

“DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS AISLAMIENTOS EN EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN”

Ana Karen Gutiérrez Valencia (1), Fernando Figueroa Godoy (2)

1 Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico: an_gvalencia@hotmail.com

2 Coordinación de Ingeniería Electromecánica, Coordinación de Ingeniería Electromecánica, Plantel Irapuato, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato | Dirección de correo electrónico: fernando.figueroa@itesi.edu.mx

Resumen

La investigación consta de la implementación de un modelo de monitoreo y control de los aislantes en equipos de alta tensión, con el fin de eliminar fallas, accidentes (equipos, personal, etc.) y paros en el servicio eléctrico nacional, se determinó que una gran cantidad de fallas son producidas por los aislantes, generando gastos millonarios a CFE. El método consiste en realizar mediciones de descargas parciales, las cuales nos permiten conocer cuantitativamente las características de los aislantes y determinar su vida útil. Se produjeron los tipos básicos de descarga parcial, descarga corona, descarga interna y descarga superficial, se hicieron pruebas para obtener mediciones de cada tipo y poder analizarlas en equipos de laboratorio y en sitio, se utilizó un método computacional que realizaba un método estadístico por medio de mediciones oscilantes. Los parámetros estadísticos mostraron una buena interpretación del comportamiento de las descargas parciales permitiendo definir los patrones y características para cada tipo de descarga parcial. Es por esto que el proceso computacional se puede clasificar las descargas parciales de acuerdo a los parámetros, permitiendo obtener patrones y cuantificarlas en el nivel de daño de los aislamientos, determinando su envejecimiento derivado de la exposición a la alta tensión.

Abstract

The investigation consists of the implementation of a control model of monitoring in the insulation of high-voltage equipment in order to remove faults, accidents (equipment, personnel, etc.) and stoppages in the electricity service was determined that a many failures are caused by insulation, generating millions spent to CFE. The method involves measurements of partial discharges, which allow us to determine quantitatively the characteristics of insulators and determine its useful life. The basic types of partial discharge, corona discharge, internal discharge and surface discharge, there were tests to get measurements for each type and to analyse them in laboratory and in site, performing a computational method using a statistical method used oscillating measurements. Statistical tests showed a good interpretation of the behaviour of partial discharge allowing to define the patterns and characteristics for each type of partial discharge. That is why the computational process can be classified partial discharges according to the parameters, allowing accurate patterns and quantify the level of damage to the insulation, determining their aging from exposure to high voltaje.

Palabras Clave

Descargas parciales; Clasificación; Aislamiento; Método Estadístico; Oscilante.

INTRODUCCIÓN

Las descargas parciales (DP) son un evento de deterioro parcial que se produce, en la superficie o en el interior del aislamiento de productos eléctricos debido a defectos posiblemente en la estructura de aislamiento. Estos defectos pueden ser el resultado del proceso de fabricación o el resultado del envejecimiento y los daños mecánicos de los productos [1].

Existen diferentes tipos de mediciones para las DP, a partir de estas mediciones es posible clasificar las DP de acuerdo a sus características [2].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se produjeron los tipos básicos de DP, descarga corona, descargas superficiales y descargas internas, para esto se realizó un prototipo de cada uno. En la IMAGEN 1 a), se tiene el prototipo de la DP Interna, en el aislante se realizó un corte para asemejar una burbuja dentro del material asegurando de esta manera que al aplicar una tensión por medio de un electrodo, las mediciones fueran puramente DP internas [4]. La IMAGEN 1 b), es el prototipo para el efecto corona creado con un efecto punta-plano y la IMAGEN 1 c), el prototipo para una DP superficial el cuál se obtuvo al realizar una serie de cortes en la superficie del aislante, permitiendo así la aparición de DP superficiales al aplicar el voltaje [5-6].

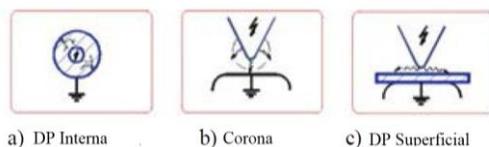


IMAGEN 1. Características del prototipo de los patrones de medida para cada tipo de DP.

Los materiales de polímero aislante, como polietileno reticulado (XLPE), se utilizan generalmente como aislantes para cables eléctricos de alta tensión y se han tomado en el presente trabajo para la realización de pruebas de DP. En la IMAGEN 2, se puede observar el equipo

de medición de DP de LAPEM con el cuál se efectuaron las mediciones.



