

Pruebas a Equipos Híbridos

Daniel Espinosa Ortiz

Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación
Comisión Federal de Electricidad

Ciudad de México, México
daniel.espinosa@cfe.gob.mx

Pedro Romano Gaytán

Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación
Comisión Federal de Electricidad

Ciudad de México, México
pedro.romano@cfe.gob.mx

Resumen: *Se describen las consideraciones para desarrollar procedimientos de pruebas en fábrica y en sitio, de equipos que cuentan con dos interfaces: (i) convencional mediante cable de control; (ii) digital mediante fibra óptica y protocolos de comunicación.*

Palabras Clave: *DNP3 SCL IEC 61850 HIBRIDO FIBRA ÓPTICA PROTOCOLO PRUEBAS FABRICA SITIO*

I Definición de Equipos Híbridos

Los equipos híbridos, en el ámbito del presente trabajo, es un dispositivo que tiene dos métodos disponibles desde su fabricación, para conectarse con otros sistemas, como protección y supervisión: mediante cable de control y mediante fibra óptica.

Cualquiera que sea el método empleado realiza las tareas de notificar fallas del equipo a los sistemas de protección para tomar acciones, como la desconexión; y notifica alarma, envía mediciones y puede recibir comandos, hacia y desde los sistemas de supervisión de la instalación.

Las interfaz por fibra óptica, emplea protocolos de comunicación, que bien pueden ser DNP3, MMS/IEC 61850 u otro conocido, para comunicación con el sistema de supervisión. Para su comunicación con el sistema de protección, en caso de emplearse, utilizaría mensajes GOOSE.

Son ejemplo de equipos híbridos, los transformadores de potencia, que proporcionan a tabllas todas sus señales, lo que correspondería con el sistema convencional; y además cuenta con dispositivos electrónicos inteligentes, que

proporcionan las mismas señales, mediante MMS/IEC 61850 y mensajes GOOSE, por fibra óptica.

I.I Normas para pruebas

En el ámbito del presente trabajo, se consideran solo las pruebas que se deben aplicar de rutina después de la fabricación, como método para el control de calidad, y después de su instalación en sitio, como métodos recomendados previos a su puesta en marcha.

La prueba a desarrollar debe utilizar métodos para detectar defectos en la fabricación y comportamientos extraños a lo solicitado. Se puede partir de un análisis de la dependabilidad que se describe en la norma IEC 60300-1 Dependability management - Part 1: Guidance for management and application, en la que se puede seguir la norma IEC 60300-2 Dependability management - Part 3-2: Application guide - Collection of dependability data from the field, para recolectar los datos que requieren; la norma IEC 60300-3 Dependability management - Part 3-3: Application guide - Life cycle costing, podrá proporcionar información útil para conocer cómo se compartirá el equipo a lo largo de su vida útil para estudiar posible pruebas a realizar a lo largo del tiempo.

La norma IEC 60300-4 Dependability management - Part 3-4: Application guide - Guide to the specification of dependability requirements, proporciona métodos para la especificación y su verificación de la dependabilidad de los sistemas, pero en definitiva, solo como una guía para determinar el nivel de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad requeridos, para el equipo; lo que llevará a determinar las pruebas que serán necesarias en fábrica y en sitio antes de ponerlos en servicio.

I.II Pruebas para interfaz cableada

La interfaz cableada implica que el equipo híbrido se conecte mediante cable de control que llegan a tablillas terminales, dentro de un gabinete cuando el equipo está instalado en el campo. Por tratarse de una interfaz convencional, en sitio se emplean técnicas conocidas que incluyen la verificación de la continuidad del cable, aislamiento y comprobación que las señales llegan al sistema que lo requiere.

En fábrica, se debe comprobar que los diversos sensores al activarse efectivamente entregan la señal, en la forma de un contacto seco, para disparos, estados y alarmas, o mediante una corriente o tensión analógica, en caso de valores medidos.

El procedimiento de pruebas debe considerar el método para verificar que el cableado interno se ha realizado correctamente, primero en cuanto su conexión conforme los diagramas esquemáticos y posteriormente a si el enzapado y rigidez de la conexión en las tablillas terminales es correcta. Para ésto último tenemos la norma CFE 54000-48, que establece las pruebas de rutina a realizar, que pueden realizarse en fábrica, con base en la norma IEC 60947-7-1 Low-voltage switchgear and controlgear - Part 7-1: Ancillary equipment - Terminal blocks for copper conductors, cuya versión en NMX aún no está disponible por ANCE.

En sitio, se deben verificar que las conexiones corresponden con los diagramas esquemáticos y la lista de cable que le corresponde, entre el equipo y el sistema protección y supervisión. Las conexiones deben seguir un proceso de verificación de acuerdo con la normas antes referidas.

