

PRUEBAS MÁS FÁCILES DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA

Lukas Dieterich (OMICRON electronics GmbH / Universidad de Stuttgart), Cord Mempel (OMICRON electronics GmbH), Adrian Eisenmann (Universidad de Stuttgart)

lukas.dieterich@omicronenergy.com

Austria

Resumen

La creciente importancia de la calidad de la energía queda ilustrado por el número cada vez mayor de instrumentos de medida de la calidad de la energía instalados en la red eléctrica a todos los niveles de tensión. Este artículo empieza describiendo brevemente el marco existente de las normas de la IEC para las pruebas de tales dispositivos. Para las pruebas tipo por parte del fabricante, y las pruebas de aceptación comparables en las compañías eléctricas, se presenta un conjunto de planes para las pruebas guiadas de los medidores de la calidad de la energía según la norma IEC 62586-2. Los planes de prueba ya existentes facilitados por un fabricante de equipos de prueba han sido completamente reelaborados para reflejar los cambios recientes en las normas, orientar a los usuarios sobre las pruebas y, especialmente, prestar una asistencia sustancial para la evaluación de las pruebas. Se tratan los resultados de las pruebas de un medidor típico de la calidad de la energía. Además, el documento introduce un subconjunto adecuado de pruebas para la prueba en campo durante la puesta en servicio o la prueba de rutina de los medidores de CE.

Palabras clave

Calidad de la energía, instrumento de medida de la calidad de la energía, pruebas de tipo, plantillas de prueba, IEC 61000-4-30, IEC 62586, EN 50160

1 Introducción

Debido al creciente número de recursos energéticos distribuidos (tales como las instalaciones fotovoltaicas) y a las cada vez más numerosas cargas no convencionales, aumentan constantemente las repercusiones de la calidad de la energía (CE, o PQ, por las siglas en inglés de Power Quality) en la red eléctrica. Las compañías eléctricas necesitan verificar la conformidad con las normas reguladoras, tal como la EN 50160; las plantas industriales establecen acuerdos contractuales sobre la calidad de la energía suministrada e incluso los consumidores experimentan cada vez con más frecuencia los efectos de una insuficiente CE. Según el Informe sobre la Encuesta europea sobre calidad de la energía, los costes de una calidad de energía deficiente ascienden a más de 150.000 millones de euros al año en la UE [1]. Esta tendencia continuará con el uso constantemente creciente de la electrónica de potencia y los elementos no lineales de la red eléctrica, afectando ambos a la CE.

Esto da lugar a un creciente número de medidores de calidad de la energía instalados en la red eléctrica y en los puntos de conexión. Las anomalías o la reducción de la precisión pueden tener un impacto monetario en el operador. Por otra parte, hay falta de conocimientos y poca experiencia sobre la CE, especialmente en las pequeñas compañías eléctricas, la industria y los clientes finales. Esto también se refleja en el hecho de que en la Unión Europea, las inversiones en la mejora y vigilancia de la CE sólo suponen alrededor del 10% de los costos mencionados [2].

Los requisitos básicos de un sistema de monitoreo de la CE son una gran precisión de las mediciones y el pleno funcionamiento de los instrumentos en funcionamiento. Pero en muchos casos, no se hace mucho hincapié en este punto cuando se instalan nuevos PQI (iniciales en inglés de Power Quality Instruments, instrumentos de medida de la calidad de la energía) y además no se realizan comprobaciones posteriores o pruebas de rutina. Porque, salvo para los relés de protección, no hay reglas o procedimientos comúnmente establecidos para la instalación, las pruebas de rutina o la calibración. Por lo tanto, las

anomalías o la reducción de la precisión pueden pasar desapercibidos, pese a que pueden tener importantes repercusiones monetarias.

Hoy en día, la mayoría de los medidores de CE utilizados en la red de AT o MT, están clasificados según la norma IEC 61000-4-30 como clase A o S. Para estos dispositivos, las normas IEC 62586-1 y -2 definen los requisitos y las pruebas de tipo que debe realizar el fabricante. En principio, se podrían utilizar subconjuntos adecuados de estas pruebas para calificar los PQI (pruebas de aceptación) a efectos de la instalación y las pruebas de mantenimiento. Pero las pruebas definidas en estas normas requieren la dedicación de mucho tiempo y no son fáciles de entender. Una segunda dificultad es la evaluación de la prueba, por ejemplo, cuando se requiere el posprocesamiento de los múltiples valores de características registrados por el equipo en prueba.

