

Unexpo apoya aplicación de técnicas para identificar parámetros en modelación

Publicado el 9-julio-2010. Diario El Impulso

La generación de la energía eléctrica que se consume en nuestro país está ubicada gráficamente en el estado Bolívar y otras zonas que se encuentran lejos de los centros de consumo, llámense ciudades, zonas industriales, entre otros.

Es por esta razón que se hace necesario utilizar una serie de equipos y dispositivos que los ingenieros electricistas denominan Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) para transportar toda esa energía eléctrica hasta nuestros hogares.

¿Qué es el SEP?

Estos SEP están conformados generalmente por generadores, transformadores de potencia, líneas de transmisión y equipos asociados al monitoreo, control y protección.

En orden de jerarquía, los más importantes son los generadores, pues son ellos los encargados de generar la energía eléctrica propiamente, mientras que los transformadores de potencia son los que elevan los niveles de voltaje para hacer posible la transmisión de esta energía a grandes distancias y, luego, reducir nuevamente los niveles de voltaje, adaptados a los requerimientos de los centros de consumo.

Estos transformadores son máquinas eléctricas estáticas que son diseñadas y construidas para transferir potencia de un circuito a otro.

Constan de dos o más bobinas enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético. Una de las bobinas se conecta a una fuente de energía eléctrica (devanado primario) y el segundo, y quizás el tercero, suministra energía eléctrica a las cargas (devanado secundario o de salida), por lo que habitualmente estas bobinas manejan diferentes niveles de voltaje.

Esta particularidad es lo que permite que sea uno de los equipos más utilizados frecuentemente en los SEP siendo fabricados para operar desde unos pocos KVA (kilovoltio-amperios) hasta cientos de MVA (Megavoltioamperios) y su importancia se incrementa a medida que su potencia es mayor.

Es importante resaltar que generalmente a partir de los 5 KVA, los transformadores de potencia se encuentran confinados en un tanque hermético lleno de aceite aislante, cuya función principal es transferir el calor generado en las bobinas hacia el exterior. Este aceite aislante debe mantenerse en rangos de temperatura operacionales aceptables, recomendados por los fabricantes normas internacionales, por lo cual, para su debido enfriamiento, se hace circular con ayuda de bombas hacia grandes radiadores que permiten el intercambio de calor hacia el exterior y nuevamente son introducidos al tanque, pero ahora a una menor temperatura, lo que completa su ciclo de

enfriamiento. Si estos niveles de temperatura no son los adecuados, se corre el riesgo de daño severo y/o de incendio, lo que constituye un peligro potencial para los seres humanos y el medio ambiente.

Estudios rigurosos

En las empresas de energía eléctrica a nivel mundial, los transformadores con potencia superior a 20 MVA son actualmente sometidos a estudios muy rigurosos para lograr su utilización en forma confiable y segura.

Generalmente, se les ha considerado como equipos confiables y de alto costo de reposición, ya que son fabricados por encargo y su petición debe hacerse con un tiempo de anticipación suficiente. Para las empresas eléctricas, es catastrófica la pérdida de una unidad de esta magnitud, sobre todo por el alto impacto social en la población, ya que generaría un largo periodo de corte eléctrico y/o racionamiento. Además de la cantidad de energía dejada de servir y facturar en el lapso de reposición, que en algunos casos puede llegar a los 6 meses.

Es por esta razón, en los últimos años, los países más desarrollados han instalado Sistemas Tiempo Real de Diagnóstico en (SDTR) para transformadores de potencia, con la finalidad de conocer, de forma instantánea, su estado o condición y así supervisar su correcto funcionamiento. El objetivo es lograr introducir un mantenimiento adecuado.

Uno de los componentes básicos de este tipo de sistema diagnóstico son los modelos de la temperatura del aceite, los cuales han tenido un amplio desarrollo y aplicación en las dos últimas décadas, de forma tal de mejorar la exactitud de sus resultados y de adaptarlos a las mediciones en tiempo real que se adquieren de algunas variables de funcionamiento del transformador.

Modelo desarrollado por el MIT

El grupo de investigación del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) propuso en el año 1997, un ingenioso modelo modificado para el cómputo de la temperatura del aceite, en el que consideran las variaciones de la temperatura ambiente a lo largo del día y que no son tomadas en cuenta en el modelo de la norma IEEE Std. C57.91 en su cláusula 7, lo que lo convertía en una valiosa herramienta para el diagnóstico en tiempo real del transformador.

Este modelo propuesto por el MIT tiene la particularidad que su solución es complicada y depende de la necesaria estimación de sus parámetros, a partir de la data recolectada.

Este modelo ha sido resuelto por diferentes autores, aplicando una simplificación válida en uno de sus parámetros para convertirlo en un modelo simple. Sin embargo, no se había reportado en literatura de reconocido prestigio, la aplicación de otras técnicas de estimación de parámetros, debido, principalmente, que estos autores generalmente consideran al transformador en condiciones de carga constante durante todo el día y, por tanto, sus resultados todo el día y, por tanto, sus resultados son muy satisfactorios a partir de esta simplificación.

A partir de esta premisa surge la siguiente pregunta ¿Qué sucede ahora con la modelación de la temperatura del aceite en los transformadores de potencia, cuya carga es variable a lo largo del día y en situaciones en las que se presentan dos o más variaciones significativas de carga a diferentes horas? Como es el caso del ciclo de carga de los transformadores en Venezuela y de otros países en vías de desarrollo.

Es en este momento cuando se plantea realizar una investigación acerca de este fenómeno. Además de dar los primeros pasos en la conformación del primer sistema experimental de diagnóstico de transformadores en tiempo real en Venezuela, empleando tecnología nacional.

