

Caracterización y medida de supraarmónicos

El nuevo desafío de la red eléctrica en la era de la electrónica de potencia

POWER QUALITY · EMC · SMART GRIDS · SUPRAHARMONICS

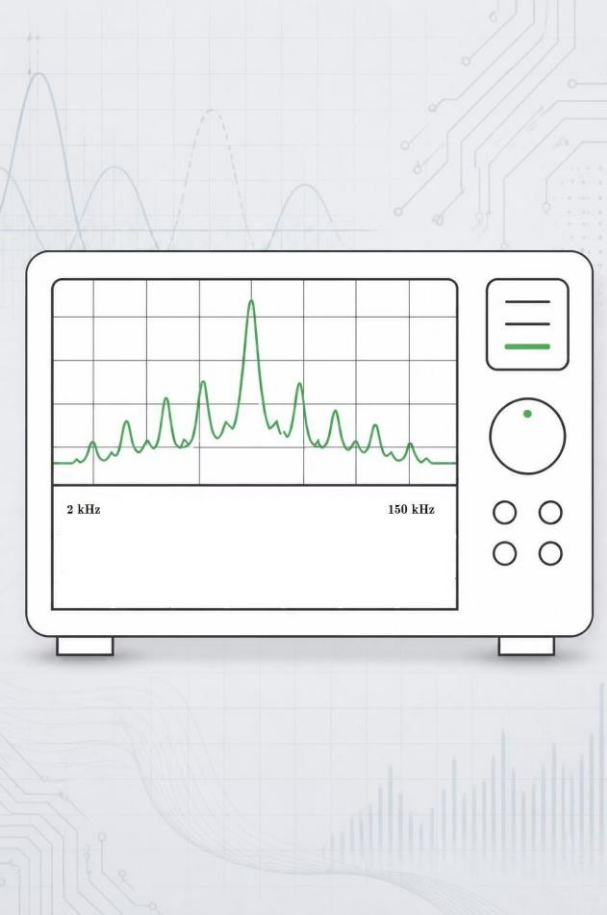
Itziar Angulo Pita

Escuela de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

cigre

For power system expertise

¿Qué son los supraarmónicos?





Rango de frecuencia

Fenómeno de distorsión entre 2 kHz y 150 kHz, fuera del alcance de los analizadores de calidad de red convencionales (limitados a 2-2.5 kHz).

Comportamiento dinámico

A diferencia de los armónicos clásicos, son no síncronos con la red y altamente variables en el tiempo.

Punto ciego normativo

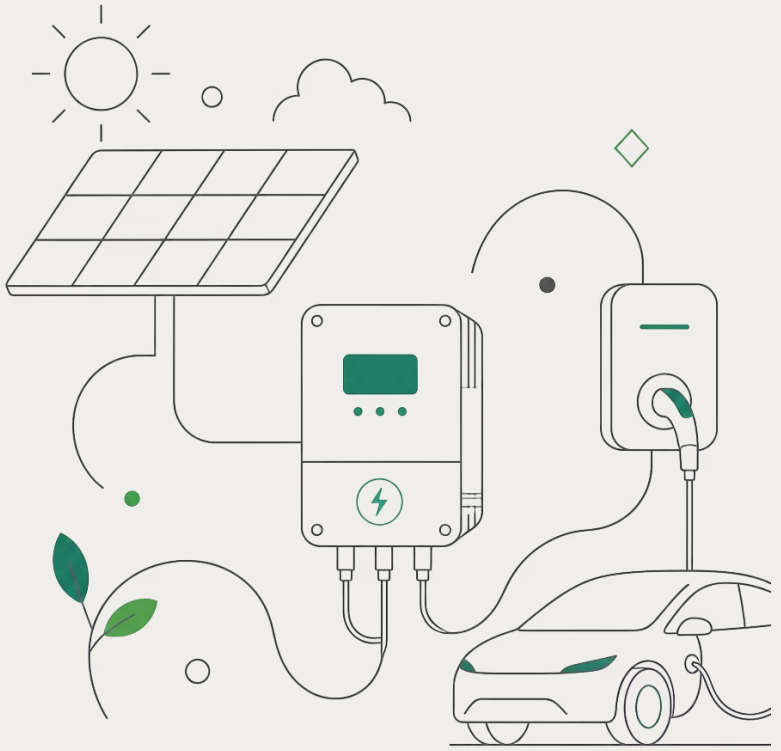
La normativa tradicional no cubre este rango, generando una laguna técnica y regulatoria en la ingeniería eléctrica moderna.

cigre
For power system expertise

El motor del cambio: Electrónica de potencia

Causa raíz

- La adopción masiva de inversores fotovoltaicos, cargadores de vehículos eléctricos y tecnologías basadas en conversores electrónicos de potencia ha transformado el perfil de emisiones de la red.
  - **La conmutación de semiconductores** genera emisiones no intencionales en el rango de 2-150 kHz.
  - Los **fenómenos de resonancia** entre filtros de distintos equipos amplifican las emisiones de forma impredecible.



