PROYECTO DE APOYO PARA EQUIPOS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES VIBREC 500

E.M. Queiroz ⁽¹⁾ (elvira_queiroz@hotmail.com), D. Campos ⁽²⁾ (damian.campos@fain.uncoma.edu.ar), G. Keil ⁽²⁾ (german.keil@fain.uncoma.edu.ar)

⁽¹⁾Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia

⁽²⁾Universidad Nacional del Comahue (UNCO), Facultad de Ingeniería

RESUMEN: La principal forma adoptada para la distribución de energía es a través del uso de cables de red de transmisión aérea, estas líneas de transmisión están expuestas a varios factores ambientales climáticos que pueden causar daños a la red. Uno de estos problemas que debe monitorearse son las vibraciones que pueden generar muchos inconvenientes, como fallas mecánicas, que causan daños no solo a la empresa y sus clientes. Por lo tanto, para evitar estas fallas, las compañías de distribución de energía invierten en análisis de vibraciones. Hay pocos fabricantes de equipos para este tipo de análisis, que tampoco fabrican soportes de montaje para cables de transmisión. Cada cliente necesita fabricar el soporte que mejor se adapte a sus necesidades. Este trabajo presenta cómo fue posible mejorar un soporte ya diseñado para la instalación de equipos de análisis de vibraciones, de una manera más práctica y segura en la red. Con la ayuda del software Solid Works, se diseñó la adaptación, construida en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, Argentina. Después se realizaron pruebas, donde fue posible observar que el modelo desarrollado satisfizo las necesidades a través de los resultados obtenidos por el software del equipo de análisis de vibraciones utilizado. Por lo tanto, se concluye que el modelo desarrollado es eficiente y se puede adoptar para el equipo en cuestión.

PALABRAS-LLAVE: DISTRIBUCIÓN, CONDUCTORES, RED ELÉCTRICA, MANTENIMIENTO, ENSAYOS

PROJETO DE UM SUPORTE PARA O EQUIPAMENTO DE MEDIÇÕES DE VIBRAÇÃO VIBREC 500

RESUMO: A principal forma adotada para distribuição de energia elétrica se dá através da utilização de cabos de rede de transmissão aérea, essas linhas de transmissão são expostas a diversos fatores ambientais climáticos que podem ocasionar danos a rede. Um destes problemas que deve ser monitorado são as vibrações que podem gerar muitos inconvenientes como falhas mecânicas, causando prejuízos não só à empresa, mas também a seus clientes. Dessa forma, visando evitar estas falhas as empresas de distribuição de energia investem em análises de vibrações. Atualmente existe poucos fabricantes de equipamentos para este tipo de análise, os quais também não fabricam suportes para instalação nos cabos de transmissão. Cada cliente necessita fabricar o suporte que mais se adapta a suas necessidades. O presente trabalho apresenta como foi possível melhorar um suporte já projetado para a instalação do equipamento de análise de vibração, de forma mais prática e segura na rede. Com a auxílio do software Solid Works, a adaptação foi projetada, construído nos laboratórios da Faculdade de Engenharia da Universidad Nacional del Comahue, Argentina. Após essa etapa foram realizados testes de prova, onde foi possível observar que o modelo desenvolvido atendia as necessidades, através dos resultados obtidos pelo software do equipamento de análise de vibração utilizado. Assim sendo, conclui-se que o modelo desenvolvido é eficiente e pode ser adotado para o equipamento em questão.

PALAVRAS-CHAVE: DISTRIBUIÇÃO, CONDUTORES, REDE ELÉTRICA, MANUTENÇÃO, ENSAIOS

1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es de fundamental importancia para el desarrollo de las actividades y para el progreso del mundo actual. La electricidad, una vez que se genera, se transmite a través de una amplia línea de cables de red, llamados conductores que están soportados por torres de metal que también tienen la función de separarlos.

Según Frontin et al. (2010) para el suministro seguro y confiable de energía eléctrica, es necesario monitorear y mantener constantemente las extensas líneas existentes, se debe tener en cuenta la relevancia del estudio del conductor de la electricidad porque, además del papel fundamental desempeñado, representa aproximadamente el 40% de los costos invertidos en la construcción de la red.

