

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año

1. Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: CI-21015			
Título del proyecto: Predicción de datos para estimar el grado de polimerización en transformadores de potencia			
Facultad o Instituto Académico: Ingenierías			
Departamento o Escuela: Ingeniería Eléctrica y Electrónica			
Grupo (s) de investigación: Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA y Grupo de Investigación en Conversión de Energía CONVERGÍA			
Entidades:			
Palabras claves: gestión de activos, Grado de polimerización, mantenimiento, sistema de potencia, análisis de riesgo, transformador de potencia.			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Guillermo Aponte Mayor	10 horas semana	10 horas semana
Coinvestigadores	Luis Carlos Castro Ph. D.	5 horas semana	5 horas semana
	Ing. Andrés Felipe Cerón M. Sc. (Estudiante de Doctorado de la Universidad del Valle).	20 horas semana	20 horas semana
Otros participantes			

2. Resumen ejecutivo:

Se espera que describa el proyecto, planteamiento del problema, objetivos, metodología, principales resultados obtenidos y las conclusiones. La extensión debe ser de máximo de 500 palabras (en español y en inglés).

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

Resumen en español:

El transformador de potencia es uno de los activos más importantes en cualquier sistema de interconexión eléctrico, por lo que conocer su condición es importante en aspectos como: mantenimiento, reposición, adquisición de seguros y seguridad de los operarios.

Actualmente en Colombia se remunera a las empresas de energía eléctrica como reconocimiento a la inversión en los activos requeridos para la prestación del servicio. Esto se hace a través de la tarifa, con base en el valor inicial y con el propósito de garantizar "la recuperación de sus costos de inversión y sus gastos de administración, operación y mantenimiento, y permitir la remuneración del patrimonio de los accionistas en la misma forma en la que lo habría remunerado una empresa eficiente en un sector de riesgo comparable".

Próximamente, el reconocimiento se hará con base en la condición de los activos, por lo que las empresas deben realizar la "implementación y certificación de un sistema de gestión de activos acorde con la norma ISO55001", en un plazo de cuatro años contados a partir de la entrada en vigencia de las resoluciones CREG121 y CREG122. Es entonces necesario disponer de metodologías para evaluar la condición de los transformadores.

Estas metodologías son complejas y dispendiosas, por la gran cantidad información y los múltiples aspectos y variables a considerar, situación que se agrava por el gran número de transformadores en funcionamiento en cualquier sistema eléctrico.

Se considera de gran importancia y pertinencia, contar con ayudas para procesar los resultados de las pruebas que se realizan sobre los transformadores y a partir de estas estimar su condición.

El Grado de Polimerización es el indicador que a la fecha se considera el más acertado para estimar la condición del aislamiento sólido del transformador, valor que está asociado con la vida remanente del mismo.

Como algunos de los datos para estimar el Grado de Polimerización, no se tienen directamente o de manera completa, es necesario hacer estimación de los mismos para poder hacer la evaluación de condición.

En este proyecto, se desarrolló una metodología para predecir los datos requeridos para hacer una estimación del grado de polimerización, como indicador de la condición técnica de los transformadores.

Abstract:

Power transformer are one of the most important assets in any electrical interconnection system. Knowing their condition is important in aspects such as: maintenance, replacement, insurance acquisition and operator safety.

Currently in Colombia, electric power companies are remunerated in recognition of the investment in the assets required to provide the service. This is done through the tariff, based on the initial value and with the purpose of guaranteeing "the recovery of the investment costs and administration, operation and maintenance expenses, and allow the remuneration of shareholders' equity in the same way in which an efficient company would have paid it in a comparable risk sector".

In a short time, the recognition will be carried out based on the condition of the assets, so companies must carry out the "implementation and certification of an asset management system in accordance with ISO55001", within a period of four years after the entry into force of resolutions CREG121 and CREG122. Therefore, it is necessary to have methodologies to assess the status of transformers.

These methodologies are complex and expensive, due to the large amount of information and the multiple aspects and variables to consider, a situation that is aggravated by the large number of transformers in operation in any electrical system.

It is considered of great importance and relevance to have support to process the results of the tests carried out on the transformers and from these estimate their status.

At present, the Degree of Polymerization is the most accurate indicator to estimate the transformer's solid insulation condition, a value associated with its remaining life.

Some of the data used to estimate the Degree of Polymerization, are not directly or completely available, it is necessary to estimate them in order to perform the condition evaluation.

In this project, it was developed a methodology to predict the data required to estimate the Degree of Polymerization, as an indicator of the transformers.technical condition.

3. Síntesis del proyecto:

En una extensión máxima de 5 páginas, se debe mostrar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y debe incluir:

Tema

Existen metodologías que permiten estimar la degradación del aislamiento sólido del transformador, mediante el cálculo del Grado de Polimerización, considerando sus condiciones de operación y los procesos de envejecimiento por oxidación, hidrólisis y pirolisis.

