



## ILMOS

### MONITOR DE CORRIENTE DE FUGA EN AISLADORES

Autor: Eugenio Concha G.

Psptechnologies Inc.

econcha@pspttechnologies.com

#### 1) Introducción:

La exposición de las estructuras aislantes a todas las condiciones atmosféricas ha sido siempre una parte integral de los sistemas tanto de transmisión, subtransmisión y el sistema de distribución. Con el incremento en el conocimiento de los sobre voltajes causados por rayos y Voltajes transitorios de maniobras, y el mejoramiento en aparatos de protección contra estos sobre voltajes, el problema de contaminación del aislador se convirtió en un problema de extrema urgencia.

Esto ha sido reforzado debido a la contaminación del aire en aumento y por el incremento en número de líneas de transmisión.

Con la regulación del suministro de corriente ahora llegando al mercado de la energía, los servicios tradicionales están enfrentando una competencia en aumento dando como resultado la presión de bajar los costos de operación y por tanto reducir precios y aumentar la confiabilidad del sistema mejorando el desempeño de los aisladores.

Algunas de las técnicas de mitigación incluyen el aumento de la distancia de fuga en el aislador en las ubicaciones más vulnerables, cubriendo la superficie del aislador con materiales hidrofóbicos (ejemplo. RTV tipo caucho Silicona ó grasa), lavados periódicos de los aisladores y/o el reemplazo de los aisladores de porcelana por aisladores poliméricos.

Todas estas técnicas tienen méritos y desventajas. Las superficies no-cerámicas sufren de pérdida de hidrofobicidad y degradación de condiciones de superficie después de exposiciones prolongadas a la contaminación y a descargas eléctricas. Establecer un sistema de lavado confiable y programas de mantenimiento parece ser una práctica altamente aceptada para mejorar la situación, sin embargo a un gran precio. El alto costo y la necesidad de personal altamente entrenado hacen del lavado una proposición costosa. La figura 1 muestra una foto de la unidad de mantenimiento durante una misión de lavado de aisladores.



Figura 1: lavado de aislador en línea de transmisión.

Para optimizar el costo de mantenimiento, los monitores ó registradores de contaminación y corriente de fuga están siendo usados para establecer los períodos de mantenimiento más apropiados y al mismo tiempo evitar descargas que pueden derivar en arcos impredecibles y salidas de servicio. Estos sistemas hacen posible el emigrar a programas de mantenimiento basados en el “estado real” de los aisladores, reemplazando así a programas basados en el tiempo (ej cada 3 meses), los cuales pueden requerir frecuentes cortes de energía planeados de los sistemas de limpieza de aisladores.

Los monitores de contaminación pueden ser usados para:

- Medir la severidad de la contaminación del lugar para determinar las áreas más problemáticas de operación.

- Monitorear el estado de aisladores en términos de severidad de contaminación para propósitos de mantenimiento para limpiar y/o mantenimiento de grasa de los aisladores son necesarios para prevenir descargas de arco de contaminación.
- Comparar la efectividad de diferentes diseños de aisladores (forma y dimensiones) y/o también evaluar materiales de aisladores bajo ciertos ambientes contaminados para determinar la mejor solución.
- Determinación de la pérdida de energía en kVA que afecta un aislador específico.

## **2) Flashover en el aislador debido a contaminación**

La contaminación puede reducir significativamente el voltaje al cual se produce el flashover que saca de servicio a la línea (medido como voltaje de potencia a frecuencia industrial) conduciendo a cortes de energía no planeados y disminuyendo la confiabilidad del sistema. El proceso de Flashover (siendo el que descarga la línea) es un proceso complicado que ocurre a través de diferentes fases, a saber: La formación de capas de contaminación, incremento de la corriente, la formación de banda seca, generación



de arcos parciales y, si las condiciones son favorables, flashover y salida de servicio.

### **Formación de capas de contaminación.**

La contaminación puede ser producida por una gran variedad de causas como ceniza flotante, contaminación salina marítima, polvo de industrias, etc. El depósito de contaminantes es gobernado por la interacción de varias fuerzas que actúan en sus partículas simultáneamente (es decir, gravedad, viento y fuerzas electrostáticas).

