

# Aplicación de Monitoreo en línea de Descargas Parciales al Generador Eléctrico de la unidad TV2 en la Central Termoeléctrica Ing. Gonzalo Zevallos G.

Carlos Eduardo Espinoza Torres <sup>(1)</sup>, Jonathan Moncada León <sup>(2)</sup>, Ingeniero en Electricidad especialización Potencia <sup>(2)</sup>  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación <sup>(1)(2)</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[caedespi@espol.edu.ec](mailto:caedespi@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>, [jrmoncad@espol.edu.ec](mailto:jrmoncad@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>

## Resumen

*En este trabajo primeramente se hace una breve descripción de la problemática, que me llevo a plantear la ejecución del proyecto de monitoreo en línea de las descargas parciales en el estator del generador eléctrico de la unidad TV2 de la Central Termoeléctrica Ing. Gonzalo Zevallos G, que sirvió para justificar la necesidad de instalar el equipo de monitoreo en línea. Luego de esto se trata brevemente sobre que son las descargas parciales, los efectos que producen en el aislamiento del estator, así como también los diferentes mecanismos de falla que pueden presentarse en el generador. Seguidamente se trata sobre el procedimiento y método utilizado como solución para monitorear las descargas parciales en el generador durante su operación normal, se describe los diferentes componentes que conforman el equipo indicado su función específica dentro del proyecto. Posteriormente se hace un análisis de los resultados obtenidos del monitoreo en línea durante un periodo de un año, determinando el tipo de mecanismo de falla encontrado, y por consiguiente las medidas a tomar a futuro ya sea para una reparación parcial o total del generador eléctrico, considerando las novedades encontradas y su tipo de gravedad.*

**Palabras Claves:** Descargas Parciales, mecanismos de falla

## Abstract

*This paper first a brief description of the problem, which led me to ask the project implementation online monitoring of partial discharges in the stator of the electric generator unit TV2 the Thermal Power Plant Eng. Gonzalo Zevallos G, which served to justify the need to install monitoring equipment online. After that briefly addresses are partial discharges, the effects produced in the stator insulation, as well as the different failure mechanisms that may occur in the generator. Then it is about the procedure and method as a solution to monitor partial discharges in the generator during normal operation, the different components that make up the team indicated their specific function within the project is described. Then an analysis of the results of the online monitoring is done during a period of one year, determining the type of failure mechanism found, and therefore the measures to be taken in the future either partial or complete repair of the electric generator, considering the new found and type of gravity.*

**Keywords:** Partial Discharge, failure mechanism

## 1. Introducción

El presente trabajo trata sobre la aplicación de la técnica predictiva de monitoreo en línea de descargas parciales en el estator del generador eléctrico de la unidad TV2 de la Central Térmica “Ing. Gonzalo Zevallos G.” de CELEC EP ELECTROGUAYAS debido al deterioro de su aislamiento, ya que este ha venido presentando una alta actividad de descargas parciales que se detectaron con la unidad fuera de servicio mediante pruebas eléctricas aplicadas a este equipo.

En vista esto se optó por instalar un equipo de monitoreo en línea para realizar el seguimiento del estado del generador durante su funcionamiento normal.

Con el uso de esta nueva técnica se da a conocer una de las prácticas de mantenimiento que actualmente se está utilizando, con la ayuda de la tecnología moderna como mantenimiento predictivo aplicados a los generadores eléctricos en sus condiciones normales de funcionamiento, en la cual están sometidos a los esfuerzos eléctricos, mecánicos y térmicos con la particularidad de que no es necesario sacar fuera de servicio al generador para ejecutar ensayos eléctricos para la verificación del estado de su aislamiento.

El contenido de este trabajo será de gran ayuda ya que se proporciona la técnica de diagnóstico del estado del generador durante su ciclo de vida operacional, solucionará la salida imprevista de la maquina debido a que mediante el monitoreo en línea

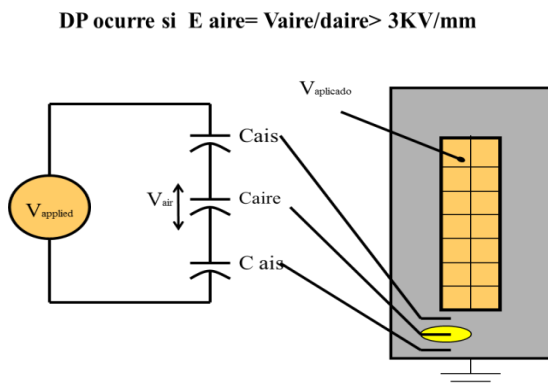
de las descargas parciales presentes en este generador determinara el momento adecuado para realizar su reparación contando con los recursos y repuestos necesarios.