Para estimar la degradación del papel en el tiempo, es necesario contar con las características de la unidad, con los perfiles de carga y de temperatura ambiente desde el momento de la instalación del transformador, lo cual, usando un modelo termodinámico permite obtener la temperatura de punto caliente del transformador. Además, a través de otras variables como la medición de humedad en el aceite, se pueden generar los perfiles de humedad del mismo. Combinando los perfiles de humedad del aceite y los datos de punto caliente, se modela la humedad en el papel y con un modelo de degradación se estima el proceso de deterioro del papel (despolimerización), que aplicado al valor del Grado de Polimerización inicial (dato), permite obtener el Grado de Polimerización final (Fig. 1).

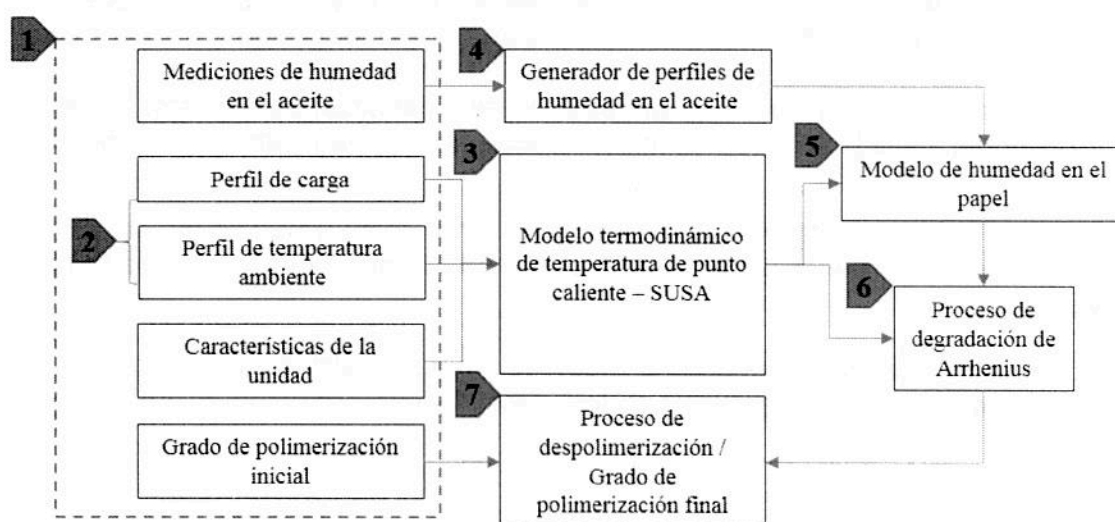


Figura 11. Esquema para estimación del grado de polimerización.

Para la aplicación de la metodología descrita, es necesario disponer de la información de la unidad: perfil de carga, perfil de temperatura ambiente, mediciones de humedad en el aceite, el valor inicial del grado de polimerización y algunos datos nominales.

Generalmente y para unidades que están en funcionamiento, se puede conseguir solo una parte de los perfiles de carga y temperatura ambiente. De otro lado, es necesario que los perfiles de carga, de temperatura ambiente y las mediciones de humedad en el aceite, tengan la misma cantidad de datos en el periodo de tiempo que se quiere analizar.

En los transformadores, normalmente solo se tiene una parte de los perfiles y en general los intervalos de medición de datos son diferentes: para temperatura y carga se tienen datos cada media hora, mientras que las mediciones de humedad en el aceite pueden ser de cada 6 meses o 1 año. Por esta razón, es necesario aplicar herramientas matemáticas para estimar los datos faltantes y normalizar la cantidad de los mismos.

Objetivos: general y específicos

Objetivo general:

Implementar una metodología para predecir datos que permitan estimar una proyección de la evolución del grado de polimerización en transformadores de potencia.

Objetivos específicos:

- Seleccionar entre las diferentes topologías existentes, una adecuada para la estimación de los perfiles futuros de temperatura ambiente, carga y humedad en el aceite.
- Implementar la metodología para la estimación de los datos requeridos en el cálculo del grado de polimerización del aislamiento sólido en transformadores de potencia.
- Estimar el grado de polimerización para un caso de estudio real utilizando los perfiles estimados con la metodología implementada

Metodología

Se utilizó la metodología para estimar el Grado de Polimerización del transformador, desarrollada por Ricardo David Medina Velecela, la cual se basa en sus condiciones de operación y en los procesos de envejecimiento por oxidación, hidrólisis y pirólisis.

Para la utilización de la metodología, es necesario disponer de información previa de la unidad: perfil de carga, perfil de temperatura ambiente, mediciones de humedad en el aceite, el valor inicial del grado de polimerización y algunos datos nominales. Por lo tanto, el poder predecir los datos requeridos es de gran utilidad en el uso de esta metodología.

