

El aislamiento polimérico y su posible utilización en Cuba

Autor: Dr. Miguel Castro Fernández

Investigador Auxiliar

Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL)

Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE

Introducción

Dada su reciente aparición en el mercado, en el entorno de los años 40 y si se compara con los más de 100 años de uso de la porcelana electrotécnica, se ha planteado de forma reiterada que las características y comportamientos de los aisladores construidos con base a elementos poliméricos, más conocidos como aisladores poliméricos, no han sido suficientemente estudiadas aún; en esta dirección, investigadores de diferentes países e instituciones han desarrollado investigaciones durante estos años que buscan el obtener la base de conocimiento necesaria para un uso eficiente de este tipo de aislamiento.

Tanto las experiencias de servicio [1] como investigaciones desarrolladas en diferentes Laboratorios [2, 3, 4] han llevado a concluir que este tipo de aislador tiene un mejor comportamiento que los de porcelana y vidrio en ambientes contaminados, teniendo una tensión de descarga significativamente mayor a los otros mencionados, planteándose como causa principal de este comportamiento la propiedad de hidrofobicidad de su superficie, la cual provoca que las gotas de agua se mantengan separadas sobre la superficie del aislador, no humedeciendo totalmente la misma y por tanto disminuyendo la corriente de fuga superficial y la probabilidad de formación de las bandas secas lo que a su vez conduce a tensiones de descarga mayores[5].

Por otro lado, durante estos años, otros estudios han obtenido que las condiciones de explotación, esto es, la humectación continua del aislador (aún sin contaminación), las descargas atmosféricas, las descargas parciales tipo corona o debido a la formación de bandas secas en aisladores contaminados y los rayos ultravioletas, son elementos que hacen disminuir las propiedades de hidrofobicidad de los aisladores poliméricos, e incluso llegan a destruir la superficie hidrofóbica, y por tanto, que estos pierdan su característica técnica fundamental que los hace más eficientes en ambientes con alta contaminación.

Sobre la importancia de la hidrofobicidad y su peso en el comportamiento del aislador polimérico también se ha trabajado llegándose a plantear que otras propiedades como la resistencia a la carbonización y a la erosión son propiedades, sino más, tan importantes como la de hidrofobicidad, dado que esta se pierde como resultado de la explotación del aislamiento en regiones contaminadas [6].

El presente trabajo trata por tanto de exponer un resumen de estas experiencias investigativas y sus resultados, para a partir de un análisis de las condiciones que imperan en la explotación del aislamiento en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) cubano, realizar un análisis crítico y propuesta de su posible introducción en Cuba.

Breve historia del desarrollo de los aisladores poliméricos

La historia de los aisladores poliméricos comienza en la década del cuarenta cuando se comienzan a emplear materiales orgánicos a base de resinas epóxicas para la construcción de aisladores de alta tensión para exteriores. Los materiales poliméricos para su uso en exteriores no estuvieron realmente disponibles hasta la década del cincuenta cuando se pudo aumentar en ellos la resistencia a la erosión y a la carbonización gracias al empleo de rellenos a base de alúmina trihidratada; es realmente en la década del sesenta cuando comenzó el empleo de aisladores poliméricos en líneas de transmisión de energía eléctrica y la generalización de su uso es en la década del ochenta. El primer polímero usado para la construcción del aislamiento externo fue, a mediados de la década cuarenta, una resina epóxida a base de bifenol, la cual aún se emplea en la construcción de aisladores para interiores. El segundo polímero, ampliamente usado para la construcción de aisladores poliméricos para exteriores, fue la resina epóxida a base de cicloalifáticos, cuyo uso fue introducido en el año 1957, aunque en la actualidad sólo se emplea en la construcción de aisladores para interiores. Hasta mediados de la década del ochenta los materiales más usados en la construcción de aisladores poliméricos por las principales compañías productoras fueron:

<u>Compañía</u>	<u>Material</u>	<u>Año</u>	<u>País</u>
Ceraver	EPR	1975	Francia
Ohio Brass	EPR	1976	E.U.A.
Rosenthal	SIR	1976	Alemania
Sediver	EPR	1977	E.U.A.
TDL	CE	1977	Inglaterra
Laap	EPR	1980	E.U.A.
Reliable	SiR	1983	E.U.A.

