

Julio 2003

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 2-2: Entorno

Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 2-2: Environment. Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 2-2: Environnement. Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites à basse fréquence et la transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation basse tension.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-2-2 de junio de 2002, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 61000-2-2:2002.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-ENV 61000-2-2 de octubre de 1994.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 208 *Compatibilidad Electromagnética* cuya Secretaría desempeña UNESA.

ICS 33.100.01

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 2-2: Entorno
Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia
y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión
(CEI 61000-2-2:2002)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 2-2: Environment. Compatibility
levels for low-frequency conducted
disturbances and signalling in public low-
voltage power supply systems.
(IEC 61000-2-2:2002)

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 2-2: Environnement. Niveaux de
compatibilité pour les perturbations
conduites à basse fréquence et la
transmission des signaux sur les réseaux
publics d'alimentation basse tension.
(CEI 61000-2-2:2002)

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).
Teil 2-2: Umgebungsbedingungen.
Verträglichkeitspegel für niederfrequente
leitungsgeführte Störgrößen und
Signalübertragung in öffentlichen
Niederspannungsnetzen.
(IEC 61000-2-2:2002)

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2002-05-01. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CENELEC en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CENELEC son los comités electrotécnicos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CENELEC
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 35 B-1050 Bruxelles

© 2002 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

ANTECEDENTES

El texto del documento 77A/367/FDIS, futura edición 2 de la Norma Internacional CEI 61000-2-2, preparado por el Subcomité SC 77A, *Fenómenos de baja frecuencia*, del Comité Técnico TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de CEI, fue sometido a voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-2-2 el 2002-05-01.

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la norma europea debe adoptarse a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 2003-02-01
- Fecha límite en la que deben retirarse las normas nacionales divergentes con esta norma (dow) 2005-05-01

Los anexos denominados “normativos” forman parte del cuerpo de la norma.

Los anexos denominados “informativos” se dan sólo para información.

En esta norma, el anexo ZA es normativo y los anexos A y B son informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 61000-2-2:2002 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

En la versión oficial, para la bibliografía, debe añadirse la siguiente nota para la norma indicada*:

- | | |
|---------------|--|
| CEI 60038 | NOTA – Armonizada como Documento de Armonización HD 472 S1:1989 (con modificaciones). |
| CEI 61000-2-4 | NOTA – Armonizada como Norma Europea EN 61000-2-4:1994 (sin ninguna modificación). |
| CEI 61000-3-2 | NOTA – Armonizada como Norma Europea EN 61000-3-2:2000 (con modificaciones). |
| CEI 61037 | NOTA – Armonizada como Norma Europea EN 61037:1992 (con modificaciones)
+ A1:1996 (sin ninguna modificación). + A2:1998 (sin ninguna modificación). |

* Introducida en la norma indicándose con una línea vertical en el margen izquierdo del texto.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
2 NORMAS PARA CONSULTA	8
3 DEFINICIONES	8
3.1 Definiciones generales.....	8
3.2 Definiciones relativas a los fenómenos	9
4 NIVELES DE COMPATIBILIDAD	11
4.1 Comentario general	11
4.2 Fluctuaciones de tensión y flicker	11
4.3 Armónicos.....	12
4.4 Interarmónicos	13
4.5 Huecos de tensión e interrupciones breves	14
4.6 Desequilibrio de tensión	14
4.7 Sobretensiones transitorias	15
4.8 Variaciones temporales de la frecuencia de la red	15
4.9 Componentes continuas.....	15
4.10 Sistemas de transmisión de señales en la red.....	15
ANEXO A (Informativo) LA FUNCIÓN DE LOS NIVELES DE COMPATIBILIDAD Y DE PLANIFICACIÓN EN CEM	17
A.1 La necesidad de los niveles de compatibilidad	17
A.2 Relación entre el nivel de compatibilidad y los niveles de inmunidad.....	17
A.3 Relación entre el nivel de compatibilidad y los límites de emisión	18
A.4 Niveles de planificación	19
A.5 Ilustración de los niveles de compatibilidad, de emisión, de inmunidad y de planificación	20
ANEXO B (Informativo) PRESENTACIÓN DE ALGUNOS FENÓMENOS DE PERTURBACIONES.....	21
B.1 Descomposición de tensiones y corrientes no sinusoidales	21
B.2 Interarmónicos y componentes de tensión a frecuencias superiores a la de orden 50	23
B.3 Huecos de tensión e interrupciones breves	26
B.4 Sobretensiones transitorias	27
B.5 Componentes continuas.....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

INTRODUCCIÓN

La Norma CEI 61000 se publica en partes separadas de acuerdo con la siguiente estructura:

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)

Definiciones, terminología

Parte 2: Entorno

Descripción del entorno

Clasificación del entorno

Niveles de compatibilidad

Parte 3: Límites

Límites de emisión

Límites de inmunidad (en la medida en que no están bajo de la responsabilidad de los comités de productos)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Técnicas de medida

Técnicas de ensayo

Parte 5: Guías de instalación y atenuación

Guías de instalación

Métodos y dispositivos de atenuación

Parte 6: Normas genéricas

Parte 9: Varios

Cada parte está a su vez subdividida en varias partes, publicadas bien como normas internacionales, bien como especificaciones técnicas o informes técnicos, algunos de los cuales han sido publicados como secciones. Otras serán publicadas con el número de la parte seguido de un guión y completado de un segundo número identificando la subdivisión (por ejemplo: 61000-6-1).

En la Norma CEI 61000-2-1 figuran informaciones detalladas sobre los diferentes tipos de perturbaciones que se pueden esperar en las redes eléctricas de suministro público.

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 2-2: Entorno

Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma se refiere a las perturbaciones conducidas en el rango de frecuencias de 0 kHz a 9 kHz, con una extensión hasta 148,5 kHz para los sistemas de transmisión de señales en la red. Se dan los valores numéricos de los niveles de compatibilidad para las redes de distribución pública de corriente alterna en baja tensión, con una tensión nominal máxima de 420 V monofásica, o 690 V trifásica, y una frecuencia nominal de 50 Hz o 60 Hz.

Los niveles de compatibilidad especificados en esta norma se aplican en el punto de conexión común. En los terminales de un equipo alimentado por las redes descritas anteriormente, el nivel de severidad de las perturbaciones puede, en la mayor parte de los casos, considerarse igual a la del punto de conexión común. En algunas situaciones esto no es así, particularmente en el caso de una línea larga dedicada al suministro de una instalación particular, o en el caso de una perturbación generada o amplificada dentro de la instalación de la que forma parte el equipo.

Los niveles de compatibilidad se especifican para las perturbaciones electromagnéticas que se pueden esperar en las redes de distribución pública en baja tensión, con el objeto de ayudar a definir:

- los límites que se deben establecer para las emisiones de perturbaciones en las redes de distribución pública de energía (incluyendo los niveles de planificación tal como se definen en el apartado 3.1.5);
- los límites de inmunidad que se deben establecer por los comités de productos u otros relacionados con los equipos sometidos a las perturbaciones conducidas por las redes de distribución pública de energía.

Los fenómenos de las perturbaciones consideradas son:

- las fluctuaciones de tensión y el flicker;
- los armónicos hasta el de orden 50 incluido;
- los interarmónicos hasta el armónico de orden 50;
- las distorsiones de tensión a frecuencias superiores (por encima del armónico de orden 50);
- los huecos de tensión y las interrupciones breves;
- el desequilibrio de tensión;
- las sobretensiones transitorias;
- las variaciones de la frecuencia fundamental;
- las componentes continuas;
- los sistemas de transmisión de señales en la red.

La mayor parte de estos fenómenos se describen en la Norma CEI 61000-2-1. En los casos en que todavía no es posible establecer niveles de compatibilidad, se dan algunas informaciones.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación estaban en vigor las ediciones indicadas. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las normas indicadas a continuación. Los miembros de CEI y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

CEI 60050-101 – *Vocabulario electrotécnico internacional (VEI). Capítulo 101: Matemáticas.*

CEI 60050-161 – *Vocabulario electrotécnico internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*

CEI 60664-1 – *Coordinación de aislamiento de los materiales en los sistemas (redes) de baja tensión. Parte 1: Principios, prescripciones y ensayos.*

CEI/TR3 61000-2-1 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Entorno. Sección 1: Descripción del entorno. Entorno electromagnético para perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en redes de distribución pública.*

CEI 61000-3-3 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las fluctuaciones de tensión y del flicker en las redes de baja tensión para equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase.*

CEI 61000-4-7 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 7: Guía general relativa a las medidas de armónicos e interarmónicos, así como a los aparatos de medida, aplicable a las redes de alimentación y a los aparatos conectados a éstas.*

CEI 61000-4-15 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 15: Medidor de flicker. Especificaciones funcionales y de diseño.*

3 DEFINICIONES

Para el objeto de esta parte de la Norma CEI 61000, se aplican las definiciones de las Normas CEI 60050-101, CEI 60050-161 y sus Modificaciones 1 y 2, así como las siguientes.

