

Puesta en servicio de un IED de protección subarmónica utilizando herramientas de prueba avanzadas

R. Midence, A. Oliveira, N. Perera - ERLPhase Power Technologies Ltd

E. Carvalheira, K. Donaldson - OMICRON electronics

Resumen

La utilización de dispositivos de protección capaces de detectar condiciones de resonancia subsincrónica (SSR) se ha hecho más común en los últimos años. La llegada de estos dispositivos de protección ha creado el nuevo reto de probar y poner en servicio estos dispositivos. La puesta en servicio de los dispositivos de protección subarmónica requiere seguir un proceso que difiere del proceso tradicional de prueba y puesta en servicio de los dispositivos numéricos. Este documento presenta las experiencias de los autores durante la puesta en servicio de los relés de protección subarmónica y describe el proceso utilizando un sistema avanzado de prueba de relés (el equipo de prueba CMC 356 de OMICRON, los módulos Ramping y PQ Signal Generator del software Test Universe, así como una plantilla OCC) y el proceso recomendado que debe seguirse antes de la visita al emplazamiento y después, durante la propia puesta en servicio del relé.

El documento tratará los siguientes temas:

- Las características de un relé de protección subarmónica
- El proceso de ingeniería para la determinación de los ajustes
- La determinación de los casos de prueba para asegurarse de que todas las características del relé se prueban correctamente
- El uso de un sistema avanzado de prueba de relés para la preparación de los planes de prueba que se utilizarán durante las pruebas de los relés
- El proceso seguido en campo para poner en servicio el relé utilizando avanzados equipos y software de prueba de relés.

Durante el proceso de puesta en servicio de los relés de protección subarmónica los autores descubrieron que hay muy poca comprensión de los fenómenos SSR y SSCI, de la ingeniería que hay detrás de la selección de los ajustes de los IED de protección subarmónica y del proceso de prueba y puesta en servicio de tales IED; de ahí la necesidad de educar a la comunidad de Protección y Control.

El documento describe el uso de un sistema avanzado de prueba de relés que incluye un software capaz de crear las plantillas que se utilizarán para probar todas las características del relé y la validación de los ajustes. Antes de la creación de las plantillas de prueba, el proceso requiere la revisión de los casos de simulación de sistemas eléctricos que se utilizaron para determinar los ajustes del relé, a fin de crear casos de prueba que confirmen que el relé responde como se esperaba. El proceso requiere pruebas de:

- Rangos de frecuencias subarmónicas: asegurarse de que el relé no opera anómalamente a frecuencias fuera del rango de frecuencia deseado
- Magnitudes subarmónicas: asegurarse de que el relé no opera anómalamente con subarmónicos de magnitudes por debajo de los umbrales establecidos
- Todas las características asociadas, tal como la operación por duración, la distorsión subarmónica total, el bloqueo de los armónicos 2º y 5º, etc.
 - Características de protección a la frecuencia fundamental

Palabras clave: Resonancia subsincrónica (SSR), interacciones subsincrónicas, líneas de transmisión, condensadores en serie, subarmónicos, sistemas avanzados de prueba de relés

Introducción

En los últimos años se han presentado algunos artículos en los que se estudian los diferentes tipos de interacciones subsíncronas entre los elementos del sistema eléctrico, en particular las que afectan a los grandes generadores de vapor, los parques eólicos, los HVDC y las líneas de transmisión compensadas en serie.

Las interacciones subsíncronas (SSI) son una familia de interacciones físicas que implican el intercambio de energía entre un generador y un sistema de transmisión a frecuencias de CA inferiores a la frecuencia nominal del sistema. Incluyen SSR, SSTI y SSCI. Son posibles varios tipos de interacciones subsíncronas, entre ellas la resonancia subsíncrona (Sub-Synchronous Resonance, SSR), las interacciones torsionales subsíncronas (Sub-Synchronous Torsional Interactions, SSTI) y las interacciones de control subsíncrono (Sub-Synchronous Control Interactions, SSCI). La SSR y las SSTI en particular han sido bien documentadas y explicadas con cierto detalle por Andrew L. Isaacs, Garth D. Irwin, y Amit K. Jindal en [1].

El IEEE publicó una guía de la resonancia subsíncrona [2] en la que se revisan los aspectos más básicos de la SSR y las oscilaciones subsíncronas dependientes de los dispositivos, citando las referencias que sostienen lo que se expone.

La NERC publicó una "Lección aprendida": La interacción subsíncrona entre las líneas de transmisión compensadas en serie y la generación, con fecha del 26 de julio de 2011. Las "Lecciones aprendidas" indicaban que los recientes acontecimientos de oscilaciones subsíncronas entre los aerogeneradores y un condensador en serie en la red de transmisión provocaron daños importantes en los aerogeneradores. Una falla normalmente ignorada y despejada en una línea de transmisión de 345 kV dio lugar a una configuración del sistema tras la incidencia en la que dos parques eólicos quedaron conectados radialmente a una línea

de transmisión de 345 kV compensada en serie. Esta configuración produjo una inestabilidad de control subsíncrono (SSCI) entre los aerogeneradores y la línea de transmisión compensada en serie, lo que dio lugar a graves sobretensiones/distorsión de la corriente, disparos adicionales de las instalaciones de transmisión y daños en los circuitos de control del parque eólico. En el documento se llega a la conclusión de que es necesario considerar mejoras adecuadas del diseño del sistema de transmisión cuando se estudie la integración de parques eólicos a gran escala. Algunas medidas que pueden considerarse son la instalación de sistemas de protección adicionales para detectar la SSR y adoptar medidas correctivas, así como la instalación de sistemas de protección adicionales para evitar la SSR en función de la topología del sistema.