El componente conductor de los contaminantes influencia el voltaje de flashover del aislador proveyendo en condiciones húmedas, una cubierta conductiva en la superficie del aislador. El componente inerte por otro lado, es la porción del material sólido que no se disuelve sino que forma una matriz mecánica en la cual las partículas del componente conductor son incluidas internamente.

La humedad es entregada por la naturaleza a través de dos mecanismos: Condensación y pigmentación. La condensación representa un proceso lento de humedad durante el cual los contaminantes conductivos se pueden disolver completamente. Este proceso a menudo se produce bajo condiciones de niebla ó rocío en las horas de la mañana. La bruma y la llovizna pueden también causar el mismo efecto.

### **Formación de la banda seca**

Cuando la conductividad de la capa de la superficie es establecida por la humedad en la cual los contaminantes sólidos son disueltos, una corriente superficial entre fase y tierra es entonces permitida a fluir lo que resulta en calentamiento óhmico de la capa. La conductividad primero aumenta mientras la temperatura sube, pero cuando llega a cierto valor, la evaporación del agua se vuelve apreciable y la solución es sobre saturada con sal.

La capa comienza a secarse en las zonas con más alta disipación de energía y la conductividad de estas zonas bajan rápidamente hasta que alcanzan a cero. La distribución del flujo de corriente es entonces modificada reforzando el secado lateral y crea bandas secas.

### **El arco parcial**

Cuando una banda seca completa es establecida, la mayor parte del voltaje aplicado en el aislador es entonces impuesto en ella debido a su alta resistencia. La corriente es interrumpida por la ruptura del aire (chispa) como puente sobre esta banda seca y mantendrá la corriente.

El arco lleva la corriente en un canal altamente concentrado liberando el calor en una forma muy concentrada más que distribuirlo sobre la superficie. Esto conduce a preferir la



elongación de la amplitud de la banda seca en la ubicación del punto final del arco, donde la densidad de corriente es la más alta. El arco puede extenderse longitudinalmente y si llega a cubrir una parte crítica del camino a lo largo de la fuga, el flashover definitivo será prácticamente inevitable.

La Intensidad de los pulsos de corriente de la fuga es un buen indicador de la condición del aislador. Es sabido que la intensidad de corriente es muy decisiva para la descarga de arco.

## 2) Importancia del monitoreo de corriente de fuga.

La severidad de contaminación es usualmente determinada por la medición de la conductividad de la mezcla de los contaminantes removidos de la superficie del aislador y una cierta cantidad de agua destilada.

La severidad de contaminación debido a materiales conductivos es generalmente expresada en términos de ESDD (Densidad del depósito de sal equivalente) en mg/cm<sup>2</sup>, la cantidad de sal (NaCl) que debe ser disuelta en la misma cantidad de agua para obtener la conductividad. El ESDD cuenta sólo para la parte soluble de los contaminantes. La medición del ESDD es un método indirecto y estático para determinar

el "estado" del aislador y provee sólo una imagen de su condición.

Generalmente, la capa contaminante en el aislador aparece meses o años con períodos intermedios en condiciones de clima húmedo. El monitoreo de corrientes de fuga durante tales períodos provee de la manera más directa y exacta posible para ver cómo la actividad de la contaminación en aumento con tiempo y también ver los efectos de la lluvia (lavado natural) y decidir acerca de limpieza artificial o lavado de aisladores.

La Tabla a continuación ayuda a entender esta interpretación.

Tabla 1: muestra algunas pistas para el uso de las corrientes de fuga como un indicador del estado del aislador.

Corriente de fuga	Síntoma
0-2 mA	No hay efectos visibles o audibles.
3-5 mA	poco ruido
5-10 mA	Chispas visibles de noche.
10-15 mA	quemado por corrientes de fuga de crucetas de madera en postes.
15-100 mA	muchas chispas
sobre 100 mA	Flashover y salida de servicio Inminente



Tabla 1: Corriente de fuga como indicador de estado del aislador.

En algunas situaciones donde el contaminante es acumulado en la superficie del aislador y la humedad es seguida más o menos directamente desde ese momento, puede ser posible obtener suficiente tiempo para la limpieza.

El monitoreo de corriente de fuga en el tiempo real puede entregar una avanzada advertencia sobre la situación crítica por venir y si es posible la potencia transmitida podría ser derivada a otras líneas si tales alternativas existen.