3.1 Definiciones generales

3.1.1 perturbación (electromagnética): Cualquier fenómeno electromagnético, que por su presencia en el entorno electromagnético, puede degradar el funcionamiento previsto de un equipo eléctrico.

[VEI 161-01-05, modificada]

3.1.2 nivel de perturbación: Cantidad o magnitud de una perturbación electromagnética, medida y evaluada por medio de un método especificado.

[VEI 161-03-01, modificada]

3.1.3 compatibilidad electromagnética, CEM (abreviatura): Capacidad de un equipo o de un sistema para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentra en ese entorno.

NOTA 1 – La compatibilidad electromagnética es una condición del entorno electromagnético tal que, para cada fenómeno, el nivel de emisión de perturbación es lo suficientemente bajo y los niveles de inmunidad lo suficientemente elevados para que todos los aparatos, equipos y sistemas funcionen según lo previsto.

NOTA 2 – La compatibilidad electromagnética sólo está asegurada si los niveles de emisión e inmunidad son controlados de tal manera que los niveles de inmunidad de los aparatos, equipos y sistemas, en cualquier lugar, no son sobrepasados por el nivel de perturbación en ese lugar, resultante de la emisión acumulada de todas las fuentes y de otros factores, tales como las impedancias de los circuitos. Tradicionalmente, se dice que existe compatibilidad si la probabilidad de la desviación del comportamiento esperado es suficientemente bajo. Véase el capítulo 4 de la Norma CEI 61000-2-1.

NOTA 3 – Cuando el contexto lo requiere, la compatibilidad electromagnética puede tomarse referida a una sola perturbación o a una clase de perturbaciones.

NOTA 4 – La compatibilidad electromagnética es un término utilizado también para describir el estudio relativo a los efectos electromagnéticos adversos que los aparatos, equipos o sistemas sufren, unos por el hecho de otros, o por fenómenos electromagnéticos.

[VEI 161-01-07, modificada]

3.1.4 nivel de compatibilidad (electromagnética): Nivel de perturbación electromagnética utilizado como nivel de referencia en un entorno especificado para asegurar la coordinación del establecimiento de límites de emisión e inmunidad.

NOTA 1 – Tradicionalmente, el nivel de compatibilidad se selecciona de tal manera que sólo haya una pequeña probabilidad de ser sobrepasado por el nivel real de perturbación.

[VEI 161-03-10, modificada]

3.1.5 nivel de planificación: Nivel de una perturbación dada en un entorno dado, adoptado como valor de referencia para determinar los límites de emisión a aplicar a las cargas de gran potencia y a las instalaciones, con el objeto de coordinar estos límites con los demás límites adoptados para los equipos destinados a conectarse a la red de distribución de energía.

NOTA – El nivel de planificación es específico del lugar donde se aplica, y se adopta por los responsables de la planificación y la operación de las redes de distribución del lugar considerado. Para más información, véase el anexo A.

3.1.6 punto de conexión común; PCC (abreviatura): El punto situado en la red de la alimentación pública, eléctricamente más próximo de una carga particular, y al cual están o pueden estar conectadas otras cargas.

[VEI 161-07-15, modificada]

3.2 Definiciones relativas a los fenómenos

Las siguientes definiciones, relativas a los armónicos, se basan en el análisis de los sistemas de tensiones o de corrientes por medio de la transformada discreta de Fourier (DFT). Se trata de la aplicación práctica de la transformada de Fourier tal como se define en VEI 101-13-09. Véase el anexo B.

NOTA – La transformada de Fourier aplicada a una función del tiempo, ya sea periódica o no, es una función en el dominio de la frecuencia llamada espectro de frecuencias de la función del tiempo, o simplemente espectro. Si la función del tiempo es periódica, el espectro está constituido de líneas discretas (o componentes). Si la función del tiempo no es periódica, el espectro es una función continua, que presenta componentes en todas las frecuencias.

Otras definiciones relativas a los armónicos o interarmónicos se dan en el VEI y en otras normas. Algunas de estas otras definiciones, aunque no se utilicen en esta norma, se presentan en el anexo B.

3.2.1 frecuencia fundamental: Frecuencia, en el espectro obtenido por medio de la transformada de Fourier, de una función del tiempo, en la que están referidas todas las frecuencias del espectro. Para el objeto de esta norma, la frecuencia fundamental es la misma que la frecuencia de la red de distribución de energía.

[VEI 101-14-50, modificada]

NOTA 1 – En el caso de una función periódica, la frecuencia fundamental es generalmente igual a la de la propia función. (Véase el apartado B.1).

NOTA 2 – En el caso en que subsiste un riesgo de ambigüedad, se recomienda que la frecuencia de la red de distribución de energía se defina con referencia a la polaridad y a la velocidad de rotación del o de los alternadores síncronos que alimentan el sistema.

3.2.2 componente fundamental: Componente cuya frecuencia es la frecuencia fundamental.

3.2.3 frecuencia armónica: Frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. La relación de la frecuencia armónica a la frecuencia fundamental se denomina *orden del armónico* (notación recomendada: h).

3.2.4 componente armónica: Cualquier componente que tenga una frecuencia armónica. Su valor se expresa normalmente en valor eficaz.

De manera concisa, tal componente puede denominarse simplemente "*armónico*".

3.2.5 frecuencia interarmónica: Cualquier frecuencia que no es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental.

NOTA 1 – Por extensión de *orden del armónico*, orden del interarmónico es la relación de la frecuencia interarmónica a la frecuencia fundamental. Esta relación no es un número entero. (notación recomendada: m).

NOTA 2 – En el caso en que $m < 1$, el término *frecuencia subarmónica* puede utilizarse igualmente.

3.2.6 componente interarmónica: Componente cuya frecuencia es una frecuencia interarmónica. Su valor se expresa normalmente en valor eficaz.

De manera concisa, tal componente puede denominarse simplemente "*interarmónico*".

NOTA – Para el objeto de esta norma, y según se describe en la Norma CEI 61000-4-7, la ventana temporal tiene una anchura de 10 (redes de 50 Hz) o de 12 (redes de 60 Hz) periodos fundamentales, es decir alrededor de 200 ms. El intervalo de frecuencia entre dos componentes interarmónicas consecutivas es por tanto de alrededor de 5 Hz.

3.2.7 tasa de distorsión armónica total; (THD): Relación entre el valor eficaz de la suma de las componentes armónicas y el valor eficaz de la componente fundamental. La suma está limitada hasta un orden especificado (notación recomendada: H)

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}$$

donde

Q representa la corriente o la tensión;

Q_1 es el valor eficaz de la componente fundamental;

h es el orden del armónico;

Q_h es el valor eficaz de la componente armónica de orden h;

H generalmente es igual a 50, pero puede ser igual a 25 en los casos de bajo riesgo de resonancia en los órdenes superiores.

NOTA – El *THD* no tiene en cuenta más que los armónicos. Si los interarmónicos deben tomarse en consideración, véase el apartado B.1.2.1.

3.2.8 desequilibrio de tensión: Condición en un sistema polifásico en la que los valores eficaces de las componentes fundamentales de las tensiones entre fases, o los ángulos entre tensiones entre fases consecutivas, no son todos iguales. Habitualmente se expresa el grado de desigualdad como la relación de la componente inversa a la componente directa y como la relación de la componente homopolar a la componente directa.

[VEI 161-08-09, modificada]

NOTA 1 – En esta norma, el desequilibrio de tensión no se aplica más que a las redes trifásicas y no se expresa más que en términos de la componente inversa.

NOTA 2 – Varias aproximaciones dan resultados suficientemente precisos para las tasas de desequilibrio (relación de las tensiones inversa y directa) corrientemente encontradas, por ejemplo:

$$\text{desequilibrio de tensión} = \sqrt{\frac{6 \times (U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)}{(U_{12} + U_{23} + U_{31})^2}} - 2$$

donde U_{12} , U_{23} y U_{31} son las tres tensiones entre fases.

4 NIVELES DE COMPATIBILIDAD

4.1 Comentario general

Los niveles de compatibilidad indicados en los siguientes apartados se aplican a las diversas perturbaciones consideradas individualmente. En la práctica, sin embargo, sobrevienen varias perturbaciones simultáneamente en el entorno electromagnético. Las combinaciones de perturbaciones particulares pueden deteriorar el funcionamiento de determinados equipos. Véase el anexo A.

4.2 Fluctuaciones de tensión y flicker

En las redes de baja tensión, las fluctuaciones de tensión se producen por cargas fluctuantes, por el funcionamiento de los reguladores en carga de los transformadores o por otros ajustes operacionales de la red de distribución o de los equipos conectados a ésta.

En condiciones normales, la amplitud de las variaciones rápidas de tensión está limitada al 3% de la tensión nominal de suministro. No obstante, pueden producirse excepcionalmente escalones de tensión superiores al 3% en la red de distribución pública.

