آلودگی محیط بر روی ایزولاسیون پست ها، از روشهای مختلفی استفاده می شود. این روشها بر اساس یکی از دو مکانیزم رفع مواد آلاینده از سطح مقرر ها و یا تغییر مشخصه های سطحی ایزولاسیون عمل می نماید. متداول ترین این روشها به دو دسته عمده تقسیم می شوند.

- شستشوی دوره ای مقرر ها
- استفاده از گریس های سیلیکونی

۲-۱- شستشوی دوره ای مقرر ها:

در این روش، مقرر های فشار قوی بصورت دوره ای و با آب مقطر شسته می شوند. تعداد دفعات وتوالی شستشو می تواند با توجه به میزان آلودگی منطقه، شرایط جوی و شکل مقرر ها متفاوت باشد. مقرر ها قبل از اینکه به میزان آلودگی بحرانی برسند، باید شسته شوند. این میزان بحرانی براساس عواملی از قبیل میزان ^۱ESDD بدست آمده از دستگاههای اندازه گیر آلودگی (در صورت وجود)، شرایط محیطی و تجربیات بهره برداری تخمین زده می شود. شستشو می تواند بصورت دستی یا اسپری (برق دار یا بی برق) باشد. مقرر ها باید در پایان دوره خشک شسته شوند تا از اثرات نامطلوب آلودگی در اولین بارندگی جلوگیری شود.

شستشوی دستی یکی از موثرترین روشها جهت زدودن آلودگی از سطوح مقرر ها می باشد. اما این روش نیاز به قطع برق و خاموشی سیستم داشته، انرژی توزیع نشده افزایش یافته و ممکن است موجب بروز ناپایداری هایی در شبکه شود. این روش چون بصورت دستی انجام می شود، به زحمت فراوان و زمان طولانی نیاز دارد. یکی دیگر از معایب روشهای شستشو این است که تنها برای آلودگی های از پیش نشسته بر روی مقرر کاربرد داشته و درمورد آلودگی های آنی موثر نمی باشند. آلودگی های آنی به آلودگی با رسانایی بالا مربوط می شود که به سرعت بر روی سطوح مقرر می

مانند رطوبت یا نزولات جوی، لایه الکترولیت بر سطح آنها تشکیل می شود. این لایه الکترولیت با گذشت زمان گسترش یافته و در صورت نامناسب بودن طراحی ایزولاسیون منجر به شکست الکتریکی و خاموشی در سیستم می گردد. از این رو طراحی صحیح ایزولاسیون در بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه نقش موثری دارد. نقش این طراحی به خصوص در مناطقی که دارای آلودگی محیطی بالایی می باشند، بسیار چشمگیر است بطوریکه براساس آمار موجود حدود ۷۰ درصد خطاهای خطوط فشار قوی بر اثر عملکرد نامناسب ایزولاسیون می باشد. مطابق استانداردهای بین المللی حاشیه خلیج فارس و دریای عمان با توجه به آب و هوای شدیداً گرم و مرطوب، قرارگرفتن در مجاورت دریا، میزان نمک بالای آب دریا و... دارای شرایط منحصر به فرد بوده و در طبقه بندی استاندارد این مناطق جزو مناطق با آلودگی "خیلی سنگین" قرار می گیرند.

در حال حاضر در این مناطق تجهیزات و خطوط فشار قوی بر اساس استاندارد مناطق با آلودگی خیلی سنگین طراحی می شود، اما شرایط سخت محیطی منطقه مانند رطوبت و گرمای زیاد، بادهای حاوی گرد و غبار و نمک بالا، نامناسب بودن بارندگی ها و عواملی از این قبیل باعث می شود که با وجود این تمهیدات، ایزولاسیون تجهیزات و خطوط فشار قوی کارکرد مطلوبی نداشته باشند.

عمده ترین اثرات نامطلوب آلودگی در این مناطق کاهش ایزولاسیون در خطوط و پست های فشار قوی می باشد. در نواحی جنوبی کشور، برای مقابله با این معضل، از روشهای مختلفی از جمله شستشوی دوره ای مقرر ها استفاده می شود. با وجود سادگی این روش، جهت اجرا در این مناطق دارای نقاط ضعف عمده ای می باشد.

در این مقاله ابتدا روشهای متداول برای مقابله با اثرات آلودگی در پست های فشار قوی مورد بررسی قرار گرفته، پس از آن استفاده از پوشش های سیلیکون رابری به عنوان روشی جایگزین معرفی می شود. سپس این روشها از نظر ملاحظات فنی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته و در پایان محاسبات برای یک پست نمونه انجام می شود.

^۱ - Equivalent Salt Deposit Density

۲-۲- استفاده از گریس های سیلیکونی:

بیش از ۲۵ سال است که ترکیبات پوشش سیلیکونی گریس مانند، به عنوان لایه محافظ برای مقره های چینی و شیشه ای با موفقیت استفاده می شود. تمام مدل های گریس موجود دارای خاصیت آب گریزی بالا و انرژی سطحی کم می باشند. مکانیزم عملکرد لایه گریس بر این اساس است که گریس کاری مقره، سطح آب دوست مقره را به یک سطح آب گریز تبدیل می نماید، شکل (۱-۲). آلودگی نشسته بر سطح مقره توسط گریس احاطه شده و از تشکیل لایه هادی جلوگیری می شود. سطح گریس باید در طول زمان مورد ارزیابی قرارگیرد تا از فرسایش، اکسیداسیون و یا ترکیب آن جلوگیری شود. شکل (۲-۲) اکسیداسیون گریس را نشان می دهد. گریس کاری مقره ها می تواند توسط دست یا اسپری انجام شود. اگر این روش صحیح انجام شود حدود یک سال عمر دارد. از مزایای روش گریس کاری این است که برخلاف روش شستشو، درمورد آلودگی های آنی نیز مؤثر خواهد بود. اما با وجود این مزایا، این روش در مناطقی که آلودگی نامحلول (NSDD¹) بالایی دارند، کارآیی ندارد. همچنین در مناطق بادخیز، باد و باران شدید می تواند گریس را بر روی مقره حرکت دهد.

