



Recepción: 28 / 10 / 2017

Aceptación: 27 / 11 / 2017

Publicación: 15/ 12/ 2017



Ciencias técnicas aplicadas

Artículo de investigación

El mantenimiento predictivo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia

Predictive maintenance, effective for electric power systems

El mantenimiento previo, eficaz para sistemas eléctricos de potencia

Franklin C. Reina-Pérez
Franklin_53@hotmail.com

Franklin M. Reina-Quiñónez
ingfranklinreynaq@hotmail.com

Nakira P. Valencia-Ortiz
nakypame@gmail.com

Byron F. Chere-Quiñónez
cherokyfernando@hotmail.com

Juan G. Góngora-Ortiz
juan-12gongora@hotmail.com

Correspondencia: ingfranklinreynaq@hotmail.com

- I. Magister en Gestión Ambiental, Ingeniero Eléctrico, Docente Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.
- II. Master en Ciencias Especialidad Docencia Universitaria, Ingeniero Industrial, Docente Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.
- III. Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, Docente Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.
- IV. Ingeniero Eléctrico, Docente Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador. Ingeniero Eléctrico, Docente del Instituto Tecnológico Eloy Alfaro, Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

Un sistema eléctrico de potencia (SEP) corresponde al conjunto de instalaciones que permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. El mantenimiento predictivo juega cada día más un rol fundamental en los SEP. Este trabajo se propone como objetivo general caracterizar el Mantenimiento Predictivo en Sistemas Eléctricos. Con el fin de cumplir dichos objetivos, se utilizó el análisis de las fuentes de información documentales. En el trabajo se conceptualiza y tipifica el mantenimiento. Se explica en qué consiste el mantenimiento predictivo, sus ventajas, sus aplicaciones, sus técnicas y algunas estrategias a seguir para llevarlo a cabo.

Palabras clave: mantenimiento predictivo; sistemas eléctricos de potencia. Cien

Abstract

An electrical power system (SEP) corresponds to the set of facilities that allow generating, transporting and distributing the electrical energy under adequate conditions of voltage, frequency and availability. Predictive maintenance plays an increasingly important role in SEPs. This paper aims to characterize the Predictive Maintenance in Electrical Systems. In order to meet these objectives, the analysis of the sources of documentary information was used. In the work is conceptualized and typified the maintenance. It explains what the predictive maintenance, its advantages, its applications, its techniques and some strategies to follow to explain it.

Keywords: predictive maintenance; electrical power systems.

Resumo

Um sistema elétrico de potência (SEP) corresponde ao conjunto de instalações que permitem gerar, transportar e distribuir o poder elétrico em condições adequadas de tensão, a frequência e a disponibilidade. El mantenimiento do predictivo juega cada dia mais um papel fundamental em SEP. Este trabalho se propone como objetivo geral caracterizar o Mantenimiento Predictivo em Sistemas Eléctricos. Com o fim de cumprir os objetivos, use o objeto de análise das fontes da informação documental. En el trabajo se conceituar e tipificar o manutenção. Se explica em que consiste o sistema de manutenção, as vantagens, as aplicações, as técnicas e algumas estratégias a seguir para levarlo a cabo.

Palavras chave: mantenimiento predictivo; sistemas eléctricos de potência.

Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) son claves para el bienestar y el progreso de la sociedad moderna. Éstos permiten el suministro de energía eléctrica con la calidad adecuada para manejar motores, iluminar hogares y calles, hacer funcionar plantas de manufacturas, negocios, así como para proporcionar potencia a los sistemas de comunicaciones y de cómputo. El punto de inicio de los sistemas eléctricos son las plantas generadoras que convierten energía mecánica a energía eléctrica; esta energía es entonces transmitida a grandes distancias hacia los grandes centros de consumo mediante sistemas de transmisión; finalmente, es entregada a los usuarios mediante redes de distribución. (CINVESTAV, s/f)

Los problemas de calidad eléctrica pueden provocar el funcionamiento incorrecto o la desconexión de equipos y el cese de actividad en los procesos, y las consecuencias abarcan desde unos costes excesivos en energía hasta detenciones completas de producción. (Fluke, s/f)