Es de notar que la norma NMX-J-663/1-ANCE:2012, define la relación de tracción y área de la sección transversal de los conductores, que debe aplicarse para asegurar que los conductores se mantienen en su lugar, conectados a las tablillas – para los efectos de CFE en sus zapatas –, durante un minuto y en dirección del eje del conductor, que para un conductor 14 AWG (2.5 mm²) es de 50 N (5.1 kilogramos-fuerza) y para

un calibre 10 AWG (6.0 mm²) es de 80 N (8.16 kilogramos-fuerza), lo que puede tomarse en cuenta durante el desarrollo del método de prueba en fábrica y en sitio con el equipo instalada y conectado.

Las pruebas antes referidas, deben realizarse siempre que se utilice la interfaz con cable de control del equipo híbrido.

Un estudio de la Pontificia Universidad Javeriana, de Bogotá Colombia, concluyó que un hombre entre los 21 y 41 años de edad, podían jalar con una fuerza de mínima de 6.488 kgf y una máxima de 19.822 kgf, lo que implica que una prueba de jalado manual, fácilmente puede sobrepasar los valores establecidos por la norma NMX-J-663-ANCE, de ahí que es importante encontrar con un método práctico para realizarla, respetando los límites establecidos.





I.III Pruebas interfaz fibra óptica

Para realizar cualquier prueba, se requiere que los dispositivos electrónicos inteligentes que forman parte del equipo híbrido, estén configurados para enviar los datos por MMS/IEC 61850 y mensajes GOOSE, lo que se puede comprobar, mediante la existencia del archivo de configuración SCL, mismo que deberá ser incluido en el procedimiento de prueba que se elabore, en caso de usar dichos protocolos.

En caso de usar DNP3, sin mensajes GOOSE, solo será necesario la tabla que describa la configuración de la base de datos que se está configurada y el perfil del protocolo.

En este caso, la norma IEC 61850-10, no es útil para fijar procedimientos de prueba en fábrica y en sitio, pues solo cubre la etapa de prototipos.

La interfaz óptica, emplea protocolos de comunicación para establecer comunicación con los sistemas de protección y supervisión, razón por la cual el procedimiento de pruebas, debe basarse en la conexión efectiva a dichos sistemas y que la información llega como se espera.

Los datos relativos a las protecciones, que se envía por mensajes GOOSE, deben comprobarse simulando la operación de los sensores que activan las señales BOOLEAN que se transmiten a un valor de VERDADERO, mediante un equipo

de monitoreo de mensajes o de un equipo de pruebas.

La activación de las entradas digitales en los dispositivos electrónicos inteligentes, instalados en el equipo híbrido, puede realizarse mediante la activación forzada de los sensores o utilizando block de pruebas que, al insertar una peinetas, desconecten las entradas y las expongan para que un equipo de prueba pueda simular las entradas digitales y hasta las analógicas. El equipo de prueba debería estar programado para supervisar la activación de las señales BOOLEAN, el procedimiento de pruebas debería confirmar que los activaciones corresponden con la configuración declarada por el fabricante, durante las pruebas en fábrica.

Utilizando un simulador cliente MMS/IEC 61850 o un maestro DNP3, el procedimiento de pruebas debería requerir la adquisición de datos y que correspondan con las señales del equipo híbrido, simulando o forzando las señales; lo que debería realizarse durante las pruebas en fábrica.

Ahora bien, con el equipo híbrido instalado y conectado a la red Ethernet para el caso de MMS/IEC 61850 y DNP3 sobre TCP/IP o conexión serial a un maestro DNP3, en caso de así haberse decidido, las comprobaciones finales, deben ser que el Cliente o el maestro, sean capaces de establecer comunicación y que al simular las señales, se adquieran tal y como se comprobó en fábrica.

II Procedimiento de Pruebas

El procedimiento de pruebas debería elaborarse siguiendo las recomendaciones de la norma NMX-Z-013-SCFI, centrándose en:

- a) Requerimientos y certificaciones del equipo de prueba a emplear
- b) Certificaciones del personal que debe ejecutar la prueba
- c) Preparativos para tomar las mediciones
- d) Adecuaciones y ajustes que deben realizarse a las mediciones tomadas
- e) Registro de resultados

- f) Criterios de aceptación
- g) Contenido del Reporte de Aceptación o Rechazo

Tomando como base la norma IEC 60300-4, se debería identificar las pruebas que cumplan que se pueden realizar tomando como base:

- a) Duración de la Prueba
- b) Equipo de Prueba requerido
- c) Nivel de especialización del personal

Del análisis de las pruebas identificadas, se deberían desechar aquellas que impliquen un costo alto y largo tiempo de ejecución, puesto que durante las pruebas de fábrica y en sitio, el factor tiempo puede tener implicaciones como el incumplimiento de compromisos contractuales o para cubrir las necesidades de entrada operación. La especialización del personal requerido para la prueba, puede incrementar significativamente el costo de la prueba, así que debe estar en proporción con el costo del equipo y tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante.

