

EFFECTO DE LOS CICLOS DE DESARROLLO MÁS RÁPIDOS DE LOS IED EN LAS PRUEBAS DE PROTECCIÓN

Nashmi H. Al-Harbi, Ahmed Abdulhamied M. Yanbawi (National Grid, Arabia Saudí); Richard Marenbach, Michael Albert (OMICRON electronics Deutschland GmbH, Alemania)

richard.marenbach@omicronenergy.com

Alemania

Resumen

Los ciclos de vida de los dispositivos de protección digitales modernos son cada vez más cortos. También están reduciéndose los periodos de tiempo entre las actualizaciones del firmware de estos dispositivos. Está aumentando, por lo tanto, la necesidad de realizar pruebas en las diferentes fases del ciclo de vida. Los fabricantes tienen que verificar la calidad del producto en su rutina de inspección final; las compañías eléctricas tienen que verificar, por ejemplo, los requisitos funcionales, la calidad del nuevo firmware, la corrección de la puesta en servicio, los parámetros de ajuste y mucho más.

Este artículo trata del ciclo de vida de un dispositivo de protección desde el punto de vista de la compañía eléctrica. Clasifica las distintas fases de este ciclo de vida e indica los requisitos para las pruebas en diferentes fases. Se tratan los aspectos de las pruebas, desde el primer trabajo de pre-homologación hasta las pruebas de mantenimiento. Se explica el efecto de las especificaciones y la estandarización y se destacan las sinergias.

Como ejemplo de unas pruebas automatizadas exitosas, se presenta la solución para las pruebas de mantenimiento de líneas aéreas de 380 kV en la red eléctrica nacional de Arabia Saudí.

Key words: firmware, especificación, prehomologación, pruebas tipo, prueba de aceptación en fábrica, prueba de puesta en servicio, prueba de mantenimiento, estandarización, dispositivo de protección, ciclo de vida

1 Introducción

Los ciclos de vida de los IED modernos son cada vez más cortos. También están reduciéndose los periodos de tiempo entre las actualizaciones del firmware de estos dispositivos. Está aumentando, por lo tanto, la necesidad de realizar pruebas en las diferentes fases del ciclo de vida. Los fabricantes tienen que verificar la calidad del producto en su rutina de inspección final; las compañías eléctricas tienen que verificar, por ejemplo, los requisitos funcionales, la calidad del nuevo firmware, la corrección de la puesta en servicio, los parámetros de ajuste y mucho más.

2 El ciclo de vida de un activo

Esta sección indica las diferentes fases del ciclo de vida de un IED desde el punto de vista de una compañía eléctrica. Se ignoran aquí las fases que se producen principalmente en las instalaciones del fabricante del IED. Denominamos aquí las diferentes fases como sigue:

- Fase de planificación
- Fase de licitación
- Fase de pruebas de aceptación en fábrica
- Fase de puesta en servicio
- Fase de mantenimiento

Son necesarias distintas medidas durante cada fase, pero pueden producirse fallas también al tomar estas medidas. Estas fallas tienen que evitarse o eliminarse.

2.1 Fase de planificación

Durante la fase de planificación del sistema de protección queda definido todo el sistema. El técnico de planificación tiene que determinar qué activos primarios quiere proteger y cómo. El sistema de protección se caracteriza por su selectividad, velocidad, confiabilidad y disponibilidad. Todos estos atributos tienen que elegirse de tal manera que se cumpla la filosofía de protección de la compañía eléctrica. Hay que responder a varias preguntas, como las siguientes: ¿Qué funciones de protección se utilizan? Si se requiere un sistema de protección duplicado, ¿qué funciones de protección desempeñan el IED 1 y el 2? ¿Cómo se realiza la protección de respaldo? ¿Qué sistema de comunicaciones se utiliza dentro de la subestación o entre subestaciones?

