

MONITOREO DE CORRIENTE DE FUGA A LA INTEMPERIE EN AISLADORES DE ALTA TENSIÓN DE ELASTOMERICOS DE SILICONA Y DE PORCELANA, EN CONDICIONES DE OPERACIÓN DE COSTA MARINA

Antonios E. Vlastós Fellow
Chalmers University of Technology
S-412 96 Gothenburg, Sweden

Tor Orbeck, Senior Member
Sediver Inc, York
South Carolina 29745, USA

RESUMEN: El comportamiento de los aisladores poliméricos bajo condiciones de brisa y niebla salina es crucial para el diseño de éstos. En este trabajo serán analizadas las corrientes de fuga de aisladores en compuestos elastoméricos de silicona, monitoreados durante dos severas tormentas salinas en la costa oeste de Suecia. Los resultados muestran que una reducción de la distancia de fuga en unidades de aisladores elastoméricos de silicona causa una considerable actividad de arco en condición seca.

1.- INTRODUCCION

La experiencia en el servicio ha mostrado que los aisladores a la intemperie expuestos a contaminación y a la lluvia, niebla y condensación desarrollan fugas de corriente. Pronto se descubrió que los aisladores de cerámica con una delgada capa de elastómero de silicona dieron excelentes resultados en servicios expuestos a la contaminación. Se encontró que la ventaja de la superficie de silicona es su habilidad para transmitir propiedades hidrofóbicas a los depósitos de agentes contaminantes en la superficie aislante que retiene o limita la corriente de fuga. La transmisión de las

propiedades hidrofóbicas, las condiciones que conducen a la pérdida de la hidrofobicidad y los mecanismos de recuperación han sido tema de muchos trabajos. Un listado de literatura al respecto se encuentra en anexo (1).

Las condiciones ambientales y de servicio para un aislador varían considerablemente de acuerdo a la ubicación y al tiempo. Bajo condiciones severas la corriente de fuga aumenta resultando en la formación de bandas secas en la superficie de los aisladores seguidas por descargas y formación de arcos que pueden causar degradación de las propiedades de la superficie de los aislantes y puede aumentar la probabilidad de descargas puntuales o arco por cortocircuito.

La degradación de las propiedades aislantes en superficies húmedas de materiales estables o inertes tales como porcelana y vidrio pueden ser explicadas por la acumulación de contaminantes en la superficie del vitrificado. Sin embargo, la degradación de las propiedades de la superficie de aisladores poliméricos es una combinación más compleja de la erosión de superficie y los cambios en la química de la

superficie polimérica causada por efecto de descarga y agentes contaminantes. El desarrollo de descargas en condición seca y la formación de arcos no sólo dependen del stress de voltaje superficial, los diseños de aisladores y las condiciones de contaminación, sino también dependen mucho de la habilidad de los polímeros de retener o limitar las corrientes en condición de "bandas secas".

Para optimizar el diseño y los materiales de los aisladores, es necesario estudiar la corriente de fuga y el desarrollo de "corrientes a través de bandas secas" en muestras reales y completas de aisladores a escala real. Tales estudios han sido conducidos en laboratorios con pruebas simulando las condiciones específicas de contaminación experimentadas en servicio. (2). Los métodos existentes para tales pruebas de envejecimiento de aisladores poliméricos, incluyen la exposición a largo plazo a descargas y formación de arcos bajo condiciones de humedad. El ciclo de exposición a envejecimiento, y las condiciones de arco de descarga superficial artificial, tienen que ser representativas de las condiciones de servicio para el aislador polimérico en un sistema de potencia específico donde los aisladores deben ser instalados. Es por esto necesario primero hacer estudios conducidos a la intemperie de corrientes de fuga y de condiciones de descarga de "banda seca", en aisladores de tamaño real expuestos a la contaminación natural, antes de seleccionar el ciclo de envejecimiento en laboratorio.

La universidad " Chalmers University of Technology" en Suecia ha establecido una subestación de prueba en Anneberg en la costa oeste de Suecia para evaluar el comportamiento de aisladores poliméricos bajo condiciones costeras. Los resultados de tales estudios han sido reportados anteriormente, ver (3-5). El presente trabajo muestra información sobre corrientes de fuga en aisladores poliméricos con una cubierta de elastómero de silicona. La porcelana sola y la porcelana revestida en material elastomérico de silicona "RTV" son usadas como unidades de referencia. Las unidades de pruebas son

instaladas en sistemas de líneas de voltaje de 220 kV (130 Kv fase a tierra) donde una gran cantidad de unidades es evaluada. Una de las unidades de aisladores elastoméricos de silicona ha estado en la línea desde 1987 y la información de corriente de fuga en este ensayo fue recogida durante dos severas tormentas salinas en 1993.