Las recomendaciones de NERC llevaron a los proveedores de relés de protección a desarrollar un relé de protección subarmónica capaz de detectar interacciones subsíncronas para tomar acciones correctivas o incluso preventivas.

K. Narendra et al., proporcionan en [3] una descripción detallada de un relé basado en microprocesador, diseñado específicamente para detectar las interacciones subsíncronas y proteger frente a ellas. [4][5][6] proporcionan detalles sobre la aplicación de un relé de protección subarmónica, el proceso de ingeniería para calcular los ajustes, y también proponen un proceso para validar el rendimiento del relé.

Este documento se centra en el proceso de pruebas de aceptación en campo de un relé de protección subarmónica tanto para las características de detección subarmónica como para las características de protección de frecuencia fundamentales.

Descripción de los ajustes de protección subarmónica

[6] Un relé de protección subarmónica protege ante las oscilaciones subarmónicas midiendo las magnitudes de las tensiones y corrientes de los subarmónicos con

frecuencias en el rango de 5-45Hz en sistemas de 50Hz o 5-55Hz en sistemas de 60Hz. El relé se compone de cuatro señales de corriente y dos juegos de entradas de tensión trifásica. Cada entrada puede configurarse para detectar frecuencias individuales de 5-45Hz en sistemas de 50Hz o 5-55Hz en sistemas de 60Hz, con dos niveles de detección. El dispositivo también tiene la capacidad de sumar las cantidades de dos de las entradas de corriente, una característica útil que permite el monitoreo de las corrientes en las líneas que están asociadas a dos interruptores de potencia, aplicando los detectores de nivel a estas cantidades sumadas.

Cada detector de corriente o tensión tiene los siguientes ajustes de detección

subarmónica:

- Rango de frecuencia seleccionable entre 5 y 45 Hz para sistemas de 50 Hz o 5 y 55 Hz para sistemas de 60 Hz
- Valor de arranque de nivel subarmónico
 - Relativo a la nominal
 - Relativo a la fundamental
- Retardo de tiempo
- Distorsión subarmónica total
- Operaciones / Ajuste de los minutos
- Bloqueo del 2º armónico (sólo para los detectores de corriente)
- Bloqueo del 5º armónico (sólo para los detectores de corriente)

El formato de los ajustes se muestra en las figuras 1 y 2 a continuación.

Figura 1: Ajustes del detector de corriente

Main Voltage

Detector 1	Detector 2
Name: Main Voltage Det 1	Name: Main Voltage Det 2
Pickup Delay: 10.000 s	Pickup Delay: 10.000 s
Minimum Frequency: 5 Hz	Minimum Frequency: 5 Hz
Maximum Frequency: 25 Hz	Maximum Frequency: 25 Hz
Nominal Ratio <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 5 % of 69V = 3.45V	Nominal Ratio <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 5 % of 69V = 3.45V
Fundamental Ratio <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 5 %	Fundamental Ratio <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 5 %
Total Sub-Harmonic Distortion <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 5 %	Total Sub-Harmonic Distortion <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 5 %
Operations / Minute Setting <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 20 operation/minute	Operations / Minute Setting <input type="checkbox"/> Enabled Setting: 20 operations/minute

Figura 2: Ajustes del detector de tensión

En las secciones siguientes se describen las características de protección que se muestran en las figuras 1 y 2.

Rango de frecuencia

El rango de frecuencia es la gama de frecuencias de los subarmónicos que el relé monitoreará. Los límites del rango de frecuencia están definidos por la frecuencia mínima y la frecuencia máxima, como se muestra en las figuras 1 y 2. Cualquier subarmónico con una frecuencia fuera del rango de frecuencia se ignorará en la aplicación de los ajustes, excepto en el caso del TSHD.

[3] El principio básico utilizado en la detección del subarmónico es comparar la magnitud de cada subarmónico entre las frecuencias mínima y máxima del rango de frecuencia definido por el usuario, y luego compararlo con el nivel de umbral de magnitud definido por el usuario.

Con el fin de probar el relé, es necesario demostrar que el relé discrimina entre las frecuencias subarmónicas dentro y fuera del rango de frecuencia.

Valor de arranque del nivel subarmónico

El arranque del nivel subarmónico puede asociarse a los ajustes de la relación nominal y fundamental.

[3] La función de subarmónico nominal compara el ajuste del nivel de arranque con la relación entre la magnitud subarmónica y las entradas de corriente o tensión nominales del relé. De manera similar, el detector subarmónico fundamental compara el ajuste del nivel de arranque con la relación entre la magnitud subarmónica y la cantidad fundamental. El relé emitirá un arranque cuando la relación nominal o fundamental de cualquier subarmónico dentro del rango de frecuencia supere el ajuste del nivel de arranque. [3] La figura 3 es una interpretación gráfica.

Durante las pruebas es necesario demostrar que el relé es capaz de calcular con precisión las magnitudes de la relación nominal y fundamental, y que arranca con el ajuste correspondiente dentro de la exactitud especificada.