"Los transformadores de potencia conforman la columna vertebral de los sistemas de transmisión y distribución de la energía eléctrica de un país, de ahí su importancia estratégica ya que una salida inesperada de ellos puede conducir a grandes pérdidas por indisponibilidad y afectar a grandes regiones de un país cualquiera. Su salida implica pérdidas incalculables a la economía y al medio ambiente, de ahí la importancia de mantener su disponibilidad, confiabilidad y seguridad. La confiabilidad de un sistema de energía depende del adecuado funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen, entre los que se encuentra el transformador de potencia. Es por esta razón que en las empresas de energía eléctrica surge la necesidad de implementar estrategias de mantenimiento predictivo en los transformadores de potencia, para poder garantizar que los parámetros de operación de dichos equipos se mantengan en valores aceptables que aseguren la prestación del servicio y a su vez, que éstos alcancen su vida útil". (Saldivia, Acevedo, & Pérez, 2013)

Un sistema eléctrico de potencia (SEP) corresponde al conjunto de instalaciones que permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. Su continuidad depende de las variables del mantenimiento que se

realizan en cada una de las etapas de estos sistemas, es decir, Generación, Transmisión y Distribución. Por esta razón, el mantenimiento predictivo juega cada día más un rol fundamental en los SEP. (González Riva, s/f)

Este trabajo se propone como objetivo general caracterizar el Mantenimiento Predictivo en Sistemas Eléctricos.

Metodología

Con el fin de cumplir dichos objetivos, se utilizó el análisis de las fuentes de información documentales. Se determinan las palabras claves, las estrategias de búsqueda y los recursos de información a utilizar. Se ejecutan las búsquedas para localizar tesis y artículos de revistas que responden al tema. Los documentos pertinentes se analizaron lo que permitió inducir, deducir, comparar y organizar los contenidos.

Desarrollo

Existen diferentes tipos de mantenimiento. "El mantenimiento predictivo nos permite monitorear y dar seguimiento al estado en el que se encuentra el equipo, con la finalidad de predecir las fallas que pudieran presentarse en un futuro. El mantenimiento preventivo tiene la finalidad de evitar que el equipo falle durante su período de vida útil. Se apoya en los instructivos del equipo y en experiencias de operación, que determinan que el equipo tiene menos probabilidades de falla después de pasar el período de puesta en servicio". (Adame Guerrero & Delgado Hernández, 2008)

Y otros autores hablan de mantenimiento correctivo. "Es la reparación que se realiza al bien, servicio o instalación una vez que se ha producido el fallo con el objetivo de restablecer el funcionamiento y eliminar la causa que ha producido la falla. El mantenimiento correctivo tiene la finalidad de reemplazar los elementos o equipos averiados y que no pueden funcionar operativamente en la subestación, el reemplazo también se da cuando los equipos han cumplido las horas de trabajo para las que fue fabricado." (Dispac, 2015)

El mantenimiento preventivo "consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves. Este lo utilizaremos para estudiar la evolución temporal de parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, para así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la empresa mientras se está aplicando". (Ordoñez & Nieto, 2010)

López (s/f) establece tres ventajas del MPSE:

1. Mejoramiento de la Confiabilidad de Operación
2. Uso eficiente del Ciclo de Vida (equipos y componentes)
3. Reducción del Mantenimiento Correctivo

De igual forma Ordoñez y Nieto (2010) adicionan, entre otras, como ventajas:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que ha producido la parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria.
- La compra de nuevos equipos.

Asimismo, López (s/f) escribe sobre las diversas oportunidades que brinda el MPSE:

1. Implementar sistemas informáticos que permitan un mejor manejo de la información para los analistas y mayor acceso a los clientes.
2. Concentrar la información en una sola área MPSE.
3. Hacer seguimiento a todos los Equipos Eléctricos críticos.
4. Conocer las pruebas y estándares aplicables a los equipos de la empresa
5. Obtener parámetros aplicables a la realidad de la empresa en todos los equipos críticos.