Nota: EPR - goma a base de etileno propileno
SiR - goma a base de silicona.
CE - goma a base de cicloalifáticos.

En la actualidad el recubrimiento de la varilla o núcleo central y las campanas aislantes de los aisladores poliméricos se construyen a base de goma de silicona de alta temperatura de vulcanización (SiR), de etileno propileno (EPR), de un copolímero del etileno propileno (EPM), de un terpolímero de etileno propileno y dieno (EPDM) y el politetrafluoretano o teflón (PTFE).

Estudios realizados a escala internacional sobre los aisladores poliméricos

Diferentes estudios realizados han establecido científicamente que los aisladores tienen una tensión de descarga mayor, en comparación con los aisladores de porcelana, bajo condiciones de contaminación y humedecimiento debido a la hidrofobicidad de su superficie.

Gorur y Chang [7] trataron de entender el mecanismo involucrado en la pérdida y recobrado de la hidrofobicidad superficial en los aisladores poliméricos sometidos a las descargas por formación de las bandas secas, condición propia del desarrollo del proceso de falla por contaminación del aislamiento. En este estudio los autores llegaron a la conclusión de que la pérdida de hidrofobicidad de la superficie durante la presencia de arcos en las bandas secas es debido a la formación de grupos hidroxilos formados por la interacción del polímero y la humedad, mientras que la recuperación de la misma es consecuencia de la difusión de cadenas de polímeros de bajo peso molecular a través del material.

Gautam y colaboradores [8], en un estudio para determinar la influencia del diámetro promedio de los aisladores poliméricos en su comportamiento ante la contaminación, llegaron a la conclusión que en ellos la tensión de descarga disminuye con el incremento del diámetro promedio del aislador, al igual que ocurre en el caso de los aisladores de porcelana, aunque en una escala menor.

Matsouka y colaboradores [9], al caracterizar las tensiones de descarga en aisladores poliméricos bajo condiciones de contaminación dadas obtuvieron que los métodos de contaminación artificial empleados no permitían obtener una capa de contaminante uniforme en el aislador, por lo que propusieron un nuevo método validado en el trabajo; así mismo, plantearon que la tensión de descarga de los aisladores del tipo SiR es mucho más influenciada por la densidad de la niebla que en los aisladores de porcelana, lo cual consideran sea consecuencia de que en ambientes donde ocurran incrementos súbitos de contaminación la propiedad hidrofóbica de la superficie aislante polimérica no es utilizada en toda su amplitud. Esto se ratifica con la influencia negativa (disminución de hasta un 40% su valor) que tiene la cantidad de partículas no solubles que se depositan en la superficie del aislador sobre la tensión de descarga.

Yoshida, en la reunión de CIGRE celebrada en París en el 2004, llevó como contribuciones de Japón, a las discusiones relacionadas con si existían experiencias en la reducción de la distancia de fuga en aisladores poliméricos, con relación a los de porcelana o vidrio, en ambientes similares los siguientes resultados:

a) En 1994 Naito y colaboradores [10] reportaron, al evaluar aisladores poliméricos en condiciones de contaminación, que condiciones de humedecimiento fuerte provocan pérdida de hidrofobicidad en las superficie del aislador en órdenes del 50%.

b) Así mismo en el 2001, Koshino y colaboradores [11], reportaron que las condiciones atmosféricas influían en la que la superficie aislante polimérica pudiera recobrar sus características de hidrofobicidad con mayor o menor rapidez, observando que ambientes con temperaturas bajas y humedad relativa alta provocaban una pérdida mayor en tiempo de la hidrofobicidad creándose las condiciones para que ocurrieran las descargas en el aislamiento, las cuales pueden destruir dicha característica, así como erosionar o carbonizar la superficie aislante.