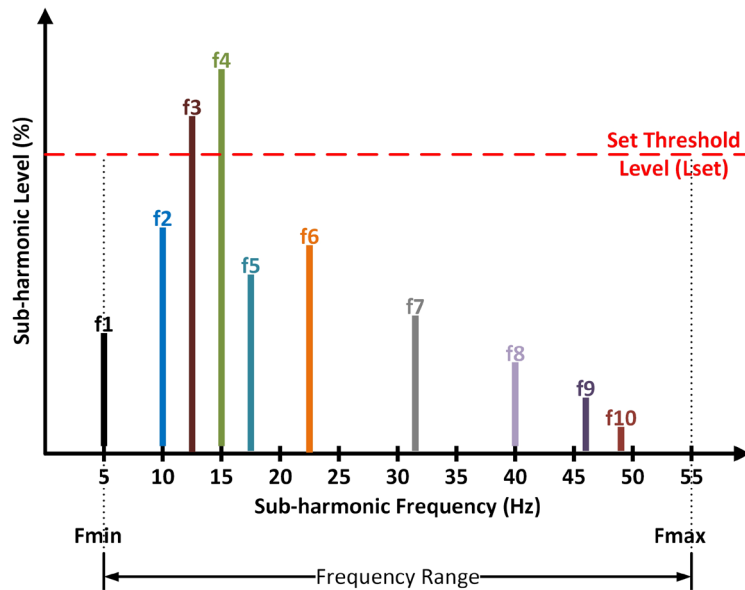


Figura 3: Niveles subarmónicos de la relación nominal y fundamental de un sistema de 60Hz

Distorsión subarmónica total

[3] El detector de distorsión subarmónica total (Total Sub-Harmonic Distortion, TSHD) calcula el nivel de distorsión de la siguiente manera:

$$TSHD(\%) = \frac{\sqrt{f_{5Hz}^2 + f_{6Hz}^2 + f_{7Hz}^2 + \dots + f_{55Hz}^2}}{f_{60Hz}^3}$$

[3] Obsérvese que, como se muestra en la ecuación anterior, todas las magnitudes subarmónicas de 5-45 Hz en sistemas de 50 Hz o de 5-55 Hz en sistemas de 60 Hz, se tendrán en cuenta para la evaluación de la TSHD, con respecto a la tensión fundamental de 60 Hz, la corriente o el canal virtual derivado. La misma definición es aplicable a un sistema de 50 Hz.

Probando esta función se verifica que el relé calcula correctamente la TSHD y que

arranca al valor establecido dentro de la exactitud especificada.

Operaciones por minuto

[3] Esta función tiene por objeto contar las oscilaciones subarmónicas por encima del límite umbral establecido con una duración inferior a la del retardo de tiempo configurado, que pueden pasar desapercibidas para los detectores convencionales como se ha descrito anteriormente. La incidencia periódica de este evento, aunque sea con una duración menor que el tiempo configurado, puede tener un impacto negativo en la red del sistema eléctrico y sus componentes, particularmente en los grandes generadores térmicos o generadores de turbinas eólicas. Para registrar tales eventos, se diseña un detector especial de operaciones/minutos, que funciona como se muestra en la figura 4.

(1)

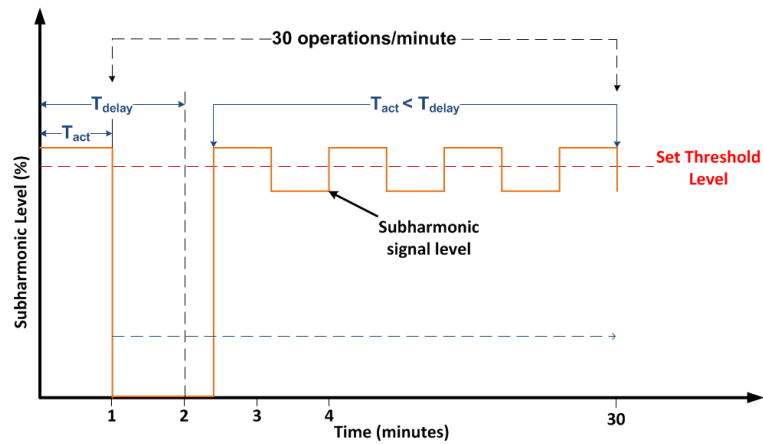


Figura 4: Principio de operaciones por minuto

[3] En el ejemplo anterior, se representa un evento con 30 operaciones por minuto (no a escala). El tiempo T_{real} corresponde a la duración real de la señal subarmónica que se activa. Este evento no se registra por los detectores convencionales mencionados en la sección anterior, ya que no se ha superado el retardo de arranque $T_{retardo}$ por que el evento no es perceptible. Las 30 operaciones (activación por encima del límite establecido) se contarán y supervisarán internamente. Si la cuenta excede el umbral de operaciones por minuto ajustado, este detector especial emitirá un disparo o una alarma dependiendo de su configuración. De esta manera, se pueden registrar perturbaciones periódicas con duraciones inferiores al límite registrado.

La prueba de esta función confirma que el relé mide con precisión la duración de cada evento, que el relé identifica correctamente el número de incidentes de menor duración que el retardo $T_{retardo}$, y que cuenta con precisión el número de incidentes de corta duración.

Bloqueo de los armónicos 2º y 5º

Dado que el relé estará expuesto a transitorios que incluyen la avalancha de arranque del transformador o del alimentador, o la sobreexcitación del devanado primario del transformador, mediante el bloqueo de armónicos, el relé mide el contenido de los armónicos 2º y 5º de la onda de corriente y bloquea la operación del relé, eliminando así los falsos disparos (la corriente de avalancha puede ser rica en el componente del 2º armónico, y la de sobreexcitación, en el 5º armónico).

La prueba de estas características confirma que el relé extrae adecuadamente los armónicos 2º y 5º de la onda de corriente, que también puede contener subarmónicos, y bloquea adecuadamente las salidas de disparo cuando el contenido en 2º y 5º armónicos excede el ajuste de umbral.

Pruebas de las funciones de los relés

Configuración de la prueba

La figura 5 muestra la configuración del equipo para las pruebas.

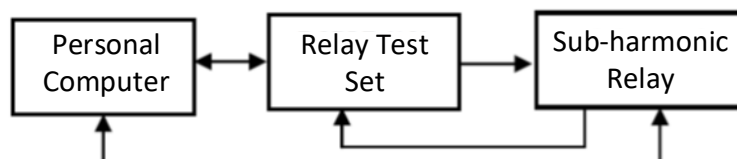


Figura 5: Configuración del equipo para las pruebas

El sistema de prueba de relés debería tener capacidad para generar diferentes contenidos de señales subarmónicas, superpuestas a la frecuencia fundamental, a fin de probar la funcionalidad del relé y validar los ajustes del mismo.