2.- SISTEMA DE ADQUISICION DE INFORMACION

La capacidad total de la línea de prueba es de veinte aisladores en el lado AC. Todas las unidades son monitoreadas por un sistema de adquisición de datos digital.

Los datos que son registrados en el computador de Anneberg y guardados en el computador principal ubicado en el laboratorio de Alto Voltaje de Chalmers.

Entre el aislador y la torre se instala un aislador de vidrio del tipo cap-pin adicional para permitir la medición de la corriente de fuga. La corriente es conducida a través de un cable coaxial a lo largo de la torre. En caso de arco la descarga de corriente pasa a través de pararrayo que registra el arco.

El sistema de medición de corriente de fuga es protegido por un tubo de descarga, una combinación entre una resistencia y una inductancia en una caja montada en el poste de la torre y por la capacitancia del cable coaxial.

La inductancia y la capacitancia del cable actúan como un filtro de paso bajo y reduce la frecuencia de la señal transmitida a cerca de 40 khz. En el otro extremo del cable de salida un diodo Zener es usado para reducir eventuales surgimientos de sobrevoltaje.

Los detectores están diseñados para medir el peak del pulso y consisten en cuatro partes: un emisor seguidor, un comparador, un circuito de control lógico y un circuito de prueba y resultado (S/H). El voltaje de entrada es comparado al voltaje retenido en el circuito S/H. Esto significa que la amplitud de pulso registrada corresponde al valor más

alto de peak de pulso que ha llegado al detector durante el intervalo de muestra.

La salida de los detectores de corrientes de fuga, el medidor de voltaje para la fuente de corriente alterna y los instrumentos meteorológicos (velocidad y dirección del viento, presión del aire y lluvias) es registrado por un scanner de entrada de 100 canales controlados por la estación de trabajo. La frecuencia de registro es alrededor de 30 hz y todos los canales son registrados en un tiempo de cerca de 10 segundos. La estación de trabajo consiste en un sistema multi tareas Unix. El programa de medición está escrito en Basic/Unix. La tasa de registro de la información es determinada por los valores máximos de los pulsos de corrientes de fuga. Los datos son guardados como voltajes en un archivo que es actualizado cada 24 horas. Desde Anneberg los datos guardados son transmitidos a Chalmers a través de una línea de telecomunicación una vez al día y son guardados en cintas y discos magnéticos. El sistema receptor también está basado en Unix y tanto el procesamiento de datos como la presentación gráfica de los datos son realizadas por dos programas comerciales de procesamiento de datos. Los programas permiten una documentación completa de los datos y su presentación gráfica, y el procesamiento estadístico y matemático de los datos.

3.- RESULTADOS DE CORRIENTES DE FUGA

La tabla 1 muestra los datos técnicos de cuatro aisladores distintos incluidos en este estudio energizados con AC. Los aisladores 2 y 8 fueron instalados en Diciembre de 1987, el 9 en Enero de 1989 y el 7 en Abril de 1991, todos los aisladores tienen sellos de corona.

Podemos hacer una comparación relativa entre la información de corrientes de fuga para aisladores hechos con diferentes materiales con aisladores de similar distancia de fuga. La tabla 2 muestra que los aisladores 2, 8 y 9 son similares, pero la

unidad 7 tiene una distancia de fuga mucho más reducida. Sin embargo, debido a que los aisladores 2 y 7 están hechos con la misma cubierta elastomérica de silicona vulcanizada a altas temperaturas (HTV) es importante ver si el aislador elastomérico con mayor tensión se comporta diferente a la unidad con una distancia de fuga más larga. El aislador 9 tiene una película de elastomérico de silicona vulcanizada a temperatura ambiente (RTV) de 0,5 mm sobre la porcelana.

La figura 1 muestra el comportamiento típico en condición seca de los aisladores de cerámica durante condiciones de tormenta salina. Las corrientes medidas en la unidad de porcelana están relacionadas con los depósitos de sal al momento de la medición y no son resultado de acumulación de partículas de largos períodos en el aislador. Las condiciones climáticas en la costa oeste de Suecia incluyen lluvias frecuentes y la limpieza natural de los aisladores entre tormentas salinas.