c) Por otro lado, Suzuki y sus colaboradores [12] habían reportado en el 2003, al presentar resultados de una investigación realizada con el objetivo de evaluar una técnica para diagnosticar el deterioro del aislamiento polimérico utilizado en aisladores pasantes, que al cabo de cuatro años de explotación, en zonas costeras, la acumulación de contaminantes en los aisladores poliméricos evaluado es mayor que en los de porcelana; los resultados reflejaron una saturación de la capa contaminante en los aisladores de porcelana a los 3 meses de estar en explotación (máximo de 0.008 mg / cm^2), mientras que la acumulación en los poliméricos siguió aumentando hasta valores de 0.02 mg / cm^2 (2,5 veces más que en los de porcelana) hasta los 3 años de explotación.

Concluía Yoshida que era entonces muy difícil concluir que los aisladores poliméricos podían tener una distancia de fuga inferior a la de los aisladores tipo porcelana o vidrio en ambientes contaminados partiendo de estos resultados, más si además se conocía que Maxwell y Hartings [13] en la Sesión de CIGRE del 2000 habían reportado, a partir de experiencias de campo, que aisladores poliméricos con reducción de la distancia de fuga (con relación a aisladores de porcelana de la misma clase) habían presentado un incremento en los daños del tipo erosión, carbonización y de otros en comparación con aquellos que mantenían su longitud de fuga en valores similares a los otros tipos de aisladores, por lo que era recomendable que los aisladores poliméricos mantuvieran las mismas distancias de fuga que los aisladores de porcelana.

En la propia sesión de CIGRE de 2004, Yoshida expone también la experiencia japonesa, que coincide con resultados reportados por otros investigadores [14,15], con relación al comportamiento de los aisladores poliméricos en ambientes tropicales y subtropicales y la presencia de contaminantes de tipo biológico; los resultados indican que en ambientes de estos tipos, ante la presencia de determinados tipos de algas que se depositan sobre su superficie, los aisladores poliméricos pierden muy rápidamente la propiedad de hidrofobicidad, con valores de tensiones de descarga hasta un 15% menores con relación a otros tipos de contaminantes como puede ser polvo de cemento o similar, para un mismo nivel de contaminación.

Condiciones de explotación de los aisladores en el Sistema Electroenergético Nacional

En 1984 se dio inicio oficialmente a un estudio, a escala nacional en Cuba, para evaluar los niveles de contaminación a que estaba sometido el aislamiento eléctrico externo que operaba en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN); durante la evaluación parcial realizada para el período 1980 – 1984, sobre la experiencia de explotación del aislamiento eléctrico externo en el SEN se obtuvo lo siguiente:

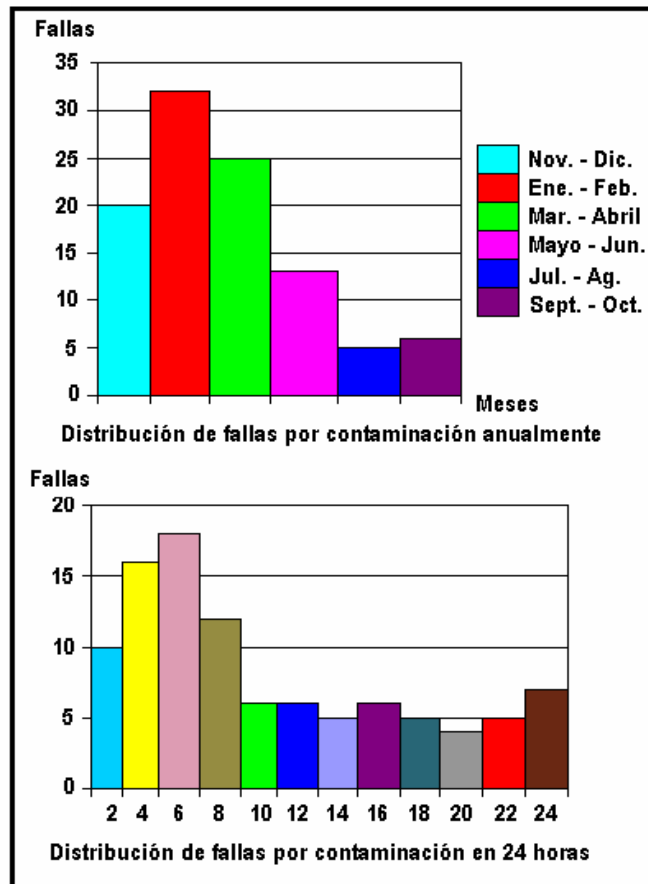


Figura 1

- En Cuba no se habían registrado casos de fallas masivas en ese período a causa de la contaminación, lo cual podía ser explicado por el acompañamiento de fuertes lluvias durante los temporales marítimos lo que favorecía la limpieza del aislamiento y la disminución de la cantidad de aerosoles en la atmósfera. No obstante, esa posibilidad no podía ser descartada.
- Los costos asociados al problema de la contaminación del aislamiento eléctrico eran elevados, siendo una de las causas principales de fallas y averías en el SEN.

- De la información obtenida se infería que el proceso de contaminación en Cuba tenía un carácter monótono en la mayor parte del tiempo, pudiendo ocurrir procesos instantáneos durante los meses de invierno aunque preferiblemente en la costa norte occidental mientras que la distribución de las interrupciones, tanto a lo largo de las 24 horas de un día como durante el año era desigual, con picos en los meses de invierno y en las horas de la madrugada y de la mañana respectivamente, tal y como se muestra en la Figura 1.

Este estudio concluyó en 1989 con la confección del Mapa de Niveles de Contaminación del Aislamiento de la República de Cuba [15], el cual se presenta en la Figura 2, siendo los resultados obtenidos en este estudio, de forma resumida y con relación a los procesos y condiciones de contaminación del aislamiento eléctrico externo en el caso de Cuba, los siguientes:

- La contaminación atmosférica a que se encuentran sometidas las instalaciones eléctricas en Cuba puede ser agrupada en seis grandes grupos, que abarcan desde condiciones limpias del tipo montaña hasta condiciones de alta contaminación como se presenta en las zonas costeras y en centros industriales (ver Figura 1).
- La mayor parte de las líneas de transmisión de energía eléctrica del SEN se encuentran en zonas de contaminación media, por lo que requieren de niveles de aislamiento normales, del orden de los 18 – 22,5 mm/kV.
- La característica de Cuba de ser una isla estrecha, y que ofrece su costa norte a los fuertes vientos acompañantes de los frentes fríos característicos de la época de invierno, provoca la necesidad de velar por el trabajo del aislamiento en dicha etapa, dado que la misma se caracteriza por provocar aumentos súbitos de los niveles de contaminación debido a que los fuertes vientos traen el incremento de aerosoles marinos en la atmósfera, y el posible traslado a zonas interiores del país de los mismos.
- La anterior condición propicia a su vez un menor nivel de contaminación en la costa sur, dado que los vientos provenientes del mar en dicha costa son menos fuertes y en época caracterizada por grandes lluvias, que permiten una limpieza mayor de la atmósfera y por tanto de una menor cantidad de aerosoles en ella.