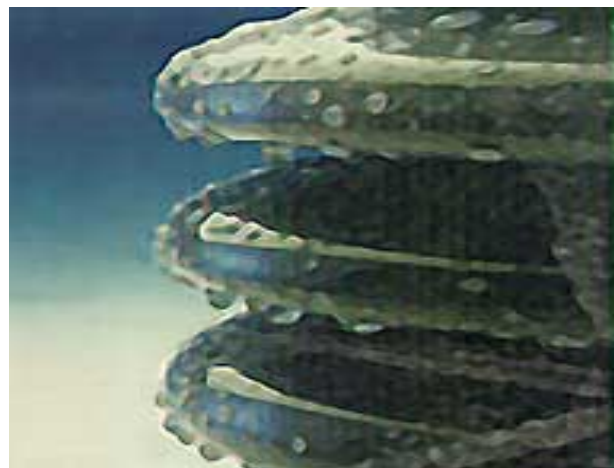


شکل (۲-۲): اکسیداسیون گریس

عمده ترین محدودیت این روش، هزینه بالای اجرای آن می باشد. همچنین برای گریس کاری بار دوم و بالاتر، نیاز به برداشت گریس قبلی از سطح مقره ها می باشد که زحمت فراوانی دارد.

نشیند، در یک زمان کوتاه (کمتر از یک ساعت) مقره را از حالت تمیز با رسانایی کم به مرحله جرقه می برد و پس از رخداد شکست الکتریکی به حالت با رسانایی کم برمی گردد. این نوع آلودگی بیشتر به نواحی ساحلی مربوط می شود که آب شور یا مه رسانا بر روی سطح مقره ها می نشیند. از منابع این آلودگی می توان به آب شور دریا، گاز SO₂ خروجی کارخانه ها و نمک پاشی جاده ها اشاره کرد.

بعلاوه در این روشها، دوره زمانی شستشو کوتاهتر از سایر روشها بوده و تعیین زمان مناسب شستشو مشکل است. زمانی که بی برق کردن پست مقدور نمی باشد، می توان از شستشو بوسیله اسپری استفاده کرد. این روش نسبت به شستشوی دستی سریعتر می باشد. عمده ترین تفاوت این روش عدم نیاز به بی برق کردن پست می باشد. همچنین این روش به اندازه شستشوی دستی زحمتی ندارد، اما چون بصورت برق دار انجام می شود، به تجهیزات خاص نیاز داشته و آب مقطر مورد استفاده نیز باید هدایت کمتری داشته باشد. همچنین در هنگام اجرا، خطر رخداد شکست الکتریکی وجود دارد. روش شستشوی دوره ای مقره هابعد از روشی متداول در پست های نواحی جنوبی کشور مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل (۱-۲): آب گریزی سطح مقره پس از گریس کاری

باتوجه به آلودگی بالای این مناطق، تعداد شستشوهای سالانه بالا می باشد که این دفعات بالای شستشو باعث افزایش هزینه های سالانه شستشو می شود.

¹ -Non Soluble Deposit Density

۳-۲- پوشش‌های سیلیکون رابری RTV^۱

پوشش‌های سیلیکون رابری RTV بطور روزافزونی جهت جلوگیری از بروز قوس الکتریکی در مقره‌های چینی، شیشه‌ای و یا بوشینگها بکار گرفته می‌شوند. این پوشش‌ها می‌توانند جایگزین مناسبی برای شستشوی دوره‌ای مقره‌ها و استفاده از گریس‌های سیلیکونی باشند. مکانیزم عملکرد بر این اساس است که پوشش‌های سیلیکون رابری سطح آب دوست مقره را آب‌گریز می‌نماید. شکل‌های (۲-۳) و (۲-۴) افزایش آب‌گریزی سطح مقره را نشان می‌دهد. لایه آلودگی نشسته بر سطح مقره توسط هجوم مولکولهای کم‌وزن سیلیکون احاطه شده و از تشکیل لایه الکترولیت بر روی سطح مقره جلوگیری می‌نماید. این روش مخصوصاً در مورد آلودگی‌های آبی کارآیی مقره را افزایش می‌دهد. برخلاف گریس‌های سیلیکونی در این روش میزان NSDD محیط محدودیتی را ایجاد نمی‌نماید.

پوشش‌های RTV از نظر عملکرد به مقدار زیادی متفاوت می‌باشند. ترکیب پوشش نکته کلیدی عملکرد آنهاست. پوششهایی که بر اثر عوامل محیطی آب‌گریزی خود را از دست می‌دهند، عمر کوتاهی دارند. این پوششها در زمان کوتاهی



شکل (۲-۳): سطح مقره قبل از پوشش RTV

کارآیی خود را از دست داده و نمی‌توانند از بروز قوس الکتریکی جلوگیری نمایند. بنابراین انتخاب ترکیب مناسب در طراحی از نکات مهم در کاربرد این روش می‌باشد. علاوه بر این، نکته دیگر سهولت اعمال روش است که بصورت چشمگیری بر هزینه‌ها تأثیر می‌گذارد. شکل (۲-۵) تصویری از روش اعمال پوشش را نشان می‌دهد. قبل از اعمال پوشش سطح مقره‌ها باید تمیز شده و عاری از روغن، گرد و خاک یا رطوبت باشد. در اکثر مواقع توصیه می‌شود سطح مقره‌ها و بوشینگ‌ها توسط آب پرفشار شسته شده و سپس با استفاده از الکل ایزوپروپیل جاروب گردد. چنانچه مقره‌ها قبلاً با گریس پوشانده شده باشد، باید با استفاده از حلالی مناسب مانند نفتا سطح مقره کاملاً پاک شود.