Estación experimental

En el año 2005, a través de un convenio de colaboración Unexpo-Enelbar, el ingeniero Rómulo Pérez, personal docente e investigación del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Vicerrectorado de Barquisimeto de la Unexpo, logra el diseño e introducción de la primera estación experimental de diagnóstico de transformadores de potencia reportada en Venezuela comienza el proceso de adquisición procesamiento de los datos como base para iniciar sus estudios de doctorado en el Centro de Investigaciones Pruebas Electroenergéticas (Cipel), adscrito al Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” Cujae de La Habana, Cuba, con el apoyo financiero de Fundayacucho y Unexpo.

En la etapa de diseño de la estación experimental colaboraron, en condición de tesis de pregrado, los ingenieros Francisco Valladares, Herling Vargas y Jesús González, bajo la tutoría del profesor Rómulo Pérez.

De igual forma, colaboraron en el diseño y fabricación del sistema de adquisición de datos los ingenieros David Ochoa, Creidy Hernández y Carlos Zambrano.

Esta estación experimental se instaló en el Transformador N 2 de 100 MVA de la Subestación Barquisimeto, la cual aporta las variables necesarias que garantizan la aplicabilidad del referido modelo en línea y la de otros modelos que están siendo incorporados al sistema de diagnóstico original.

Estimación de parámetros y nuevos modelos

Una vez comenzado el proceso de registro, monitoreo y almacenamiento de dichas variables, las cuales son analizadas estadísticamente, se implementó una serie de ensayos y experimentos para estudiar la factibilidad de obtener los parámetros del modelo de la temperatura del aceite, empleando Algoritmos Genéticos (AG), además de obtener nuevos modelos, a partir del uso de las Redes Neuronales Artificiales (RNA).

Los AG son una técnica de la inteligencia artificial, mediante la cual los problemas a resolver son enfocados desde un punto de vista análogo a la teoría de la evolución genética, presentando muy buenos resultados en la optimización de ecuaciones matemáticas.

De forma análoga, las RNA están ligadas a la intención de crear artificialmente sistemas inteligentes, con los que se trata de modelar al hombre para imitar su comportamiento. Así, las RNA surgen como un modelo computacional que intenta simular las características del funcionamiento del cerebro humano, entre ellas: el procesamiento en paralelo de las neuronas naturales, el almacenamiento distribuido y la capacidad de aprender.

Las RNA aprenden de ejemplos, o sea, extraen generalizaciones a partir de un conjunto de datos, o bien establece relaciones no evidentes en sistemas complejos.

Para lograrlo necesita un período de aprendizaje o entrenamiento, el cual consiste en elaborar una hipótesis que se aproxime al resultado esperado tanto como sea posible, este aprendizaje puede ser supervisado o no.

Se implementaron múltiples escenarios de optimización usando algoritmos genéticos con diferentes técnicas de selección, cruzamiento y mutación para luego verificar si se encontraban mejores resultados a las planteadas por otras investigaciones.

Para la estimación de parámetros del modelo, se empleó el Programa Matlab® y su Toolbox de AG y para la obtención de nuevos modelos se utilizó el Toolbox de RNA.

Resultados de la investigación

Esta investigación tuvo una duración de 4 años y concluyó en una tesis de doctorado, bajo la tutoría del ingeniero Sergio Fernández, la cual lleva por título Modelación térmica para el diagnóstico del aislamiento principal en transformadores de potencia, cuyos logros más significativos son:

- Se ha diseñado, desarrollado e introducido, en forma experimental, la primera estación en tiempo real con tecnología venezolana-cubana para el diagnóstico de transformadores de potencia en la Subestación Barquisimeto, la cual es la pionera en ambos países y que representa un resultado científico-técnico inestimable para ambas naciones.
- Se ha empleado la técnica de algoritmo genético como una herramienta importantísima en la estimación de parámetro del modelo planteado por el MIT, lográndose el mejoramiento de la exactitud del modelo y encontrando, por primera vez, el valor estimado real del parámetro que permite relacionar la carga de los transformadores con el tipo de enfriamiento correspondiente.
- Se han desarrollado nuevos modelos de la temperatura del aceite, a partir de las RNA, con resultados aceptables que pueden ser aplicados para la predicción de la temperatura del aceite.
- Se ha establecido toda una metodología para la Identificación de modelos de la temperatura del aceite, que ha permitido la aplicación de los modelos desarrollados en tiempo real, con el propósito de su utilización para el diagnóstico del aislamiento principal del transformador.
- Se han culminado tres tesis de pregrado, y están en vía de conclusión dos más, con la cual se evidencia la pertinencia de la investigación realizada.

- Es de hacer notar que los resultados de esta investigación permitieron la publicación de un total de cuatro artículos en revistas de reconocido prestigio internacional, de los cuales, los dos últimos fueron publicados en revistas incluidas en la WEB OF SCIENCE® - Science citation index expanded (TM) a finales del año 2009.

Aplicabilidad a mayor escala

Actualmente, se adelantan conversaciones con representantes de Enelbar y otras empresas de Corpoelec, con la finalidad de ampliar el rango de acción de esta investigación a los principales transformadores de potencia y así garantizar el funcionamiento normal, a partir de la introducción de las técnicas de diagnóstico en tiempo real.

Esto permitiría hacer el seguimiento de su estado o condición, además de monitorear de forma permanente un conjunto de variables de estado de diagnóstico, tales como temperatura, carga, gases en el aceite, descargas parciales, entre otras, que determinen, de forma anticipada, su inadecuado comportamiento. De esta manera se evitarían salidas inesperadas o su destrucción parcial o total por fallas que provocarían consecuencias sociales de pronóstico reservado, dado el alto impacto que tiene el servicio de energía eléctrica en nuestra población.