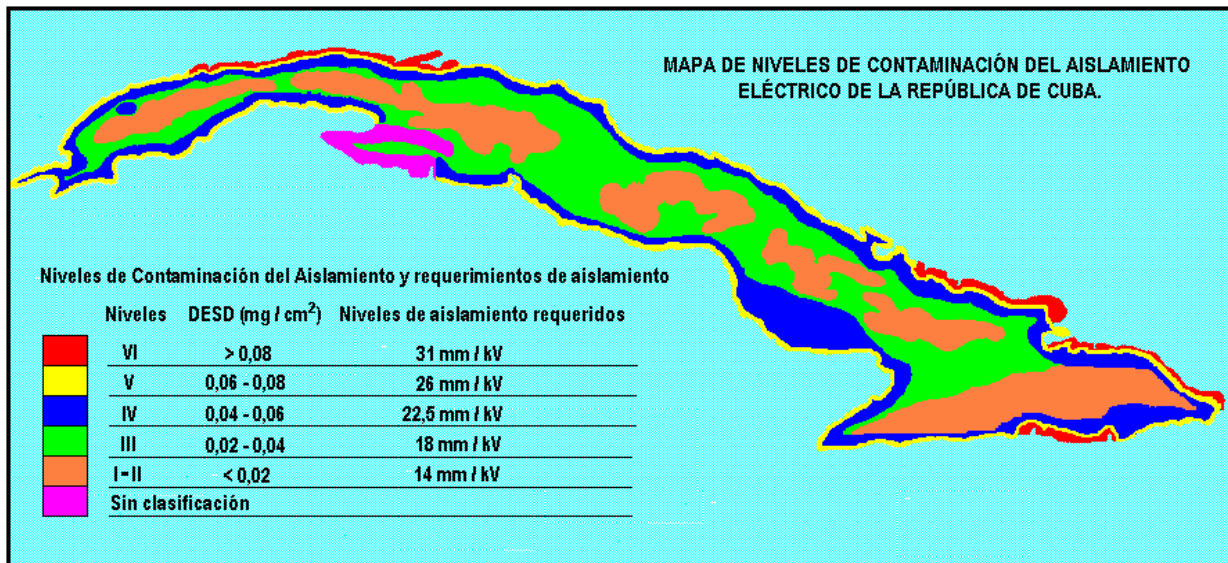


Figura 2.

Conclusiones y recomendaciones

Si se analizan los diferentes criterios expuestos con anterioridad, sobre las experiencias internacionales en la explotación del aislamiento del tipo polimérico y los resultados de las condiciones de explotación del aislamiento eléctrico externo en las condiciones de Cuba, puede concluirse que:

1. Los estudios realizados sobre los mecanismos involucrados en la pérdida de hidrofobicidad en los aisladores poliméricos dan respuesta a las diferencias encontradas en cuanto a comportamiento entre diferentes tipos de aisladores poliméricos en ambientes similares, y por tanto son elementos a tener en cuenta a la hora de la selección del aislador; por ejemplo, los aisladores tipo SiR llegan a tener un tiempo de recobrado de sus características hidrofóbicas mucho menor que el aislador tipo EPDM, lo que los hace tener un mejor comportamiento.
2. La propiedad de hidrofobicidad del aislamiento tipo polimérico le permite soportar mayores niveles de contaminación que a los aisladores tipo porcelana o vidrio, pero dicha propiedad tiene su máxima expresión cuando la contaminación se produce de forma monótona, o sea, durante un cierto período de tiempo. Cuando la contaminación tiene carácter súbito, y coincide con altos niveles de humedad relativa, esta propiedad se pierde en un por ciento apreciable, siendo el comportamiento de los aisladores de tipo polimérico muy similar a los de porcelana o vidrio, para un mismo nivel de aislamiento.
3. Por otro lado, la condición de períodos con baja temperatura y alta humedad relativa (típica de las temporadas invernales cubanas, con las entradas de los frentes fríos), lo que unido a los altos niveles de contaminación para el aislamiento eléctrico externo detectados en Cuba fundamentalmente en las zonas costeras, puede acentuar la pérdida de la hidrofobicidad en los aisladores tipos polímeros con relación a lo reportado en los estudios internacionales, lo que pone en aviso sobre el uso de este tipo de aislador en dichas regiones.