Los cables conductores están sujetos a dos tipos principales de cargas mecánicas: carga estática debida a la fuerza de tracción que generalmente corresponde al 20% de la carga de rotura del cable y las cargas dinámicas causadas por la vibración impuesta por la acción de los vientos en las líneas de transmisión aérea. La vibración causada por la excitación del viento impone tensiones de flexión cíclicas que dañan progresivamente los hilos constitutivos mediante la nucleación y la propagación de fisuras hasta la rotura; este mecanismo de falla se conoce como fatiga. (GOMES, 2015)

Las fallas debidas a la fatiga de un cable conductor debido a la vibración del viento se producen de una manera típicamente frágil, es decir, sin deformación del material cerca del área de la fractura. Pueden alcanzar varios hilos en la capa externa e interna del conductor. Las zonas de fallas se ubican comúnmente en: las grapas de suspensión, y grapas de los espaciadores amortiguadores. Otro efecto dañino de la vibración del conductor es el aflojamiento de las grapas de conexión proyectadas o instaladas incorrectamente. Esto da lugar a la rotura de los cables por el martilleo de la grapa. Si no se toman medidas oportunas, este proceso conducirá a una falla completa del conductor. (Cigré, 1995)

Según Gomes (2015) es de fundamental importancia comprender los tipos de vibraciones causadas por el viento en los conductores, para evitar que excedan los niveles máximos pautados por las normas, a los efectos de reducir la probabilidad de fallas por fatiga.

Para evitar el gran impacto causado por la falla de fatiga en los cables, las compañías de líneas de transmisión utilizan técnicas de monitoreo que buscan aumentar la confiabilidad del sistema. Una técnica ampliamente utilizada es el uso de medidores registradores de los ciclos de vibración del cable, en particular la amplitud de vibración y la frecuencia de excitación del viento. (Gomes, 2015)

Las mediciones hechas por los registradores fueron estandarizadas por el Comité IEEE (1966), que estableció que la amplitud del desplazamiento debería ser la cantidad monitoreada. La amplitud de desplazamiento se definió como el desplazamiento vertical pico a pico del conductor medido a 89 mm desde su último punto de contacto con la abrazadera de soporte. Los modernos registradores de vibración de viento son dispositivos basados en microprocesadores, alimentados por batería y autónomos.

Actualmente la mayoría de las provisiones de este tipo de equipamiento son realizadas por una sola Empresa de reconocida trayectoria mundial.

El proveedor del registrador no comercializa soportes específicos para el equipo, lo que obliga al comprador a diseñar su propio soporte de acuerdo con sus necesidades. Para diseñar es necesario tener en cuenta que el instalador trabajará en altura y comúnmente con la línea energizada a muy alto voltaje, y que el equipo debe instalarse y ajustarse en estas condiciones.

Tal como lo señala Gomes (2015), el empleo y montaje de los registradores de vibraciones, requiere un minucioso control de los diversos parámetros involucrados, que pueden constituirse en una fuente de error afectando significativamente los resultados de las mediciones. Entre dichos aspectos se tienen fuentes aleatorias causadas por la exposición de los vibradores al medio ambiente, variaciones en la temperatura, la exposición al sol, la lluvia y las interferencias electromagnéticas generadas por la corriente eléctrica transportada en los cables;

Errores sistemáticos causados por la calibración incorrecta del equipo o la pérdida de la calibración después de largos períodos de uso; Posicionamiento incorrecto del sensor; Pérdida de contacto del sensor, los cambios en el ángulo de inclinación del cable o la configuración incorrecta del sensor reducen el rango restringido de mediciones y pueden provocar la pérdida de contacto con el cable; Los vibradores con alta masa agregan inercia al sistema al modificar el movimiento natural del conductor y, en consecuencia, dan como resultado un registro incorrecto de la información; El dispositivo para fijar los vibradores en la abrazadera también puede causar errores en las mediciones, si no es ligero y rígido; Los movimientos de los operadores para la activación manual o la desactivación de los dispositivos durante el montaje en campo pueden llevar a la grabación de entradas de datos incorrectas.

En función de lo expuesto precedentemente, el diseño del soporte del medidor y su sistema de ajuste deben ser aptos para el propósito.