El monitoreo de la corriente de fuga en un aislador con el propósito de evitar un Flashover ó determinar el comportamiento relativo de un tipo de aislador versus otro, puede ser realizado registrando la amplitud de los pulsos de corriente actual en un período de tiempo y guardando estos valores en un aparato de memoria dentro del monitor ó a un disco duro de un computador permanentemente, el cual es generalmente difícil de hacer en subestaciones y casi imposible en caso de líneas de transmisión.

Alternativamente, la misma información de valores puede ser obtenida y derivada desde la distribución estadística de los pulsos de corriente actual durante el mismo período y guardando la información de distribución más que la información de pulso actual. La ventaja es en

períodos extensos de adquisición de datos, el volumen de información será de esta forma más pequeño, más económico y más fácil de monitorear la corriente.

#### **4) ILMOS—5 El sistema de monitoreo de corriente de fuga del aislador.**

Presentamos ILMOS-5, un nuevo sistema de monitoreo de corrientes de fuga que es fácil de usar y fácil de mantener. ILMOS-5 ha sido miniaturizado y es operado por baterías (pilas). El sistema de monitoreo ILMOS-5 está compuesto de tres componentes; la unidad de adquisición, la caja transductora, la cual incluye un circuito de protección y finalmente un software amistoso para el usuario para recuperar y analizar la información. Un cable coaxial propiamente terminado recoge una señal de corriente de fuga desde la base de un aislador y lo entrega a la caja conversora. La unidad de adquisición y la caja conversora están conectadas a través de otro cable coaxial. Un microprocesador controla la recolección de información y el procesamiento. La cubierta es a prueba del clima. Figura 2 muestra la unidad de adquisición de ILMOS-1.



Figura 2: Unidad de almacenamiento de información y control lógico.

### 5) Operación de ILMOS

Los parámetros de adquisición de ILMOS-5 están establecidos usando un computador personal lejos del campo interior de la instalación. Lo siguiente, describe la secuencia de instalación del sistema.

- a) Después de el período de monitoreo, la unidad de adquisición sería conectada al computador usando el puerto serial RS-232.
- b) Usando el software de ILMOS-5, se definen 8 rangos de acumulación de descarga de corriente, y para cada

uno se definen los límites de medición y los contadores de cada rango respectivo se cancela en cero. (Figura 3).

- c) Finalmente el sistema es instalado en campo.

Un cuidado especial se debe tener cuando los rangos de voltaje son definidos.

El voltaje máximo permitido a través de la unidad de adquisición es de 4 volts entre conductor central del coaxial y pantalla del cable. Los rangos del histograma deben ser ajustados basados en la corriente de fuga y en la resistencia de la caja convertora. Favor, véase tabla 1 para tener una guía de las indicaciones de la corriente de fuga en el aislador externo.

El sistema es entonces instalado en la ubicación deseada y la adquisición comienza.

De este modo, el sistema detecta los valores peak de la corriente de fuga en cada mitad de ciclo positiva. Estos valores son entonces analizados por la unidad procesadora, la cual crea el histograma de los pulsos de la corriente. El sistema estampa la información con la hora y la fecha después de un intervalo predeterminado, guarda la información en un chip de memoria no volátil y luego reprograma los rangos del histograma que contiene y comienza un nuevo envío de



adquisición. El intervalo de adquisición y los rangos del histograma son completamente ajustables por el usuario a través del software. La unidad puede guardar 1.000 histogramas teniendo un período ajustable desde 3 horas y hasta una semana.

Cuando sea necesario, la caja de adquisición puede ser removida del servicio y enviada a la persona responsable, para rescatar la información usando el computador para interpretarla. La cubierta de la unidad de control es una caja de 4x2,5x4,5 pulgadas, lo que la hace ser muy fácil de transportar por un servicio de correo regular. La figura 3 muestra la interfase amigable de ILMOS-5.