En cualquier caso, el técnico de planificación puede cometer errores: el sistema de protección puede ser no selectivo o no contemplar los otros aspectos necesarios. También pueden ser incorrectos los ajustes del IED debido a errores de cálculo. Incluso los datos desconocidos o defectuosos de los activos primarios pueden dar lugar a hojas de ajustes de los IED incorrectas.

2.2 Fase de licitación

La fase de licitación es probablemente la más importante. Consta de muchos pasos diferentes. Primero, tiene que definirse un procedimiento de prehomologación que incluya la descripción de todos los casos de prueba a los que hay que someter a un nuevo IED de protección para homologarlo [1]. Este procedimiento ayuda a eliminar la presión del tiempo en el proceso de licitación porque puede iniciarse en cualquier momento antes de publicarse la licitación. De esta manera, el fabricante y su producto pueden quedar prehomologados y el emisor de la licitación sabe que solo pueden ofertarse los productos que cumplen sus requisitos y así puede concentrarse en otros temas, tal como el precio [2].

El procedimiento de prehomologación puede incluir una descripción escrita de las pruebas que el IED tiene que superar o incluso archivos digitales que los equipos de prueba específicos puedan ejecutar.

Pero como siempre, también en esta fase pueden producirse fallas que podrían influir notablemente en el uso del IED con posterioridad. Por ejemplo, los casos de prueba durante el proceso de prehomologación quizás no abarquen todos los aspectos por un lado, y por otro, el IED quizás no funcione correctamente según las normas predefinidas.

2.3 Fase FAT (pruebas de aceptación en fábrica)

La fase FAT tiene lugar en las instalaciones del fabricante del IED. El propio cliente (o alguien más que sea testigo de las pruebas) también forma parte del procedimiento. La funcionalidad del IED puede probarse en su armario de protección. Incluso la comunicación entre los IED dentro del mismo cubículo o entre cubículos u otros procesos remotos pueden formar parte de la prueba. Como parámetros, muy a menudo se utiliza una configuración estándar del cliente para comprobar el desempeño del IED.

Si sigue habiendo fallas en la configuración, se tratará probablemente de fallas de cableado en el cubículo que luego tienen que eliminarse con mucho más trabajo durante la fase de puesta en servicio.

2.4 Fase de puesta en servicio

La fase de puesta en servicio empieza con la entrega en campo de los armarios de protección. Todos los IED, procesos y canales de comunicaciones tienen que probarse. Se montará todo el sistema para que quede en perfecto funcionamiento. Esto incluye también los TC, TT, las merging units y los IP.

Los IED reciben sus ajustes finales. La prueba de aceptación in situ (SAT) concluirá este procedimiento. Pero también se pueden pasar por alto fallas en esta fase. El IED podría tener un ajuste incorrecto debido a un error del técnico de puesta en servicio o debido a un error de cálculo, si los ajustes del IED tienen que establecerse durante la puesta en servicio. También pueden producirse en la subestación fallas de cableado, comunicación e interbloqueos.

2.5 Fase de mantenimiento

Algún tiempo después de ponerse en funcionamiento, el IED recibirá su primera revisión de mantenimiento. La finalidad de esta revisión es evaluar el funcionamiento de todo el IED en su entorno. Si el técnico de pruebas puede estar seguro de que nadie ha cambiado ninguno de los ajustes del IED, la prueba puede ser bastante corta. En cualquier caso, tienen que definirse las secuencias de las pruebas de tal manera que pueda verificarse el correcto funcionamiento del IED y los procesos conectados (incluyendo el TC/TT, las merging units y el IP).

Si no se aplican los casos de puesta correctos al IED, no se detectarán las fallas de los componentes dañados ni las fallas que persistan desde la fase de puesta en servicio.