Tres perspectivas, un mismo fenómeno

Power Quality

Envejecimiento prematuro de condensadores, pérdidas adicionales en transformadores y disparos de protecciones.

EMC

Compatibilidad electromagnética ante la proliferación de equipos con electrónica de potencia que emiten interferencias no intencionales.

Comunicaciones PLC

Interferencias en la transmisión de datos sobre la red eléctrica, crítico para smart grids, telegestión y contadores inteligentes.

Retos técnicos en la medida

Características temporales y frecuenciales

Las emisiones pueden ser de banda estrecha o banda ancha, y pueden tener carácter impulsivo, lo que exige estrategias de medida adaptadas a cada caso.

Impedancia de red variable

Los valores medidos dependen críticamente de las condiciones del punto de conexión, dificultando la comparación entre instalaciones.

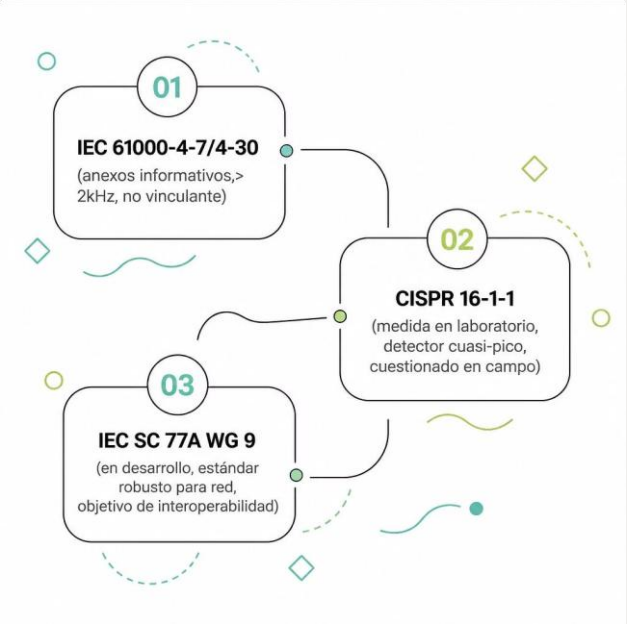
Lab vs. campo

No existe un método normativo universal para medidas en campo que sea equivalente a las condiciones de laboratorio controladas.

Panorama normativo actual



- **IEC 61000-4-7 / 4-30** — Proporcionan anexos informativos para frecuencias superiores a 2 kHz, pero sin carácter normativo vinculante.
- **CISPR 16-1-1** — Define la medida en laboratorio con detector de cuasi-pico, enfoque cuestionado para el análisis de red en campo.
- **IEC SC 77A WG 9** — Grupo de trabajo activo para definir un estándar robusto de medida aplicable a la red eléctrica real.



cigre
For power system expertise

Comparativa de metodologías de análisis



La elección del método de análisis condiciona radicalmente los resultados. La agregación en ventanas de 200 Hz frente a 2 kHz puede ocultar o exagerar emisiones críticas, mientras que los analizadores de calidad estándar no capturan los picos transitorios característicos de los supraarmónicos.

Impacto operativo real

Protecciones y comunicaciones

Disparos intempestivos de relés y fallos de comunicación en contadores inteligentes y sistemas de telegestión.

Efectos térmicos y acústicos

Calentamiento inesperado por efecto piel en conductores y ruidos acústicos molestos en componentes magnéticos.

La paradoja del THD

Una instalación puede presentar baja distorsión total (THD) y, sin embargo, sufrir fallos inexplicables por supraarmónicos no detectados.



Estrategias de diagnóstico y mitigación

01

Muestreo de alta frecuencia

Despliegue de equipos con frecuencia de muestreo >200 kHz para análisis espectral avanzado en campo.

02

Modelado de impedancias

Identificación y localización de puntos de resonancia en la instalación mediante modelado de impedancias de red.

03

Filtrado activo

Uso de filtros activos o LCL específicos para atenuar los residuos de conmutación directamente en la fuente emisora.



Conclusiones: Hacia el futuro

Estandarización urgente

La definición de métodos de medida normalizados es un requisito imprescindible para la interoperabilidad de las smart grids.

Gestión crítica de emisiones

A medida que la electrónica de potencia satura la red, el control de emisiones en alta frecuencia se vuelve estratégico.

Próximo foco: 150-500 kHz

La banda de 150-500 kHz emerge como el siguiente gran desafío técnico y regulatorio, con implicaciones para EMC y PLC.

Advertencia técnica: La banda 150-500 kHz podría ser el próximo gran foco de atención en calidad de suministro y compatibilidad electromagnética. Las organizaciones normativas deben actuar con anticipación.