## 2. Metodología o solución tecnológica implementada

Como primera instancia es importante definir brevemente que son las descargas parciales, antes de detallar la metodología de solución implementada para anticiparse ante una falla que pudiera producirse en el generador eléctrico bajo estudio.

### 2.1. Definición de descargas parciales

Se define a las descargas parciales, como chispas que se producen en huecos o vacíos existentes en el aislamiento principal del estator, producto de su deterioro con el tiempo por el uso y los esfuerzos eléctricos, mecánicos y térmicos al cual está sometido el generador durante su vida operacional, estas chispas o descargas son creadas por la existencia de una diferencia de potencial en el interior del hueco o vacío y ocurre cuando el voltaje por milímetro (V/mm) excede el punto de ruptura eléctrica del gas en el interior del hueco ver Figura 1.



**Figura 1.** Representación de las descargas parciales. Fuente: [1]

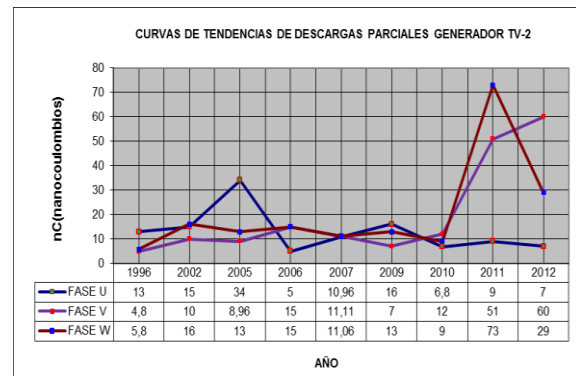
### 2.2. Estudios previos a la implementación del proyecto

El generador eléctrico de la unidad Tv2 de la Central Termoeléctrica “Ing. Gonzalo Zevallos G.”, es de rotor cilíndrico enfriado por hidrogeno el cual isticas con 37 años de servicio continuo cuyas características técnicas se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características técnicas generador

Potencia	85,8 MVA	Presión de Hidrógeno	2,11 Kg/cm <sup>2</sup>
Voltaje	13800 V.	Tipo de Conexión	Y
Amperaje	3593 A.	Clase de Aislamiento	B
Factor de Potencia	0,85	Voltaje Excitación	250 V .d.c.
N° de fases	3	Corriente de Campo	1000 A.d.c.
Frecuencia	60	N° de Serie	233079
Velocidad	3600 RPM	Fecha de Fabricación	abr-77
N° de polos	2	Procedencia	Japón
Marca	Mitsubishi	Tipo	MB-H

A este generador en los últimos 16 años se le han realizado pruebas eléctricas con la unidad fuera de servicio para determinar el estado de su aislamiento, durante el cual en el año 2011 se pudo observar que la tendencia del incremento de las descargas parciales en las fases V y W era de más del 100% con respecto a valores de los años anteriores llegando a tener 51 y 73 nC (nanocoulombios) respectivamente ver Figura 2, debido a esta novedad se implementó el monitoreo en línea de las descargas parciales.



**Figura 2.** Curva de tendencias de descargas parciales generador TV2

## 3. Componentes del equipo de monitoreo en línea

A continuación se procederá a describir los diferentes componentes el cual consiste el equipo de monitoreo en línea de descargas parciales.

### 3.1 Acopladores capacitivos

El primer paso para la detección de las descargas parciales es la instalación de los sensores o acopladores capacitivos en un lugar cercano a la fuente de las descargas parciales ver Figura 3, en nuestro caso utilizamos los acopladores capacitivos que son capacitores de epoxico mica ( EMC) Figura 4 de marca ADWEL de procedencia canadiense cuyas características técnicas son de 80 pF(picofaradios), estos bloquean la señal de 60 Hz y pasan la señal de descargas parciales de alta frecuencia en una banda de 40-350 MHz .



