



SERVICIOS ESPECIALIZADOS PARA MÁQUINAS ROTATIVAS



MONITOREO EN-LÍNEA DE DESCARGAS PARCIALES EN GENERADORES DE ALTA TENSIÓN

El deterioro del aislamiento es una de las principales causas de falla en máquinas eléctricas con tensiones de operación mayores a 6000 voltios.

Las descargas parciales (DP) son pequeñas descargas de corriente eléctrica que ocurren en el aislamiento del bobinado del estator siempre que hay vacíos o huecos en o sobre la superficie del aislamiento. El deterioro de las bobinas a causa de la vibración en la ranura, el funcionamiento a altas temperaturas o la contaminación aumentan la actividad de descarga parcial. Por lo tanto, la monitorización de la descarga parcial se puede utilizar para detectar las causas primarias del fallo del devanado del estator y, en general, permitir la programación oportuna de los trabajos de mantenimiento mayor.

En este artículo se presenta la técnica de monitoreo en-línea de DP como técnica base de mantenimiento predictivo, con el objetivo de anticipar fallas y estimar el impacto de dicho fenómeno en el funcionamiento del generador.

Definición de Descarga Parcial

Una DP se define como una descarga de baja energía localizada dentro de un micro volumen de aire, el cual se ubica en el estator y afecta parcialmente el aislamiento. Estas descargas deterioran la zona alrededor de donde se producen, ocasionando erosión de los materiales que conforman la protección mecánica y dieléctrica del bobinado hacia tierra y entre fases. Su origen tiene relación directa con el proceso de fabricación del sistema de aislamiento y de las bobinas, donde pueden quedar pequeñas cantidades de gas aprisionado formando cavidades conocidas como "burbujas de aire". Distintas acciones pueden seguirse para disminuir la actividad de las DP, sin embargo, no es posible anularlas completamente, por lo que se recomienda medirlas periódicamente para anticipar un aumento a niveles de riesgo.

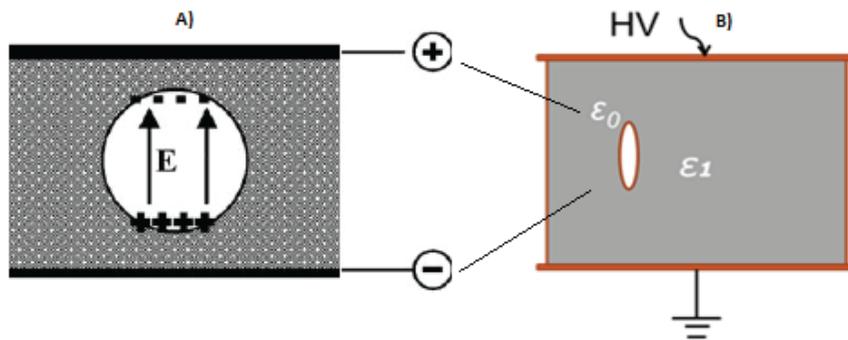


Figura.1: Volumen de aire en material aislante como origen de DP: A) acumulación de cargas, B) ubicación

La Fig.1 explica el fenómeno que sucede en el interior de un material aislante que incluye burbujas de aire. El aislante y el aire pueden ser caracterizados por un parámetro conocido como su Permitividad, ϵ_0 con la permitividad del aire y ϵ_1 la del material aislante, se tiene que $\epsilon_0 < \epsilon_1$. La permitividad define la tendencia de un material a polarizarse frente a un campo eléctrico, y así anular parcialmente el campo interno. Cuando se aplica la tensión HV (Ver Fig.1 B) el campo tiende a concentrarse en la burbuja de aire. Las cargas se acumulan en los extremos (Ver Fig.1 A), y una ionización gaseosa transitoria ocurre al exceder el valor crítico de campo, y esta ionización produce la DP por el aire.

El tipo de DP es en función de su localización dentro del devanado, y se clasifican en: i) internas (como la Fig.1); ii) superficiales (superficie de un dieléctrico o interface entre dos dieléctricos, o un dieléctrico y el núcleo laminado); y iii) superficies aislantes (como en las cabezas de bobinas contaminadas). De esta forma, el monitoreo de DP considera lo siguiente: i) la magnitud de las descargas; ii) el tipo de DP; y iii) su localización dentro del bobinado.

Medición en-línea de Descargas Parciales

El equipo de medición en-línea se conecta al generador por medio de un capacitor, el cual bloquea la tensión de frecuencia industrial (50 o 60Hz), mientras permite que las señales de los pulsos de alta frecuencia lleguen al detector de DP.

Los pulsos eléctricos de las DP, con rangos bajo los 100 mV, luego de ser filtrados, son recolectados sin la necesidad de detener el generador. Posteriormente los datos pueden ser analizados y visualizados en el equipo de medición utilizando el software de diagnóstico. El diagnóstico permite obtener información sobre la severidad y localización de las DP, detectando distintos modos de falla tales como: abrasión del aislamiento, cuñas de estator flojas, degradación térmica del aislamiento o defectos de fabricación.

Caso de Estudio

En 2015 fue realizada una medición de DP en línea utilizando el equipo Iris Power TGA-B en una unidad generadora de 10.5 MW con voltaje de operación de 13.8 KV, 600 RPM, 60 Hz. Los resultados obtenidos muestran valores elevados, indicando actividad de DP fase-tierra y fase-fase, asociadas a la zona interna del aislamiento de las bobinas, salidas de ranura y actividad entre fases (Ver valores en Tabla.1, Mayo 15).