Además, consecutivamente a variaciones de carga excepcionales o a maniobras de interruptores, son posibles desplazamientos de la tensión fuera de tolerancias de servicio normales (por ejemplo $\pm 10\%$ de la tensión de suministro declarada) durante algunas decenas de segundos, hasta que los reguladores en carga de los transformadores de alta tensión/media tensión hayan operado.

En las redes de baja tensión, las variaciones de tensión pueden provocar la aparición de flicker. La severidad del flicker se mide según la Norma CEI 61000-4-15 y se valora según la Norma CEI 61000-3-3. La severidad del flicker se calcula con respecto a los efectos de corta y de larga duración.

La severidad de corta duración, denotada como P_{st} , se calcula sobre un periodo de 10 min. La curva de la figura 1 define el nivel máximo admisible, para una lámpara normalizada, del flicker resultante de las fluctuaciones rectangulares de tensión con diferentes tasas de repetición. Esta curva corresponde al umbral $P_{st} = 1$.

La severidad de flicker resultante de las fluctuaciones de tensión no rectangulares puede determinarse ya sea por la medición con un flickermetro, o aplicando un factor de corrección definido en la Norma CEI 61000-3-3.

La severidad de larga duración, denotada como P_{lt} , se calcula sobre un periodo de 2 h. Ella se deduce de los valores de P_{sti} resultantes de 12 periodos consecutivos de 10 min por la relación:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \times \sum_{i=1}^{12} P_{sti}^3}$$

donde P_{sti} ($i = 1, 2, \dots, 12$) son 12 valores consecutivos de P_{st} (véase la Norma CEI 61000-4-15).

Los niveles de compatibilidad son los siguientes:

corta duración: $P_{st} = 1$;

larga duración: $P_{lt} = 0,8$.

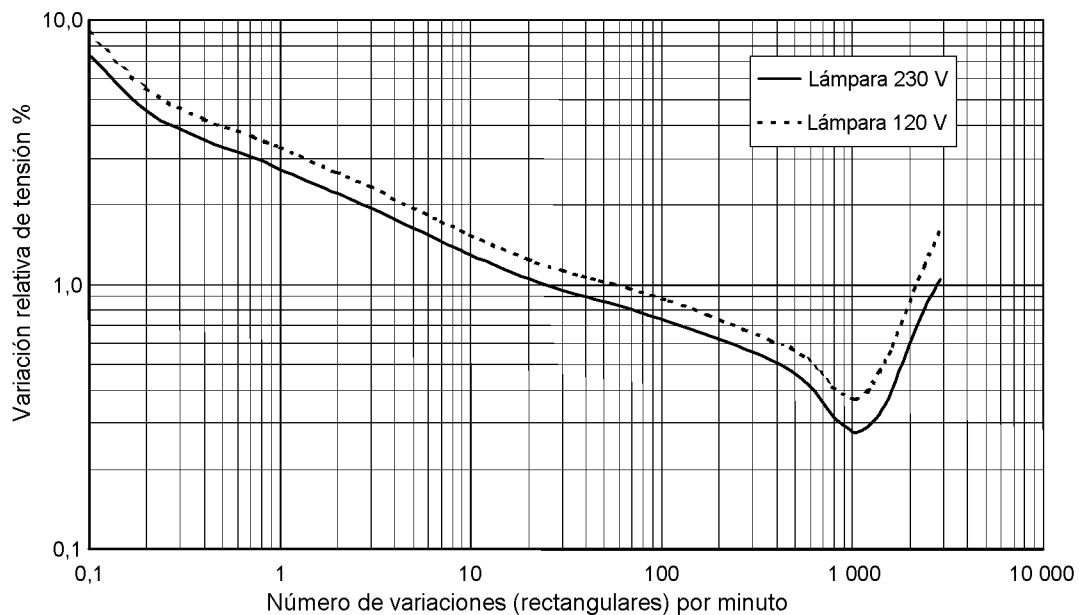


Fig. 1 – Curva unitaria de severidad del flicker ($P_{st} = 1$) para variaciones rectangulares de tensión en las redes de suministro de baja tensión

4.3 Armónicos

Para la definición de los niveles de compatibilidad relativos a los armónicos deben considerarse dos factores. El primero es el aumento del número de fuentes perturbadoras. El segundo es la disminución de la proporción de cargas puramente resistivas (calefacción), que funcionan como elementos amortiguadores, con relación a la carga total. Por tanto puede esperarse un aumento de los niveles de armónicos en las redes de distribución mientras las emisiones de armónicos no sean eficazmente limitadas.

Los niveles de compatibilidad indicados en esta norma deben entenderse como relativos a los estados estacionarios o cuasi-estacionarios. Se dan como valores de referencia para los efectos de larga duración y para los efectos de muy corta duración.

- Los efectos de larga duración conciernen principalmente a los efectos térmicos sobre los cables, transformadores, motores, condensadores, etc. Proviene de niveles de armónicos mantenidos durante 10 min o más.
- Los efectos de muy corta duración conciernen principalmente a perturbaciones de dispositivos electrónicos que pueden ser sensibles a niveles de armónicos mantenidos durante 3 s o menos. Los regímenes transitorios no están comprendidos en estos efectos.

Los niveles de compatibilidad relativos a las tensiones armónicas individuales para los efectos de larga duración se dan en la tabla 1. El nivel de compatibilidad correspondiente a la tasa de distorsión armónica total es $THD = 8\%$.

Tabla 1
Niveles de compatibilidad para las tensiones armónicas individuales en las redes de baja tensión
 (valores eficaces en porcentaje del valor eficaz de la componente fundamental)

Armónicos impares no múltiplos de 3		Armónicos impares múltiplos de 3 ^a		Armónicos pares	
Orden del armónico h	Tensión del armónico %	Orden del armónico h	Tensión del armónico %	Orden del armónico h	Tensión del armónico %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,4	6	0,5
13	3	21	0,3	8	0,5
$17 \leq h \leq 49$	$2,27 \times (17/h) - 0,27$	$21 < h \leq 45$	0,2	$10 \leq h \leq 50$	$0,25 \times (10/h) + 0,25$

^a Los niveles dados para los armónicos de orden impar múltiplos de tres se aplican a los armónicos homopolares. Así, en una red trifásica sin conductor de neutro o en ausencia de carga conectada entre una fase y la tierra, el valor de los armónicos de orden 3 y 9 puede ser bastante inferior a los niveles de compatibilidad, dependiendo del desequilibrio de la red.

En lo que concierne a los efectos de muy corta duración, los niveles de compatibilidad relativos a las componentes armónicas individuales de la tensión son iguales a los valores dados en la tabla 1, multiplicados por un coeficiente *k* calculado como se indica a continuación:

$$k = 1,3 + \frac{0,7}{45} \times (h - 5)$$

Para la tasa de distorsión armónica total, el nivel de compatibilidad correspondiente es $THD = 11\%$.

NOTA – Los niveles de compatibilidad dados anteriormente se aplican igualmente a la conmutación por impulsos, en la medida en que contribuyen al contenido armónico de la tensión de suministro. Sin embargo, en lo que concierne a sus otros efectos, comprendiendo su influencia sobre la conmutación de otros convertidores, y sus efectos sobre otros equipos implicando los armónicos de orden más elevado del espectro, se requiere una descripción en el dominio del tiempo, véase la correspondiente norma de productos.

4.4 Interarmónicos

El conocimiento de las perturbaciones electromagnéticas implicadas en los interarmónicos está todavía en desarrollo. Véase el anexo B para una discusión más profunda.

Esta norma no da niveles de compatibilidad más que en el caso de tensiones interarmónicas de una frecuencia próxima a la frecuencia fundamental (50 Hz o 60 Hz), que dan lugar a una modulación de la amplitud de la tensión de suministro.

En estas condiciones, ciertas cargas que son sensibles al cuadrado de la tensión, y especialmente los sistemas de iluminación, presentan un fenómeno de batido que se traduce por flicker (véase el apartado 4.2). La frecuencia de batido es igual a la diferencia entre las frecuencias de las dos tensiones coexistentes, es decir, entre la frecuencia fundamental y la frecuencia interarmónica.

El nivel de compatibilidad relativo a una tensión interarmónica individual expresado como la relación entre la amplitud de las tensiones interarmónica y fundamental se da en la figura 2 en función de la frecuencia de batido. Como en el apartado 4.2, se basa en una severidad del flicker igual a $P_{st} = 1$ para las lámparas de 120 V y 230 V. (Las mediciones muestran a menudo que hay presentes varios interarmónicos).