پس از آماده‌سازی سطح مقره‌ها، ماده پوشاننده باید آماده شود. مشخصه ساخت لایه (فیلم)، یعنی حداکثر ضخامتی که با یکبار استفاده از تجهیزات اسپری حاصل می‌شود، نقش اساسی در تعیین زمان اجرا و هزینه پروژه دارد. ضخامت لایه تحت تأثیر ویسکوزیته ماده، مشخصات نشست و نوع سطح زیر لایه می‌باشد. نوع حلال بکار رفته نیز مدت زمان خشک شدن پوشش را تعیین می‌نماید. معمولاً مناسب‌ترین حلال مورد استفاده او ا و ۱-تری‌کلرو اتان می‌باشد. استفاده از این حلال در مقایسه با سایر حلالها مانند نفتا حدود ۳۰ درصد زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد که این امر باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود. پارامترهای دیگری هم در هزینه پروژه موثر می‌باشند که در قسمت بعد مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۳- بررسی فنی و اقتصادی روشهای مختلف:

به منظور ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش‌های سیلیکون رابری، لازم است ملاحظات فنی و هزینه‌های اجرایی این روش و روشهای متداول موجود مورد بررسی قرار گیرند.

¹ - Room Temperature Vulcanizing

۲-۳- بررسی پوشش گریس سیلیکونی [۵]، [۶] و [۱۵]:

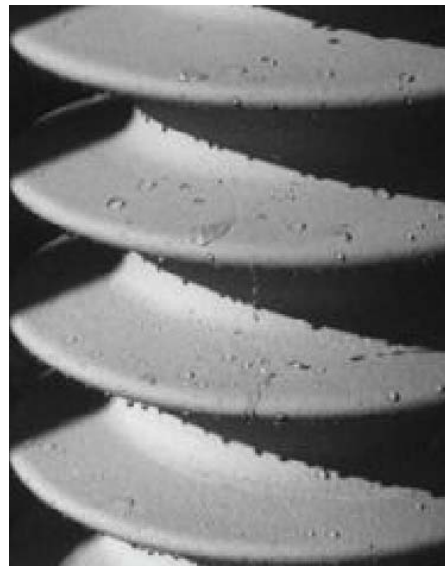
گریس کاری می‌تواند بصورت دستی یا اسپری انجام شود که روش اسپری ارجحیت دارد. گریس‌های مورد استفاده باید تائیدهای فنی لازم را داشته باشند. چنانچه این روش بصورت صحیح انجام شود تا حدود یکسال عمر خواهد داشت. در اعمال این روش حداقل ضخامت گریس باید مورد توجه قرارگیرد. همچنین گریس کاری نباید ابعاد و فواصل مجاز را تغییر دهد. چنانچه سطح مقره‌ها قبلاً گریس کاری شده باشند، حتماً باید گریس‌های قدیمی بطور کامل پاک شوند. روش گریس کاری در حالت بی‌برق اجرا می‌شود. هزینه‌های این روش به چهار دسته عمده تقسیم می‌شوند.

- هزینه آماده‌سازی سطوح مقره
- هزینه تهیه گریس
- هزینه بی‌برق کردن پست
- هزینه مربوط به اجرای گریس کاری

به منظور برآورد هزینه مربوط به تهیه گریس می‌بایست مساحت سطوحی که باید گریس کاری شوند، محاسبه گردد. همچنین باتوجه به سطح آلودگی منطقه حداقل ضخامت لایه گریس تعیین می‌شود. این کار بر اساس استاندارد صورت می‌گیرد. روش انجام محاسبات در ضمیمه ب آمده است.

۳-۳- پوشش‌های سیلیکون رابری RTV [۲]، [۳] و [۹]:

پوشش‌های سیلیکون رابری که بر اساس استاندارد IEEE1523 انجام می‌شود، به منظور تامین خاصیت آب‌گریزی سطح مقره‌ها استفاده می‌شود. عمر پوشش بستگی به شدت آلودگی محیط، ابعاد مقره‌ها و نحوه اعمال پوشش دارد به منظور افزایش طول عمر پوشش همچنین افزایش فاصله خزشی ویژه می‌توان با در نظر گرفتن ملاحظات استاندارد IEC 60815 از افزایش دهنده‌ها استفاده نمود. با استفاده از این مواد عمر پوشش ۱۰ سال و حتی بیشتر خواهد بود.



شکل (۲-۴): سطح مقره بعد از پوشش RTV

۳-۱- بررسی شستشوی دوره‌ای مقره‌ها [۵]:

شستشوی مقره‌ها بصورت دوره‌ای انجام می‌گیرد. در این روش که بر اساس استاندارد IEEE 957 انجام می‌شود، ماده شستشوی مقطر می‌باشد. همانگونه که گفته شد، این روش می‌تواند بصورت برق‌دار یا بی‌برق انجام شود. در این قسمت هزینه لازم جهت شستشوی یک پست بصورت برق‌دار ارائه می‌شود. بر اساس این روش آب مقطر با هدایت پائین و با فشار حدود ۲۷۲۵ الی ۶۹۰۰ کیلو پاسکال بر سطح مقره‌ها پاشیده می‌شود. سایر ملاحظات فنی شامل فاصله مجاز حین شستشو، مدت زمان شستشو و ... در استاندارد IEEE 957 آمده است. عمده‌ترین هزینه‌های یک بار شستشوی این پست بصورت ذیل دسته‌بندی می‌شود:

- هزینه تهیه آب مقطر مورد نیاز
- دستمزد پرسنل اجرایی
- هزینه استهکاک دستگاه مقره شویی
- هزینه حمل و نقل آب و تجهیزات
- هزینه‌ها جانبی

معمولاً شستشو بصورت دوره‌ای و چند بار در طول سال انجام می‌شود. تعداد دفعات شستشو متناسب با سطح آلودگی منطقه می‌باشد.