2.6 Consecuencias

Durante las diferentes fases del ciclo de vida de un IED, éste será sometido a múltiples casos de prueba. La calidad de un caso de prueba especificado en una cierta fase del ciclo de vida tiene que ser muy alta. El objetivo tiene que ser siempre terminar cierta fase con cero fallas restantes. Como esto solo es posible teóricamente, el objetivo debe ser minimizar el número de fallas al final de una fase.

Este también es un argumento por el que muchas compañías eléctricas piensan que las pruebas de mantenimiento tienen que realizarse en un nivel mínimo. Pero esta opinión puede ser problemática: como se ha indicado

anteriormente, al final de la fase de puesta en servicio sigue habiendo algunas fallas en la subestación. Al menos la primera prueba de mantenimiento después de la fase de puesta en servicio tiene que ser de una calidad muy alta.

Esto es también muy importante específicamente en el caso de que la compañía eléctrica haya subcontratado las pruebas de mantenimiento. En este caso, lo mejor que puede hacer la compañía eléctrica es definir los métodos de prueba para que el subcontratista tenga indicaciones claras de lo que tiene que hacer.

3 Finalidad de las pruebas

Las secuencias de prueba podrían tener una finalidad totalmente diferente. En la siguiente tabla se indican algunos tipos de finalidades de las pruebas con su contenido específico.

| Finalidad de las pruebas | Contenido (a modo de ejemplo) |
|--|---|
| Esquema de protección general | Probar si el sistema de protección (todos los IED instalados) de una línea paralela está funcionando correctamente: selectividad para todo tipo de fallas, si la protección de respaldo está configurada apropiadamente, si la protección ante fallas del IP está funcionando apropiadamente. |
| Verificación de los parámetros del IED | Probar si el IED está funcionando correctamente dentro de las tolerancias descritas por el fabricante. |
| Comunicación con subestaciones | Probar si la norma seleccionada de comunicación dentro de la subestación o con los procesos remotos está funcionando como se desea. |
| Función de protección individual | Comprobar si una función específica puede proteger un activo específico como se desea. Por ejemplo, si el polígono de un nodo lógico con funcionalidad PDIS puede cubrir todas las fallas con arco eléctrico en una línea de transmisión seleccionada. |
| Efectos dinámicos | Comprobar si un IED sigue funcionando correctamente incluso si el TC al que pertenece está ya saturado. |
| Lógica de disparo | Comprobar si el esquema lógico autodesarrollado dentro del IED está funcionando según la definición. |
| Extremo a extremo | Comprobar si el esquema de teleprotección o el IED diferencial de línea están funcionando correctamente. |
| Alarmas | Comprobar si todas las alarmas se generan del modo deseado. El operador de pruebas debe prestar plena atención a la definición de un caso de prueba de tal forma que solo se dispare la alarma bajo prueba y no otras. |
| Verificaciones del cableado | Comprobar si todos los cables están conectados a los terminales correctos. |
| Conformidad con las normas | Comprobar si el IED está funcionando según una norma definida, es decir, según la IEC 61850 o IEC 60255-121. |
| Actualización del firmware | Comprobar si es necesario realizar una actualización del firmware, si cumple todos los requisitos (similar al proceso de prehomologación) y si el IED está funcionando correctamente en la subestación después de la actualización del firmware. |

Para todo tipo de finalidades de prueba, hay una regla importante: no se debe cambiar un ajuste de un IED solo para comprobar una funcionalidad específica. Esto es muy importante también durante la fase de puesta en servicio. Ignorar esta regla podría dar lugar a que el técnico de pruebas no llegase a comprobar los ajustes finales.

4 Ciclos de desarrollo más rápidos en el sector

Dado que los IED nuevos incluyen muchas funciones basadas solo en software, es bastante probable que el fabricante publique actualizaciones de firmware en ciclos de desarrollo cada vez más cortos. Como la implementación de una nueva versión del firmware en un IED es comparable a una fase de prehomologación y puesta en servicio, tiene sentido coordinar todos los casos de prueba usados para estimular el IED. Conviene, por lo tanto, pensar en una estrategia de pruebas global para la compañía eléctrica.