Pero puede decirse a la vez que ya se dispone de equipos de prueba adecuados: la precisión de muchos equipos de prueba de protección de última generación también cumple los requisitos de las pruebas de PQI. Y con un plan de pruebas y los módulos de software adecuados, las pruebas de los PQI ya no son algo tan complicado, sino más bien comparable a la prueba de los relés de protección.

A estos efectos, este artículo contempla una metodología fácil, clara y practicable de probar los PQI.

2 Fenómenos de CE según la IEC 61000-4-30

En pocas palabras, la calidad de la energía describe el grado de conformidad entre una señal sinusoidal idónea y la forma de onda realmente presente en el suministro de la red eléctrica. Tradicionalmente se entiende por CE la calidad de la tensión. Pero entre los parámetros de frecuencia y tensión, se incluyen hoy en día criterios adicionales, tales como la confiabilidad del servicio y las características de la corriente.

Para la prueba de los PQI, la norma IEC 61000-4-30 enumera los siguientes parámetros:

- Estabilidad de la frecuencia
- Fenómenos de tensión
 - Variaciones de magnitud
 - Bajadas, subidas e interrupciones
 - Armónicos, interarmónicos
 - Desequilibrios
 - Parpadeos
 - Cambios rápidos de tensión
- Fenómenos de la corriente
 - Variaciones de magnitud
 - Armónicos, interarmónicos
 - Desequilibrios
- Valores de la tensión de alimentación de la red

Además, hay pruebas para las funciones de dispositivos especiales:

- Marcado de los valores de medición debido a eventos de la tensión
- Precisión del reloj interno
- Variaciones de las cantidades de influencias externas.

Los efectos de una calidad de energía insuficiente abarcan desde las perturbaciones por interrupciones de servicio hasta la destrucción de los dispositivos conectados a la red eléctrica. En particular, las bajadas e interrupciones breves, así como los picos y transitorios que surgen en el entorno industrial, constituyen la principal causa de los perjuicios económicos [1].

3 Pruebas de PQI

3.1 Normas para las pruebas de los PQI

Las condiciones normativas fundamentales para las pruebas de los PQI se definen en el marco de diversas normas de la IEC. Esto resulta algo confuso y por lo tanto se describe brevemente a continuación, visualizándose también en la Figura 1. La base para la normalización de las mediciones de CE es la norma IEC 61000-4-30, en la que se definen los métodos principales y se especifican las clasificaciones de los dispositivos (clase A o S), incluidos los requisitos de precisión. Esta norma hace referencia a la norma IEC 62586-1 para las especificaciones generales de los dispositivos y a la 62586-2 para la descripción propiamente dicha de las señales de prueba (tipo). En algunos casos excepcionales, las normas adicionales IEC 61000-4-2, 61000-4-7 y 61000-4-15 deben ser incluidas en el procedimiento de prueba.