شکل (۲-۵): تصویری از اعمال پوشش RTV بر تجهیزات

۴- بررسی فنی و اقتصادی روشهای مختلف برای پست نمونه [۴]، [۸] و [۱۳]

به منظور بررسی روشهای مختلف نگهداری و حفاظت از ایزولاسیون در برابر آلودگی و مقایسه نتایج بدست آمده، این محاسبات برای پست ۲۳۰ کیلو ولت قشم انجام می شود. این پست دارای سطوح ولتاژ ۲۳۰، ۶۳، ۲۰ کیلو ولت بوده و دارای یک فیدر ۲۳۰ کیلو ولت و شش فیدر ۶۳ کیلو ولت می باشد. دیاگرام تک خطی این پست در ضمیمه الف آمده است. این پست در جزیره قشم واقع شده است. اندازه گیری های آلودگی در این منطقه حاکی از مقادیر بالای شاخص های NSDD و ESDD در این منطقه می باشد. جدول (۴-۱) میزان شاخص های آلودگی اندازه گیری شده از دستگاه های سنجش آلودگی نصب شده در جزیره قشم را نشان می دهد.

جدول (۴-۱): نتایج اندازه گیری آلودگی جزیره قشم

شاخص NSDD mg/cm^2	شاخص ESDD mg/cm^2	ایستگاه
۶,۸۷۱۶	۱,۳۳۸	جزیره قشم HR-72-12

بر اساس نتایج بدست آمده از دستگاههای اندازه گیری آلودگی و با توجه به معیار استاندارد IEC 60815 این منطقه از نظر شدت آلودگی موثر برای ایزولاسیون در دسته مناطق با

این روش تنها روشی است که جهت مناطق با آلودگی شدید و مقره هایی که امکان جایگزینی آنها وجود ندارد، بسیار مناسب بوده و طول عمر زیادی دارد. پوشش دهی سیلیکونی مقره ها می تواند بصورت بی برق یا برق دار انجام شود.

همانند روش گریس کاری در این روش نیز، قبل از اعمال سطح مقره باید کاملاً پاک شود. در این مقاله هزینه های مربوط برای اعمال پوشش سیلیکون رابری، بصورت برق دار محاسبه می شود. هزینه های اجرایی به سه دسته عمده تقسیم می شوند.

- هزینه آماده سازی مقره

- هزینه مربوط به ماده مورد نیاز

- هزینه اعمال روش

برای برآورد هزینه مربوط به تهیه ماده مورد نیاز، علاوه بر محاسبه مساحت سطوحی که باید پوشش داده شوند، ضخامت پوشش مورد نیاز نیز باید تعیین شود. ضخامت مطلوب بین ۰,۳ الی ۰,۵ میلیمتر است. برخلاف روش گریس کاری، ضخامت پوشش مستقل از سطح آلودگی منطقه می باشد. روش محاسبه مساحت سطوح در ضمیمه ب آمده است.

می شوند. جدول (۴-۳) لیست تجهیزات فشار قوی این پست را که مقره‌ها و پوشش‌های آن باید پوشش داده شوند، نشان می‌دهد.

با توجه به نوع تجهیزات و ابعاد مقره‌های آن بر اساس ضمیمه ب سطح جانبی ایزولاتور آنها محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است که مقره‌های آویزی این پست از نوع مقره‌های سیلیکونی می‌باشد که نیاز به گریس کاری ندارد. برای گریس کاری سطوح مقره‌ها، گریس‌های مختلفی وجود دارند. در انتخاب ترکیب گریس باید دقت کرد تا ترکیب انتخاب شده متناسب با شرایط محیطی منطقه باشد.

جدول (۴-۲): هزینه یک بار شستشوی پست نمونه

مورد	هزینه (ریال)
تهیه آب مقطر	۲,۶۰۰,۰۰۰
دستمزد پرسنل اجرایی	۱,۰۰۰,۰۰۰
حمل و نقل آب و دستگاه مقره شویی	۴,۰۰۰,۰۰۰
حمل و نقل پرسنل اجرایی	۳۰۰,۰۰۰
هزینه‌های جانبی (تعمیر تجهیزات، ...)	۲۰۰,۰۰۰
جمع	۸,۱۰۰,۰۰۰

ضخامت مورد نیاز برای پوشش دهی سطوح مقره‌ها و گریس مورد نیاز برای پوشش هر متر مربع از سطوح مقره بر اساس مرجع [۴] انتخاب می‌شود. به منظور محاسبه میزان گریس مورد نیاز پس از محاسبه مساحت سطوح پوشش، باید ضخامت لایه گریس مشخص شود. این امر براساس شدت آلودگی منطقه و ترکیب گریس مورد استفاده انتخاب می‌شود. ضخامت‌های استاندارد، مطابق جدول (۴-۴) می‌باشد. با توجه به سطح آلودگی خیلی سنگین ضخامت گریس مورد استفاده ۳ mm می‌باشد.