4.1 Pruebas no coordinadas

Durante cada fase del ciclo de vida, el IED tiene que someterse a casos de prueba específicos. Antes de poner en marcha un caso de prueba, el técnico de pruebas tiene que pensar en cuál es el contenido del caso y cómo puede obtenerse el resultado específico de la prueba. Definir el caso de prueba puede llevar bastante tiempo, en tanto que la ejecución de un caso de prueba con un equipo de prueba digital moderno que permita una automatización de alta calidad, es cuestión de minutos. Esto significa que el tiempo para definir un caso de prueba y configurar el equipo de prueba es muy importante si el objetivo de una compañía eléctrica es ser más eficiente en términos de calidad y rapidez de las pruebas.

En la Figura 1 se indica el tiempo necesario para la definición y ejecución del mismo (o parecido) caso de prueba durante las distintas fases de la vida útil del sistema.

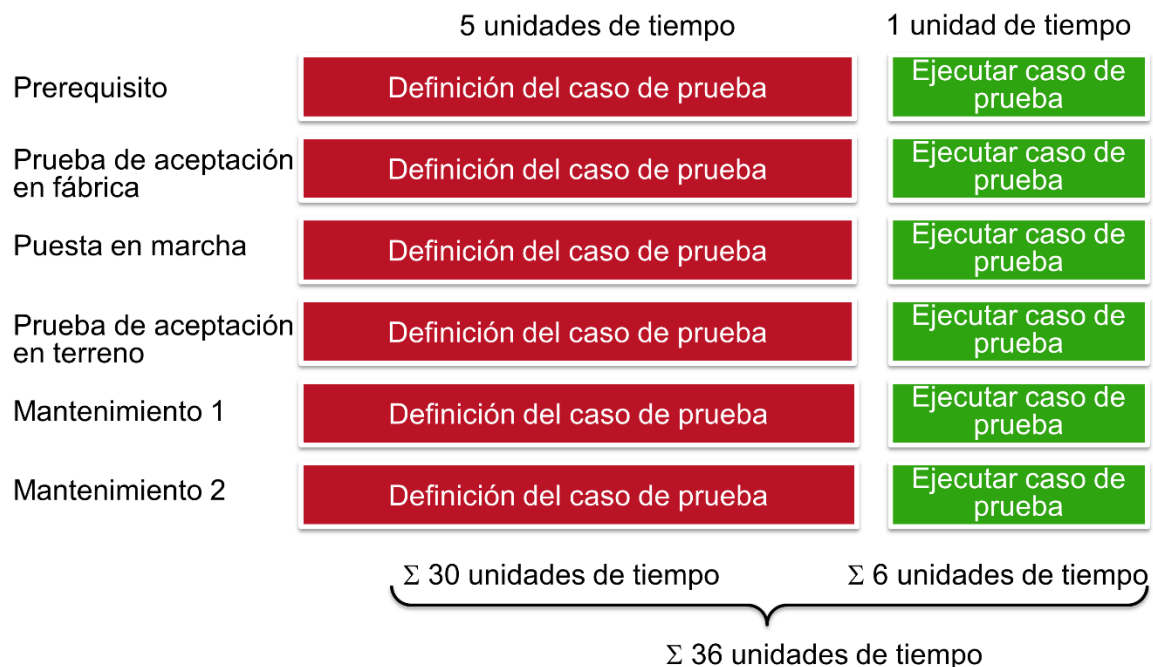


Figura 1: Tiempo de prueba total para la definición y ejecución de un caso de prueba con pruebas no coordinadas.