Pruebas de los límites y valores de arranque

Para los ajustes de detectores subarmónicos, tensión y corriente, puede establecerse un rango de frecuencia subarmónica eligiendo una "Frecuencia mínima" y una "Máxima". Los ajustes de las frecuencias mínima y máxima son utilizados por la "Relación Nominal", la "Relación Fundamental" y los elementos asociados a las mismas. Los umbrales se pueden establecer individualmente para cada elemento de dos maneras diferentes: (a) "Relación nominal", el umbral de los elementos se define por la relación entre la magnitud del componente subarmónico y la magnitud de la cantidad nominal; (b) "Relación fundamental", el umbral de los elementos se define por la relación entre la magnitud del componente subarmónico y la magnitud del componente fundamental para la tensión y la corriente.

Para que arranquen los elementos de la "Relación Nominal" y la "Relación Fundamental", deben cumplirse dos condiciones: que la magnitud de los componentes subarmónicos dé lugar a relaciones mayores que el umbral de los ajustes de los elementos, respectivamente, y que la frecuencia de los componentes subarmónicos se encuentre dentro de los ajustes del rango de frecuencia.

La prueba de los límites del rango de frecuencia y de los valores umbral de arranque se realiza utilizando una herramienta de software con capacidad de poner en rampa las magnitudes de tensión y corriente a frecuencias subarmónicas específicas. Para la prueba que se describe a continuación, el rango de frecuencia se fijó en 5 Hz a 45 Hz y el umbral de arranque de corriente se fijó en 100 mA.

La Figura 6 muestra una captura de pantalla del módulo de prueba configurado

para esta prueba. Toda la secuencia de prueba se realizó aplicando una tensión nominal y una corriente de carga de 2,5 A en cada fase a una frecuencia nominal (ver {1} en la Figura 6). Se crearon cinco segmentos de rampa para simular las siguientes condiciones que queremos probar:

- Rampa 1: este estado se introdujo para verificar que el relé no operará anómalamente a frecuencias subarmónicas inferiores al rango de frecuencia mínimo. Una corriente constante a una frecuencia subarmónica de 4 Hz y de magnitud superior al valor de arranque se superpone a la señal (ver {2}). Se puede verificar en la oscilografía (ver {3}) que no hay ningún disparo del relé.
- Rampa 2: verificar que el relé dispara cuando se mide el contenido suficiente de subarmónicos dentro del rango ajustado. La magnitud de la corriente a 5 Hz se eleva en rampa hasta que el relé dispara. Cada paso de la rampa tiene una duración de 5 segundos, que es mayor que el tiempo de retardo del disparo del elemento. La ventana de evaluación (ver {4}) muestra los disparos del relé a un valor de arranque medido de 102 mA.
- Rampa 3: igual que la rampa 1, pero esta vez con un subarmónico de 46 Hz. No se registra ningún disparo, ya que no se cumplen los criterios del rango de frecuencia.
- Rampa 4: igual que la rampa 2, pero esta vez en un subarmónico de 45 Hz. La ventana de evaluación (ver {4}) muestra los disparos del relé cuando la magnitud de la corriente alcanza los 102 mA.
- Rampa 5: aplicar las señales sólo a la frecuencia nominal. El relé se repone.

El mismo procedimiento puede repetirse para probar los límites de frecuencia y los valores de arranque de los elementos detectores de tensión, en caso de que estén habilitados.

