

# Solución de problemas en redes eléctricas trifásicas con los analizadores de calidad eléctrica de la Serie 430 de Fluke

## Nota de aplicación

El análisis de las redes eléctricas trifásicas siempre se ha considerado complejo y caro. Pero ahora, con instrumentos tan avanzados como los analizadores de calidad eléctrica de la Serie 430 de Fluke, este análisis ha dejado de ser caro y es fácil de llevar a cabo incluso en conformidad con normas como EN50160 y IEC 61000-4-30.

Esta nota de aplicación describe algunos problemas normales que se encuentran en las redes de distribución eléctrica, qué es lo que los provoca, de qué manera se pueden medir con los analizadores de calidad eléctrica más recientes y cuáles son las soluciones que eliminan o reducen aquellos problemas.

### Averías de red habituales y sus causas

#### Transitorios

El origen más frecuente de los transitorios son las inevitables conmutaciones en la red. Por ejemplo, el accionamiento de un fusible térmico en una red de baja tensión provoca un considerable pico de tensión, ya que estos fusibles se queman en el modo de limitación de corriente. La abrupta rampa de cortes de corriente es responsable de transitorios de hasta varios miles de voltios. Aquí se incluyen los picos de conmutación de los convertidores de red que, aunque no son muy altos, se suceden regularmente (desde 6 veces por periodo o más), provocando así efectos de interrupción considerables. ¿Cómo afectan estos transitorios al equipo eléctrico? En comparación con tecnologías anteriores con tensiones de control y funcionamiento relativamente altas, los modernos dispositivos microelectrónicos operan con tensiones de 5 V o menos (por

ejemplo, los procesadores de PC en algunos casos sólo necesitan 1,6 V). Esto los hace más susceptibles a los transitorios de la red de alimentación. Aparte del efecto que provocan en los dispositivos electrónicos, estos transitorios también pueden causar interferencias con una red de datos o de control. Suponga, por ejemplo, que un alimentador de un convertidor de alimentación que provoque los picos de conmutación que se ilustran en la figura de abajo interfiera con un cable de datos que esté cerca. Los paquetes de la señal transmitida se distorsionarán al menos 6 veces por segundo. Esto disminuirá la tasa de transmisión de manera significativa y la repetición de los pulsos podría incluso llevar a la pérdida total del tráfico de datos. Si se utilizan inversores de pulso, los transitorios pueden incluso ocurrir con la frecuencia de un reloj, es decir, varios miles de veces por segundo.



#### Armónicos

Con el incremento en el uso de rectificadores se introdujeron los armónicos en los sistemas de distribución eléctrica. Sus efectos al principio eran insignificantes, pero en la actualidad, con tantos equipos industriales y de consumo alimentados con tensiones rectificadas de la red, los armónicos ya no se pueden descartar. Las características de corriente y tensión de estos instrumentos generan distorsiones eléctricas, entre las que se incluyen las problemáticas componentes del tercer armónico.

Ejemplos de instrumentos que se alimentan con tensiones rectificadas de la red:

- PCs, televisores, videograbadoras, y casi todos los equipos de consumo que utilicen CC a partir de una fuente de alimentación conmutada
- Iluminación halógena de baja tensión donde las fuentes de alimentación conmutadas están sustituyendo rápidamente a los transformadores

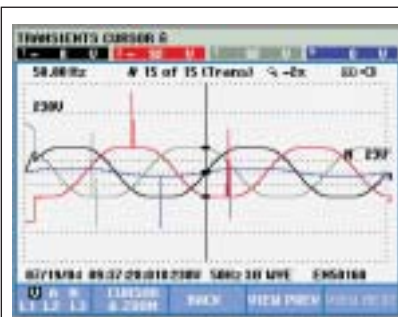


Figura 1 - Transitorios en una red.