III Transformador como Equipo Híbrido

Recientemente se han adquirido por la Comisión Federal de Electricidad, transformadores de potencia como equipos híbridos, que cuentan con dispositivos electrónicos inteligentes para proporcionar una interfaz óptica y protocolos de comunicación para sistemas de protección y de supervisión, como puede ser una UTR.

Se elaboró un documento que describe sus requerimientos y definió que debería contar con las señales convencionales propias del fabricante mediante cable de control y exponerlas también mediante los dispositivos electrónicos inteligentes, al mismo tiempo. El usuario, decidiría qué interfaz usar, con base en su propia experiencia y necesidades.

Una de las lecciones aprendidas, es que para evitar que los fabricantes entregaran transformadores de potencia, sin configurar su interfaz óptica, se debía elaborar un procedimiento, que debía ser seguido por el

proveedor como parte de las pruebas en fábrica, que además contribuiría a disminuir el tiempo necesario para la puesta en servicio, toda vez que proporcionaría por adelantado a su llegada a sitio, la configuración del protocolo MMS/IEC 61850, GOOSE o DNP3, de tal forma que el integrador de la UTR tendría tiempo para realizar su programación previo a su conexión; mientras que el integrador de los sistemas de protección, sabrían de antemano, qué señales están disponibles en el transformador y tomar la señales proporcionadas por cable, con el esfuerzo y material necesario para ello, o configurar las suscripciones a los mensajes GOOSE publicados por el transformador para incorporarlos a los esquemas de protección.

Los equipos de prueba modernos, son capaces de simular la generación de mensajes GOOSE, partiendo del archivo SCL, que debería proporcionar el fabricante del transformador, con lo que se podrían realizar pruebas en fábrica para verificar que los esquemas de protección, funcionan conformes con las especificaciones del cliente.

Ahora bien, los archivos SCL deberían ser exigidos durante las pruebas en fábrica, pero es mejor si el fabricante del transformador cuenta con una configuración normalizada para todos sus productos de línea, de tal forma que dicha configuración estaría disponible incluso antes de iniciar la fabricación y los sistemas de protección y supervisión, tendrían tiempo suficiente para programarse y probarse, mucho antes de iniciar las pruebas en sitio.

IV Sobre el Costo de los Equipos Híbridos

Es verdad que al analizar un equipo híbrido, se advierte que se incrementa su costo sobre aquellos que solo proporcionan una de las dos interfaz, por lo que su justificación podría no ser atractiva en algunos casos.

La ventaja principal de los equipos híbridos, es que permiten una transición paulatina de los sistemas tradicionales a los sistemas basados en fibra óptica y protocolos de comunicación, dando

tiempo a los usuarios a capacitar a su personal, determinar estrategias para el mantenimiento y eventualmente dejar de usar la interfaz por cable de control, lo que se traduciría en eliminarla por completo en el futuro, en beneficio de una interfaz más flexible y con posibilidades de mejorarse, sin la necesidad de realizar grandes cambios en tendido y conectado de cables y más espacio para tablillas terminales.

Lo anterior sin dejar a un lado, que ambas interfaz podrían ser usadas al mismo tiempo. El sistema de protecciones, puede emplear la interfaz por cable de control y transitar lentamente a la de fibra óptica por mensajes GOOSE. Mientras que el sistema supervisorio, puede tomar ventaja del protocolo MMS/IEC 61850 o DNP3, que el futuro podría modificarse para incorporar nuevos sensores o resultado de algoritmos que se ejecuten en los dispositivos electrónicos inteligentes, para proporcionar estados basados en la condición, que ayudarían en la toma de decisiones operativos y de su mantenimiento.

V Bibliografía

1. DETERMINACIÓN DE LA FUERZA MÁXIMA ACEPTABLE PARA EMPUJAR Y HALAR CARGAS POR PARTE DE TRABAJADORES CON EXPERIENCIA PREVIA EN LA MANIPULACIÓN DE CARGAS, EN UNA MUESTRA DEL PERSONAL DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD

JAVERIANA, Luisa Fernanda Barbosa, Natalia Delgado Heriquez, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2004.

2. NMX-J-663/1-ANCE:2012, Dispositivos de conexión – Conductores eléctricos de cobre – Requisitos de seguridad con tornillo y sin tornillo – tipo de unidades de sujeción – Parte 1: Requisitos generales y necesidades particulares de sujeción para conductores de 0,2 mm² a 35 mm²

VI Biografía

Daniel Espinosa Ortiz.- Trabaja actualmente en la Comisión Federal de Electricidad; ha trabajado en la generación de estándares para la adopción de la Sistemas de Automatización de Subestaciones basados en la Norma Internacional IEC 61850; es desarrollador y principal



mantenedor de diversos software con licencia libre; es miembro de la GNOME Foundation; fue miembro del Comité de Estudios SC B5 de CIGRÉ; ha sido autor de diversos artículos técnicos en IEEE y publicaciones de CIGRÉ; ha recibido, junto con su área, dos premios al desarrollo tecnológico y a la innovación CFE.