IMAGEN 2. Fuente de generación de descargas parciales oscilante.

Las mediciones se obtienen mediante un software especial que forma parte del equipo de medición de DP (IMAGEN 3).

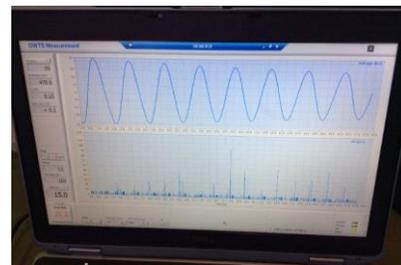


IMAGEN 3. Software de medición de descargas parciales.

Extracción de características estadísticas de las DP

La extracción de parámetros es una técnica esencial para el reconocimiento de patrones de las DP [3]. Las definiciones de los operadores estadísticos se describen a continuación:

La media (μ) y varianza (σ^2) se pueden calcular por medio de (1) y (2) respectivamente:

$$\mu = \frac{\sum x_i f(x_i)}{\sum f(x_i)} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2 f(x_i)}{\sum f(x_i)} \quad (2)$$

Skewness (S_k), se extrae para denotar la asimetría de la distribución, por medio de (3):

$$S_k = \frac{\sum (X_i - \mu)^3 p_i}{\sigma^3} \quad (3)$$

Kurtosis (K_u) es extraída para describir la nitidez de la distribución con (4):

$$K_u = \frac{\sum (X_i - \mu)^4 p_i}{\sigma^4} - 3 \quad (4)$$

En la Ecuación (5) se expresa el factor de correlación cruzada (C_c):

$$C_c = \frac{\sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i / n}{\sqrt{(\sum x_i^2 - (\sum y_i)^2 / n) \cdot (\sum y_i^2 - (\sum x_i)^2 / n)}} \quad (5)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las pruebas realizadas, se obtienen una serie de mediciones de DP y se realiza una extracción de parámetros estadísticos a estos datos. Dichos resultados se muestran en la Tabla I, Tabla II y Tabla III, de acuerdo a su clasificación.

Tabla I

Parámetros estadísticos efecto corona

No. De medición	μ	σ^2	S_k	K_u	D_a	C_c
COR 1	2.5442	27.1492	3.4944	16.559	2.3774	-0.2262
COR 2	4.4018	63.9289	2.5774	9.2703	4.5777	-0.3473
COR 3	4.3507	62.7059	2.6166	9.5596	4.5422	-0.3444
COR 4	4.2688	58.0788	2.5110	8.8645	4.3396	-0.3468
COR 5	4.2834	59.7123	2.5665	9.1309	4.4047	-0.3452
COR 6	4.8880	73.9980	2.3647	7.8832	5.3880	-0.4001
COR 7	4.8432	68.2832	2.4565	8.4133	4.7680	-0.4031
COR 8	4.9594	75.6211	2.3634	7.8715	4.7588	-0.3833
COR 9	4.8964	74.0408	2.3563	7.7279	5.1663	-0.4010
COR 10	4.8598	74.9398	2.3761	7.8956	5.6084	-0.4012
COR 11	4.9293	83.6523	2.5977	9.2826	5.4510	-0.3745
COR 12	5.1832	85.7172	2.4611	8.3381	5.0524	-0.3818

De la Tabla I, para el efecto corona se tienen valores de media no tan elevados siendo el máximo de 5.1832, debido a que este efecto es un ruido muy leve que suele confundirse con las mediciones de DP. Se presentan valores de asimetría (D_a) considerables y un factor de

correlación negativo en todas las mediciones puesto que se trata de un efecto asimétrico.