6. Implementar frecuencias de inspección de acuerdo a estándares y/o recomendaciones de fabricantes en todos los equipos críticos.
7. Desarrollo y aplicación de nuevas técnicas y herramientas de diagnóstico.
8. Implementación de bases de datos de los parámetros medidos.
9. Mejoramiento del manejo de la información.
10. Desarrollo de técnicas y procedimientos de medición en todos los equipos medidos.
11. Implantación y mejoramientos de indicadores de confiabilidad para todos los equipos medidos.
12. Establecimiento de una cultura de mantenimiento basada en la evaluación y diagnóstico de las máquinas (López, s/f)

Según López (s/f), el MPSE tiene su aplicación en:

- maquinarias eléctricas rotatorias, mediante el Estator (termografía, vibraciones, parámetros eléctricos) y el Rotor (vibraciones, parámetros eléctricos)
- y en maquinarias eléctricas estáticas, a través de mecanismos Eléctricos y el Elemento activo (termografía, vibraciones, parámetros eléctricos, análisis de aceite).

Además, se aplica a los parámetros eléctricos:

- El de la Operación:
 - Condiciones de Operación
 - Consumo de potencia
 - Armónicos de corriente y tensión
 - Flujos de dispersión
- El del Aislamiento
 - Resistencia de aislamiento
 - Índice de polarización
 - Perdidas dieléctricas
 - Descargas parciales

- Corrientes de absorción
- Corrientes de fuga

La distorsión armónica es uno de los más importantes componentes a evaluar en la operación. "La distorsión armónica es una consecuencia normal de un sistema de alimentación que suministra cargas electrónicas como ordenadores, variadores de velocidad, balastos electrónicos de iluminación y sistemas de control. La distorsión armónica puede producir una corriente elevada de neutro, una temperatura dañina para los motores y transformadores, así como una menor eficacia" (Fluke, s/f)

Los equipos a monitorear son los transformadores, interruptores, motores, las baterías, las protecciones catódicas, las líneas eléctricas, mallas a tierras, y la calidad de energía. En cada uno de estos equipos, López (s/f) establece las técnicas a emplear para el mantenimiento:

- En los motores:
 - Resistencia de aislamiento
 - Resistencia DC
 - Análisis de corrientes
 - Tangentes Delta
 - Surge Test
 - Termografía

- En los transformadores:
 - Resistencia de aislamiento
 - Resistencia DC
 - Análisis de aceite
 - Factor de potencia
 - Relación de transformación
 - Termografía

- En los interruptores:

- Resistencia de contacto
- Medición de resistencia de aislamiento
- Pruebas de integridad al vacío
- Tiempo de apertura y cierre
- Hi Pot

- En las líneas eléctricas:
 - Termografía
 - Efecto corona
 - En las mallas a tierra:
 - Resistencia de puesta a tierra
 - Continuidad de puesta a tierra

- En las baterías:
 - Temperatura
 - Densidad electrolito
 - Inductancia

- En la calidad de suministro:
 - Armónicos
 - Transientes
 - Voltaje de la corriente

- En las protecciones catódicas:
 - Ph y temperatura
 - Resistividad de aguas
 - Potencia REDOX
 - Potencia espontánea de corrosión

González Rivas (s/f) muestra otras técnicas que se utilizan para el mantenimiento predictivo de los SEP:

- Termografía Infrarroja (Imágenes IR).
- Ultrasonido (Formación de arcos y corona).
- Coronografía (Efecto Corona).
- Análisis de aceites y gases (Equipos primarios).
- Monitoreo de Descargas Parciales (Switchgear, barras y subestaciones).
- Análisis de Vibraciones (Equipos eléctricos).
- Resistencia de puesta a tierra.
- Aislamiento.
- Pruebas Hi-Pot.
- Calidad de energía.
- Armónicos.
- Variables eléctricas.

Saldivia y colectivo de autores (2013) proponen estrategias para el mantenimiento predictivo de los sistemas eléctricos de potencia.

ESTRATEGIA NO. 1: Desarrollar un programa de inspección de variables eléctricas en los transformadores de potencia.