قسمت سوم هزینه‌ها مربوط به هزینه‌های اجرای پوشش دهی می‌باشد. این هزینه‌ها شامل دستمزد پرسنل اجرایی و هزینه‌های مربوط به تجهیزات می‌باشد. با توجه به اینکه این روش بصورت بی‌برق انجام می‌شود، قسمتی از هزینه‌ها نیز مربوط به بی‌برق کردن پست، هزینه‌های استهلاک تجهیزات، هزینه انرژی توزیع نشده بر اثر خاموشی، هزینه‌های مربوط به بی

آلودگی خیلی سنگین قرار می‌گیرد. این دسته بندی را سوابق بهره‌برداری نیز تأیید می‌نماید. در این قسمت روش‌های ارائه شده از نظر فنی و اقتصادی برای پست ۲۳۰ کیلوولت قشم مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۴- بررسی فنی و اقتصادی روش شستشوی دوره‌ای مقره‌ها:

شستشوی دوره‌ای مقره‌ها به منظور مقابله با اثرات نامطلوب آلودگی، روشی است که هم‌اکنون در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعداد دفعات سالیانه شستشو متناسب با میزان آلودگی منطقه تعیین می‌شود. با توجه به بالا بودن شاخص‌های آلودگی و بر اساس اطلاعات و شرکت برق هرمزگان این پست سالیانه ۲۰ بار شسته می‌شود. هزینه یک بار شستشو بصورت جدول (۴-۲) می‌باشد.

با توجه به اینکه شستشو ۲۰ بار در سال انجام می‌شود هزینه سالیانه شستشو برای این پست ۱۶۲,۰۰۰,۰۰۰ ریال خواهد بود.

۲-۴- بررسی فنی و اقتصادی روش گریس‌های سیلیکونی

گریس‌های سیلیکونی برای پوشش دهی سطحی مقره‌ها استفاده می‌شوند. این پوشش‌ها در مناطق با میزان NSDD بالا کارایی ندارند. بنابر این برای پست مورد مطالعه استفاده از این روش نمی‌تواند جایگزین مناسب باشد. ولی به منظور مقایسه هزینه‌های روش‌های مختلف با صرف نظر از میزان بالای NSDD این پست، محاسبات برای آن انجام می‌شود.

همانگونه که در قسمتهای قبلی ذکر شده برای انجام گریس کاری مقره‌ها، ابتدا باید سطوح مقره کاملاً پاک شود. برای گریس کاری بار دوم و بالاتر گریس قبلی بصورت کامل از سطح مقره برداشته شود. این امر باعث افزایش زمان اعمال و هزینه‌های پروژه می‌شود.

قسمت دوم هزینه‌ها مربوط به تهیه گریس می‌باشد. برای این منظور باید ضخامت لایه گریس و مجموع مساحت سطوحی که باید پوشش داده شوند، محاسبه گردد. در روش گریس کاری سطوح تمامی مقره‌های آویزی، اتکایی، پوشش‌نگها و مقره‌های سایر تجهیزات فشار قوی پوشش داده

جدول (۴-۵): هزینه پوشش دهی پست نمونه توسط گریس سیلیکونی

مورد	هزینه (ریال)
آماده سازی سطوح مفره ها	۱۲,۱۰۰,۰۰۰
تهیه گریس	۲۷۵,۰۰۰,۰۰۰
حمل و نقل گریس، تجهیزات و پرسنل	۱۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه اجرای گریس کاری	۲۵,۰۰۰,۰۰۰
هزینه های جانبی (تعمیر تجهیزات، ...)	۵۰۰,۰۰۰
جمع	۳۲۲,۶۰۰,۰۰۰

۳-۴- بررسی فنی و اقتصادی پوشش سیلیکون رابری RTV

پوشش دهی سطوح مفره ها با مواد سیلیکون رابری بر اساس استاندارد IEEE 1523 انجام می شود. محاسبات اقتصادی با در نظر گرفتن مندرجات این استاندارد انجام شده و در مورد هزینه تهیه ماده اولیه از مرجع [۴] استفاده می شود.

ابتدا می بایست تجهیزاتی که باید پوشش داده شوند، مشخص گردد. این تجهیزات شامل مفره های آویزی، مفره های اتکایی و بوشینگها می شود. لازم به ذکر است که مفره های آویزی، مفره های برق گیر و ترانس جریان و ولتاژ ۲۰ کیلو ولت این پست از نوع سیلیکونی بوده و نیاز به پوشش RTV ندارند. بنابراین مطابق جدول (۴-۳) و بر اساس روش ضمیمه ب مساحت سطوحی که باید پوشش داده شوند، محاسبه می شود.

پس از محاسبه مساحت سطوح پوشش، باید ضخامت لایه مشخص شود. این امر برخلاف روش استفاده از گریس های سیلیکونی مستقل از شدت آلودگی منطقه بوده و براساس مرجع [۴] و [۶] انتخاب می شود.

میزان ماده لازم جهت پوشش دهی یک متر مربع از سطح مفره با ضخامت مشخص در جدول (۴-۶) داده شده است. با توجه به این اطلاعات و مجموع مساحت سطوح، میزان مواد اولیه مورد نیاز محاسبه می شود. مجموع هزینه های این روش در جدول (۴-۷) آمده است.

برق کردن مجدد پست، و هزینه مربوط به کاهش قابلیت اطمینان و کاهش امنیت شبکه می باشد. مجموع هزینه ای این روش در جدول (۴-۵) آمده است.