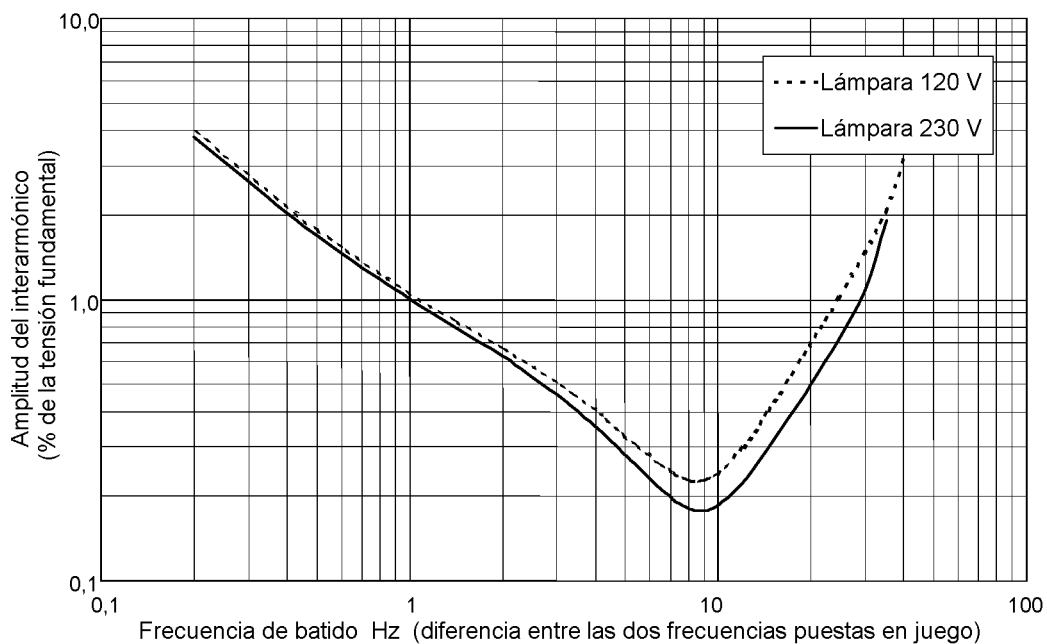


Fig. 2 – Niveles de compatibilidad para tensiones interarmónicas ligadas al flicker (efecto de batido)

NOTA 1 – Una situación parecida puede aparecer cuando una tensión armónica de amplitud significativa (particularmente de orden 3 ó 5) coincide con una tensión interarmónica de una frecuencia próxima. En este caso, el fenómeno se debería evaluar igualmente según la figura 2, tomando por amplitud el producto de las amplitudes relativas de las tensiones armónica e interarmónica que dan nacimiento a la frecuencia de batido. El resultado es raramente significativo.

NOTA 2 – Por debajo del orden interarmónico 0,2, los niveles de compatibilidad se determinan por semejanza con los requisitos correspondientes al flicker. Con este objeto, se recomienda que la severidad del flicker se calcule conforme al anexo A de la Norma CEI 61000-3-7 utilizando el factor de forma dado para las fluctuaciones de tensión periódicas sinusoidales. Se puede de forma prudente fijar el valor del factor de forma en 0,8 para $0,04 < m \leq 0,2$ y en 0,4 para $m \leq 0,04$.

4.5 Huecos de tensión e interrupciones breves

Estos fenómenos se presentan en el anexo B así como en la Norma CEI 61000-2-8.

4.6 Desequilibrio de tensión

En esta norma, el desequilibrio de tensión se considera para los efectos de larga duración, es decir, para duraciones de 10 min o más. En esta norma, el desequilibrio de tensión se considera solamente con relación a la componente inversa que es la relevante en cuanto a las posibles interferencias con los equipos conectados a las redes de distribución de baja tensión.

NOTA – Para las redes en que el punto neutro está unido directamente a tierra, la tasa de desequilibrio homopolar puede ser relevante.

El desequilibrio de tensión causado por una carga monofásica conectada entre dos fases es prácticamente igual a la relación de la potencia de esta carga a la potencia de cortocircuito de la red trifásica.

El nivel de compatibilidad corresponde a una componente inversa igual al 2% de la componente directa. Pueden aparecer valores de hasta el 3%, especialmente en ciertas zonas donde es habitual conectar grandes cargas monofásicas.

4.7 Sobretensiones transitorias

Estos fenómenos se presentan en el anexo B.

Teniendo en cuenta las diferencias que existen en términos de amplitud y de energía entre las sobretensiones transitorias de diferentes orígenes (principalmente el rayo y las maniobras), no se especifica ningún nivel de compatibilidad. Véase la Norma CEI 60664-1 para la coordinación de aislamiento.

4.8 Variaciones temporales de la frecuencia de la red

En las redes de suministro público, la frecuencia se mantiene lo más próxima posible de su valor nominal, en la medida que depende principalmente del tamaño global de los sistemas eléctricos interconectados de manera síncrona. En la mayor parte de los casos, el ancho del intervalo de variación de la frecuencia nominal es inferior a 1 Hz. Cuando se pone en marcha una interconexión síncrona a escala de un continente, las variaciones son mucho más pequeñas. Las redes insulares, no conectadas de manera síncrona con un gran sistema pueden sufrir variaciones de frecuencia más importantes.

El nivel de compatibilidad para las variaciones temporales de la frecuencia se fija en ± 1 Hz.

En régimen permanente, la desviación entre la frecuencia y la frecuencia nominal es mucho más pequeña.

NOTA – Para algunos equipos, la velocidad de variación de la frecuencia es importante.

4.9 Componentes continuas

La tensión en las redes de suministro público objeto de esta norma, normalmente no contiene componente continua significativa. Esta, no obstante, puede producirse en presencia de cargas que absorben corrientes no simétricas. Los sucesos no controlables tales como las tormentas geomagnéticas quedan excluidos.

La magnitud crítica es el nivel de corriente continua. El valor de la tensión continua depende no sólo de la corriente continua, sino también de otros factores, especialmente de la resistencia de la red en el punto considerado. Así pues, no se especifica ningún nivel de compatibilidad para el nivel de tensión continua. Véase el anexo B.

4.10 Sistemas de transmisión de señales en la red

4.10.1 Generalidades. Aunque las redes de distribución pública tengan como fin principal el suministro de energía eléctrica a usuarios, los gestores de la red la utilizan igualmente para la transmisión de señales con el objeto, por ejemplo, de controlar determinados tipos de cargas. Estas redes no se utilizan para la transmisión de señales entre usuarios privados.

Técnicamente, los sistemas de telecontrol consisten en una fuente de tensión interarmónica, véase el apartado 4.4 y el anexo B. En este caso, la tensión de señalización se emite intencionalmente en una porción determinada de la red. La frecuencia y la tensión de la señal emitida están predeterminadas y la señal se emite en horas específicas.

Es necesario tomar en consideración el nivel de tensión de las señales de telecontrol para coordinar la inmunidad de los equipos conectados a las redes en las que estas señales se emiten.

El diseño de un sistema de transmisión de señales en la red debería responder a tres objetivos:

- asegurar la compatibilidad entre instalaciones vecinas;
- evitar las interferencias entre el sistema de transmisión de señales y sus elementos y los equipos conectados a la red o que forman parte de ésta;
- impedir que el sistema de transmisión de señales perturbe los equipos conectados a la red o formen parte de ésta.

En el capítulo 10 de la Norma CEI 61000-2-1 se describen cuatro sistemas de transmisión de señales en la red. (Las gamas de frecuencias mencionadas son valores nominales y son objeto de práctica común).

4.10.2 Sistemas de telecontrol centralizados (de 110 Hz a 3 000 Hz). Las señales de telecontrol centralizado se transmiten en forma de una secuencia de impulsos. La duración de cada impulso está comprendida entre 0,1 s y 7 s, y la duración de la secuencia completa está comprendida entre 6 s y 180 s. De forma más usual, un impulso tiene una duración de aproximadamente 0,5 s y la secuencia una duración de aproximadamente 30 s.

Estos sistemas funcionan generalmente en un rango de frecuencias comprendido entre 110 Hz y 3 000 Hz. La amplitud de las señales sinusoidales inyectadas es del orden del 2% al 5% de la tensión de suministro nominal, en función de las prácticas locales. Los fenómenos de resonancia pueden llevar a una amplificación de los niveles hasta el 9%. En los sistemas más recientemente instalados, las señales están habitualmente comprendidas entre 110 Hz y 500 Hz.

En algunos países, la llamada curva de “Meister”, dada en la figura 3, está oficialmente reconocida. Cuando la curva de “Meister” no se utiliza, la amplitud de las señales emitidas en este rango de frecuencias no deberá sobrepasar los niveles que figuran en la tabla 1 para los armónicos impares (no múltiplos de 3).