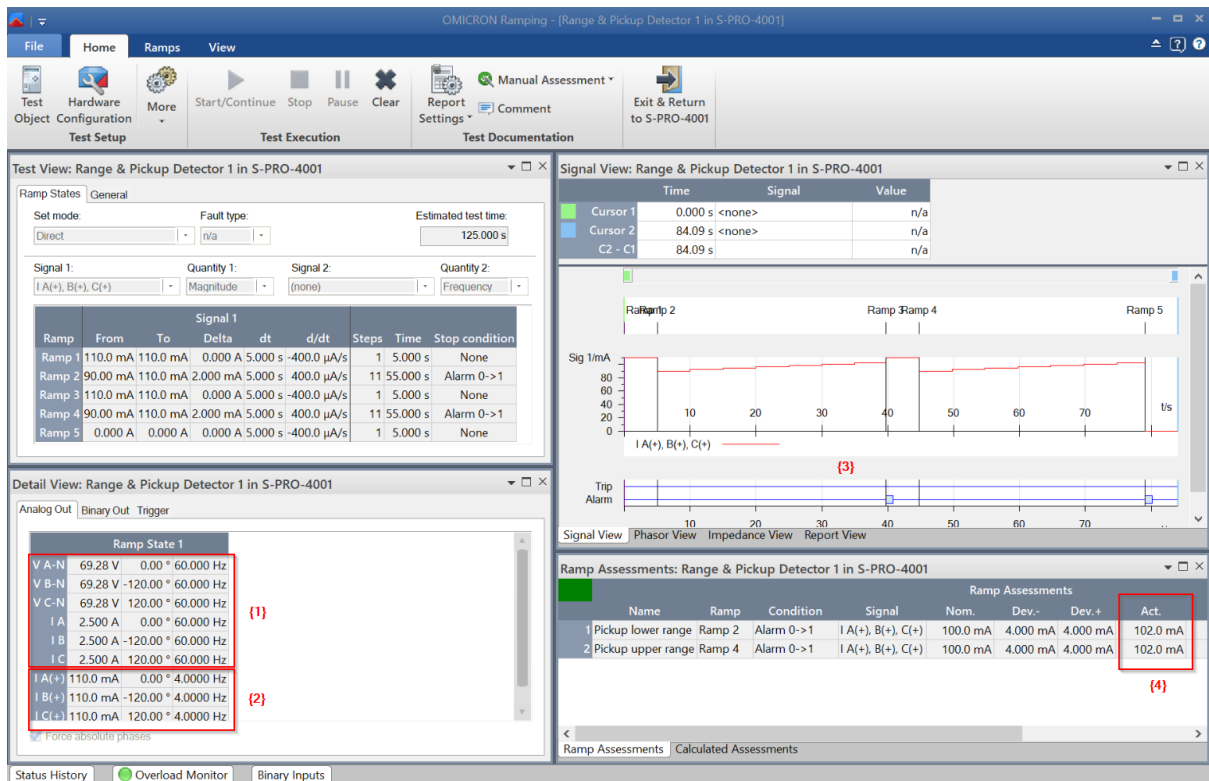


Figura 6: Configuración de la prueba para los límites de frecuencia y los valores de arranque

Pruebas del elemento de distorsión subarmónica total (TSHD)

Para la "Distorsión subarmónica total (TSHD)", el umbral de los elementos se define por la relación entre la suma de todas las magnitudes de las cantidades comprendidas entre 5Hz y 45Hz en los sistemas de 50Hz, o entre 5Hz y 55Hz, en los sistemas de 60Hz, y la magnitud de la cantidad fundamental. Para que arranquen los elementos "TSHD", la suma de todas las magnitudes subarmónicas de las cantidades debe ser mayor que los umbrales de los elementos "TSHD" (establecidos en un 5 % durante esta prueba).

Para realizar esta prueba, se aplicó la tensión nominal y una corriente de 1 A a la frecuencia nominal. Se añadieron frecuencias subarmónicas de 5, 25 y 45 Hz a las señales de corriente. Se simuló dos señales con contenido subarmónico de:

- THD (distorsión armónica total) de 6,93 % para probar el disparo a valores superiores al umbral establecido (Figura 7).
- THD de 4,92% para probar que el relé no opera anómalamente a valores por debajo del umbral establecido.

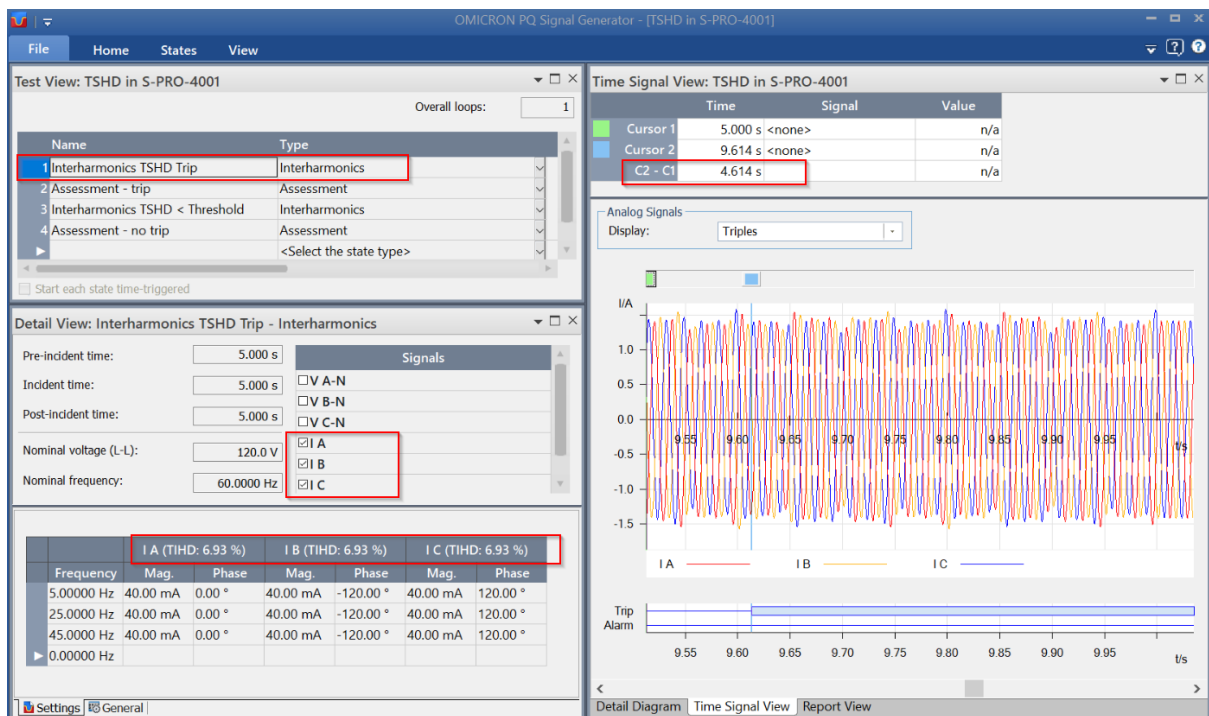


Figura 7: La forma de onda de corriente usada para probar el disparo por distorsión subarmónica total (TSHD)

Pruebas para operaciones/duración

Para los ajustes de los elementos "Operaciones/Duración", de tensión y corriente, se puede establecer un número de incidencias de una cierta duración (definida en minutos). Una incidencia es un evento en el que el elemento de "Relación nominal", "Relación fundamental" o "TSHD" arranca, pero que no dura más que el "Retardo de arranque" para hacer que el S-PRO se dispare. El elemento "Operaciones/Duración" sólo está disponible una vez que uno de los elementos subarmónicos asociados al mismo ya está activado.

Para que los elementos de "Operaciones/Duración" arranquen, el número de incidencias en un minuto debe ser mayor que su respectivo umbral.