AC	2	7	8	9
Número de tramos	1	4	1	1
Largo total (mm)	1398	1624	1360	1465
Distancia entre los herrajes (mm)	990	948	1152	1290
Distancia de arco (mm)	1055	1136	1246	1341
Distancia de fuga (mm)	3590	2244	3910	3700
Número total de campanas (grandes/chicas)	15/14	24	24	18/17
Distancia entre campanas (mm)	35	45	46	30/39
Diámetro de campanas (mm)	170/130	97	202	175/145
Diámetro del eje (mm)	41	29	75	75

Tabla 1 Datos de diseño para los diferentes aisladores de este estudio.

Aislador 2 y 7 son hechos con la misma cubierta de componente elastomérico de silicona HTV. El aislador 8 es un cuerpo de porcelana y el 9 es un aislador con cuerpo de porcelana con una cubierta de componente elastomérico de silicona de 0,5 mm de espesor.

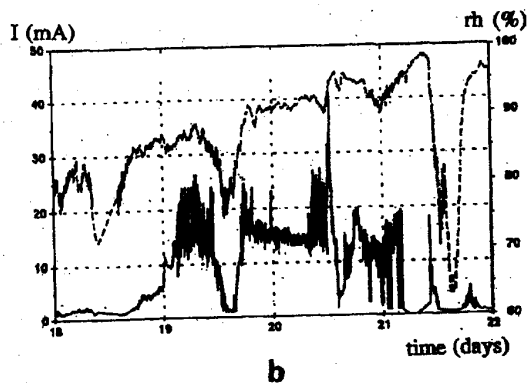
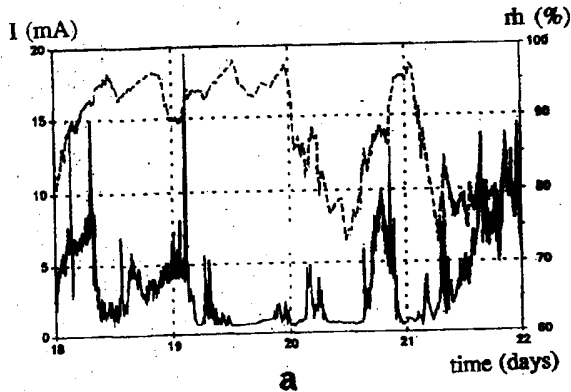


Figura 1. (compuestas por las 2 figuras a y b anteriores)
Las corrientes de fuga medidas en la unidad 8 de porcelana durante condiciones de tormenta salina. Distancia de cresta de 3910 mm (30mm/kV). Curva superior corresponde a la humedad relativa.

Curva inferior en cada gráfico corresponde a la corriente de fuga.

Gráfica a.- período 19-22 de Enero 1993

Gráfica b.- período 19-22 Marzo de 1993.

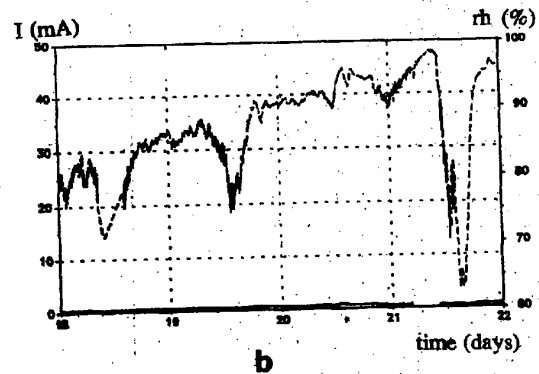
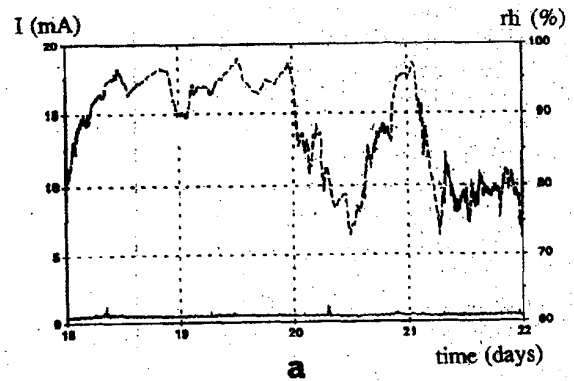


Figura 2. Corrientes de fuga medida en la unidad 9, aislador de porcelana cubierto con compuesto elastomérico de silicona RTV, durante condiciones de tormenta salina. Distancia de fuga total de 3700mm (28,5mm/kV). Curva superior: humedad relativa. Curva inferior corresponde a corrientes de fuga.

a.- período 19-22 Enero 1993

b.-

Período 19-22 Marzo 1993

La figura 2 muestra muy baja corriente en la unidad recubierta con compuestos elastoméricos de silicona RTV, la cual mantiene alta resistencia de superficie

durante las dos tormentas salinas. Esta observación es muy importante ya que en los experimentos artificiales, las condiciones de aceleración reducen significativamente la resistencia de la superficie en el aislador de compuesto elastomérico de silicona. Tales condiciones parecen no ser tan significativas para el comportamiento de los aisladores de elastómeros de silicona bajo condiciones de servicios actuales.