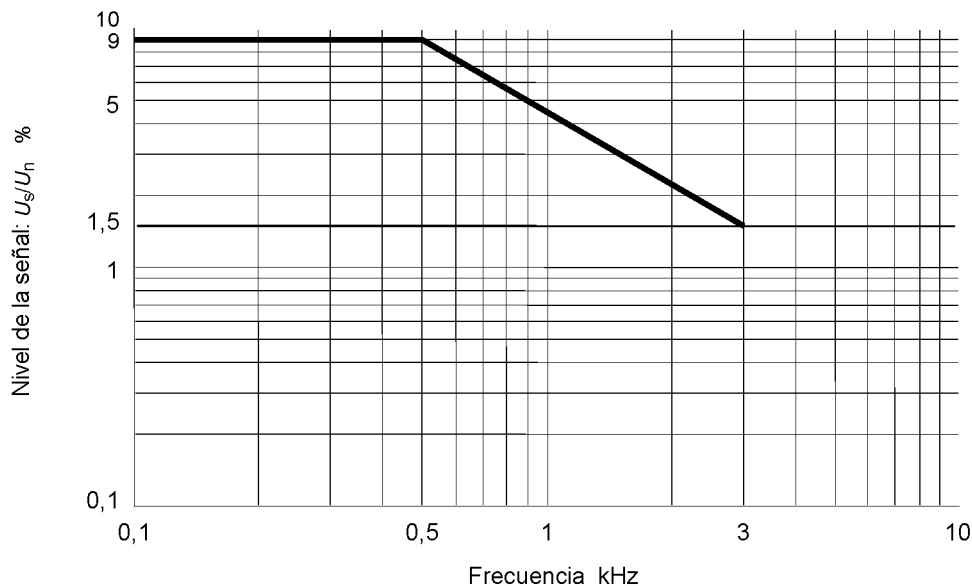


Fig. 3 – Curva de “Meister” para los sistemas de telecontrol centralizado en las redes de suministro público (100 Hz a 3 000 Hz)

4.10.3 Sistemas por ondas portadoras de media frecuencia (de 3 kHz a 20 kHz). En estudio.

4.10.4 Sistemas por ondas portadoras de radiofrecuencia (de 20 kHz a 148,5 kHz). En estudio.

4.10.5 Sistemas de marcado de onda. Debido a las características tan heterogéneas de los diferentes sistemas, no se puede dar ninguna recomendación general, y pertenece a los fabricantes el garantizar la compatibilidad entre sus sistemas y la red de suministro.

ANEXO A (Informativo)

LA FUNCIÓN DE LOS NIVELES DE COMPATIBILIDAD Y DE PLANIFICACIÓN EN CEM

A.1 La necesidad de los niveles de compatibilidad

La compatibilidad electromagnética (CEM) trata sobre la degradación posible del funcionamiento de un equipo eléctrico o electrónico debido a las perturbaciones presentes en el entorno electromagnético en el que funciona el equipo. Para garantizar la compatibilidad son necesarios dos requisitos:

- que la emisión de perturbaciones en el entorno electromagnético se mantenga por debajo del nivel que llevaría a una degradación inaceptable de las características del equipo funcionando en ese entorno;
- que cualquier equipo funcionando en el entorno electromagnético posea una inmunidad suficiente a todas las perturbaciones, para los niveles que existen en el entorno.

Los límites de emisión y de inmunidad no se pueden fijar independientemente el uno del otro. Evidentemente, cuanto más eficazmente se controlen las emisiones menos restrictivos son los requisitos de inmunidad a imponer a los equipos. Igualmente, no es necesario imponer límites de emisión muy estrictos si el equipo está fuertemente inmunizado a las perturbaciones.

Por tanto, es necesario coordinar bien los límites de emisión y de inmunidad. Esta es la principal función de los niveles de compatibilidad indicados en esta norma.

Las perturbaciones concernientes son los fenómenos conducidos en las redes de corriente alterna de distribución pública en baja tensión. En efecto, la red de suministro cuyo papel es transportar la energía eléctrica desde las centrales de producción hasta los equipos de los usuarios, conduce igualmente y no intencionadamente las perturbaciones electromagnéticas desde su fuente hacia el equipo que es sensible a ellas.

Para establecer la definición de los niveles de compatibilidad relativos a los diferentes fenómenos, se han tomado en cuenta tres factores:

- el nivel de compatibilidad es el nivel de perturbación susceptible de aparecer en el entorno, con una pequeña probabilidad de ser sobrepasado (< 5%). Para determinadas perturbaciones, los niveles observados van en aumento y se hace necesaria una visión a largo plazo;
- se trata de un nivel de perturbación que puede mantenerse aplicando reglas prácticas de limitación de las emisiones;
- se trata del nivel de perturbación en el que un equipo funcionando en el entorno correspondiente necesita ser inmunizado, con un margen conveniente.

A.2 Relación entre el nivel de compatibilidad y los niveles de inmunidad

Para cada fenómeno, el nivel de compatibilidad debe considerarse como el nivel de perturbación susceptible de aparecer en el entorno correspondiente. Cualquier equipo destinado a funcionar en ese entorno necesita una inmunidad superior o igual a este nivel de perturbación. Normalmente se conservará un margen adaptado al equipo en cuestión entre los niveles de compatibilidad e inmunidad.

Además, los niveles de compatibilidad se han fijado para las perturbaciones, consideradas individualmente y, en el caso de los armónicos e interarmónicos, para frecuencias individuales. En la práctica, debe admitirse que generalmente coexisten varias perturbaciones en el entorno y que las características de algunos equipos pueden degradarse en presencia de una combinación particular de perturbaciones, incluso aunque cada una sea inferior al nivel de compatibilidad correspondiente.

Por ejemplo, en el caso de los armónicos e interarmónicos, determinadas combinaciones de frecuencias, amplitudes y fases pueden modificar considerablemente el valor de cresta de la tensión, y/o su punto de paso por cero. La presencia de otras perturbaciones puede complicar la situación.

Como el número de combinaciones posibles es infinito, es imposible fijar los niveles de compatibilidad para combinaciones de perturbaciones.

Así, si existe una combinación de perturbaciones (inferiores a los niveles de compatibilidad) que conducen a una degradación de las características de un equipo dado, esta combinación se necesita identificar a fin de que la inmunidad del equipo sea consecuentemente especificada.

A.3 Relación entre el nivel de compatibilidad y los límites de emisión

Debe hacerse notar en primer lugar que algunas perturbaciones encuentran su origen en los fenómenos atmosféricos, particularmente el rayo, o en la respuesta normal e inevitable de una red de suministro, correctamente diseñada, a las faltas eléctricas o a la maniobra de conexión de cargas o de determinados equipos. En esta categoría figuran las sobretensiones transitorias, los huecos de tensión y las interrupciones breves del suministro. No pueden definirse límites de emisión para estos fenómenos dado que las fuentes de los mismos son incontrolables. En este caso, el nivel de compatibilidad refleja el nivel de severidad que puede alcanzarse en la práctica.

No obstante, numerosas perturbaciones encuentran su origen en las aplicaciones de la electricidad conectadas a la red de suministro público o, en menor medida, en el equipamiento de la propia red. Las perturbaciones sobrevienen cuando tales equipos absorben una corriente que no es una función constante o regular de la tensión de suministro, pero que presenta variaciones abruptas o que no sigue el ciclo completo de la onda de tensión. Estas corrientes deformadas circulan a través de las impedancias de la red de suministro y originan perturbaciones análogas en la tensión.

Aunque la reducción de la impedancia de la red a veces es necesaria para atenuar los efectos de algunas fuentes de perturbaciones particulares, estas impedancias generalmente se fijan en base a consideraciones tales como la regulación de tensión y otras consideraciones sin relación con la atenuación de las perturbaciones.

Las deformaciones de la tensión son, por otro lado, conducidas hacia otros equipos algunos de ellos sensibles. Los niveles de las perturbaciones presentes en los bornes de estos equipos dependen del tipo, número, y emplazamiento de los equipos perturbadores funcionando en un instante dado e igualmente de la manera en que las perturbaciones emanadas de esas diversas fuentes se combinan de modo que se originen niveles particulares de perturbaciones en emplazamientos específicos. Esos niveles deben ser inferiores a los niveles de compatibilidad.

La relación que existe entre el nivel de compatibilidad y los límites de emisión es por tanto más compleja que la que existe entre el nivel de compatibilidad y el nivel de inmunidad. Por una parte, las fuentes de perturbaciones son muy variadas, y de otra parte, y particularmente en el caso de las perturbaciones de baja frecuencia, el límite impuesto a cada fuente tiene en cuenta el hecho de que las perturbaciones emitidas por una fuente se combinan con las producidas por un gran número de fuentes similares. El nivel de perturbación resultante es el que se compara con el nivel de compatibilidad. Además, muchos límites de emisión se expresan en corriente, mientras que los niveles de compatibilidad se expresan en tensión para la mayor parte de las perturbaciones. Esto hace necesario tener en cuenta la impedancia de la red.

No obstante, la aplicación de los límites de emisión permite garantizar que el nivel de perturbación real no sobrepasará el nivel de compatibilidad, aparte de los pocos casos probables aceptados en la CEM.

Esto significa que los límites de emisión correspondientes a un tipo de equipo dado no pueden establecerse independientemente sino que necesitan, para cada perturbación, ser coordinados con los límites impuestos a los demás equipos que generan esta perturbación. Es importante que la coordinación sea tal que, cuando todas las fuentes respetan los límites que les son impuestos individualmente y funcionan con una simultaneidad normal para el entorno correspondiente, el nivel de perturbación resultante sea inferior al nivel de compatibilidad.