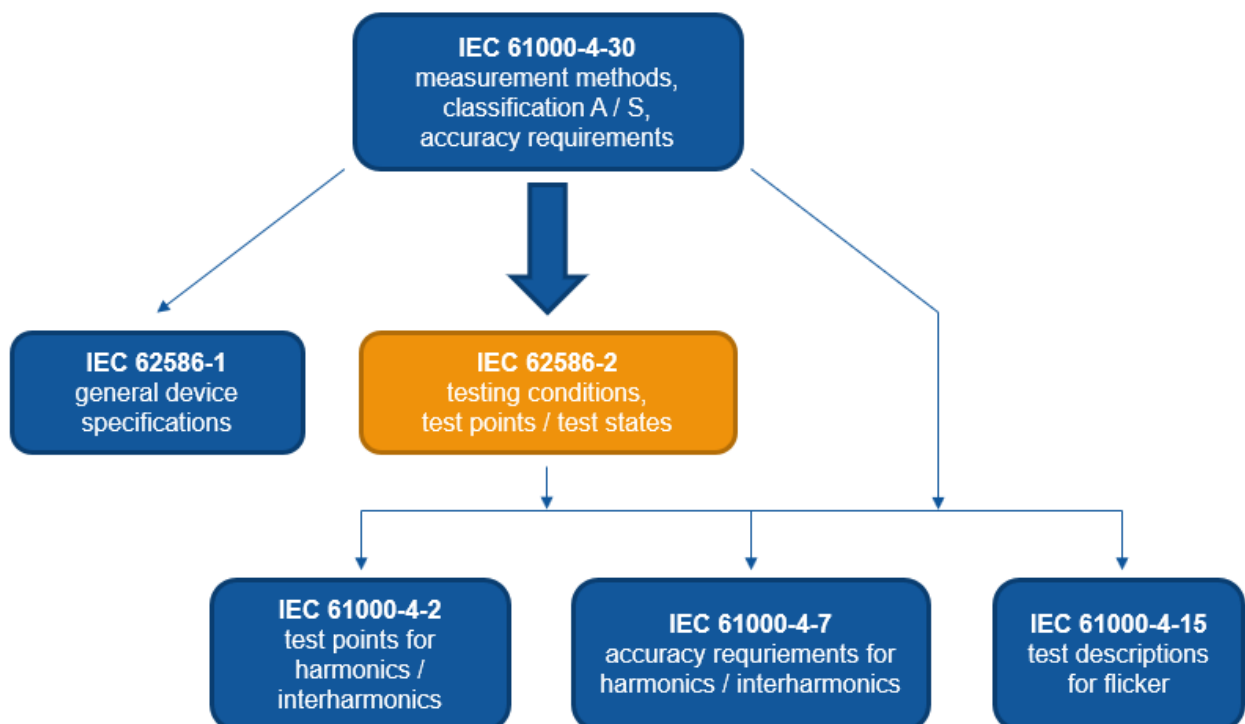


Figura 1: Marco de las normas de la IEC para las pruebas de los PQI

3.2 Configuración de la prueba

Los requisitos típicos de un conjunto de pruebas para probar los PQI son:

- 3 canales de salida de tensión
- 3 canales de salida de corriente
- Alta precisión (correspondiente a la clase del PQI que se va a probar)
- Módulos de software que facilitan la correcta simulación de los fenómenos de CE
- Equipo de pruebas capaz de utilizar planes de pruebas automatizados
- Las pruebas pueden iniciarse sincronizadas en el tiempo y activadas por una señal de tiempo

Para algunas pruebas, la sincronización horaria del equipo de prueba y el PQI es imprescindible. Por ejemplo, este es el caso al evaluar el parpadeo a corto plazo P_{st} o la incertidumbre del reloj. Para muchas otras pruebas, la sincronización horaria no es imprescindible, pero sí muy útil para que el procedimiento de prueba se desarrolle sin problemas y sea más fácil de evaluar.

En el trabajo práctico para este documento utilizamos los equipos de prueba CMC 256plus y CMC430 de OMICRON para las pruebas, ya que ambos cumplen los requisitos de precisión para probar un PQI de clase A. Los dispositivos probados fueron un Siemens SICAM Q200 y un Eberle PQI-DA (ambos son instrumentos de clase A según la IEC 61000-4-30). Para la sincronización horaria se conectó un CMGPS 588. En muchas pruebas se añadió el CMC430 para mediciones de referencia con su funcionalidad incorporada Enerlyzer Live. La configuración completa de la prueba puede verse en Figura 2.

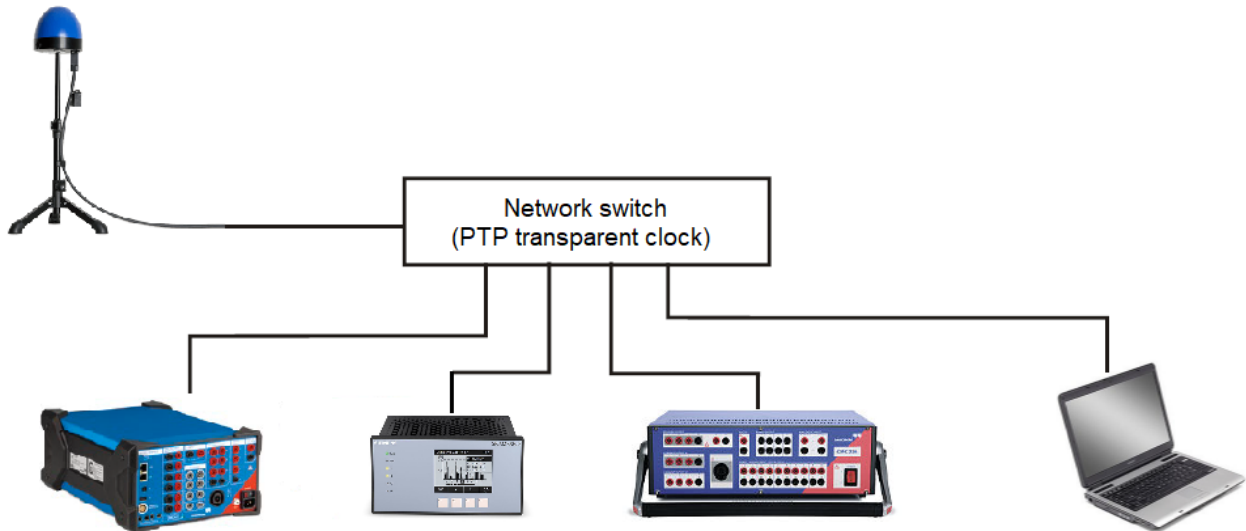


Figura 2: Configuración de prueba utilizada para las pruebas de PQI: CMGPS (arriba), CMC 430 (izquierda), SICAM Q200 (centro), CMC 256plus (derecha), Computadora (figura propia, fuente de las imágenes individuales: OMICRON [3] y Siemens [4]).