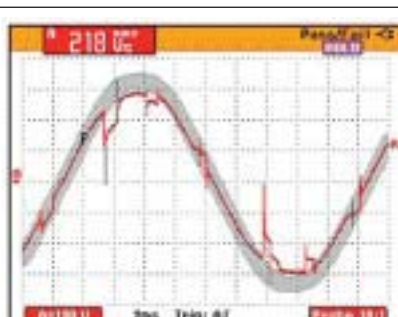


Figura 2 - Transitorios de conmutación (medidos con un ScopeMeter 199C).

- Fluorescentes con balastos electrónicos
- Variadores de velocidad

Todas estas cargas provocan armónicos, ya que la combinación de rectificadores y condensadores de aislamiento toman la corriente del suministro en pulsos.

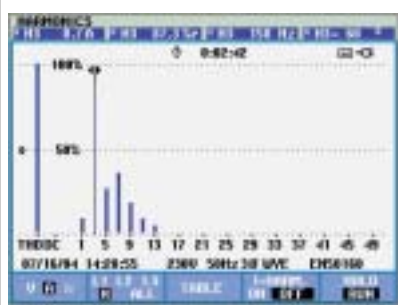
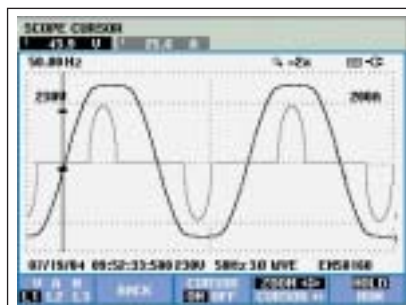


Figura 3 - Corriente típica a través de una carga de rectificadores con espectro armónico

Estas corrientes con forma de pulso provocan un “aplanamiento” de la forma de onda de tensión (Figura 3), lo que es visible en el espectro de tensión por la presencia de componentes de armónico quinto y séptimo. El tercer armónico apenas está presente en la tensión, pues este armónico se cortocircuita en los transformadores del tipo triángulo-estrella. Al contrario de lo que cabría esperar, esto no es deseable porque provoca pérdidas imprevistas del orden de los 2.000 € anuales para un transformador de 630 kVA. Además, el conductor de neutro está extremadamente cargado ya que el tercer armónico de la corriente regresa a través de este conductor (Figura 4).

El conductor de neutro se quema a menudo sin que se perciba este efecto hasta que ya es demasiado tarde. Esto producirá un cambio de tensión que puede dañar el equipo conectado. También existe peligro de incendio debido al sobrecalentamiento del conductor.

Un efecto adicional de los armónicos es su amplificación por resonancia en las baterías de compensación reactiva (Figura 5). Aquí se amplifican especialmente los armónicos de orden superior.

El fuerte efecto de los armónicos en la corriente que fluye a través de un condensador provoca su sobrecalentamiento y su destrucción. Aparte del daño a la unidad de compensación, también se puede

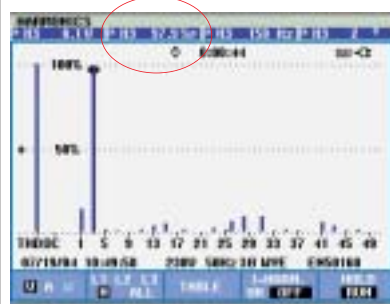
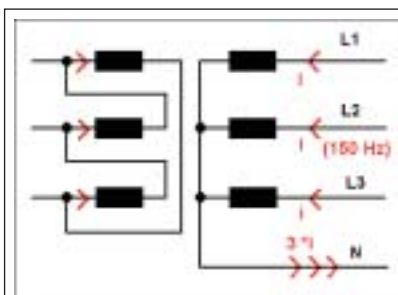


Figura 4 - Carga del conductor de neutro por el tercer armónico. Corriente circulando en el devanado primario

provocar un incendio. Considerando la elevada carga armónica en el suministro eléctrico actual, resulta que las bobinas de choque son a menudo insuficientes.