Recomendaciones

1. La decisión de emplear los aisladores tipo polímeros en Cuba, en ambientes contaminados, debe pasar por realizar un estudio del comportamiento de los mismos a escala de Laboratorio, a partir de que ya se conocen las características de los procesos contaminantes a que está sometido el aislamiento eléctrico en las condiciones cubanas.
2. Paralelamente, sería prudente diseñar un experimento, y ejecutarlo en campo, que permita evaluar en la práctica el comportamiento de estos tipos de aisladores ante las condiciones climatológicas imperantes en Cuba, lo cual junto a los resultados de Laboratorio ofrecerían una total y completa caracterización de los mismos.
3. Así mismo, la introducción de este tipo de aislador en una región con contaminación de carácter industrial, debe ir precedida por la elaboración del Mapa Local de Contaminación, en caso de no estar elaborado el mismo, con el objetivo de evaluar la dinámica del proceso de contaminación en el tiempo (patrón temporal de contaminación) y el posible uso del mismo y el nivel de aislamiento requerido para la zona.

Referencias bibliográficas

- [1] Houlgat R.G. and et.al., Field Experiences and Laboratory Research on Composite Insulators for Overhead Lines, CIGRE Paper 15-12, 1986.
- [2] Vlastos A.E., Sherif E.M., Experience from Insulators with Silicon Rubber Sheds and Shjed Coatings, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.5, No.4, pp.2030-2038, Oct.1990.
- [3] Schneider H.M. and et.al., Accelerated aging and Flashover tests on 138 kV Non ceramic line post insulators, 92WM 264-2 PWRD.
- [4] Gorur R.S. and et.al., Aging in silicone rubber used for outdoor insulation, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No.2, pp.525-538, April 1992.
- [5] Schneider H.M., Lux A.E., Mechanism of HVDC Wall Bushing Flashover, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.6, No.1, pp.448-455, January 1991.
- [6] Mackevich J., Simmonds S., Polymer Outdoor Insulating Materials. Part II: Materials Considerations, IEEE Electrical Insulation Magazine, July – August 1997, Vol.13, No.4, pp.10–16.
- [7] Gorur R.S, Chang, J.W., Amburguey O.G., Surface hydrophobicity of polymers used for outdoor insulation, IEEE Transactions on Power delivery, Vol.5, No.4, 1990, pp.1923 – 1928.
- [8] Gautam B.K., Ito M., Marunsgri B., Matsouka R., Ityo S., Arakawa K., Contamination Flashover Performance of Hydrophobic Polymer Insulators with Different Core Diameters, 2004 International Conference on Solid Dielectrics, Toulouse, France, July 5-9, 2004.

- [9] Matsouka R. and et.al., Assessment of Basic Contamination Whistand Voltage Characteristics of Polymer Insulators, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.11, No.4, October 1996.
- [10] Naito K. and et.al., Investigation Results of Silicone Rubber Insulator under Wet and Contaminated Conditions, 4th.Internacional Conference on Properties and Applications of dielectrics Materials ICPADM, P5116, 1994.
- [11] Koshino Y. and et.al., Recovery Behaviour of Hydrophobicity of Silicone Rubber for Polymer Insulator Housing Deposited with Contaminant, Transaction on IEE Japan, Vol.121-A, No.9, 2001.
- [12] Suzuki A. and et.al., Deterioration diagnosis technique of housing rubber for composite hollow insulator, 7th. Internacional Conference on Properties and Applications of dielectrics Materials ICPADM, P2-27, 2003.
- [13] Fernando M. and Gubanski S., Performance on Nonceramic Insulators under Tropical Field Conditions, IEEE on Power delivery, Vol.15, No.1, 2000.
- [14] Hetherington W., Experiences with Non-ceramic Bushing at Florida-based Utility, INMR, pp.30-35, 1997.
- [15] Castro M., González R., Cuervo H., Durán J., Mapa de Niveles de Contaminación del Aislamiento de la República de Cuba, informe de investigación terminada del PR - 585, CIPEL, ISPJAE, La Habana, Noviembre de 1989.

Si desea cambiar su dirección electrónica, suscribir a un colega, solicitar ediciones anteriores o borrarse de la lista de distribución, envíenos un mensaje a: carango@gamma.com.co
Atn. Ing. Claudia Arango Botero.

Visítenos en nuestra página Web: <http://www.gamma.com.co>