3.3 Plantillas de prueba

Realizar y evaluar las pruebas de PQI puede ser bastante complicado. Por consiguiente, se han elaborado planes de prueba que explican la prueba realizada y orientan al usuario en su evaluación. Contienen toda la información necesaria para realizar una prueba, tal como los ajustes del equipo de prueba, así como del equipo en prueba, y por supuesto, la señal de prueba.

Los planes de prueba pueden adaptarse automáticamente a la tensión nominal definida y a la frecuencia nominal del PQI que se va a probar.

Con estas plantillas, el usuario estará listo sin más para ponerse a realizar las pruebas. Puede realizarse y evaluarse fácilmente cada prueba incluso sin un conocimiento específico más profundo del marco normativo presentado en el capítulo 3.1. Las plantillas ejecutarán automáticamente todas las pruebas necesarias, sólo interrumpidas por los diálogos del programa que facilitan información al usuario. Cada plantilla permite al usuario hacer entradas específicas para el equipo de prueba empleado, así como para el equipo en prueba. Además, las pruebas implementadas pueden adaptarse a cualquier caso de uso especial; es posible realizar adaptaciones individuales (por ejemplo, los pasos de prueba a realizar, la duración de los tiempos previos a la incidencia o los datos relacionados con fenómenos como la amplitud del parpadeo).

3.4 Evaluación

A diferencia de las pruebas de protección, en las que el resultado de la prueba depende de una señal binaria, la evaluación de las pruebas de CE requiere más esfuerzo. En algunos casos, el usuario puede obtener los valores de medición relevantes para la evaluación, simplemente con la lectura de la pantalla del PQI. Pero en la mayoría de los casos de prueba, la evaluación se hace en base a la lectura en la memoria del medidor de CE de los valores medidos y calculados. Además, hay pruebas en las que se requiere un tratamiento posterior de los datos pertinentes para la evaluación.

Las plantillas de prueba creadas pedirán automáticamente al usuario una evaluación después de cada prueba. Una prueba puede evaluarse como *Correcta / Incorrecta / No evaluada*. Siempre es posible cambiar la evaluación después, eligiendo *Evaluación manual*. Por lo tanto, nuestra recomendación es que deben evaluarse las pruebas como *No evaluado* en el primer paso. Más tarde, en un segundo paso y con el uso de herramientas adicionales, como Excel, se puede hacer la evaluación final.

Las plantillas de prueba orientan al usuario para la evaluación, incluida una hoja de cálculo de Excel para el posprocesamiento de los datos de la prueba. De esta manera, los usuarios pueden hacer la evaluación rápidamente sin necesidad de perder tiempo consultando las normas.

4 Pruebas de tipo y aceptación de acuerdo con la IEC 62586

Algunos planes de prueba desarrollados para una revisión anterior de la IEC 62586 ya están disponibles. En un primer paso se actualizaron y ampliaron para acoger todas las pruebas definidas por la IEC 62586-2. Sólo se omitieron algunas pruebas, tales como las de la influencia de la temperatura. Las plantillas se complementan con un manual del usuario para asistir adicionalmente al usuario en las pruebas de PQI.

Los diálogos del programa mencionados, que ofrecen al usuario información esencial para cada prueba, harán superflua la lectura de ninguna norma de la IEC. Asimismo, la estructura de cada plantilla se ajusta al capítulo correspondiente de la norma IEC 62586-2. Lo mismo es válido para la numeración y nomenclatura de las pruebas. De esta manera, si alguien necesita información adicional, puede encontrarla rápidamente.

Esto permite a los usuarios realizar una prueba tipo o de aceptación. Por supuesto, estas pruebas son realizadas principalmente por los fabricantes de PQI o las compañías eléctricas más grandes en el caso de homologación de dispositivos PQI. Pero la facilidad de uso, la sencilla configuración de las pruebas y la opción de utilizar los equipos de prueba ya disponibles para las pruebas de protección, amplían el rango de posibles usuarios. En el capítulo 5 se explica cómo se puede utilizar un subconjunto seleccionado de estas pruebas para realizar pruebas en campo durante la puesta en servicio y el mantenimiento.