En cada fase del ciclo de vida alguien específico (probablemente de otro departamento) piensa en cómo probar una función específica de un IED y cómo configurar el equipo de prueba. Si esto consume 5 unidades de tiempo y esta prueba es definida por otra persona en otra fase que dedica el mismo tiempo, se dedican 6×5 unidades de tiempo que son 30 unidades de tiempo. Suponiendo que diferentes técnicos de pruebas ejecutan el caso de prueba definido con la misma finalidad, necesitarán 6×1 unidades de tiempo que son 6 unidades de tiempo. Para toda la definición, se necesitan 36 unidades de tiempo si no tiene lugar ninguna coordinación de los procedimientos de prueba.

4.2 Pruebas coordinadas

Si la definición de los casos de prueba se coordina en toda la empresa, podrá ahorrarse mucho tiempo. Por lo tanto, es necesario adaptar los procesos de trabajo comunes de la empresa en los que trabajen distintas personas, aunque no pertenezcan al mismo departamento. El objetivo debe ser que no se defina un caso de prueba específico desde cero en cada fase del ciclo de vida. Esto es parecido a reinventar la rueda una y otra vez.

Si los casos de prueba solo se definen para la primera fase del ciclo de vida y se reutilizan para las siguientes fases, puede ahorrarse muchísimo tiempo y aumentar así la eficacia espectacularmente.

Como se indica en la Figura 2 pueden ahorrarse 5 x 5 unidades de tiempo. Esto supone un 70% de reducción del tiempo, que es equivalente a la misma reducción en coste. En caso de usarse equipos de prueba de altas prestaciones, es posible guardar estas definiciones en formato digital de manera que el equipo de prueba pueda cargar directamente la definición y ejecutar la prueba. De esta manera todo técnico de pruebas puede realizar la prueba con la misma calidad.

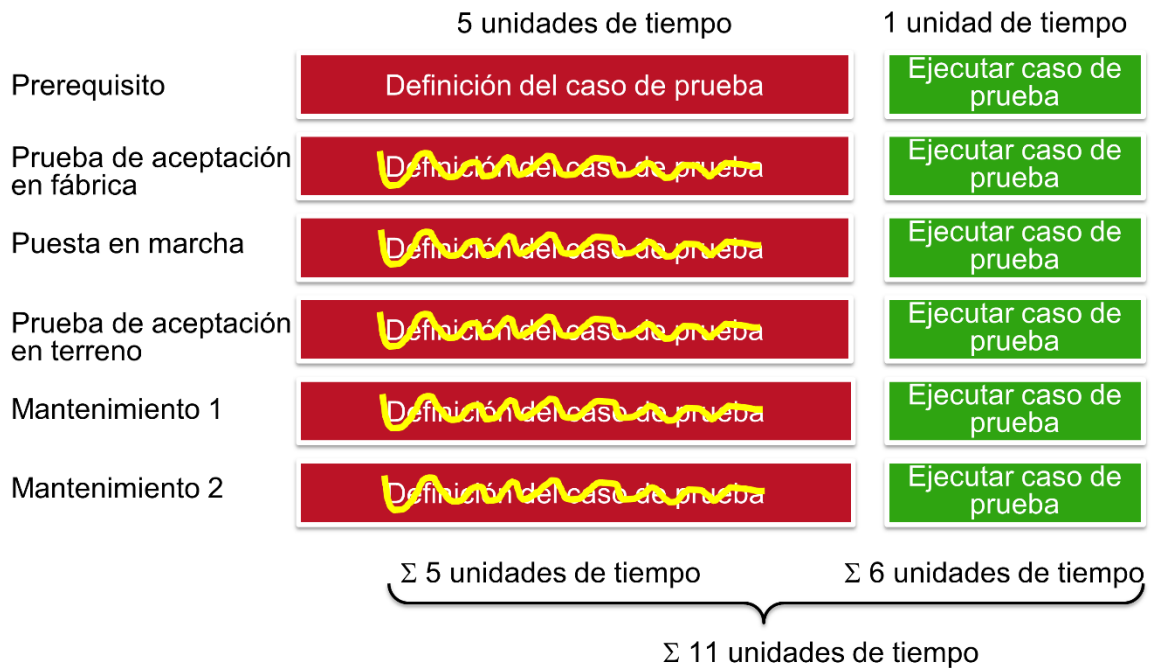


Figura 2: Tiempo de prueba total para la definición y ejecución de un caso de prueba con pruebas no coordinadas.