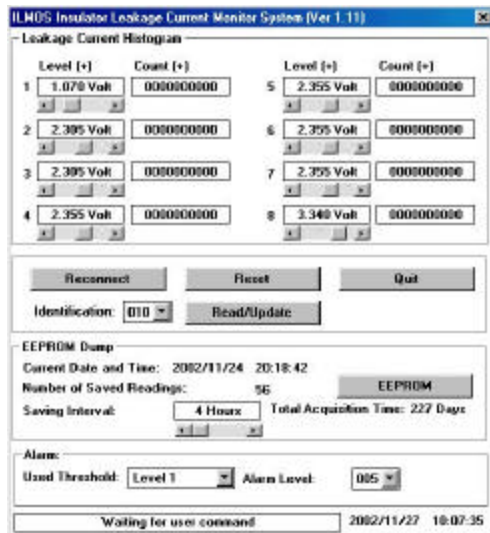


Figura 3: La interfase amigable de ILMOS-5

## 6) Aplicaciones de ILMOS-1

ILMOS-1 es extremadamente compacto y fácil de usar. Está diseñado para las siguientes aplicaciones:

1.-Determinación de las pérdidas del aislador, de hecho uno de los campos en el reporte de salida establece las pérdidas de corriente en KWH, monitoreadas durante la duración de este tiempo.

2.-Determinación de la severidad de contaminación en terreno. ILMOS-5 puede ser usado para establecer las zonas de contaminación en las áreas locales. Esto provee un mapa dinámico de la severidad de contaminación en un terreno particular independiente de un diseño o un tipo de aislador individual. Cuando el estudio involucra climas ó condiciones atmosféricas especiales, el período de adquisición por histograma puede ser limitado a un período relativamente corto de tiempo (4 horas) después del cual ILMOS-5 se auto programará y recomenzará otro envío cada 4 horas, un total de 6 histogramas por día, por más de 160 días.

3.-La validación del diseño del aislador y el estudio comparativo del comportamiento de variados aisladores en el mismo terreno bajo las mismas condiciones de contaminación.

4.-Establecimiento de estado basado en programación de mantenimiento para reemplazar a la programación





basada en tiempo. Esto asegura que el mantenimiento sea efectuado cuando realmente sea necesario y racionaliza gastos y reduce costos.

## 7) Conclusiones

Los contaminantes relacionados a la industria y las tormentas de sal en áreas costeras causan descargas de arcos en líneas eléctricas aéreas y en aisladores de estación resultando en serias interferencias en el suministro de corriente eléctrica a un alto costo. En algunas áreas, el lavado artificial del aislador se convierte en el único medio disponible para prevenir tales cortes de energía sin embargo es muy costoso.

Para optimizar el gasto al momento del lavado se hace muy necesario, el monitoreo de contaminación el cual se convierte en una opción interesante. Una forma de monitorear los niveles de contaminación es determinar el ESDD.

Un proceso tedioso y que consume mucho tiempo que revela información pertinente sólo para el tipo de aislador particular donde fue tomada la medida. Una mejor opción es monitorear la corriente de fuga en los aisladores, la que puede ser directamente relacionada a cuán cerca está este aislador de la descarga de arco bajo diferentes condiciones de operación.

Las tres principales aplicaciones para monitoreo de contaminación de aisladores y en estaciones y línea son:

- Planificación de las operaciones de mantenimiento o "demanda" de lavado de aisladores.
- Mapa de severidad de contaminación en terreno para identificar las ubicaciones más críticas en la red.
- Validación de diseño, estudio de comportamiento comparativo de aisladores y diseño de líneas.

ILMOS-5 puede ser fácilmente instalado en la base de los aisladores para líneas de transmisión, Aisladores de interruptores, transformadores, bancos de condensadores, etc. y debido a que se energiza vía baterías no hay necesidad de proveer la alimentación de energía de baja tensión en terreno para energizar el sistema. Esto hace viable el monitoreo de líneas de transmisión, donde no hay acceso a energía de baja tensión. Las baterías duran más de un año y por esto no hay necesidad de reemplazos de baterías frecuentes.

ILMOS-5 es pequeño en tamaño, lo que permite una fácil instalación y recuperación de información. La unidad es iniciada con un computador personal con Windows 3.1 o mayor, y el software es entregado con el kit del equipo, el cual es fácil de instalar y de usar.





ILMOS-5 no requiere ningún mantenimiento. Sin embargo, si circula una corriente de fuga extrema, ó una descarga de arco tiene lugar, puede producirse un daño severo en la caja transductora y posiblemente en la unidad de adquisición también. Esta condición no es cubierta por la garantía de la unidad.