**Figura 3.** Acopladores capacitivos instalados en los terminales del generador.



**Figura 4.** Acopladores capacitivos (EMC)

### 3.2 Caja de terminación

Los cables coaxiales de los EMC (acopladores capacitivos) son llevados a la caja de terminación ver Figura 5, estos cables aseguran de manera permanente a la parte posterior del panel. Dentro de la caja de terminación hay protectores de picos eléctricos y resistores para mejorar el proceso de lectura de datos de descargas parciales



**Figura 5.** Caja de terminación

### 3.3 Equipo portátil de detección de descargas parciales

Este equipo se denomina PDA PREMIUM que sirve para captar las señales de alta frecuencia que procesan los acopladores capacitivos que están instalados en los terminales del generador eléctrico, los pulsos de descargas parciales son transformadores de señales digitales, el equipo para obtener las señales de descargas parciales se conecta temporalmente a la caja de terminación vía cable coaxial ,una computadora portátil controla al instrumento PDA, el cual se conecta vía puerto USB y procesa las señales a través del software PDA PREMIUM 120II, tal como se puede observar en la Figura 6 a continuación.



**Figura 6.** Conexión del equipo PDA PREMIUM

#### 4. Método utilizado para la detección de descargas parciales

El método utilizado para la detección de las descargas parciales en el generador eléctrico de la unidad TV2 es el denominado “Separación direccional de ruido atendiendo al tiempo de arribo”, el cual consiste en lo siguiente. Para una instalación direccional, un acoplador capacitivo por fase se coloca tan cerca como sea posible del lado de alto voltaje del generador terminales de salida denominado sensor de maquina C2, el segundo acoplador capacitivo denominado sensor del sistema C1 uno por fase se lo instala en la barra de la fase, y en un lugar conveniente hacia el sistema y a por lo menos a dos metros del primer acoplador, los cables coaxiales que llevan la señal de los acopladores capacitivos a la caja de terminación deberán tener la misma longitud para ambos acopladores. Ver Figura 7

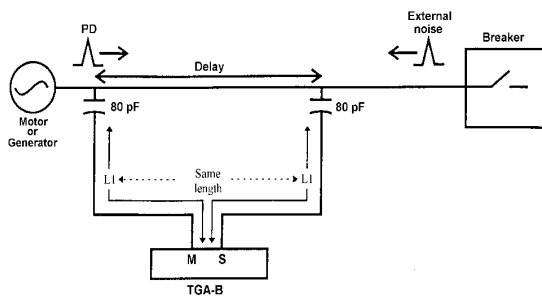


Figura 7. Separación direccional del ruido tiempo de arribo. Fuente: [1]

L1 representa el tiempo en nanosegundos que le toma a un pulso viajar a través de los cables coaxiales, L1 es igual para ambos acopladores capacitivos, tiempo de demora (delay) es el tiempo en nanosegundos que le toma a un pulso viajar a través de la barra entre los acopladores[1]. El instrumento portátil de prueba en nuestro caso el PDA PREMIUM separa los pulsos de ruido y de las descargas parciales de acuerdo al siguiente criterio de tiempo de arribo, ver Tabla 2 ruido del sistema y barra se muestran juntos como ruido total del sistema.

Tabla 2. Tiempo de arribo direccional. Fuente: [1]

Clasificación	Sensor de la Máquina C2	Sensor del Sistema C1
<b>Descargas Parciales</b>	L1	L1 + t demora
<b>Ruido del Sistema</b>	L1 + t demora	L1
<b>Ruido en Barras</b>	L1 + <t demora	L1 + <t demora

#### 5. Parámetros a considerar para el tipo de mecanismo de falla

El tipo de mecanismo de falla se lo analiza en la curva denominada fase resuelta de acuerdo a tres parámetros importantes a considerar que son los siguientes ver Figura 8:

-Polaridad este es el ángulo de fase en grados eléctricos con respecto a la red tiene relación con la ubicación de los huecos es decir con el tipo de daño esta puede ser positiva o negativa.[4]

-Magnitud de las descargas parciales denominada Qm esta tiene relación con el tamaño del hueco o vacío existente en el aislamiento, lo que es lo mismo con la gravedad del daño y se lo mide en mV(milivoltios).[4]