Las fuentes de perturbaciones son extremadamente variadas, pero es útil dividir las en dos grandes categorías:

- **Instalaciones y equipos de gran potencia:** En el pasado, esta categoría constituía prácticamente las únicas fuentes de perturbaciones de baja frecuencia, como los armónicos y las fluctuaciones de tensión. Una característica importante de estas instalaciones es que su existencia llega a conocimiento del distribuidor de electricidad que tiene entonces la posibilidad, en colaboración con el propietario u operador de la instalación, de definir las condiciones de funcionamiento que permitan limitar las emisiones a un nivel aceptable y las condiciones de suministro que permitan garantizar que las perturbaciones producidas no perturban a otros equipos conectados a la red de suministro. La solución depende del lugar considerado.
- **Equipos de pequeña potencia:** De una manera siempre creciente, los equipos de relativamente pequeña potencia utilizados ampliamente en las instalaciones domésticas, comerciales y en la pequeña industria constituyen fuentes significativas de perturbaciones de baja frecuencia. Estos equipos se compran libremente y se instalan generalmente sin saberlo el distribuidor de electricidad. En términos absolutos, la emisión de uno de estos equipos, tomado individualmente, es pequeña, pero un gran número de ellos está conectado a la red. En la mayoría de los países, representan el 50% del consumo de electricidad. Además, la emisión de la mayor parte de estos equipos es importante, comparativamente a su potencia nominal. Este tipo de equipo se convierte entonces en una fuente importante y creciente de perturbaciones de baja frecuencia. La única solución que permite controlar estas emisiones es el de asegurar que los equipos se diseñen y construyan conforme a las normas que fijan los límites de emisión correspondientes.

Así, con el objeto de conservar el nivel de compatibilidad como una indicación realista del nivel de perturbación máximo probable en el entorno electromagnético, es necesario coordinar de manera coherente los límites de emisión adoptados para esta gran gama de productos, desde las instalaciones de gran potencia que son objeto del conocimiento del distribuidor de electricidad hasta los equipos de pequeña potencia que los usuarios instalan a discreción.

NOTA – Las instalaciones consideradas específicamente por el distribuidor de electricidad pueden comportar un gran número de equipos profesionales de pequeña potencia. En este caso, sin embargo, las emisiones se consideran en relación a la instalación en su conjunto y no se aplican los límites individuales a los equipos.

A.4 Niveles de planificación

En lo concerniente a las instalaciones y cargas de gran potencia, los responsables de las redes de suministro tienen un papel particular. Estos utilizan la noción de nivel de planificación (véase la definición en el apartado 3.1.5) para determinar los límites de emisión aplicables a estas instalaciones.

Los niveles de planificación se aplican en primer lugar a las redes de media y alta tensión. No obstante, las perturbaciones conducidas de baja frecuencia se propagan a la vez hacia las redes de baja tensión y hacia los niveles de tensión superiores. La coordinación de los límites de emisión debe tener en cuenta el conjunto de los niveles de tensión.

La utilización de los niveles de planificación se describe en los Informes Técnicos CEI/TR3 61000-3-6 y CEI/TR3 61000-3-7. Los puntos más importantes son los siguientes:

- El nivel de planificación es un valor elegido por la entidad responsable de la planificación y de la operación de la red de suministro en una zona dada. Se utiliza para fijar los límites de emisión aplicables a las instalaciones y a las cargas de gran potencia antes de conectarse a la red en esa zona. Esto se utiliza como ayuda para distribuir la limitación de perturbar lo más equitativamente posible.
- El nivel de planificación no puede ser superior al nivel de compatibilidad. Generalmente se conserva entre estos dos niveles un margen establecido en función de ciertos factores como el tipo de perturbación en cuestión, la estructura y las características eléctricas de la red de suministro (correctamente diseñada y mantenida), los niveles de perturbación pre-existentes en la red, la posibilidad de una resonancia y los perfiles de carga. Depende por tanto del punto considerado.

- Aunque el nivel de planificación esté ligado principalmente a las instalaciones y a los equipos de gran potencia, también se debe tener en cuenta la presencia de otras numerosas fuentes de perturbaciones, especialmente la de un gran número de equipos conectados en baja tensión. El margen disponible para tolerar la emisión de las instalaciones de gran potencia depende en la práctica de la eficacia de los límites impuestos a los equipos de pequeña potencia. Cualquier dificultad a este respecto es el signo de que es necesario aplicar las reglas de emisión más estrictas a los equipos de pequeña potencia. Se trata principalmente de asegurar que el nivel de perturbación previsto no sobrepase el nivel de compatibilidad.

A.5 Ilustración de los niveles de compatibilidad, de emisión, de inmunidad y de planificación

Los diversos límites y niveles de CEM se representan en la figura A.1. Aunque no sea exacto desde el punto de vista matemático, esta figura ilustra las relaciones entre los diferentes valores. La figura trata de dar solamente un significado esquemático. En particular, las posiciones relativas de las dos curvas muestran un recubrimiento que se puede producir, pero no debería interpretarse como una indicación precisa de la extensión del recubrimiento.

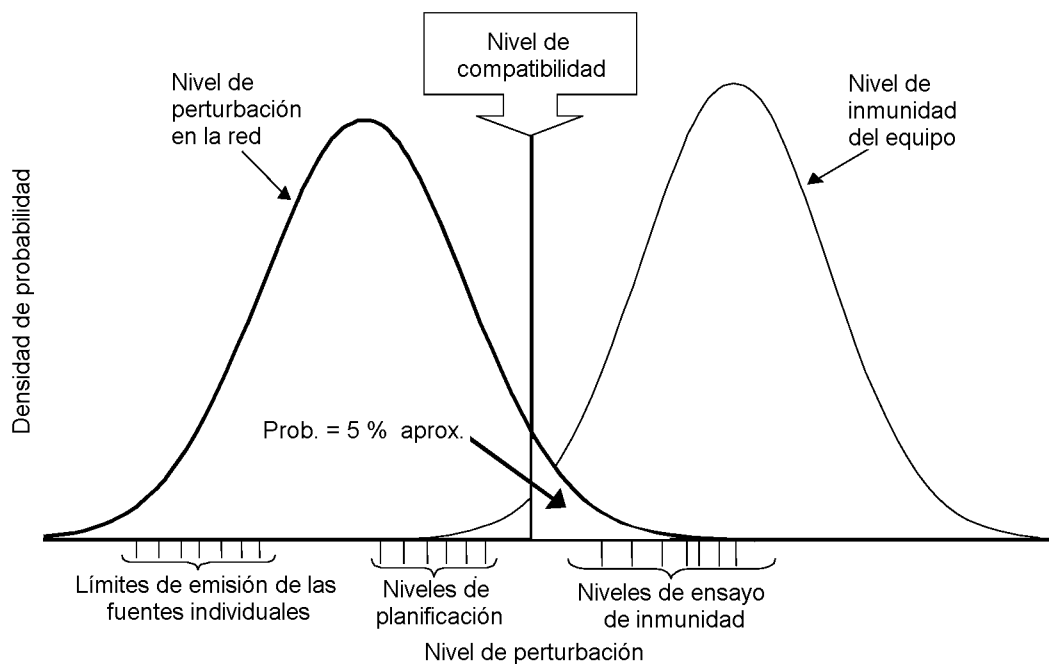


Fig. A.1 – Relación entre los niveles de compatibilidad, de inmunidad, de planificación y de emisión

ANEXO B (Informativo)**PRESENTACIÓN DE ALGUNOS FENÓMENOS DE PERTURBACIONES****B.1 Descomposición de tensiones y corrientes no sinusoidales**

La distorsión de la tensión de suministro – con relación a la forma de onda sinusoidal – es equivalente a la superposición sobre la tensión ideal de una o varias tensiones sinusoidales de frecuencias no deseadas. Esto vale igualmente para las corrientes. En lo que sigue de este anexo, las tensiones y las corrientes se designan por el término “magnitudes”.

El análisis en serie de Fourier (VEI 101-13-08) permite descomponer una función no sinusoidal pero periódica en una suma de componentes, una continua, y las otras sinusoidales de frecuencias crecientes. Las frecuencias más baja de la serie se denomina frecuencia fundamental f_f (VEI 101-14-49). Las otras frecuencias de la serie son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental y se denominan frecuencias armónicas. Se hace referencia a esas componentes de la cantidad periódica respectivamente como componente fundamental y componentes armónicas.

La transformada de Fourier (VEI 101-13-09) puede aplicarse a una función cualquiera, periódica o no. El resultado de la transformación es un espectro en el dominio frecuencial que, en el caso de una función de tiempo no periódica, es una función continua sin componente fundamental. El caso particular de la aplicación a una función periódica muestra las trazas espectrales en el dominio frecuencial, en donde las trazas del espectro son el fundamental y los armónicos de la serie de Fourier correspondiente.