"Para llevar a cabo las actividades específicas de la estrategia No. 1, se plantea el dictado de talleres teórico prácticos al personal que opera y al personal que ejecuta las labores de mantenimiento, referentes a transformadores de potencia y profundizar en la descripción y en las funciones de cada uno de los elementos que los conforman con la finalidad de mejorar los conocimientos de operatividad de los transformadores. De igual manera se plantea el dictado de talleres referentes a las pruebas eléctricas que están establecidas en el programa y concientizar acerca del impacto que reflejan los resultados, análisis de tendencias y su influencia en la vida útil de los componentes. Los talleres los podrían realizar los Ingenieros de planta que posean la capacidad, destreza y el conocimiento suficiente para ello. Las variables eléctricas que se

proponen someterlas a estudio serán: Resistencia de aislamiento, resistencia de los devanados, aterramiento, ruidos, descargas parciales, corriente de excitación, factor de potencia, capacitancia, temperatura (medición y espectro infrarrojo), continuidad de contacto del cambiador de tomas, relación de transformación, inspección visual, inspección y verificación del sistema de enfriamiento, calibración y ajuste del relé de falla y calibración de medidores. Para la ejecución de las pruebas eléctricas dada a que son muy específicas y se requiere de un alto equipamiento técnico, se propone la contratación de una empresa de servicios bajo la supervisión de personal calificado de la empresa, la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento, quien se encargara del procesamiento, respaldo de la información en bases de datos y generación de informes basados en gráficos de tendencia, que orienten a la alta gerencia y sirvan de base para la toma de decisiones sobre las acciones de mantenimiento." (Ordoñez & Nieto, 2010)

ESTRATEGIA NO. 2: Desarrollar el estudio de las propiedades del aceite dieléctrico como parte del plan de mantenimiento de los transformadores de potencia.

"Para llevar a cabo las actividades específicas de la estrategia No. 2, se plantea dictar talleres teórico-prácticos referentes a las pruebas físico-químicas y gases disueltos en el aceite que están establecidas en el programa y concientizar acerca del impacto que reflejan los resultados, análisis de tendencias y su influencia en la vida útil de los componentes. Se deben establecer límites de control de acuerdo a los recomendados por los fabricantes de los transformadores, por los fabricantes del aceite dieléctrico y las normas (IEC 60599, 1999). Los talleres los dictará el mismo personal de planta nivel Ingeniero, que posea la capacidad y el conocimiento suficiente para ello. Las variables eléctricas que serán sometidas a estudio serán: contenido de agua, gases disueltos, esfuerzo dieléctrico, acidez y color Para la ejecución de las pruebas eléctricas será contratada una empresa de servicios, la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento para encargarse del procesamiento de la información para que a través de gráficos de tendencia sirva de base para la toma de decisiones. La frecuencia será anual y la definirá la persona encargada de la planificación del mantenimiento de acuerdo a las actividades previstas." (Ordoñez & Nieto, 2010)

Conclusiones

No cabe dudas que el mantenimiento predictivo de los sistemas eléctricos de potencia es imprescindible, pero a su vez depende de un personal capacitado y experto para ello y el adecuado uso de equipos e instrumentos necesarios, los que deberán estar certificados y calibrados, de manera de garantizar datos y muestras obtenidas con resultados de manera confiable.

Referencias Bibliográficas

Adame Guerrero, A., & Delgado Hernandez, M. (2008). Mantenimiento en sistemas eléctricos de distribución. México: Trabajo de tesis para obtener el Título de Ingeniero Eléctrico.

Cinvestav. (s/f). Especialidad de Sistemas Eléctricos de Potencia. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de <http://www.gdl.cinvestav.mx/potencia/>

Dispac. (2015). Manual de mantenimiento para subestaciones eléctricas Empresa Distribuidora Del Pacífico.

Fluke. (s/f). Mantenimiento predictivo: Analizadores de calidad eléctrica. Recuperado el 02 de febrero de 2016, de <http://www.fluke.com/fluke/mxes/soluciones/mantenimiento-de-planta/mantenimiento-predictivo/analizadores-de-calidad-electrica>

González Riva. (s/f). Mantenimiento Predictivo en Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) .

López, R. (s/f). Mantenimiento predictivo de sistemas eléctricos.

Ordoñez, J., & Nieto, L. (2010). Mantenimiento de sistemas eléctricos. Guayaquil: Proyecto de grado para la obtención de Título de Ingeniero Eléctrico.

Saldivia, F., Acevedo, E., & Pérez, R. (2013). Estrategias de mantenimiento predictivo aplicables a transformadores de potencia de una empresa eléctrica. 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. México.