4.1 Ejemplos de casos de prueba

La mayoría de las condiciones de prueba requeridas pueden aplicarse basándose en formas de señales de características simples, tales como rampas, secuencias o la variación de uno o dos parámetros de tensión o corriente. Pero también es posible representar señales aparentemente complicadas como en la siguiente ecuación de la IEC 62586-2 [5]:

$$u_H(t) = \sqrt{2}U_{din} \cdot \cos(2\pi f_n t + \varphi_n) + [1 + A_m \cdot \cos(2\pi f_m t + \varphi_m)] \cdot 0,1 \cdot \sqrt{2}U_{din} \cdot \cos(2\pi M f_n t + \varphi_M) \quad (1)$$

con:	$u_H(t)$	Tensión a lo largo del tiempo, índice H del contenido armónico	V
	U_{din}	Tensión nominal	V
	f_n, f_m	Frecuencia nominal, frecuencia de modulación	Hz
	$\varphi_n, \varphi_m, \varphi_M$	Fase de la señal fundamental, moduladora y armónica	°
	A_m	Amplitud de modulación	V
	M	Orden armónico	-

La "traducción" de la fórmula sería: salida de una señal de tensión armónica en un cierto orden armónico que se modula en f_m y se añade a la tensión nominal.

Para muchas señales de prueba, realizamos mediciones de referencia para verificar que la precisión y la sincronización de la señal de salida cumplen los requisitos indicados en la norma. La Figura 3 muestra un ejemplo de un caso de prueba como se describe en la norma y la Figura 4 la salida del equipo de prueba de la misma señal.

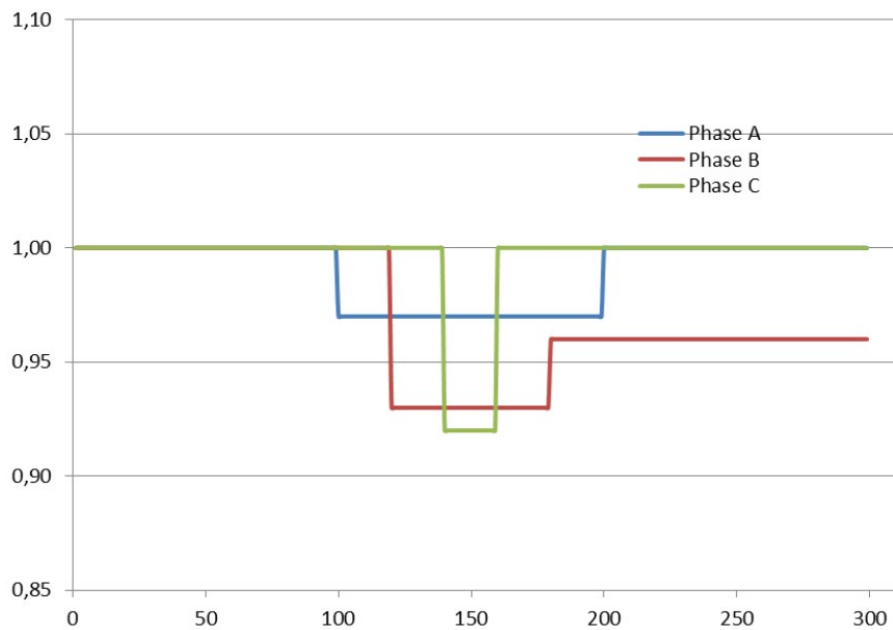


Figura 3: Señal de prueba tal como se describe en la norma; tiempo del eje x en semiciclos; eje y: tensión en pu (fuente: IEC 62586-2 [5])