La tecnología actual permite el uso de filtros activos inteligentes. Estos filtros son autoajustables, libres de resonancia, capaces de actuar en cascada y compensan igualmente cada fase de forma individual.

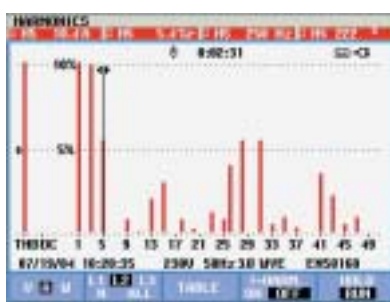


Figura 5 - Tensión y corriente en una batería de condensadores. Espectro de corriente

### Interarmónicos

Además de los armónicos de orden entero (1, 2, 3, etc.), pueden producirse armónicos de orden intermedio (denominados interarmónicos) que también deben medirse. La frecuencia de un interarmónico no es un múltiplo entero de la frecuencia

fundamental. Puede ser, por ejemplo, 2,25 veces la frecuencia fundamental. Los interarmónicos tienen su origen en las señales moduladas en dispositivos electrónicos y por los efectos de mezcla no lineal de algunos dispositivos electrónicos típicos las redes eléctricas actuales.

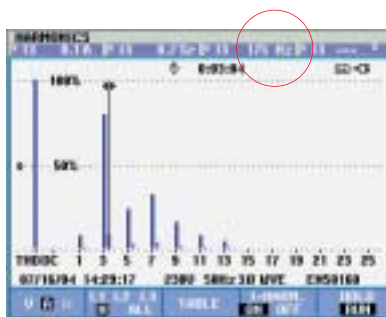


Figura 6 - Interarmónicos de 175 Hz

### Fluctuaciones de tensión, interrupciones y flicker

Las cargas cada vez mayores y la conmutación de sistemas, como los controladores del motor de ascensores, provocan efectos de realimentación rápida de tensión que se manifiestan como bajadas de tensión (Figura 7) o, si se retira la carga, como subidas de tensión. Las bajadas de tensión o las interrupciones hacen que las fuentes de alimentación conmutadas de los dispositivos electrónicos envíen un comando de reinicialización al microprocesador de dicho dispositivo a través de sus salidas “Power Good” y “Watchdog”. En general, estas variaciones en uno o más periodos afectan a muchos equipos electrónicos existentes en los

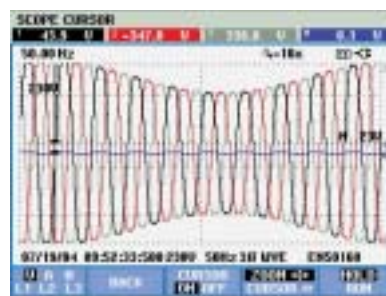


Figura 7 - Bajada de tensión del 40% provocada por una carga que se está conectando a un circuito.

sistemas de producción y a los equipos variadores o de control. Si las fluctuaciones de tensión se producen de forma continuada, con un patrón regular o estocástico, se las conoce como parpadeo de tensión. El término inglés “flicker” hace referencia a la impresión de inestabilidad de la sensación visual por efecto del parpadeo de tensión, y es típico en las bombillas de incandescencia. Es importante poder dar una medida objetiva del flicker, y por ello se define en la norma IEC61000-4-15 la severidad de corta



duración o  $P_{st}$ . El  $P_{st}$  es un valor medido durante 10 minutos que caracteriza la probabilidad de que las fluctuaciones de tensión resulten en un flicker de luz perceptible. Un valor de 1 representa un nivel por el que el 50% de las personas percibirían el flicker en una bombilla de 60 W. Esta prueba se lleva a cabo para distintas frecuencias de modulación, siendo el resultado una curva de evaluación. Con una medida de flicker, este patrón de reconocimiento se replica mediante un algoritmo definido en esta norma. Esto permite convertir las fluctuaciones de tensión medidas en datos objetivos. La evaluación del flicker según una norma