5 Matriz de pruebas



Figura 3: Tiempo de prueba total para la definición y ejecución de un caso de prueba con pruebas no coordinadas.

Si se juntan todo tipo de finalidades de pruebas y diferentes fases de un IED dentro de su ciclo de vida, puede resumirse el panorama completo de las definiciones de prueba y los casos de prueba.

Como se muestra en la Figura 3 es bastante obvio que hay muchas situaciones en las que se hace una definición de caso de prueba (cuadro azul) si el flujo de trabajo de la empresa no está coordinado. Si es posible pasar las definiciones de pruebas de un departamento a otro, puede aumentar la eficacia de las pruebas. Para cada finalidad de pruebas, los casos de prueba solo tendrían que definirse una vez (figura 4). Siguiendo este método, puede aplicarse un caso de prueba (cuadrado verde) al IED tan a menudo como la filosofía de pruebas de la empresa defina la necesidad. El resultado de este método se muestra en la Figura 4.



Figura 4: Tiempo de prueba total para la definición y ejecución de un caso de prueba con pruebas coordinadas.

6 Solución en National Grid

National Grid explota la red de transmisión en Arabia Saudí. La empresa decidió elaborar una solución de pruebas para todos los relés de protección en su red eléctrica. El planteamiento es que cada técnico de pruebas pueda realizar la prueba con la misma calidad. Para ello es necesario una definición de pruebas sofisticada [3]

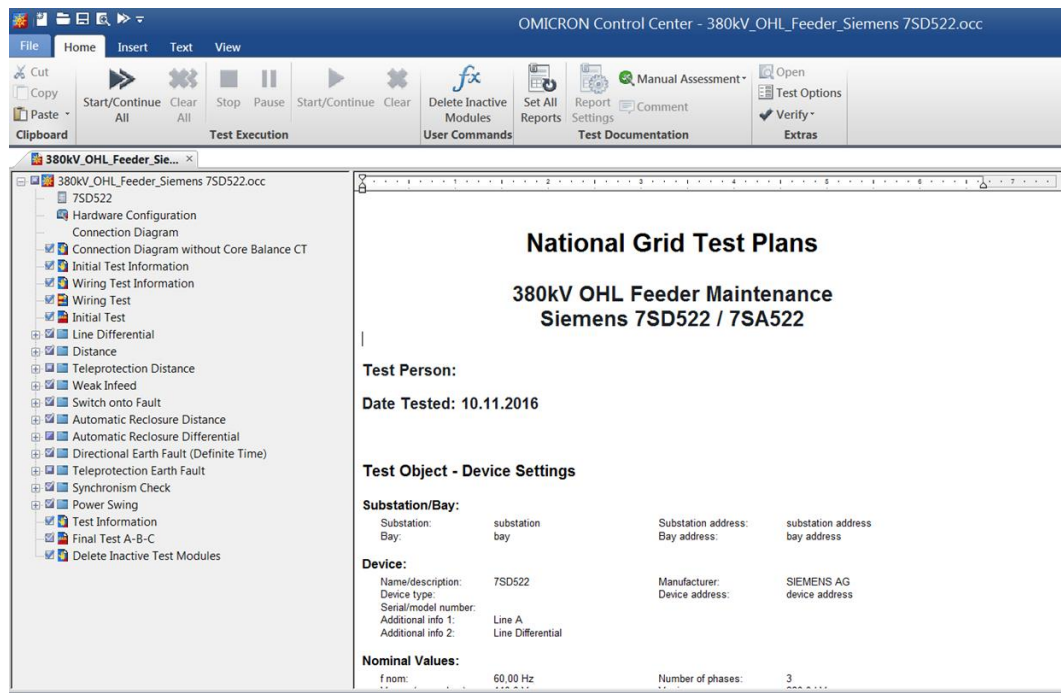


Figura 5: Plan de pruebas automatizadas para alimentador de línea aérea de 380 kV en NG