-Cantidad de pulsos por segundo denominado NQN, esto es conteo de pulsos en unidad de tiempo (pps), tiene que ver con la cantidad de huecos olo que es lo mismo con la extensión del daño.[4]

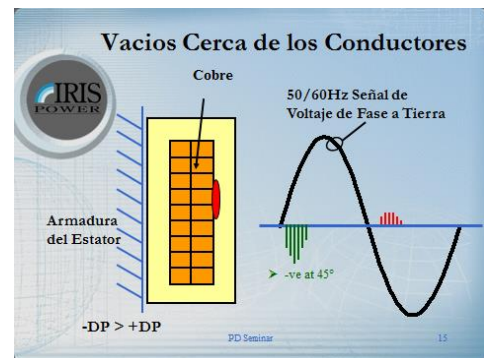
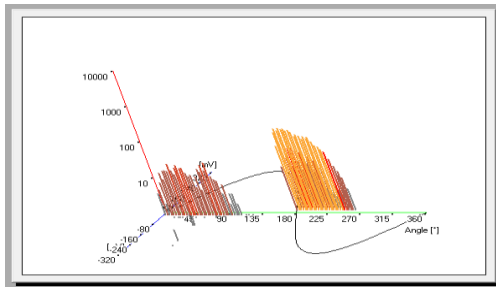


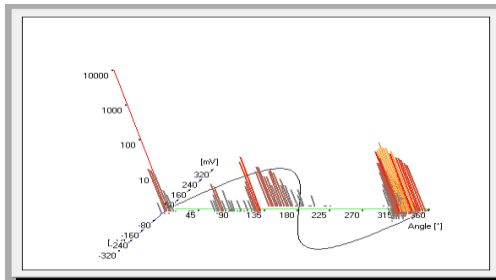
Figura 8. Gráfica en fase resuelta de las descargas parciales. Fuente: [1]

#### 6. Resultados obtenidos del monitoreo en línea de las descargas parciales realizado al generador eléctrico de la unidad TV2

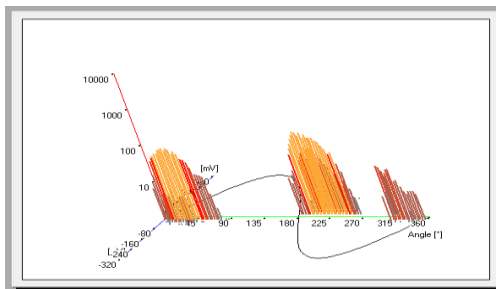
La representación de las curvas en fase resuelta de las fases U, V y W, obtenidas con la aplicación del software PDA PREMIUM 120 II, que dan la información de la magnitud y ubicación de las descargas parciales en el generador eléctrico son presentadas en las Figuras 9,10 y 11 que a continuación se indican:



**Figura 9.** Gráfica fase U



**Figura 10.** Gráfica fase V



**Figura 11.** Gráfica fase W

De acuerdo a la Figura 9 en la fase U predomina la polaridad positiva a los 225° eléctricos con una magnitud de descarga parcial de 80 mV característico del mecanismo de falla de descarga a la ranura, producto del deterioro de la pintura semiconductor existente en la sección recta de las bobinas, debido a la falta de fijación de las bobinas en las ranuras por tener cuñas flojas que de mantenerse esta situación a lo largo del tiempo lo puede llevar a fallar al generador.

En lo que respecta a la fase V presentada en la Figura 10 en esta se puede observar que no predominan ninguna de las polaridades ya sea esta positiva o negativa y la ubicación en grados eléctricos de los pulsos de descargas parciales no es característico de ningún tipo de mecanismo de falla, además de que el nivel de magnitud de las descargas parciales no son considerables en esta fase, en lo que corresponde a la Figura 11 la fase W denota un caso similar al de la fase U ya que esta predomina también

la polaridad positiva a los 225° eléctricos, con una magnitud de 180 mV situación característica de las descargas parciales a las ranuras. Haciendo un análisis global del estado del generador con los resultados obtenidos y complementando con las Tablas 3 y 4 implementadas por el fabricante del equipo de monitoreo en línea IRIS POWER que se basa en una base de datos de pruebas realizadas a más de mil máquinas de similares características a nuestro generador eléctrico, cuyas tablas se muestran a continuación:

**Tabla 3.** Valores de Qm. Fuente:[2]

RANGO DE VOLTAJE (KV)	13 -15
PRESIÓN DE HIDRÓGENO (PSI)	21-30
25%	18 mV
50%	42 mV
75%	91 mV
90%	173 mV
95%	370 mV

**Tabla 4.** Condiciones de generadores. Fuente:[2]

MÁQUINAS%	CONDICIÓN
< 25%	INSIGNIFICANTE
< 50%	BAJO
< 75%	MEDIO
< 90%	MODERADO
< 95%	ALTO
> 95%	MUY ALTO

La interpretación que se da de la Tabla 3 es de que el 25% de las máquinas probadas, la magnitud Qm de las descargas parciales están por debajo de 18 mV en el rango de voltaje de 13-15 KV a una presión de hidrogeno de 21-30 PSI y así sucesivamente hasta el reglón del 95%, esto significa que la gran mayoría de generadores probados la magnitud Qm de descargas parciales están por debajo de 370 mV.

La Tabla 4 se interpreta indicando que si la magnitud Qm de descargas parciales está por debajo de lo encontrado en el 25% de las máquinas esta es calificada en condición insignificante y así sucesivamente hasta el reglón de mayor al 95% el cual se interpreta que si la magnitud Qm de descargas parciales supera lo encontrado en la gran mayoría de las máquinas a esta se la califica en una condición de valor alto en estado de observación y monitoreo continuo.



En base a esto se determina que la fase más comprometida es la W debido a que su magnitud de descargas parciales de 180 mV entra en el rango del 95% de generadores probados que tienen descargas parciales por debajo de 370 mV según la Tabla 3, que por consiguiente la condición de esta fase posee un nivel de magnitud de descargas parciales alto de acuerdo a la Tabla 4, en lo que respecta a la fase U su magnitud de descargas parciales es de 80 mV entra en el rango del 75% de generadores probados que tienen descargas parciales por debajo de 91 mV lo que indica que está en una condición medio a ser considerado en observación.

En vista de los antecedentes presentados y el tiempo de operación que tiene el generador de la unidad TV2 que son 37 años es considerada una maquina en estado crítico debido al deterioro de su aislamiento, motivo por el cual se implementó el proyecto de monitoreo en línea de descargas parciales para de esta manera realizar el seguimiento continuo hasta realizar la reparación correspondiente de este equipo

## 7. Conclusiones

Concluido este trabajo debo indicar que la nueva tecnología existente en este caso específico el de monitorear a un generador en sus condiciones normales de funcionamiento para determinar su estado, es de gran ayuda ya que podemos programar los mantenimientos de estos equipos solo cuando se requiere, evitando de esta manera perdidas económicas por sacar fuera de servicio una máquina para mantenimiento rutinario.

Esta herramienta poderosa de diagnóstico ha permitido ahorrar tiempo y dinero manteniendo en funcionamiento al generador en sus parámetros operativos, que con el monitoreo en línea se evalúa la tendencia de crecimiento del problema existente, lo cual ayuda a programar la reparación total del generador. Teniendo el tiempo suficiente para la adquisición de los repuestos necesarios, además de que se cuenta con el control al indicar de cuando es necesario parar o programar un mantenimiento emergente o preventivo.

## 8. Referencias

- [1] Iris Power Engineering Inc, Seminario de descargas Parciales Modulo 1
- [2] Ing. Esparza Saucedo Marcos, Ing. Ponce de León Viedas Eugenio, Diagnóstico Integral del devanado del estator de generadores eléctricos, [www.cigre.org.mx/uploads/11-01.PDF](http://www.cigre.org.mx/uploads/11-01.PDF),
- [3] Mitsubishi Electric Corporation, Operation Trouble Shooting and Maintenance of Equipment Electrical Volume E1

- [4] Tabero Andrés, Rojas Pablo, Seminario Técnico de descargas parciales maquinas rotativas, [http://www.unitronics-om/pdf/.../Sem\\_DP](http://www.unitronics-om/pdf/.../Sem_DP)
- [5] Aki Shuichi Dr., An Insulation Deterioration Diagnostic Method for Generators Windings Japan IERE Council, Febrero 1991.
- [6] Adwel International Limited, PDA PREMIUM operating manual Canada, Febrero 2005