La figura 3 muestra las corrientes de fuga en el aislador de componente elastomérico de silicona 2 hecho con cubierta de elastomérico de silicona HTV. La distancia de fuga para esta unidad es similar al valor del aislador de porcelana 8.

Los valores de corriente máxima para esta unidad son muy bajos, indicando una alta resistencia a la superficie continua para la superficie de silicona durante las condiciones de tormenta salina. Los registros desde 1987 hasta fines de 1994 muestran que los valores de corriente de fuga para el aislador 2 permanecen bajos durante todas las condiciones climáticas.

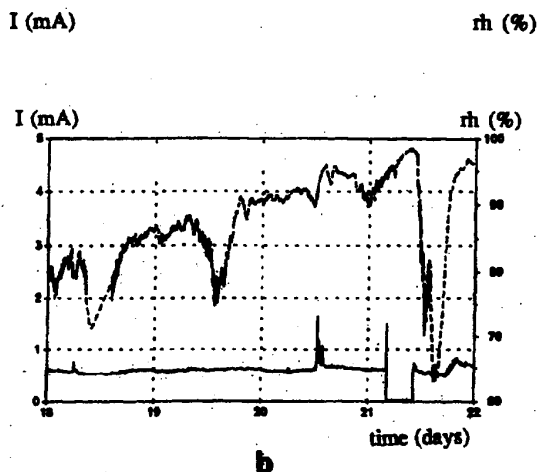
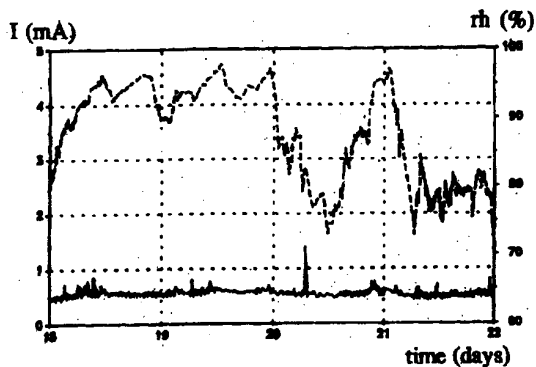


Fig 3. Leakage currents measured on the HTV Silicone Rubber

Figura 3. Las corrientes de fuga medidas en el aislador de la unidad 2 con cubierta de elastomérico de silicona HTV durante condiciones de tormenta salina. La distancia de cresta de 3590 mm (27.5mm/kv). Trazo superior: humedad relativa. Trazo inferior: corriente de fuga.

a.- Período 19-22 de Enero de 1993. b.- Período 19-22 de Marzo de 1993.

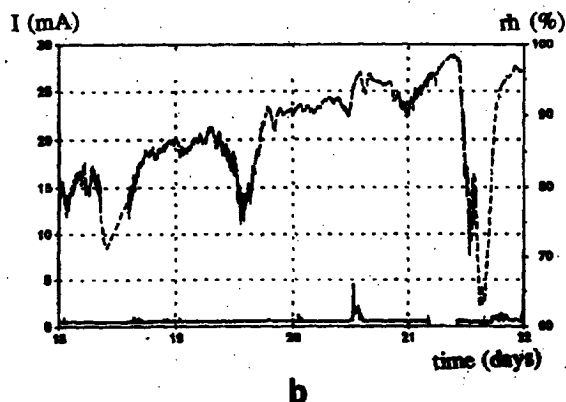
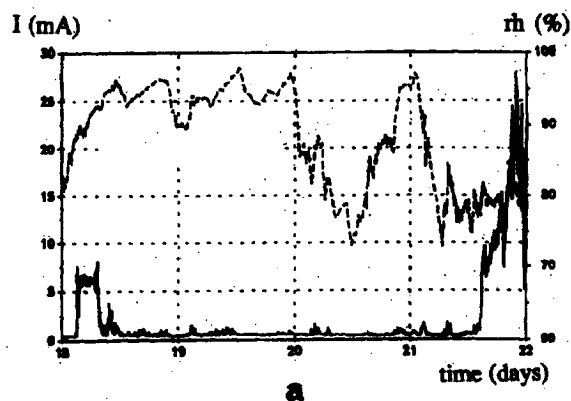


Figura 4.- Las corrientes de fuga medida en el aislador de la unidad 7 con cubierta de elastomérico de silicona HTV durante condiciones de tormenta salina. La distancia de cresta 2244 mm (37% más corto del aislador 2) (17.3mm/kv) trazo superior: humedad relativa, trazo inferior: corriente de fuga.

a.- Período 19-22 Enero de 1993.

b.- Período 19-22 Marzo de 1993.