La Figura 8 muestra la configuración para esta prueba. Se configuró una señal con la magnitud de una frecuencia subarmónica

de 25 Hz superior al valor de arranque, pero con una duración de sólo 3 segundos, menor que el retardo de arranque establecido (4 segundos).

La herramienta de prueba permite la repetición de la misma señal definiendo el parámetro "Nº de bucles" tal como se muestra en la Figura 8. El elemento estaba configurado para 25 operaciones por cada 2 minutos, por lo que la señal estaba configurada para 25 repeticiones. Como cada repetición tiene una duración de 4 segundos (1 segundo de pre-incidente más 3 segundos de tiempo de incidente), el tiempo total de la prueba es de aproximadamente 1 minuto y 40 segundos. Al final de la repetición 25 se pudo observar un disparo del relé. La Figura 9 muestra el informe de la prueba con evidencia de que la operación del elemento fue detectada por el equipo de prueba después del final de la operación 25 y dentro del intervalo de 2 minutos.

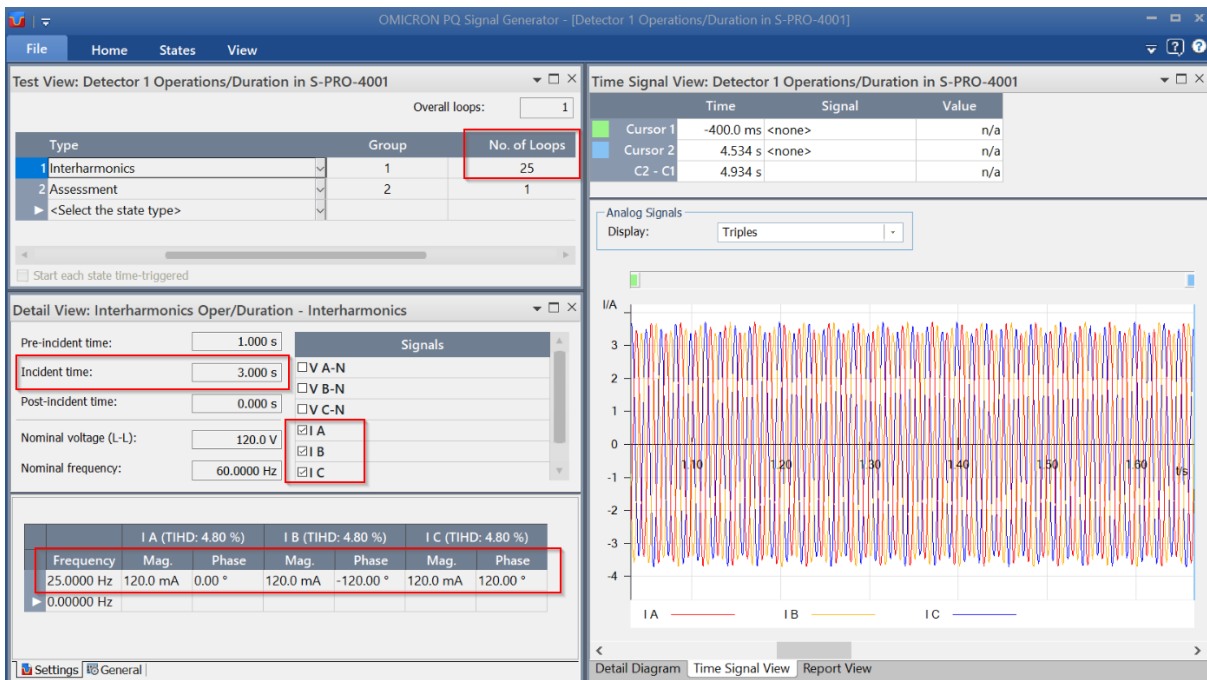


Figura 8: Forma de onda utilizada para probar las operaciones por minuto

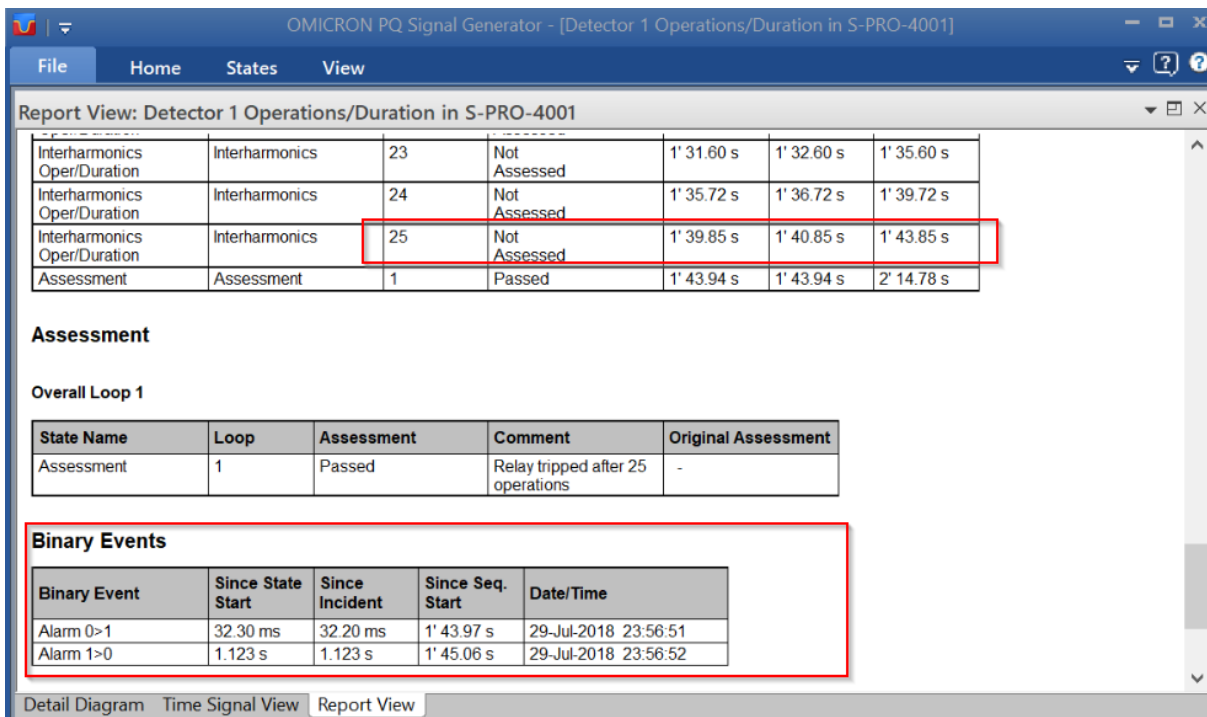


Figura 9: Informe de operaciones de prueba por minuto con registro de evento binario

Pruebas del tiempo de operación

Para verificar el tiempo de retardo del arranque del relé, se crea una señal con un componente fundamental y un componente subarmónico de 25 Hz. Los componentes de la corriente fundamental y subarmónica son