Se realizaron las siguientes etapas:

1. Se realizó un análisis detallado de la metodología a utilizar para estimar el Grado de polimerización (ver cap. 2 del informe final anexo).
2. Se hizo una revisión de los procedimientos y métricas para la predicción de futuros de carga y temperatura (ver numerales 3.1 y 3.2 del cap. 3 del informe final).
3. Luego se seleccionó un modelo de Red Neuronal Artificial y se definió como hacer la predicción de perfiles futuros usando Análisis de Componentes No Lineales NLPCA (ver numerales 3.3 y 3.4 del cap. 3 del informe final).
4. Se aplicó la metodología NLPCA para obtener perfiles futuros (ver numerales 3.6 y 3.7 del cap. 3 del informe final).
5. Se realizó la estimación de la temperatura de punto caliente utilizando Vectores de Soporte (ver cap. 4 del informe final anexo).
6. Finalmente se analizó un caso de estudio (ver cap. 5 del informe final).

Resultados obtenidos

Se logró definir una metodología para predecir datos requeridos en la estimación el grado de polimerización en transformadores de potencia.

Principales conclusiones y/o recomendaciones

Los resultados obtenidos demuestran que la interpolación mediante el método spline y el modelo de autorregresivo, tiene un comportamiento similar que los datos reales. De la misma forma, la extrapolación mediante el método NLPCA sigue la misma tendencia y es congruente con los valores máximos, mínimos y promedio de los datos reales.

Si bien los segmentos de interpolación y extrapolación no pueden ser validados, es posible tener una estimación mediante el cálculo del error en los segmentos donde sí existen valores, por lo cual, según los resultados obtenidos usando las métricas estadísticas de desempeño, tanto para la carga de los transformadores como para la temperatura ambiente, se obtuvo una interpolación y extrapolación acertada.

La inclusión de la temperatura para la extrapolación de los datos no tuvo un efecto positivo según las métricas estadísticas de desempeño, si bien los resultados alcanzados son buenos, estos no superan a los obtenidos usando únicamente la carga.

4. Impactos actual o potencial:

Investigativo: se desarrolló una metodología para predecir los datos requeridos para hacer una estimación del grado de polimerización, como indicador de la condición técnica de los transformadores, la cual puede fortalecerá el Grupo Gralta y que puede también ser de utilidad para las empresas del sector eléctrico.

Académicos: se vinculó a estudiantes de pregrado y doctorado al proyecto.

Desarrollos futuros: esta metodología se incorporará parcialmente en la tesis de doctorado del estudiante Andrés F. Cerón.

5. Productos.

En la comunicación de la VRI 2018-007-05-42847-I, mediante la que se informó del registro del proyecto, quedaron definidos los siguientes compromisos:

Producto de nuevo conocimiento: 1 artículo o ensayo aceptado para evaluación en una revista especializada o capítulo de libro de investigación aceptado para evaluación.

Producto de formación: 1 estudiante en formación.

Producto de divulgación. 1 ponencia nacional o internacional.

En la Tabla 1 se detallan los productos obtenidos con el desarrollo del proyecto.

Tabla No. 1. Detalle de productos obtenidos

Tipo de producto:	Nuevo conocimiento
Nombre General:	Artículo "Herramienta de Software para Estimar el Índice de Salud en Transformadores de Potencia"
Nombre Particular:	Artículo presentado a la Revista e-Gnosis de la Universidad de Guadalajara de México, se anexa la constancia de recepción.
Ciudad y fechas:	Universidad de Guadalajara de México, octubre 11 de 2019.
Participantes:	Guillermo Aponte, Héctor Cadavid, Andrés F. Cerón, Andrés F. Zuñiga, Jonathan A. Tariacuri, Luis H. Restrepo, Laura C. Calderón, Eyder Cortes, Mauricio Gaona, Andrés C. Serna, Jhon F. Mena.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA y EPSA.
Tipo de producto:	Divulgación
Nombre General:	Ponencia "Índice de salud para transformadores de potencia usando el análisis de gases disueltos y 2-FAL"
Nombre Particular:	Ponencia presentada en el XIV Congreso Internacional de Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico ALTAE2019, se anexa la constancia de presentación.
Ciudad y fechas:	Guadalajara de México, octubre 28 a 31 de 2019.
Participantes:	Relacionar los autores del producto.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA
Tipo de producto:	Divulgación
Nombre General:	Ponencia "Índice de salud en transformadores de potencia".
Nombre Particular:	Ponencia presentada en el Tercer Congreso Internacional en Tecnología e Ingeniería Eléctrica CITIE2019. Se anexa la constancia de presentación.
Ciudad y fechas:	Bogotá Colombia, octubre 10 de 2019.
Participantes:	Jonathan A. Tariacuri, Guillermo Aponte M., Héctor Cadavid R.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA
Tipo de producto:	Producto de nuevo conocimiento:
Nombre General:	Vinculación estudiante de pregrado.
Nombre Particular:	El estudiante de pregrado Jonathan Tariacuri desarrolló la tesis "Metodología para la obtención de un indicador de condición en



	transformadores de potencia empleando los resultados de gases disueltos". Se anexa la constancia de la dirección y de presentación final de la tesis.
Ciudad y fechas:	Cali Colombia, junio 11 de 2019.
Participantes:	Jonathan Tariacuri
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Alta Tensión GRALTA

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11, con espacios de 1 1/2

0