La transformada discreta de Fourier (DFT-Discrete Fourier Transform) es la aplicación práctica de la transformada de Fourier. En la práctica, la señal se analiza sobre un periodo de tiempo limitado (una *ventana* de observación de duración T_w) que utiliza un número finito de muestras de la señal medida (M). El resultado de la DFT depende de la selección de los parámetros T_w y M . La inversa de T_w es la frecuencia base f_b de la DFT.

La DFT se aplica a la señal medida en el interior de la ventana de observación. La señal no se analiza fuera de la ventana de observación, pero se asume que se repite de forma idéntica a la señal de dentro de la ventana. Así resulta una aproximación de la señal real por medio de una señal virtual que es rigurosamente periódica y cuyo periodo es la duración de la ventana de observación.

La transformada rápida de Fourier (FFT-Fast Fourier Transform) es un algoritmo particular que permite reducir significativamente los tiempos de cálculo. Este algoritmo requiere que el número de muestras (M) sea un múltiplo entero de 2 ($M = 2^l$). (En otras palabras, requiere que la frecuencia de muestreo sea igual a una potencia fija de 2 veces la frecuencia fundamental.) Sin embargo, los procesadores modernos que permiten el tratamiento numérico de las señales tienen tales características que los cálculos suplementarios ligados a la DFT (tablas de funciones senos y cosenos) pueden ser más simples y económicos que los de una FFT en frecuencia.

Para que el resultado de la DFT aplicada a una función considerada como periódica (véase el apartado B.1.1) sea el mismo que el resultado de un análisis en serie de Fourier, es necesario que la frecuencia fundamental sea un múltiplo entero de la frecuencia base (esto exige que la frecuencia de muestreo sea rigurosamente un múltiplo entero de la frecuencia base [$f_s = M \times f_b$]). La sincronización de la muestra es esencial. En efecto, una pérdida de sincronismo puede alterar el espectro, añadir trazas suplementarias y cambiar la amplitud de las trazas reales.

En consecuencia, las técnicas de medición definidas en la Norma CEI 61000-4-7, así como la definición de la frecuencia fundamental en el apartado 3.2.1, son coherentes para su aplicación en el campo de la electrotecnia y de la electrónica de potencia. Los demás casos requieren un examen complementario.

A modo de ilustración, se puede considerar la superposición de un sistema de telecontrol centralizado cuya señal es sinusoidal de 175 Hz, sobre la tensión sinusoidal de 50 Hz de una red de distribución de energía.

Resulta de ello una señal periódica cuyo periodo es de 40 ms y una frecuencia de 25 Hz. La aplicación del análisis en serie de Fourier a esta tensión conduce a una componente fundamental de 25 Hz de amplitud nula y dos componentes armónicas de amplitud no nula, el armónico de orden 2 (50 Hz) con una amplitud igual a la de la tensión de suministro y el armónico de orden 7 (175 Hz) con una amplitud igual a la del sistema de telecontrol centralizado. Las definiciones dadas en el apartado 3.2 evitan la confusión implícita resultante de este análisis y suministran un resultado conforme a la práctica de la DFT (tal como se describe en la Norma CEI 61000-4-7), estableciendo el fundamental a 50 Hz y un interarmónico de orden 3,5.

NOTA 1 – Cuando se analiza la tensión de un sistema de distribución de energía, la componente a la frecuencia fundamental es la componente de mayor amplitud. Esta no es necesariamente el primer trazo del espectro obtenido aplicando una DFT a la función de tiempo.

NOTA 2 – Cuando se analiza una corriente, la componente a la frecuencia fundamental no es necesariamente la componente de mayor amplitud.

B.1.1 Fenómenos variables con el tiempo

Las tensiones y corrientes de una red de distribución de electricidad están típicamente afectadas por conmutaciones incesantes y variaciones de carga tanto lineales como no lineales. Sin embargo, con el fin de un análisis, se consideran estacionarias en el interior de la ventana de observación (aproximadamente 200 ms), que es un múltiplo entero del periodo de la tensión de suministro. Los analizadores de armónicos están diseñados para dar el mejor compromiso que la tecnología pueda ofrecer (véase la Norma CEI 61000-4-7).

B.1.2 Definición de términos complementarios

Las siguientes definiciones son complementarias a las dadas en el apartado 3.2 y pueden ser de uso práctico.

B.1.2.1 residuo total de distorsión: Magnitud obtenida sustrayendo de una magnitud en c.a. su componente fundamental, siendo tratadas todas las magnitudes como funciones del tiempo

$$TDC = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$$

donde

Q es el valor eficaz total de la magnitud (tensión o corriente);

Q_1 es el valor eficaz de la componente fundamental.

El residuo total de distorsión incluye a la vez las componentes armónicas y las componentes interarmónicas. Véase también VEI 101-14-54 y VEI 551-20-11.

B.1.2.2 tasa de distorsión total; TDR: Relación del valor eficaz del residuo total de distorsión al valor eficaz de la componente fundamental de una magnitud en c.a.

[VEI 551-20-14, modificada]

$$TDR = \frac{TDC}{Q_1} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1}$$

con las mismas notaciones que en el apartado B.1.2.1.

B.2 Interarmónicos y componentes de tensión a frecuencias superiores a la de orden 50

B.2.1 Fuentes de tensiones y de corrientes no deseadas

Las redes de distribución pública se diseñan para suministrar una tensión alterna a la frecuencia de 50 Hz o 60 Hz. En la medida de lo posible, se desea evitar en estas redes la presencia de tensiones a otras frecuencias. No obstante, las nuevas aplicaciones de la electricidad tienden a superponer a la onda de tensión inicial frecuencias no deseadas. Estas frecuencias no deseadas son producidas principalmente por los módulos de conversión electrónica de potencia que están siendo incorporados de forma creciente en los equipos eléctricos.

A continuación se dan algunos ejemplos típicos de fuentes.

- La mayor parte de los componentes electrónicos necesitan una alimentación en corriente continua. A falta de baterías o de otra forma de alimentación en corriente continua, es habitual utilizar un módulo electrónico que extrae la potencia necesaria de la alimentación en corriente alterna y la restituye a los componentes vía una tensión en continua. La alimentación en modo conmutado es el dispositivo más frecuentemente utilizado para ello. Esta técnica conlleva una absorción altamente no lineal de potencia en la red de suministro, lo que se traduce por la emisión de un gran número de frecuencias armónicas e interarmónicas, a veces por encima de la de orden 50. Cuando estas corrientes circulan a través de la impedancia de la red, dan origen a tensiones de las correspondientes frecuencias. Estas se superponen a la tensión de alimentación suministrada al conjunto de los usuarios. A frecuencias elevadas, los emisores generalmente pueden ser modelizados como fuentes de tensión.
- Algunas aplicaciones eléctricas necesitan una frecuencia de suministro diferente de aquella de la red. Es el caso particular de los equipos de velocidad variable. Aquí de nuevo, la conversión se realiza por un dispositivo electrónico que extrae la potencia necesaria de la alimentación y la restituye aguas abajo por medio de una tensión a la frecuencia requerida. Visto desde la red de alimentación, estos dispositivos son fuentes de corrientes de numerosas frecuencias además de la frecuencia de la alimentación. Aunque las frecuencias armónicas sean generalmente las más significativas, algunos tipos de convertidores producen también interarmónicos.

Los inversores que funcionan como fuente de tensión, equipados de convertidores controlados con modulación de duración (ancho) de impulso del lado de la red, generan armónicos de la frecuencia de modulación, que no está sincronizada con la frecuencia de la red. La frecuencia de estos armónicos es generalmente elevada. Los equipos de gran potencia (especialmente por encima de 1 MW) conectados a las redes de media o alta tensión pueden utilizar cicloconvertidores o inversores funcionando como fuentes de corriente (a una frecuencia sin sincronización con la de la red). Pueden producir interarmónicos ligados a las interacciones entre el lado de la carga y el de la red.

Desde un punto de vista general, los convertidores electrónicos de frecuencia pueden producir frecuencias discretas entre 0 Hz y 2 500 Hz, e incluso más. (Véase el anexo C de la Norma CEI 61000-2-4).

- Los hornos de arco producen una gran cantidad de interarmónicos y de componentes a frecuencias superiores a la de orden 50. Se trata igualmente de equipos de gran potencia y por tanto no destinados a conectarse en las redes de distribución pública de baja tensión.
- Los equipos de soldadura por puntos producen un espectro continuo de banda ancha, asociado a un proceso intermitente ligado a las operaciones de soldadura, con una duración del orden del segundo.
- Los motores asíncronos pueden absorber una corriente magnetizante irregular debido a las ranuras del rotor y del estator y eventualmente a la saturación del hierro. A la velocidad de rotación nominal del motor, genera interarmónicos a frecuencias emitidas comprendidas entre los órdenes 10 y 40 pero, en el arranque, estas recorren todo el espectro hasta alcanzar su valor final.
- El suministro a las redes de tracción ferroviaria puede generar interarmónicos a frecuencias fijas, por ejemplo 16,7 Hz.