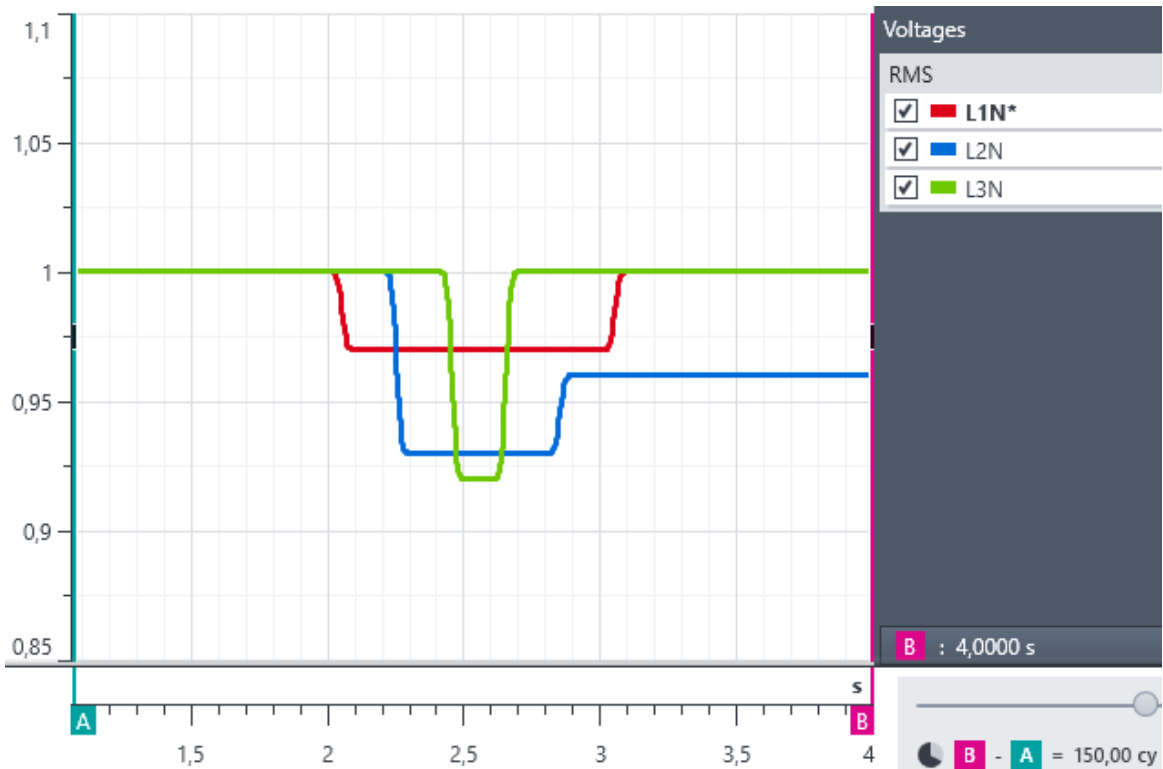


Figura 4: Señal de prueba de la medición de referencia

4.2 Resultados de las pruebas de PQI usando las plantillas

Como resultados generales, descubrimos en primer lugar que las plantillas se implementan correctamente y son ejecutables, así como que producen las señales de prueba que se requieren. En segundo lugar, observamos que lleva alrededor de dos semanas ejecutar y evaluar todas las pruebas definidas en la IEC 62586-2 (incluso con el ahorro de tiempo aportado por las plantillas).

Las conclusiones más particulares se refieren a la sincronización horaria y al ajuste correcto de los *tiempos previos y posteriores a la incidencia*. La sincronización horaria y el inicio de las pruebas activadas por tiempo facilitarán mucho la evaluación de los valores de medición, y para algunas pruebas es incluso imprescindible utilizar una referencia horaria externa. Por ejemplo, todas éstas son pruebas en las que se comprueba la *medición sin fisuras ni superposición*, porque hay que evaluar una determinada secuencia de valores de medición. También es necesaria para todo tipo de pruebas de *agregación de valores de medición* que deben comenzar en los próximos diez minutos. La señal antes de una incidencia (*tiempo previo a la incidencia*) y después de una incidencia (*tiempo posterior a la incidencia*) se caracteriza por una salida de valores nominales y representa el estado normal de la red eléctrica. En la mayoría de las pruebas en las que se evalúan los valores instantáneos, estos tiempos son menos importantes, debido a la alta tasa de medición y la precisión de los analizadores de CE. Pero también hay pruebas, como la del parpadeo a corto plazo P_{st} , para las que se necesita un tiempo *previo a la incidencia* definido. Esto se debe a que P_{st} se establece durante diez minutos y un paso brusco desde la salida cero a la señal de prueba especificada, daría lugar a un valor de medición incorrecto. Un problema similar en este contexto es que la precisión requerida para el máximo parpadeo instantáneo $P_{inst,max}$ se alcanza por primera vez después de algunos minutos de constante salida de la incidencia. Además, estos tiempos de asentamiento difieren entre un PQI y otro, según nuestra experiencia.

4.3 Limitaciones y oportunidades de mejora

Apreciamos diferentes limitaciones del hardware utilizado para la configuración de la prueba, así como del software.