جدول (۴-۳): لیست تجهیزات فشار قوی پست ۲۳۰ کیلو ولت قشم

نام تجهیز	سطح ولتاژ	تعداد	مشخصات نامی
ترانسفورماتور قدرت	230kV 63kV 20kV	۲	230kV/63kV/20kV 125MVA, TLSN8154 Seimens
ترانسفورماتور قدرت	20kV 400V	۲	400kVA, 20kV/400V ابرا ن ترانسفو
ترانسفورماتور جریان	230kV	۱۵	1000A/1A, IMBO 245 نیروترانس
ترانسفورماتور جریان	63kV	۲۷	1600A/1A, IMBO 72.5 نیروترانس
C.V.T.	230kV	۸	CPA 245, نیروترانس
C.V.T.	63kV	۲۶	CPA 72.5, نیروترانس
کلید قدرت	230kV	۳	3AP1FI, Seimens
کلید قدرت	63kV	۹	3AP1FC, Seimens
سکسیونر	230kV	۸	NSA245/3150D, پارس سوئیچ
سکسیونر	63kV	۱۶	NSA72.5/1600D, پارس سوئیچ
برق گیر	230kV	۱۲	TRIDELTA GmbH
برق گیر	63kV	۲۴	TRIDELTA GmbH
مفره اتکایی	230kV	۶	7495mm Creepage Dist.
مفره اتکایی	63kV	۴	2364mm Creepage Dist.

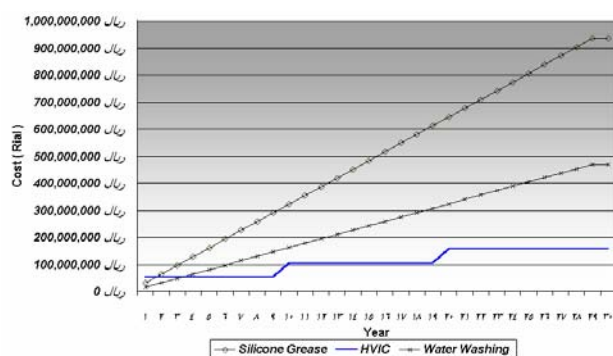
پوشش گریس سیلیکون اگر صحیح انجام شود، تا یک سال عمر خواهند داشت. بعد از یک سال برای پوشش دهی مجدد سطوح، گریس قبلی باید از سطح مفره ها بصورت کامل پاک شود که هزینه آماده سازی سطح مفره ها برای بار دوم گریس کاری و بالاتر بعث اضافه شدن هزینه برداشت گریس قدیمی افزایش می یابد. بر این اساس و با توجه به محاسبات انجام شده هزینه آماده سازی سطح برای گریس کاری دوم و بالاتر برابر ۱۵,۷۳۰,۰۰۰ ریال خواهد بود.

جدول (۴-۴): ضخامت و وزن گریس متناسب با سطح آلودگی

سطح آلودگی	ضخامت گریس mm	وزن گریس kg / m ²
متوسط	۱,۵	۳,۰
سنگین	۲,۲۵	۴,۰
خیلی سنگین	۳,۰	۵,۰

جدول (۴-۸): مقایسه هزینه روشهای مختلف

سال	شستشو (میلیون ریال)	گریس سیلیکونی (میلیون ریال)	سیلیکون رابر (میلیون ریال)
۱	۱۶۰,۲	۳۲۲,۶	۵۲۶,۳
۵	۸۱۰	۱۶۱۳	۵۲۶,۳
۱۰	۱۶۲۰	۳۲۲۶	۱۰۵۲,۶
۱۵	۲۴۳۰	۴۹۳۹	۱۰۵۲,۶
۲۰	۳۲۴۰	۶۴۵۲	۱۵۷۸,۹
۲۵	۴۰۵۰	۸۰۶۵	۱۵۷۸,۹
۳۰	۴۶۹۸	۹۳۵۵,۴	۱۵۷۸,۹



شکل (۴-۱): نمودار مقایسه هزینه روشهای مختلف

۵- نتیجه گیری:

در این مقاله استفاده از پوشش‌های سیلیکون رابری RTV برای مقابله با اثرات آلودگی محیط بروی ایزولاسیون پست‌ها معرفی گردید. همچنین این روش با سایر روش‌های جایگزین از نظر فنی و اقتصادی مقایسه و محاسبات اقتصادی برای پست ۲۳۰ کیلو ولت قشمن انجام شد.

در حال حاضر در این منطقه از روش شستشوی دوره‌ای مقرر شده استفاده می‌شود. براساس سطح آلودگی بالای منطقه عملیات شستشو سالانه ۲۰ بار انجام می‌شود. با توجه به این تعداد شستشو، این روش از نظر فنی با محدودیت‌هایی روبرو بوده و اقتصادی نمی‌باشد. همچنین این روش نمی‌تواند برای مقابله با آلودگی‌های آبی مؤثر باشد. روش دیگر استفاده از گریس‌های سیلیکونی است. این روش در میان روش‌های ممکن دارای هزینه اجرایی بالایی بوده و در مناطقی که میزان آلودگی نامحلول (NSDD) بالایی دارند، کارایی ندارد. (مناطق مانند قشمن و جاسک).

جدول (۴-۶): ضخامت و وزن لایه RTV

وزن kg / m^2	ضخامت لایه mm	سطح آلودگی
۰,۷۷	۰,۳۸	متوسط، سنگین و خیلی سنگین

جدول (۴-۷): هزینه پوشش دهی پست نمونه توسط پوشش RTV

مورد	هزینه (ریال)
آماده سازی سطوح مقرر ها	۱۲,۵۰۰,۰۰۰
تهیه ماده اولیه	۴۷۴,۰۰۰,۰۰۰
حمل و نقل تجهیزات، مواد اولیه و پرسنل	۹,۰۰۰,۰۰۰
هزینه اجرای پوشش	۳۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه های جانبی (تعمیر تجهیزات، ...)	۸۰۰,۰۰۰
جمع	۵۲۶,۳۰۰,۰۰۰

پوشش سیلیکون رابر اگر صحیح انجام شود، حداقل تا ده سال عمر خواهد داشت. بعد از ده سال برای پوشش دهی مجدد سطوح، باید لایه قبلی از سطح مقرر ها بصورت کامل پاک شود.