	Power (kW)	Reactive (MVar)	Voltage (kV)	Temp (°C)	Ambient		A-A-M1		B-B-M2		C-C-M3	
					Temp (°C)	RH (%)	Qm+	Qm-	Qm+	Qm-	Qm+	Qm-
May 15	8930.0	-0.3	13.8	80	32	62	1251	1025	911	2213	2270	2111
Jun 15	9000.0	-0.2	13.8	67	28	80	565	576	539	630	615	581

Tabla.1 Niveles de DP antes y después de reparación

Se programó una inspección física del bobinado donde efectivamente se observó importante afectación del sistema de aislamiento causada por la elevada actividad de DP, localizada tanto en las salidas de ranuras como en zonas bajo la cuña. Adicionalmente fue evidente la actividad en los cables de potencia; según el diseño original de la máquina se encontraban sujetos de tal manera que no existía separación entre ellos. Debido a lo anterior, se confirmó lo indicado por los resultados de la medición de DP en línea.

En base a los resultados encontrados en la prueba y condiciones observadas durante la inspección, se llevó a cabo un trabajo de mantenimiento mayor sobre el generador, incluyendo el reacuñado completo, correcta separación de cables de potencia y la reconstrucción del sistema anti-corona del devanado estatórico.

Una vez finalizadas las tareas de mantenimiento, se llevó a cabo nuevamente la medición en línea, observándose una importante disminución en las magnitudes de DP (Ver valores en Tabla.1, Junio 15).

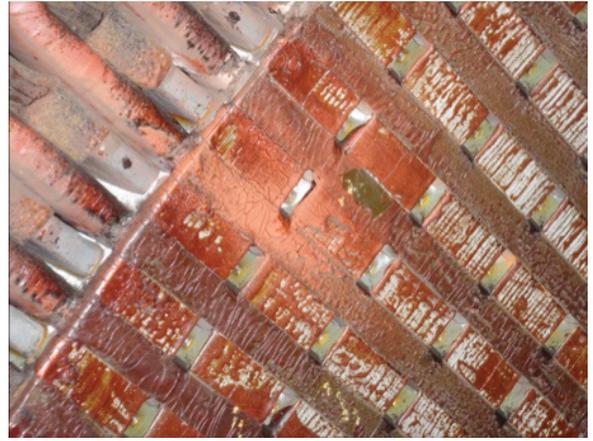


Figura.2 Descargas Parciales en salida de ranura

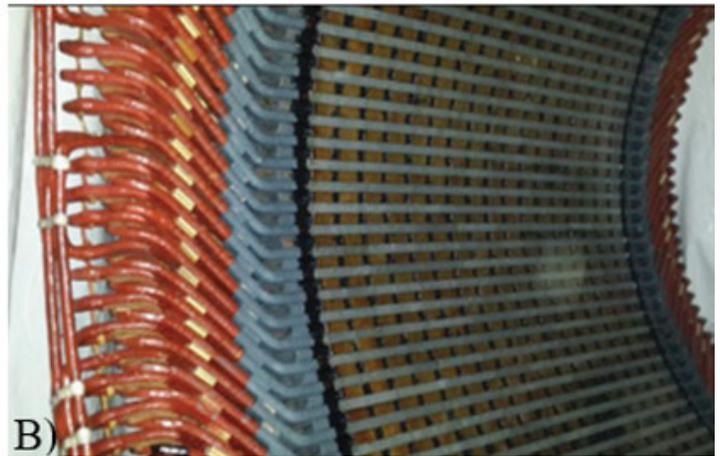
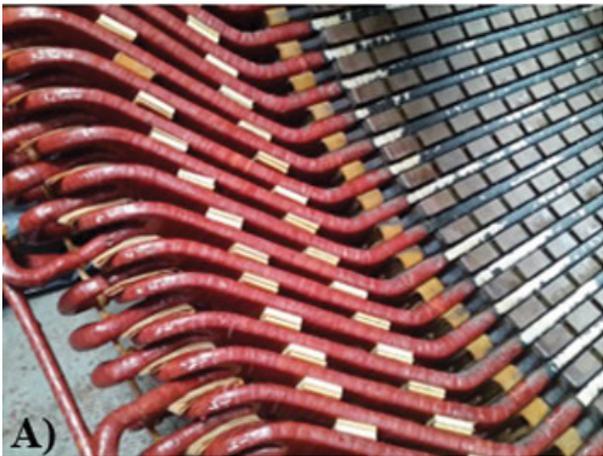


Figura.3: A) Aislamiento en ranura erosionado a causa de DP, B) Reconstrucción de Sistema Anti-corona

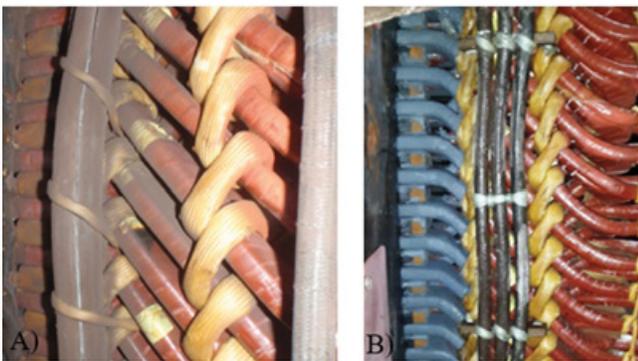


Figura.4: A) Descargas Parciales en Cables de Potencia, B) Separación de Cables de Potencia

Por Ingeniería EM. Agosto 2017

CONTACTE AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EM PARA RECOMENDACIONES ACERCA DE LA APLICACIÓN DE ESTA TÉCNICA