- La cuestión principal en relación con el software *Test Universe* utilizado es que el módulo de prueba específico para los fenómenos de CE ofrece ajustes y opciones de prueba limitados para algunas señales de prueba, tal como para los armónicos e interarmónicos en las corrientes. Estas pruebas han sido añadidas en la última revisión de la norma y, aparentemente, el módulo de CE todavía no ha sido actualizado en consonancia.
- La salida de tensión CC auxiliar del CMC 256plus está limitada a 264 VDC. Dependiendo del dispositivo que se vaya a probar, es posible que se requiera una tensión de salida más alta en una prueba (es posible que se necesite una fuente de tensión de CC estándar adicional).
- La norma define las tensiones y corrientes nominales preferidas para los PQI (incluidos los dispositivos PQI con conexión directa). De nuevo, dependiendo del dispositivo PQI, el rango de salida para las amplitudes de tensión puede no ser suficiente en el caso de los medidores de CE conectados directamente. Sin embargo, en el caso de los tipos más comunes de PQI y todos los dispositivos PQI conectados a través de transformadores de medida, no hay ningún problema.
- El reloj del sistema interno del CMC256plus para la salida de magnitudes analógicas es de 10 kHz. Por lo tanto, las muestras de salida analógica se generan cada 0,1 ms. Esto hay que tenerlo en cuenta en el caso de las pruebas de los saltos de fase, cada uno de los cuales ocurre en cada fase exactamente en el paso por cero. A 50 Hz esto significaría un retardo de tiempo entre las fases de 6,67 ms ($t = \frac{1}{3} \cdot 20 \text{ ms} = 6,6\overline{6} \text{ ms}$). En este caso se debe hacer un redondeo deliberado al definir la prueba (plantilla). Figura 5 muestra las señales de salida:
 - a) sin el redondeo apropiado. Los saltos de fase no ocurren exactamente en el paso por cero.
 - b) con el redondeo apropiado. En este caso, el retardo restante está de sobra dentro de los límites de precisión para probar los PQI de clase A.



Figura 5: Señales de salida de la prueba de saltos de fase; a) sin redondeo apropiado (superior); b) con redondeo apropiado (inferior)

5 Pruebas de rutina

Para la instalación o las pruebas de rutina, el número de casos de prueba debe reducirse notablemente. La duración de la prueba debe reducirse de 2 semanas a, por ejemplo, 2 h (similar a los tiempos de prueba de los relés de protección).

En un principio, excluimos las pruebas que no son útiles para la instalación o las pruebas de rutina, en base a los siguientes criterios:

- Comprobación del método de medición: las pruebas de la correcta aplicación de un método de medición forman parte de una prueba tipo y para el usuario final, la exactitud de los valores medidos es más importante que el método de medición subyacente.
- Resultado predecible: si no hay alguna sospecha razonable, no recomendaríamos hacer una prueba con un resultado predecible, por ejemplo, una prueba sin distorsión armónica aplicada no producirá una medición de THDS significativamente diferente de cero.
- Relevancia práctica: las pruebas no son prácticas si el usuario no puede comprender e interpretar la evaluación de una prueba, o si hay muy pocos casos de uso. Por ejemplo, se supone que las

condiciones de prueba con una tensión del 10 % del valor nominal a - 10° C no se dan muy a menudo en el edificio de una subestación. Y si lo hacen, habrá otros problemas con mayor precedencia que la precisión de un PQI.

- Aplicabilidad: las pruebas con ciertas condiciones ambientales no pueden reproducirse durante las pruebas en campo.

En segundo lugar, calificamos cada prueba individual teniendo en cuenta su duración, complejidad y significado para obtener una puntuación final de la relevancia de una prueba de rutina. El resultado es una selección con una duración total de la prueba de alrededor de una hora (duración de la propia prueba: sin evaluación, lectura de diálogos de programa, etc.) e incluye al menos las pruebas de la Figura 6. En el estado actual, esto constituye tan sólo un borrador para futuras deliberaciones.