Una solución sencilla para una definición de pruebas es simplemente anotar todos los pasos necesarios de tal manera que un técnico de pruebas pueda realizar la prueba con algunos equipos de prueba. National Grid decidió dar un paso más para automatizar los casos de prueba todo lo posible. Para ello, se utilizó la capacidad del software Test Universe de OMICRON, especialmente la exclusiva función XRIO. El software puede guardar en un solo archivo todos los parámetros de los relés, así como las secuencias completas de pruebas para un relé completo en todos los casos de prueba que sean necesarios para probar las siguientes funciones de IED en un alimentador de línea aérea de 380 kV.

- Protección diferencial de línea
- Protección de distancia
- Sobrecorriente de respaldo/sobrecorriente de emergencia
- Esquemas de teleprotección (Distancia&67N)
- Recierre automático
- Falla a tierra direccional
- Cierre sobre falla
- Bloqueo por oscilación de potencia
- Avería del interruptor

Puede verse un volcado de pantalla del plan de pruebas en la Figura 5.

Esta solución altamente automatizada consiste en un archivo OCC que incluye todas las pruebas necesarias para el alimentador específico. Si un operador de pruebas quiere probar un alimentador específico con ajustes específicos, tiene que introducir la información de una hoja de ajustes del IED en el software (consulte la

Figura 6). El aspecto único es que el usuario solo necesita introducir una vez cada parámetro de relé en el sistema de pruebas. Usando la tecnología XRIO de OMICRON, todos los módulos de software tienen acceso a los datos de los relés. Por lo tanto, con la tecnología XRIO, OMICRON realmente ofrece planes de pruebas para más de 370 IED diferentes de más de 20 fabricantes distintos, incluyendo todos los datos de relés que puede usar un operador de pruebas [4].

Además, las pruebas son plenamente reproducibles en cualquier momento, lo que puede ser extremadamente útil durante las investigaciones de fallas.