Tabla II

Parámetros estadísticos de descargas superficiales

No. De medición	μ	σ^2	S_k	K_u	D_a	C_c
DES 1	1.3654	5.1270	1.5665	4.2157	0.8560	0.0029
DES 2	1.4889	6.1366	2.4828	17.3148	0.9800	0.0072
DES 3	1.3681	5.8132	2.1518	8.2420	0.9429	0.0357
DES 4	5.0949	5508.7	26.5781	815.5325	0.4549	0.0363
DES 5	15.7009	11058	12.0870	208.0489	0.6165	0.0388
DES 6	15.7009	11058	12.0870	208.0489	0.6165	0.0388
DES 7	15.7009	11058	12.0870	208.0489	0.6165	0.0388
DES 8	11.2174	5465.9	9.0702	97.7945	0.6036	0.0415
DES 9	16.9886	10485	8.5995	87.6210	0.5458	0.0554
DES 10	17.3539	12782	10.1783	124.8061	0.7768	0.0195
DES 11	35.9252	29642	6.9623	65.5496	0.6585	0.0441
DES 12	35.4642	28667	7.2612	70.5027	0.5748	0.0624

En la tabla anterior se tienen valores de media más altos en comparación a las otras 2 tablas siendo la máxima de 35.4642, debido a que al ser descargas superficiales se tiene una ionización mayor en magnitudes de pC . Existen valores de varianza y sesgo elevados, se puede decir que se tiene una dispersión de valores respecto a la media, mucho mayor que en el efecto corona y las DP internas. El factor de correlación es positivo debido a que es un efecto simétrico.

Tabla III

Parámetros estadísticos de descargas internas

No. De medición	μ	σ^2	S_k	K_u	D_a	C_c
DES 1	1.3654	5.1270	1.5665	4.2157	0.8560	0.0029
DES 2	1.4889	6.1366	2.4828	17.3148	0.9800	0.0072
DES 3	1.3681	5.8132	2.1518	8.2420	0.9429	0.0357
DES 4	5.0949	5508.7	26.5781	815.5325	0.4549	0.0363
DES 5	15.7009	11058	12.0870	208.0489	0.6165	0.0388
DES 6	15.7009	11058	12.0870	208.0489	0.6165	0.0388
DES 7	15.7009	11058	12.0870	208.0489	0.6165	0.0388
DES 8	11.2174	5465.9	9.0702	97.7945	0.6036	0.0415
DES 9	16.9886	10485	8.5995	87.6210	0.5458	0.0554
DES 10	17.3539	12782	10.1783	124.8061	0.7768	0.0195
DES 11	35.9252	29642	6.9623	65.5496	0.6585	0.0441
DES 12	35.4642	28667	7.2612	70.5027	0.5748	0.0624

Respecto a la Tabla III, se tienen valores de media pequeños alcanzando un máximo 2.4670, que aunque sean valores menores en comparación con los otros tipos de descarga, hay que tener en cuenta que las descargas internas son las que más dañan los equipos.

CONCLUSIONES

Comparando los datos de las 3 tablas entre sí, se concluye lo siguiente:

1. Para los parámetros de media y varianza, las descargas superficiales alcanzan los rangos mayores y las descargas internas tienen los rangos menores.
2. Para los parámetros de Skewness y kurtosis, las descargas superficiales alcanzan los rangos mayores y las descargas corona tienen los rangos menores.
3. Para el parámetro de Asimetría Las descargas corona alcanzan los rangos mayores y las descargas superficiales tienen los rangos menores.

De tal forma se puede clasificar las DP de acuerdo a los parámetros obtenidos de las mediciones de una forma efectiva.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al profesor Fernando Figueroa Godoy y al profesor Francisco Javier Ortega Herrera del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por su total apoyo y disposición durante el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] Weizhong Y. and Kai F. G., "Feature Selection for Partial Discharge Diagnosis", Proceedings of 12th SPIE: Health Monitoring and Smart Nondestructive Evaluation of Structural and Biological Systems IV, v. 5768, pp. 166-175, 2005.
- [2] IEEE, "Electrical Insulation", Magazine, IEEE, volume 30 number 3, ISSN 0883-7554, pp. 27-38, May/June 2014.
- [3] WEN-YEAU C., "Application of Grey Clustering Approach and Genetic Algorithm to Partial Discharge Pattern Recognition", Department of Electrical Engineering, No. 499, Sec. 4, Tam King Road, Tamsui, Taipei 251, Taiwan.

[4] C. Forssen and H. Edin, "Influence of cavity size and cavity location on partial discharge frequency dependence," in Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 2004, pp. 438-441.

[5] IEC, "High-voltage test technique – Partial discharge measurement, 3rd ed.", IEC 60270, Geneva, Switzerland, 2000.

[6] Contin, A., Cavallini, A., Montanari, G.C., Pasini, G., and Puletti, F. (2000), "Artificial intelligence methodology for separation and classification of partial discharge signals", Proceedings of IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena", Victoria, Canada, pp522-26.