Figura 8 - Registro del valor de flicker por fase

es una cuestión, y localizarlo es otra. El objetivo es, por supuesto, encontrar la fuente que provoca la interferencia, principalmente una carga variable, como puede ser un equipo automático de soldadura o una fotocopiadora. La localización de un flicker se puede explicar mediante un ejemplo:

Los ocupantes de una planta de un edificio se quejan del parpadeo de la luz. Las medidas realizadas anteriormente a la queja daban un valor  $P_{st}$  de 0,95, lo cual entra en los límites permitidos. A pesar de que la medida de  $P_{st}$  entra en los límites permitidos, muchos se quejan todavía del parpadeo en un lugar donde simultáneamente también se ha informado de averías frecuentes en equipos informáticos. Como  $P_{st} < 1$ , en principio no se ha llevado a cabo ninguna acción.

El problema se soluciona ahora de la siguiente forma. Las sondas de tensión y corriente del analizador Fluke 434 se

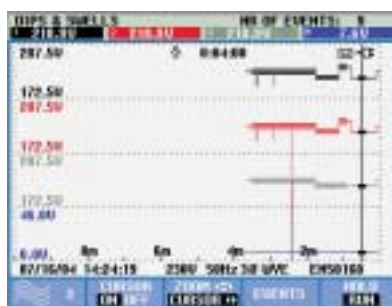


Figura 9 - La tendencia de las curvas indica la dirección del origen del flicker.

conectan al cuadro del circuito de alimentación de la planta. Se registran las variaciones de tensión y corriente. Si las curvas de tendencia para corriente y tensión presentan variaciones en la misma dirección, la fluctuación vendrá del lado del suministro (la caída de tensión genera menos corriente y viceversa). Se debe llevar a cabo una búsqueda “aguas-arriba del punto de medida” o se debe examinar si hay un corto en las inmediaciones. Ahora bien, si las curvas de tendencia presentan variaciones en direcciones opuestas, la fluctuación procederá del lado del equipo (un aumento de la corriente provoca una caída de la tensión y viceversa). La búsqueda entonces se debe llevar a cabo “aguas-abajo” del cuadro. La estructura en árbol de la red de alimentación permite localizar la fuente del problema rápidamente y con precisión.

### Desequilibrio

Se puede hablar de desequilibrio cuando las tensiones de las tres fases no son las mismas o sus desfases no son de 120°. Las causas son, por lo general, las cargas desequilibradas en la instalación. El desequilibrio en la potencia activa de estas cargas genera, casi siempre, la diferencia en las amplitudes de las tensiones mientras que el desequilibrio en su potencia reactiva explica la diferencia en los desfases. El resultado es un desequilibrio en las fases que puede provocar, por ejemplo, que los motores eléctricos se sobrecalienten. Otras consecuencias son las corrientes en el PEN (conductor de protección con neutro combinado) que fluirán a través de todas las estructuras conductoras de un edificio, incluido el blindaje de cables en redes de datos, lo que puede originar elevados costes económicos por pérdida de información. La Figura 10 muestra de qué forma se puede reconocer fácilmente el desequilibrio con el analizador de calidad eléctrica de la Serie 430 de Fluke. Sólo se necesita observar las flechas en el diagrama fasorial. La tabla de la derecha ofrece los datos exactos. La secuencia de fase la componen tres elementos:

- El sistema de secuencia positiva, que rota

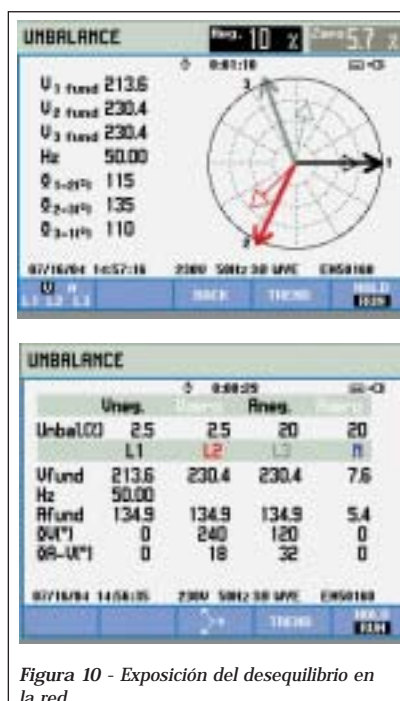


Figura 10 - Exposición del desequilibrio en la red.

- en el sentido de las agujas del reloj. Suministra la potencia necesaria al motor.
- El sistema de secuencia negativa, que rota en el sentido contrario a las agujas del reloj y actúa como freno. Los motores se ven limitados en su rendimiento y se sobrecalientan.
- El sistema de secuencia cero, que no genera rotación alguna, pero carga el conductor de neutro. El tercer armónico en sistemas trifásicos es un típico caso de sistema de secuencia cero.

El objetivo es, por tanto, evitar que se produzcan los sistemas de secuencia cero y/o de secuencia negativa. Los valores de porcentaje para la secuencia negativa y la secuencia cero se pueden ver inmediatamente a la derecha, en la Figura 10, para tensión y corriente.

### Manejo de la Serie 430 de Fluke

El manejo de la Serie 430 de Fluke es muy simple. Sólo es necesario conectar sus sondas de tensión y de corriente al punto de prueba y seleccionar en su menú la medida a realizar.

La función AutoTrend es exclusiva de la Serie 430 de Fluke. Esta función ofrece una rápida visión de conjunto de los cambios en el tiempo de los parámetros medidos sin tener que configurar niveles ni tiempos ni iniciar el proceso manualmente. Todos los valores de medida se registran de forma continua y es posible conmutar entre datos tabulados y gráficos de tendencias, e incluso utilizar el zoom y las funciones de cursor para llevar a cabo análisis detallados, mientras continúa activo

el registro. La función AutoTrend ofrece la importante ventaja de que no se pierde ningún dato importante ni tiempo en la configuración de instrumentos o en iniciar medidas separadas. Además, el tipo de red y los puntos de conexión se muestran claramente en el menú.

## Medidas conforme a las normas

Las medidas conforme a las normas solían ser complicadas y, sobre todo, caras. Este problema lo resuelve con elegancia el Fluke 434. Existen tres normas que hay que tener en cuenta:

- EN 61010:

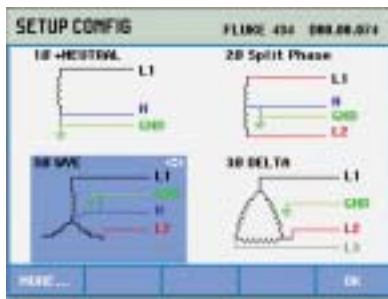


Figura 11 - Esquemas de conexión claramente estructurados; los colores de los conductores se pueden asignar en función de la identificación del país.

Esta norma afecta al diseño del equipo de medida en lo que se refiere a la seguridad del usuario. Como los analizadores de red se utilizan en entornos de alta energía, es muy importante cumplir esta norma.

- EN 61000-4-30: Esta norma describe la forma en que el dispositivo de medida debe realizar internamente el registro de los datos. Por ejemplo, indica que para medir los armónicos se deben registrar diez periodos.
- EN 50160: Esta norma define la calidad de la tensión suministrada por el proveedor de energía eléctrica.

Con la función System-Monitor de la Serie 430 de Fluke, las medidas de conformidad con las normas son ahora realmente fáciles de hacer. Sólo hay que pulsar un botón y todas las medidas de conformidad se ponen en marcha. Luego sólo resta visualizar la lista de eventos para obtener una visión detallada de lo que queda fuera de los límites.