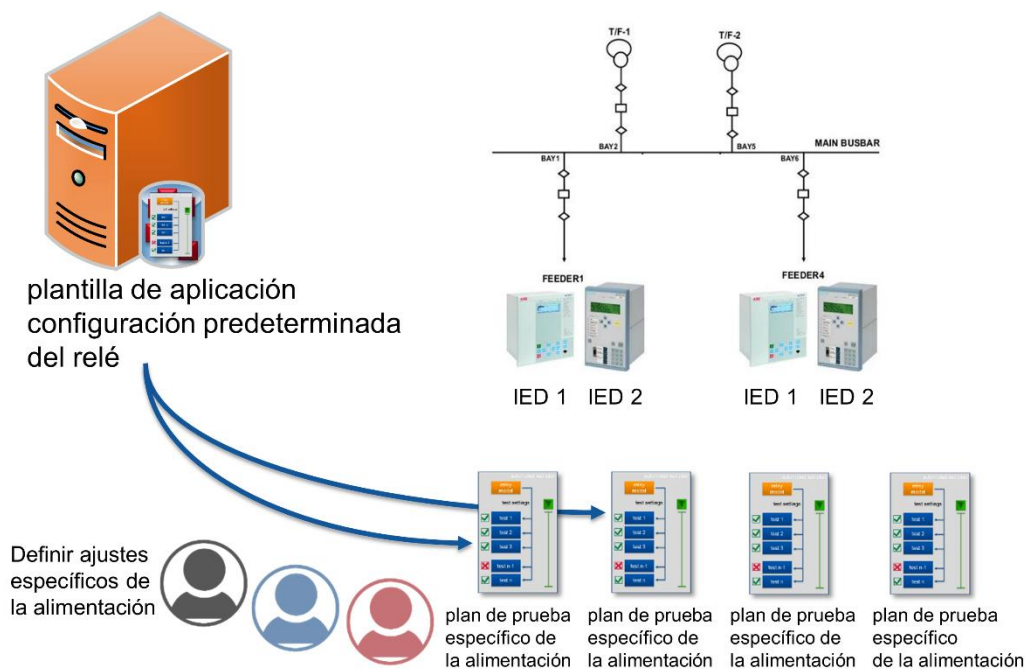


Figura 6: Principio de trabajo para las pruebas de mantenimiento en NG

7 Conclusiones

Como los ciclos de desarrollo de los fabricantes de IED serán más cortos en el futuro cercano, tienen que adaptarse también los procesos de pruebas de una empresa. Revisar los principios de trabajo puede dar lugar a una mayor eficiencia en el tiempo y calidad de las pruebas.

- Aspectos de calidad: Las pruebas se reproducen y repiten mejor que las pruebas manuales.
- Ahorro de costes al ahorrar tiempo en la preparación, ejecución y documentación de la propia prueba.
- Conservación de los conocimientos de los empleados experimentados de la empresa mediante la redacción de documentos estándar.
- Resolución de problemas técnicos por un equipo central de especialistas y divulgación de una solución estandarizada a los operadores de pruebas en el campo.
- Mejora de la profundidad de las pruebas usando casos de prueba que son altamente sofisticados. Por lo general, no todas estas pruebas las lleva a cabo el mismo técnico de pruebas.
- Uso de funciones avanzadas de las herramientas de pruebas que los técnicos de pruebas quizás no conozcan.

Referencias

- [1] Prequalification of new Assets using the Example of Distance Protection Devices (Prehomologación de nuevos activos usando el ejemplo de dispositivos de protección de distancia), Christoph Trabold, Michael Albert, Richard Marenbach (OMICRON electronics Deutschland), PAC World Conference 2016, Ljubljana, 2016
- [2] Rules applicable to procurement by entities operating in the water, energy, transport and postal services sectors until 2016 (Reglas aplicables a las compras de entidades de los sectores de agua, energía, transporte y servicios postales hasta 2016), Directiva 2014/25/EU
- [3] 380-kV-OHL protection testing at National Grid using customized test plans (Pruebas de protección de líneas aéreas de 380 kV en National Grid usando planes de pruebas personalizados), Nashmi H. Al-Harbi, Ahmed Abdulhamied M. Yanbawi (National Grid, Saudi Arabia), OMICRON Saudi User Meeting, Al-Khobar, Saudi Arabia, 7th – 9th of May 2017
- [4] Automated testing of motor protection IEDs (Pruebas automatizadas de los IED de protección de motores), Michael Albert (OMICRON electronics Deutschland), PAC World Magazine, Marzo de 2017

OMICRON es una compañía internacional que presta servicio a la industria de la energía eléctrica con innovadoras soluciones de prueba y diagnóstico. La aplicación de los productos de OMICRON brinda a los usuarios el más alto nivel de confianza en la evaluación de las condiciones de los equipos primarios y secundarios de sus sistemas. Los servicios ofrecidos en el área de asesoramiento, puesta en servicio, prueba, diagnóstico y formación hacen que la nuestra sea una gama de productos completa.

Nuestros clientes de más de 140 países confían en la capacidad de la compañía para brindar tecnología de punta de excelente calidad. Los Service Centers en todos los continentes proporcionan una amplia base de conocimientos y un extraordinario servicio al cliente. Todo esto, unido a nuestra sólida red de distribuidores y representantes, es lo que ha hecho de nuestra empresa un líder del mercado en la industria eléctrica.

Para obtener más información, documentación adicional e información de contacto detallada de nuestras oficinas en todo el mundo visite nuestro sitio web.