fijos y sus magnitudes son suficientes para hacer que los detectores subarmónicos S-PRO arranquen. El tiempo de retardo del relé puede observarse desde la vista de oscilografía mediante el seguimiento del evento binario, tal como se muestra en la Figura 10.

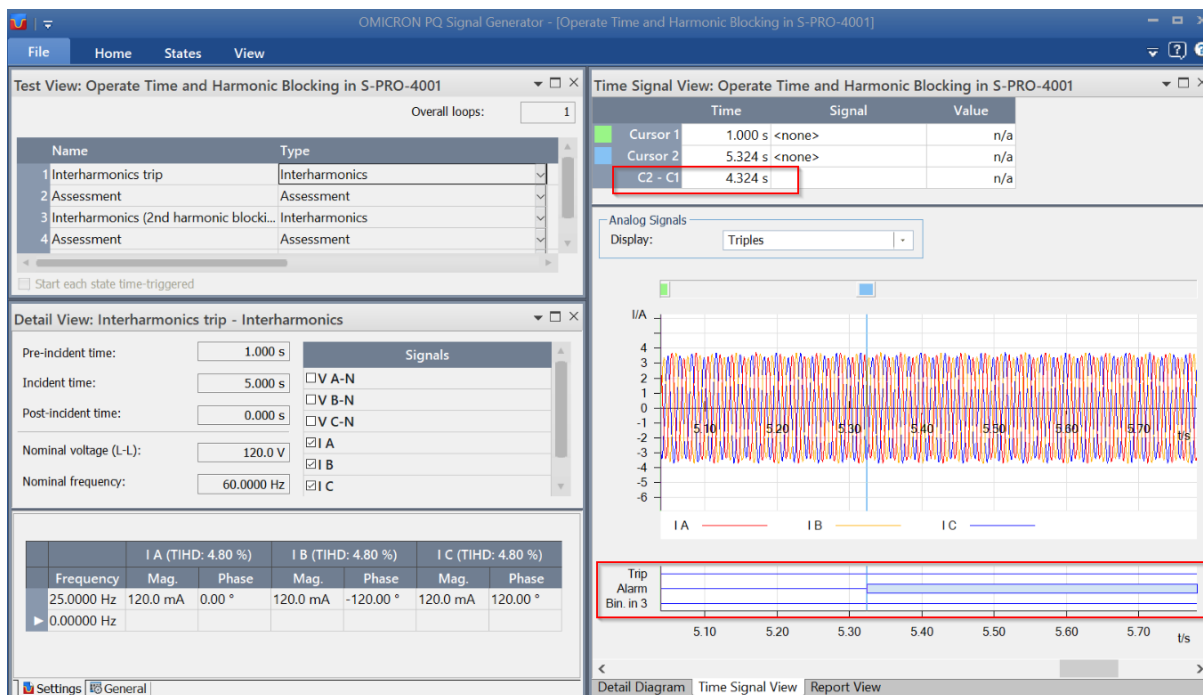


Figura 10: Prueba del tiempo de retardo del arranque

Pruebas de bloqueo del 2º armónico

En el caso de los ajustes de los elementos de "Bloqueo de los 2º y 5º armónicos", sólo de corriente, los umbrales de los elementos se definen individualmente por la relación entre la magnitud del segundo componente armónico o la magnitud del quinto componente armónico y la magnitud nominal de corriente de 5A o 1A.

Para que los elementos de "Bloqueo del 2º armónico" y "Bloqueo del 5º armónico" bloqueen los detectores subarmónicos, la relación entre la magnitud del componente del 2º armónico y/o del 5º armónico y la corriente nominal debe ser mayor que sus

correspondientes umbrales.

Esta prueba se realiza de la misma manera que en la Figura 10 para el tiempo de operación, pero ahora añadiendo también un segundo componente armónico a la señal tal como se muestra en la Figura 11. La magnitud del 2º armónico se establece más alto que el umbral del elemento "Bloqueo del 2º armónico", bloqueando por tanto el funcionamiento de los elementos subarmónicos.

Los elementos de "Bloqueo del 5º armónico" pueden probarse de la misma manera que los del "Bloqueo del 2º armónico".