به منظور مقایسه هزینه روش‌های مختلف، یک دوره نگهداری ۳۰ ساله برای پست در نظر گرفته می‌شود. با توجه به طول عمر هر کدام از روش‌ها و هزینه محاسبه شده برای هر بار اجرای آنها، هزینه روش‌های مختلف در طول دوره، مطابق جدول (۴-۸) می‌باشد.

با توجه به این جدول، شکل (۴-۱) نمودار هزینه روش‌های مختلف را نشان می‌دهد. مطابق شکل (۴-۱) ملاحظه می‌شود که هزینه روش استفاده از گریس‌های سیلیکونی بالا بوده و بیش از دو برابر هزینه روش شستشوی دوره‌ای می‌باشد. اما در روش پوشش سیلیکون رابری هر چند سرمایه گذاری اولیه بالاتر از هزینه یک سال شستشو می‌باشد، اما با توجه به عمر ده ساله آن، با بکارگیری این روش تا ده سال نیاز به شستشو نبوده و سرمایه گذاری اولیه در کمتر از ۴۰ ماه مستهلک می‌شود. بنابراین استفاده از پوشش‌های سیلیکون رابری از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه می‌باشد.

- 4-K. T. Eldridge, "Evaluating Silicone High Voltage Insulator Coating", Midsun group, 2003.
- 5-IEEE Std957, "IEEE Guide for Cleaning Insulators", 1995.
- 6-Eskom Technology Group, "Practical Maintenance Guide for Polluted Outdoor High Voltage Insulators", Eskom Insulator Study Committee, 1999.
- 7-Torbjorn Soqvist, "Long-term Field Experience with RTV Coated Porcelain Insulators", International Symposium on Electrical Insulation, Boston, IEEE, 2000.
- 8-Midsun group, "A Technical and Economic Comparison Between Resistive Glaze Insulator and Midsun 570 High Voltage Insulator coating (HVIC)", Midsun Group, 2002.
- 9-Guam Zhiecheng and Jia Zhidong, "The Developments of Room Temperature Vulcanizing Silicone Rubber Coating and Its Application in China", IEEE, 2002.
- 10-Devendranath D. and Channakeshava, "Leakage Current and Charge in RTV Coated Insulators Under Pollution Conditions", International Symposium on Electrical Insulation, Boston, IEEE, 2002.
- 11- R. Omranipour, L. H. Meyer, "Tracking and Erosion Resistance of RTV Silicone Rubber: Effect of Filler Particle Size and Loading", Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 2002.
- 12-Jia Zhidong and Guam Zhiecheng, "Loss and Recovery of Hydrophobicity of RTV Silicone Rubber Coating", Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 2002.
- 13-Midsun Group, "A Comparison Between Silicone Rubber Composite Insulators and RTV Coated Glass Insulators", Midsun Group, 2003.
- 14-Nie Chung Wang, Chin Fu Chi, "Leakage Current Test and Study of Room Temperature Vulcanizing Silicone Rubber Coating for Outdoor high voltage Porcelain Insulators", IEEE, 2000.
- 15-Zhidong Jia and Zhicheng Guam, "Discharge Along Hydrophobic and Hydrophilic Surfaces", IEEE, 2002.

۱۶- مدارک و مشخصات تجهیزات پست ۲۳۰ کیلوولت قشم

با بکارگیری روش استفاده از پوشش‌های سیلیکون رابری، می‌توان تا ده سال از هزینه شستشوی پست‌ها و استفاده از گریس‌های سیلیکونی جلوگیری کرد. همانگونه که از شکل (۴-۸) ملاحظه می‌شود، در این روش سرمایه‌گذاری اولیه در سه سال و سه ماه اول مستهلک می‌شود. علاوه بر این توجیه اقتصادی، این روش در مورد آلودگی‌های آبی نیز مؤثر بوده و محدودیتی از لحاظ میزان آلودگی نامحلول (NSDD) محیط ندارد.

با توجه به این موارد، استفاده از پوشش‌های سیلیکون رابری RTV تنها روشی است که برای مناطق با آلودگی خیلی سنگین و مناطق دارای NSDD بالا بطور مناسبی قابل اجرا می‌باشد. بنابراین علاوه بر توصیه به استفاده از این روش در مناطق ذکر شده، پیشنهاد می‌شود در این مناطق با توجه به توجیه‌های فنی و اقتصادی موجود، در مرحله نصب پست‌های فشار قوی، تمامی مقره‌ها و پوشینگی‌های غیرسیلیکونی با این روش پوشش داده شوند.