Figura 4.- Es interesante observar en la figura 4 que el aislador con la misma cubierta de compuesto elastomérico de silicona pero con un diseño muy diferente y stress eléctrico mayor muestra una resistencia de superficie reducida y una actividad de "banda seca" considerable.

4.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este estudio el aislador 2 de componente elastomérico de silicona HTV (hot temperature vulcanizing) con una distancia de fuga de 27.6 mm por KV mostró una resistencia de superficie alta continuada con corrientes de fuga máximas que no sobrepasaron los 2 mA. Por otro lado la segunda unidad de aislador HTV solo con 17.3 mm/kV de distancia de fuga excedió de 25 mA lo cual coincide con los valores de pulso de corrientes máximos tomados en el aislador de porcelana que tenía 30 mm/kv.

El estudio muestra que por las condiciones de servicios encontradas en la costa oeste de Suecia, el aislador 2 de compuesto elastomérico de silicona HTV mantuvo alta resistencia incluso bajo condiciones severas de tormentas salinas. La unidad no desarrolla actividad de "banda seca" continua y la unidad después de 7 años de exposición de alto voltaje a la intemperie, no mostró degradación o erosión. Las condiciones de servicio en la costa oeste de Suecia son las más severas del país. Una evaluación de la estabilidad a largo plazo del aislador de silicona HTV del diseño descrito en este ensayo, predice que el aislante para el servicio bajo las condiciones encontradas en

la costa oeste de Suecia, no debería ser expuesto a corrientes en condición seca prolongadas y a descargas a niveles que excedan algunos mA.

Ya que una prueba general de envejecimiento artificial no puede ser diseñada para cubrir todas las condiciones de servicio del aislador, cada procedimiento de prueba relacionado a un sistema de potencia específico debe estar basado en información recogida a la intemperie y conducir a resultados que están en acuerdo con aquella información obtenida bajo condiciones reales de operación.

5.- AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue llevado a cabo principalmente en la estación de trabajo de Anneberg del Departamento de Ingeniería en Alto Voltaje de la Universidad Tecnológica de Chalmers. El autor desea expresar su agradecimiento al Swedish National Board para el desarrollo industrial y técnico Valtenfall, Swedish National Grid, Swedish Power Association Development Foundation, ABB Corporate Research y ELSAM por su apoyo financiero para la totalidad del proyecto. Deseamos agradecer a Mats Sjoberg y Torbjorn Sorqvist por su excelente trabajo con el sistema de adquisición de datos y la presentación gráfica de los resultados y a Maj-Britt Schonbeck por su apoyo en el tipeo del manuscrito.

REFERENCIAS

(1) S.R. Gorur y T. Orbeck, " Comportamiento Dieléctrico de la Superficie de Aislamiento polimérica bajo condiciones a la intemperie HV" IEEE Trans. Aislamiento Eléctrica. Vol 26. pp 1064- 1072 1991.

(2) H.M. Schneider, W.W. Guidi, J.T. Burnham, R.S. Gorur y J.F Hall. " Envejecimiento acelerado y Pruebas de destello en Aislantes post línea no-cerámica con 138kV" IEEE Trans. Entrega de Poder, vol 6, N1, pp 325-336, Enero 1993.

(3) A.E. Vlastós y E. Sherif. " Experiencia con Aisladores con sheds de silicona RTV y

cubiertas de sheds" IEEE Trans. Entrega de poder, Vol 5, N. 4, pp 2030-2038, Octubre 1990.

(4) S.M. Gubanski y A.E. Vlastós, " Wettability of Narrally Aged silicone Rubber and EPDM Composite Insulators", IEEE Trans. Power Delivery, Vol 5, N. 3, pp 1527-1535, Julio 1990.

(5) A.E. Vlastós and E. Sherif, " Envejecimiento natural de los Aislantes con compuestos de EPDM". IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 5. N. 1, pp 406-414, Enero 1990.