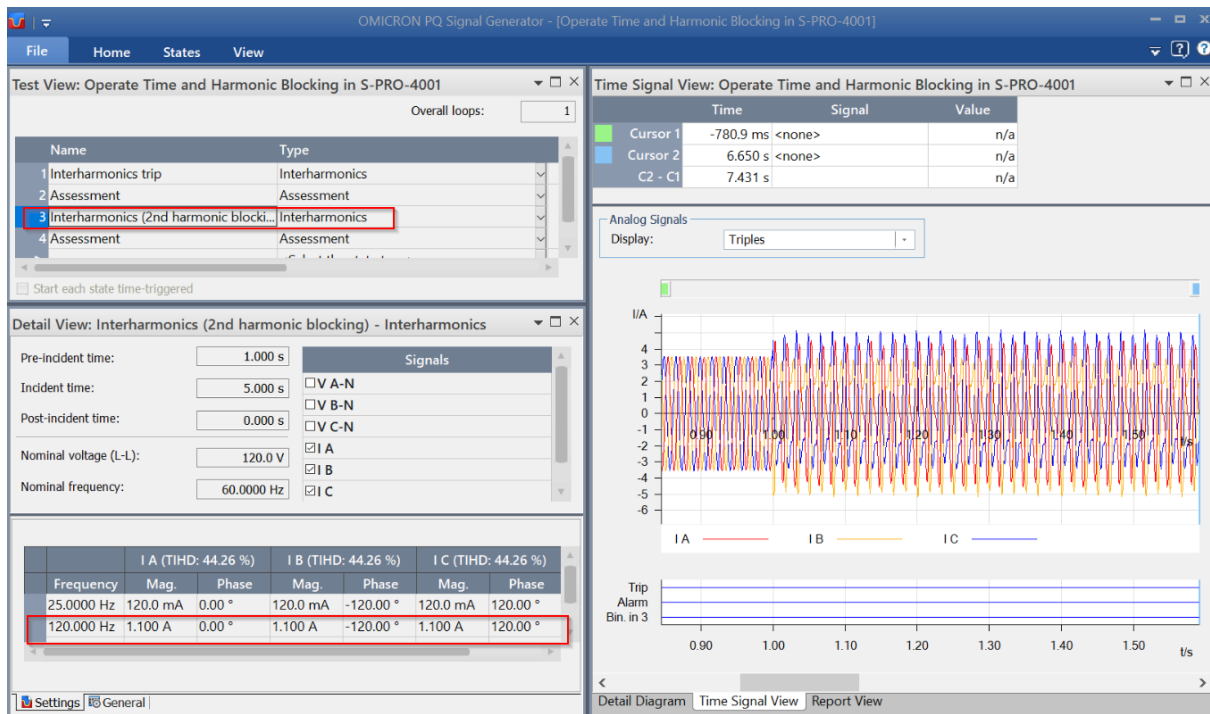


Figura 11: Forma de onda para la prueba de bloqueo del 2º armónico

Conclusión

La intención de este documento es describir el procedimiento de prueba para la puesta en servicio de un relé de protección subarmónica mediante un sistema avanzado de prueba de relés capaz de generar las formas de onda necesarias para la simulación de casos de prueba adecuados.

Se proporciona una descripción completa del proceso de prueba, así como ejemplos que muestran las formas de onda típicas utilizadas para probar cada característica.

Es importante señalar que los relés de protección subarmónicos no pueden probarse con una simple inyección de corriente y tensión, porque cada prueba requiere una combinación específica de señales fundamentales, así como de contenido subarmónico.

El documento demuestra el proceso para probar los detectores de corriente o tensión con los siguientes ajustes de detección subarmónica:

- Rango de frecuencia seleccionable entre 5 y 55 Hz
- Valor de arranque de nivel subarmónico
 - Relación nominal
 - Relación fundamental
- Retardo de tiempo
- Distorsión subarmónica total
- Operaciones / Ajuste de los minutos
- Bloqueo del 2º armónico
- Bloqueo del 5º armónico

1. REFERENCIAS

- [1] “Sub-Synchronous Control Interactions between Type 3 Wind Turbines and Series Compensated AC Transmission Systems” (Interacciones de control subsincrónico entre los aerogeneradores de tipo 3 y los sistemas de transmisión de CA compensados en serie), Andrew L. Isaacs, *Miembro, IEEE*, Garth D. Irwin, *Miembro, IEEE* y Amit K. Jindal, *Miembro, IEEE*

- [2] “Reader’s Guide to Sub-Synchronous Resonance” (Guía del lector para la resonancia subsincrónica) y el informe del Comité IEEE del Grupo de Trabajo de Resonancia Subsincrónica del Subcomité de Ejecución Dinámica de Sistemas, Transacciones sobre Sistemas de Potencia, Vol. 7, No. 1, febrero de 1992
- [3] “A Microprocessor-Based Sub-Harmonic Protection Technique for Wind Farms” (Una técnica de protección subarmónica basada en microprocesadores para parques eólicos), Krish Narendra, Dave Fedirchuk, Adi Mulawarman, Pratap Mysore, IEEE EPEC Conference 2011
- [4] “New Microprocessor Based Relay to Monitor and Protect Power Systems against Sub-Harmonics” (Nuevo relé basado en microprocesador para monitorear y proteger los sistemas eléctricos frente a los subarmónicos), K. Narendra, D. Fedirchuk, R. Midence, N. Zhang, A. Mulawarman, P. Mysore, V. Sood., IEEE EPEC Conference 2011
- [5] “Performance Evaluation of a Sub-Harmonic Protection Relay Using Practical Waveforms” (Evaluación del desempeño de un relé de protección subarmónica utilizando formas de onda prácticas) N. Perera, K. Narendra, D. Fedirchuk, R. Midence, V. Sood, IEEE EPEC Conference 2012
- [6] “Sub-harmonic protection application for interconnections of series compensated lines and wind farms” (Aplicación de protección subarmónica para interconexiones de líneas compensadas en serie y parques eólicos), René Midence, Joe Perez, P.E., Adi Mulawarman, Western Protection Relay Conference 2012, Pullman, Washington.

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 160 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.