Template	Topic	Number	Description
6.1	Frequency	A1.2.2	Check measuring uncertainty under reference conditions
6.2	Voltage magnitude	A2.2.2	Check measuring uncertainty under reference conditions
6.3	Flicker	F6.2.1	Check response characteristic for sinusoidal and rectangular voltage changes
6.3	Flicker	F6.2.2	Check response characteristic for sinusoidal and rectangular voltage changes
6.4	Swells, dips	A4.1.2 a)	Check amplitude and duration accuracy for swells and dips
6.4	Swells, dips	A4.1.2 b)	Check amplitude and duration accuracy for swells and dips
6.4	Swells, dips	A4.1.3 a)	Check threshold for swells and dips
6.4	Swells, dips	A4.1.3 b)	Check threshold for swells and dips
6.4	Swells, dips	A4.1.3 c)	Check threshold for swells and dips
6.4	Swells, dips	A4.1.3 d)	Check threshold for swells and dips
6.5	Voltage unbalance	A5.1.4	Check accuracy of voltage unbalance measurement
6.6	Voltage harmonics	A6.2.1	Check measuring uncertainty – single even harmonic
6.6	Voltage harmonics	A6.2.2	Check measuring uncertainty – single odd harmonic
6.6	Voltage harmonics	A6.2.3	Check measuring uncertainty – single high harmonic
6.6	Voltage harmonics	A6.2.4	Check measuring range – low end
6.6	Voltage harmonics	A6.2.5	Check measuring range – high end
6.7	Voltage interharmonics	A7.2.2	Check measuring uncertainty – single low order interharmonic
6.7	Voltage interharmonics	A7.2.3	Check measuring uncertainty – single medium order interharmonic
6.7	Voltage interharmonics	A7.2.4	Check measuring uncertainty – single high order interharmonic
6.7	Voltage interharmonics	A7.2.5	Check measuring range – low end
6.7	Voltage interharmonics	A7.2.6	Check measuring range – high end
6.8	MSV	A8.2.1 a)	Check measuring uncertainty under reference conditions
6.8	MSV	A8.2.2 a)	Check measuring uncertainty under reference conditions
6.8	MSV	A8.2.3 a)	Check measuring uncertainty under reference conditions
6.13	RVC	A13.4.1	Check correct detection of RVC in a polyphase system
6.14	Current magnitude	A14.2.2	Check measuring uncertainty under reference conditions
6.15	Current harmonics	A15.2.1	Check measuring uncertainty – single even harmonic
6.15	Current harmonics	A15.2.2	Check measuring uncertainty – single odd harmonic
6.15	Current harmonics	A15.2.3	Check measuring uncertainty – single high harmonic
6.15	Current harmonics	A15.2.4	Check measuring range – low end
6.15	Current harmonics	A15.2.5	Check measuring range – high end
6.16	Current interharmonics	A16.2.2	Check measuring uncertainty – single low order interharmonic
6.16	Current interharmonics	A16.2.3	Check measuring uncertainty – single medium order interharmonic
6.16	Current interharmonics	A16.2.4	Check measuring uncertainty – single high order interharmonic
6.16	Current interharmonics	A16.2.5	Check measuring range – low end
6.16	Current interharmonics	A16.2.6	Check measuring range – high end
6.17	Current unbalance	A17.1.5	Check accuracy of current unbalance measurement

Figura 6: Selección de pruebas para pruebas de rutina de PQI (IEC 62586-2).

6 Resumen y próximos pasos

Alrededor de 250 pruebas individuales de instrumentos de calidad de energía se implementan en 17 plantillas de prueba, creadas con vistas a su claridad, aplicabilidad y facilidad de uso. Junto con un manual de usuario de 90 páginas, esto hará posible que los no expertos en CE puedan ejecutar todo tipo de pruebas de los PQI, enumeradas en la IEC 62586-2 y de acuerdo con la IEC 61000-4-30.

Asimismo, se presenta un borrador para una futura prueba de rutina de PQI. Incluye especialmente pruebas en las que el resultado y la evaluación son significativos e importantes para los usuarios finales, tales como las compañías eléctricas o la industria.

En un próximo paso se desarrollará más el concepto de una prueba de rutina. La selección actual de pruebas se justificará y ajustará de manera científica. Para la verificación práctica en campo estamos buscando socios para asegurar que los casos de prueba seleccionados son adecuados para su ejecución en campo y que proporcionan los resultados deseados sobre la funcionalidad y la precisión de los PQI en uso.

Referencias

- [1] J. Manson y R. Targosz, «European Power Quality Survey Report,» Leonard Energy, 2008.
- [2] R. Targosz y D. Chapman, «The Cost of Poor Power Quality,» Leonardo Energy, 2015.
- [3] OMICRON, CMGPS 588 User Manual, Klaus: OMICRON, 2015.
- [4] Siemens, «Siemens.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://new.siemens.com/global/de/produkte/energie/energieautomatisierung-und-smart-grid/netzqualitaet-und-messung/netzqualitaetsrekorder-sicam-q200.html>. [Último acceso: 21. Januar 2019].
- [5] IEC, 62586-2:2017 Power quality measurement in power supply systems - Part2: Functional tests and uncertainty requirements, Geneva: IEC, 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 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.