2. DESARROLLO

El equipo utilizado para realizar mediciones en las redes eléctricas es el registrador de vibraciones VIBREC500 de la marca PFISTER, se emplea para medir las vibraciones de los conductores de la línea de transmisión, la velocidad del viento perpendicular a la línea, así como la temperatura ambiente. (PFISTERER, 2016)

Según el fabricante PFISTERER (2016), el equipo puede trabajar en un rango de temperatura de -40°C a 80°C , tiene un diámetro de 73 mm y una longitud de 263 mm, pesa 0,7 kg, incluida la batería de litio. Su autonomía es de hasta un año dependiendo de la temperatura ambiente, el período de muestreo y los intervalos de lectura. Los registradores registran información de muestras grabadas en un intervalo de tiempo, fuera de este rango el equipo está inactivo. La duración estándar de la medición es de 10 segundos, pero puede variar de 1 a 10 segundos de diferencia. Cuenta con un reloj de tiempo real integrado que permite preestablecer las fechas de inicio y finalización de las mediciones.

Los modernos registradores de vibración de viento están conectados mediante una interfaz USB integrada que permite la conexión directa a la computadora. También pueden conectarse de forma inalámbrica dado que poseen un transmisor inalámbrico integrado. Para conectar el VIBREC500 en forma inalámbrica, el dispositivo tiene un adaptador W-link, con un alcance máximo de conectividad de señal wireless de 200 metros. El software específico LIFE500, suministrado con el registrador, permite configurar los parámetros del mismo, así como visualizar e imprimir los datos medidos. Además, permite presentaciones gráficas adicionales y estimación de la vida del conductor. (PFISTERER, 2016)

El registrador VIBREC500 generalmente se instala en los soportes de suspensión de un conductor de línea de transmisión, con el palpador de desplazamiento colocado a una distancia de 89 mm (3.5 pulgadas) del último punto de contacto entre el conductor y la grapa de suspensión, como se muestra en la Figura 1. Los soportes deben permitir el ajuste vertical y horizontal de la posición del transductor de desplazamiento. (CIGRÉ, 1995)

FIGURA 1. Distancia de 89 mm. Fuente: Archivo propio (2019)

Para la instalación del equipo en la línea es necesario disponer de un soporte adecuado que permita ubicar el palpador en el rango de medición. Para el equipo VIBREC 500 los diseños se realizaron con la asistencia del software Solid Works, pensando en la forma más práctica de instalarlo en la línea, teniendo en cuenta la altura (hasta 30 metros de distancia del suelo) y del riesgo de conductores a muy alta tensión.

Uno de los diseños originales de soporte para el tipo de grapa mostrada en la Figura 1, consiste en dos placas de aluminio y un sistema de ajuste lateral único a través de un tornillo, como se muestra en el esquema de la Figura 2.

FIGURA 2. Esquema del soporte original. Fuente: Archivo propio (2019)

La experiencia adquirida en las mediciones de campo, permitieron apreciar grandes dificultades en el posicionamiento del palpador. Esto se debe a que el diseño del soporte no permite un ajuste fino de la posición de este, dentro del rango admisible. En tal sentido se requiere que el sensor de vibración se coloque en un rango entre 4 y 6 mm en relación con el cable de transmisión. El software LIFE500 que controla el dispositivo, tiene una función llamada posición MONITOR LVDT que le permite detectar dicha posición y ubicarlo correctamente (PFISTERER, 2010). En la siguiente figura se puede observar las indicaciones de la interfaz gráfica sobre el particular.

FIGURA 3. Monitor LVDT LIFE 500. Fuente: PFISTERER (2010)

Para corroborar las dificultades de instalación en el campo, se instaló el sistema en el banco de ensayos de conductores que se dispone en el Departamento de Mecánica Aplicada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue (ver Figura 4). Las pruebas realizadas permitieron obtener información de utilidad para el rediseño. En el mismo se centró la atención en posibilitar el ajuste vertical de la posición del palpador, con una llave de boca estándar.