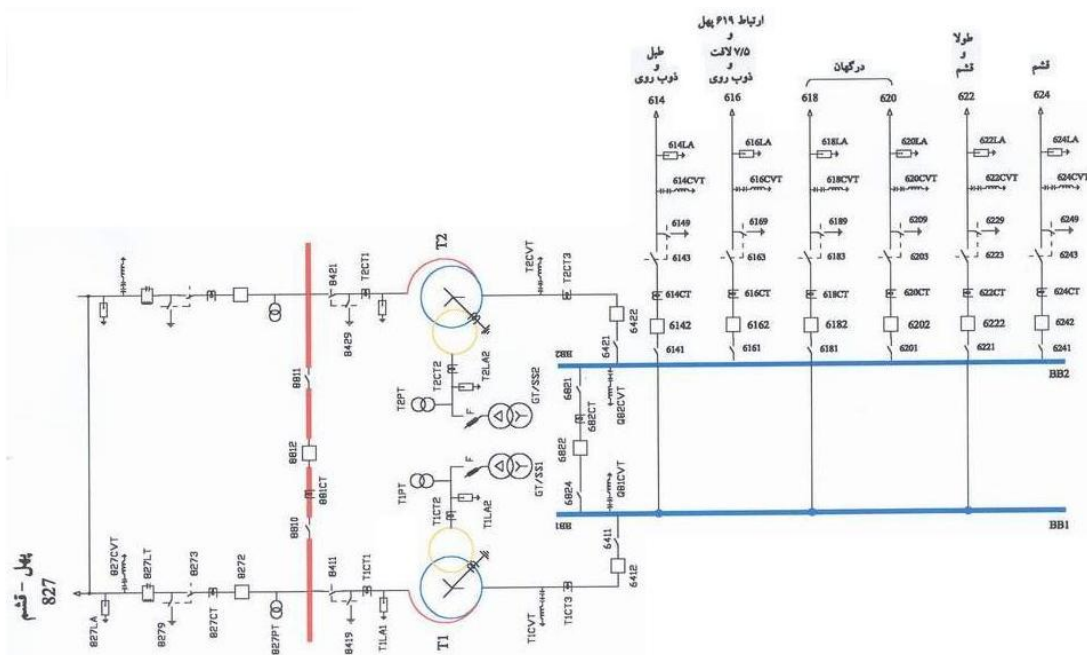
۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از جناب آقای مهندس علی روحی و سایر همکاران گرامی شان در پست ۲۳۰ کیلوولت قشم به جهت همکاری صمیمانه در ارائه اطلاعات و مدارک مورد نیاز کمال قدردانی و تشکر را دارند.

۵- مراجع

- 1-James L. Goudie, "Silicone for Outdoor Insulator Maintenance", International Symposium on Electrical Insulation, Boston, IEEE, 2002.
- 2-IEEE Std1523, "Guide for the Application, Maintenance, and Evaluation of Room Temperature Vulcanizing (RTV), Silicone Rubber Coating for Outdoor Ceramic Insulator", 2002.
- 3-Hiroya Homma and Christophor L. Mirley, "Field and Laboratory Aging of RTV Silicone Insulator Coating", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 15, No. 4, October 2000.

پیوست الف: دیاگرام تک خطی پست ۲۳۰ کیلو ولت قسم



شکل (پ-۱): دیاگرام تک خطی پست ۲۳۰ کیلو ولت قسم

پیوست ب: محاسبه سطح جانبی مقره تجهیزات

به منظور محاسبه سطح جانبی مقره هایی که باید پوشش داده شوند، می بایست نوع و مشخصات تجهیزات فشار قوی پست مشخص شود. بر اساس شکل (پ-۱) و اطلاعات بدست آمده از این پست، جدول (۳-۴) لیست این تجهیزات را نشان می دهد. برای محاسبه سطح جانبی یک مقره تجهیز فشار قوی، بسته به نوع تجهیز باید اطلاعاتی از قبیل نوع مقره، ابعاد شامل قطر خارجی مقره، قطر چترک ها و فاصله خزشی مشخص باشد. بعنوان مثال با استفاده از رابطه (پ-۱)، با تقریب قابل قبولی سطح جانبی مقره های چترک متناوب بدست می آید.

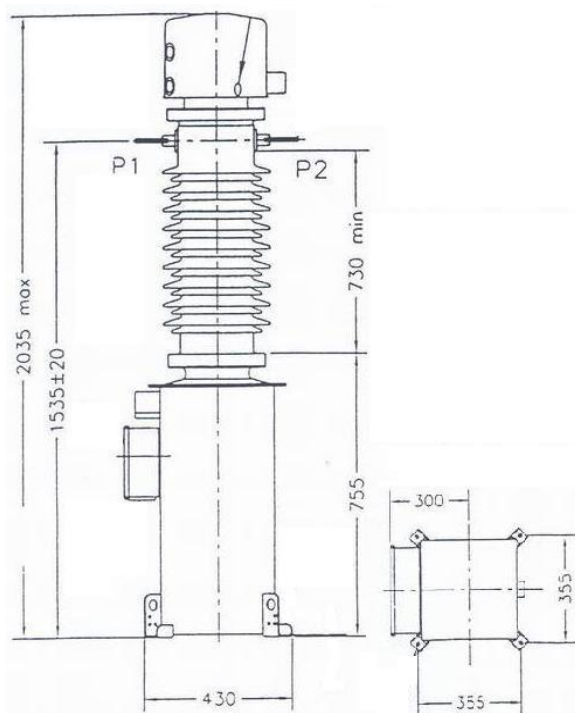
$$A_S = \pi \cdot d_l \cdot \frac{(D_C + D_S + D_l)}{3} \quad (پ-۱)$$

A_S : سطح جانبی مقره (m^2)

d_l : فاصله خزشی (m)

D_S : قطر چترک کوچک (m)

D_C : قطر خارجی مقره (m)
 D_l : قطر چترک بزرگ (m)
 بعنوان نمونه سطح جانبی ترانس جریان ۶۳ کیلوولت این پست بکمک این رابطه ۱.۸۰ مترمربع محاسبه می شود. اطلاعات لازم از شکل (پ-۲) بدست می آید. حال می توان با توجه به مساحت این سطح و جداول (۴-۴) و (۴-۶) مقدار گریس یا سیلیکون رابر لازم برای پوشش آن را بدست آورد.



Total mass:	395 kg
Mass of oil:	60 kg
Total windload area (effective)	0.65 m^2
Natural Frequency:	10 Hz
Damping:	3.87 %
Creepage distance:	1815 mm

شکل (پ-۲): ترانس جریان ۶۳ کیلو ولت