## Resumen - Serie Fluke 430

En la actualidad, los equipos de medida de la calidad de la red son herramientas indispensables. Ya se trate de una nueva adquisición o de un recambio, el funcionamiento y el precio son siempre

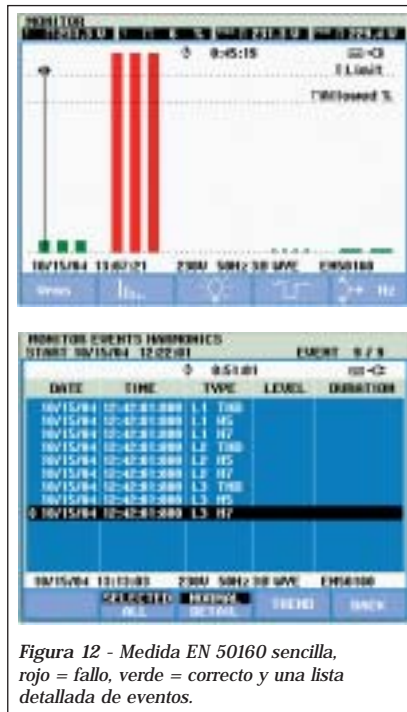


Figura 12 - Medida EN 50160 sencilla, rojo = fallo, verde = correcto y una lista detallada de eventos.

prioridades cuando se está planteando una inversión de estas características.

La Serie 430 de Fluke resuelve con eficacia ambas cuestiones.

Los analizadores Fluke 433 y 434 se han diseñado como instrumentos de medida profesionales para aplicaciones en industria, sanidad, servicios financieros y bancos, centros de informática y todas las actividades en que la calidad eléctrica sea fundamental. Su versatilidad, medidas automáticas, funciones de registro y facilidad de funcionamiento los convierten en las herramientas ideales para localizar averías en sistemas trifásicos.

La Serie 430 mide todos los parámetros del sistema de alimentación eléctrica según la versión actual de la norma EN 61000-4-30, como tensión y corriente de verdadero valor eficaz, frecuencia, alimentación, consumo eléctrico, desequilibrio y flicker.

También capturan y registran armónicos automáticamente y capturan automáticamente eventos tales como transitorios de hasta 5 microsegundos y

6 kV, interrupciones, variaciones rápidas de tensión y subidas y bajadas de tensión.

Optimizados para su fácil transporte, estos robustos instrumentos ofrecen más de 7 horas de funcionamiento autónomo con una sola recarga de sus baterías. La amplia capacidad de su memoria permite almacenar hasta 50 pantallas y 10 medidas, cada una con 32 parámetros (incluidos los datos de tendencias y las configuraciones) registrados durante el tiempo seleccionado (hasta más de un año). Toda esta información puede transferirse a un PC mediante el software FlukeView® para su análisis o elaboración de informes. Ambos modelos poseen también funciones versátiles de osciloscopio.

Los analizadores trifásicos de la Serie 430 de Fluke se unen al analizador de calidad eléctrica monofásico 43B de Fluke, un instrumento que combina las funciones de un analizador de calidad eléctrica, un osciloscopio de 20 MHz, un multímetro y un registrador de datos. Los analizadores de red Fluke 43B, 433 y 434 cubren la gama completa de aplicaciones de medida de calidad eléctrica, desde la simple búsqueda de averías, al complejo análisis de todas las posibilidades de medida que necesitan los usuarios en las aplicaciones más modernas, y a un precio muy atractivo.

**Fluke.** *Manteniendo su mundo en marcha.*

**Fluke Ibérica, S.L.**  
Polígono Industrial de Alcobendas  
C/Aragoneses, 9 post  
28108 Alcobendas  
Madrid  
Tel.: 914140100  
Fax: 914140101  
E-mail: [info.es@fluke.com](mailto:info.es@fluke.com)  
<http://www.fluke.es>

Web access: <http://www.fluke.com>