FIGURA 4. Soporte montado en laboratorio. Fuente: Archivo propio (2019)

Como se planteó el ensamblaje del equipo requiere un ajuste fino. Esto se logró adicionando un sistema de varilla roscada y tuercas. La optimización del diseño se realizó con la asistencia de software específico SolidWorks. En la Figura 5 se muestran detalles del nuevo diseño.

FIGURA 5. Esquema de Re-Diseño del Soporte. Fuente: Archivo propio (2019)

Se presenta a continuación detalles del sistema de ajuste vertical.

FIGURA 6. Componentes del Sistema de Ajuste Vertical. Fuente: Archivo propio (2019)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas en el laboratorio con el nuevo soporte permitieron verificar mayores facilidades para instalar el equipo de medición, y su calibración inicial. Además, se verificó que el mismo, brinda mayor seguridad en la instalación minimizando los riesgos de caída del equipo.

En particular el ajuste del sensor de vibración se hizo más práctico, ya que a cada giro de las tuercas de barra se genera un ajuste vertical promedio de 0.8 mm.

Para validar el sistema de medición de vibraciones, se realizaron en el banco de ensayo de conductores con un vano de 30 m y con un excitador electromecánico controlado electrónicamente, pruebas sobre un conductor tipo ACSR, midiendo amplitudes en la zona de la grapa con el medidor registrador VIBREC y el nuevo soporte desarrollado. Los resultados obtenidos se pueden visualizar en las Figuras de 7 hasta 11 donde presentan gráficos con las clases de amplitud versus ciclos, clases de frecuencia versus ciclos, la velocidad del viento, la extrapolación de un año de ciclos de amplitudes acumuladas y la mezcla de amplitud máxima registrada en cada clase de frecuencia, respectivamente. Cabe señalar que la funcionalidad del anemómetro se verificó generando un flujo de aire artificial y que los datos son meramente con el propósito de prueba.

FIGURA 7. Clases de amplitud (μm) versus ciclos. Fuente: Software LIVE500 (2019)

FIGURA 8. Clases de frecuencia (Hz) versus ciclos. Fuente: Software LIVE500 (2019)

FIGURA 9. Velocidad del viento. Fuente: Software LIVE500 (2019)

FIGURA 10. Extrapolación de un año de ciclos de amplitudes acumuladas. Fuente: LIVE500 (2019).

FIGURA 11. Mezcla de amplitud máxima registrada en cada clase de frecuencia. Fuente: LIVE500 (2019)

4. CONCLUSIÓN

Conforme a las pruebas realizadas en el laboratorio, con la instalación del medidor registrador VIBREC 500 y su nuevo soporte desarrollado a partir de la reforma de un sistema existente, se concluye que este es más sencillo y práctico de instalar, considerando las condiciones adversas y críticas para el montaje en una línea de transmisión. También las pruebas realizadas permitieron visualizar que el nuevo sistema operó correctamente, asegurando la confiabilidad de las mediciones, a partir de una adecuada calibración inicial.

Experiencias de mediciones de campo tanto de personal de la Universidad, como de operadoras de líneas de transmisión eléctricas, y de empresas consultoras y de servicios, demuestran un número significativo de períodos mensuales de medición de vibraciones eólicas sin registros o de resultados consistentes, asociados con calibraciones iniciales inadecuadas. Corresponde señalar que asociado al tiempo perdido en las mediciones muchas veces en épocas propicias para determinados fenómenos eólicos, está el significativo costo de dichas mediciones dado por el valor del equipo de medición y su amortización y la instalación a cargo de operadores especializados.

5. REFERENCIAS

CIGRÉ. Guide to Vibration Measurements on Overhead Lines. WG 22.11 ELECTRA no. 163; Dec. 1995.

FRONTIN, S. O. et al. Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas Aplicadas a Linhas de Transmissão. 1. ed. Brasília: Goya, 2010.

GOMES, Filipe Bastos. Análise comparativa de aparelhos para medição de vibração em cabos condutores de energia e cálculo da vida remanescente em cabos. 2015. xiv, 118 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica)-Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

PFISTERER SEAFAG AG. Vibrec500 Software: User Manual V 1.0. Switzerland: 2010.

PFISTERER SEAFAG AG. Vibrec500 WT: User Manual V 1.0. Switzerland: 2016.