Las fuentes antes mencionadas se conectan a las redes de baja, media y alta tensión. Sus emisiones provocan la aparición de tensiones interarmónicas y alta frecuencia que se propagan a todos los niveles de tensión en función de la impedancia de las redes. Esas tensiones pueden alcanzar el 0,5%, pero pueden observarse valores superiores especialmente en presencia de fenómenos de resonancia. El ruido de fondo interarmónico es del orden del 0,02% de la tensión de suministro; se mide, en tal caso, con un ancho de banda de 10 Hz.

Los sistemas de telecontrol centralizado son otra fuente de interarmónicos pero en este caso, la emisión es intencional y cuidadosamente controlada para asegurar la compatibilidad, véase el apartado 4.10.

B.2.2 Efectos de las tensiones no deseadas

El fenómeno de batido que aparece en presencia de una tensión a una frecuencia próxima a la fundamental ha sido presentado en el apartado 4.4. La tabla B.1 da los niveles de las tensiones interarmónicas correspondientes a los niveles de compatibilidad dados en la figura 2.

Tabla B.1
Valores indicativos de la tensión interarmónica en las redes de baja tensión correspondientes al nivel de compatibilidad en lo que concierne al efecto del flicker

Orden <i>m</i>	Redes de 50 Hz			Redes de 60 Hz		
	Frecuencia interarmónica f_m Hz	U_m %		Frecuencia interarmónica f_m Hz	U_m %	
		Red 120 V	Red 230 V		Red 120 V	Red 230 V
$0,2 < m \leq 0,6$	$10 < f_m \leq 30$	0,68	0,51	$12 < f_m \leq 36$	0,95	0,69
$0,60 < m \leq 0,64$	$30 < f_m \leq 32$	0,57	0,43	$36 < f_m \leq 38,4$	0,79	0,58
$0,64 < m \leq 0,68$	$32 < f_m \leq 34$	0,46	0,35	$38,4 < f_m \leq 40,8$	0,64	0,48
$0,68 < m \leq 0,72$	$34 < f_m \leq 36$	0,37	0,28	$40,8 < f_m \leq 43,2$	0,50	0,38
$0,72 < m \leq 0,76$	$36 < f_m \leq 38$	0,29	0,23	$43,2 < f_m \leq 45,6$	0,39	0,30
$0,76 < m \leq 0,84$	$38 < f_m \leq 42$	0,23	0,18	$45,6 < f_m \leq 50,4$	0,23	0,18
$0,84 < m \leq 0,88$	$42 < f_m \leq 44$	0,23	0,18	$50,4 < f_m \leq 52,8$	0,22	0,18
$0,88 < m \leq 0,92$	$44 < f_m \leq 46$	0,28	0,24	$52,8 < f_m \leq 55,2$	0,22	0,20
$0,92 < m \leq 0,96$	$46 < f_m \leq 48$	0,40	0,36	$55,2 < f_m \leq 57,6$	0,34	0,30
$0,96 < m < 1,04$	$48 < f_m \leq 52$	0,67	0,64	$57,6 < f_m \leq 62,4$	0,59	0,56
$1,04 < m \leq 1,08$	$52 < f_m \leq 54$	0,40	0,36	$62,4 < f_m \leq 64,8$	0,34	0,30
$1,08 < m \leq 1,12$	$54 < f_m \leq 56$	0,28	0,24	$64,8 < f_m \leq 67,2$	0,22	0,20
$1,12 < m \leq 1,16$	$56 < f_m \leq 58$	0,23	0,18	$67,2 < f_m \leq 69,6$	0,22	0,18
$1,16 < m \leq 1,24$	$58 < f_m \leq 62$	0,23	0,18	$69,6 < f_m \leq 74,4$	0,23	0,18
$1,24 < m \leq 1,28$	$62 < f_m \leq 64$	0,29	0,23	$74,4 < f_m \leq 76,8$	0,39	0,30
$1,28 < m \leq 1,32$	$64 < f_m \leq 66$	0,37	0,28	$76,8 < f_m \leq 79,2$	0,50	0,38
$1,32 < m \leq 1,36$	$66 < f_m \leq 68$	0,46	0,35	$79,2 < f_m \leq 81,6$	0,64	0,48
$1,36 < m \leq 1,40$	$68 < f_m \leq 70$	0,57	0,43	$81,6 < f_m \leq 84$	0,79	0,58
$1,4 < m \leq 1,8$	$70 < f_m \leq 90$	0,68	0,51	$84 < f_m \leq 108$	0,95	0,69

Se pueden citar también otros efectos de los interarmónicos:

- la circulación de corrientes no deseadas en las redes de suministro conlleva pérdidas energéticas suplementarias. Como consecuencia se produce un aumento de emisiones gaseosas de las centrales de generación;
- los interarmónicos pueden perturbar la iluminación fluorescente y los equipos electrónicos tales como los televisores. En la práctica, cualquier aplicación de la electricidad para la que la tensión de cresta, el cuadrado de la tensión o los instantes de paso por cero son importantes, puede ser perturbada si una combinación de frecuencias no deseadas modifica los parámetros de la tensión de suministro;
- cuanto más ancha sea la banda de frecuencias y mayor las amplitudes de la tensión a estas frecuencias, mayor es el riesgo de resonancia imprevisible que puede amplificar la distorsión de la tensión. Puede resultar una sobrecarga de los elementos de la red o de las instalaciones del usuario;
- otro efecto es la producción de ruido acústico por tensiones en la gama de 1 kHz a 9 kHz, e incluso más, con una amplitud a partir del 0,5% en función de la frecuencia y del tipo de equipo considerado.

B.2.3 Necesidad de fijar los niveles de compatibilidad para las tensiones no deseadas

Teniendo en cuenta los efectos posibles de las tensiones interarmónicas y de frecuencia superior a la de orden 50, sería deseable, desde el punto de vista de la compatibilidad electromagnética, establecer los niveles de referencia para la coordinación de las emisiones y de la inmunidad. No obstante, el conocimiento de estas frecuencias en las redes de distribución pública aún no es suficiente para fijar niveles de compatibilidad, excepto en el caso anterior del flicker resultante de las frecuencias de batido. Esta situación deberá revisarse necesariamente en el futuro.

Por un lado, está claro que la inyección de tensiones a frecuencias no deseadas no puede permitirse que crezca sin límite. Por otro lado, teniendo en cuenta el hecho de que estas tensiones están cada vez más presentes, es importante que la inmunidad de los equipos conectados a las redes de distribución pública sea suficiente para que funcionen de manera satisfactoria en su presencia.

Parece prudente no considerar niveles de compatibilidad superiores a los de los armónicos adyacentes. Por ejemplo, no hay ninguna razón para aceptar un nivel de tensión más elevado a 95 Hz que a 100 Hz en una red de 50 Hz, o más elevado a 115 Hz que a 120 Hz en una red de 60 Hz. Así, se propone que el nivel de referencia para una frecuencia interarmónica dada sea igual al nivel de compatibilidad dado en la tabla 1 para el armónico par inmediatamente superior.

Los receptores de telecontrol centralizado constituyen un caso particular. Su umbral de funcionamiento puede descender hasta el 0,3% de la tensión nominal de suministro. Una tensión interarmónica involuntariamente superior a este valor puede por tanto perturbar el funcionamiento del receptor si su frecuencia es igual a la del sistema de telecontrol centralizado. En estas condiciones, conviene que el nivel de referencia relativo a la frecuencia en cuestión sea el 0,2% de la tensión nominal del suministro. Esta frecuencia depende de la zona geográfica considerada.

El hecho de que tales tensiones a frecuencias superiores a la de orden 50 sean armónicos o interarmónicos tiene poca importancia. Estas pueden aparecer a frecuencias discretas y en bandas de frecuencia relativamente anchas.

Para una frecuencia discreta comprendida entre la de orden 50 y hasta 9 kHz, el nivel de referencia propuesto de u , expresado como la relación del valor eficaz de la tensión a esta frecuencia, al valor eficaz de la componente fundamental, se da por:

$$u = 0,2\%$$

Para una banda de frecuencias comprendida entre el orden del armónico 50 y hasta 9 kHz, el nivel de referencia propuesto correspondiente a una banda cualquiera de frecuencia, centrada en la frecuencia F y con un ancho de 200 Hz, viene dada por:

$$u_b = 0,3\%$$

donde

$$u_b = \frac{1}{U_1} \times \sqrt{\frac{1}{200 \text{ Hz}} \times \int_{F-100 \text{ Hz}}^{F+100 \text{ Hz}} U_f^2 \times df}$$

y

U_1 es el valor eficaz de la tensión nominal (componente fundamental);

U_f es el valor eficaz de la tensión a la frecuencia f ;

F es la frecuencia central de la banda (estando la banda situada por encima del orden 50).

Aunque se conocen reportado casos de perturbaciones causadas por tensiones interarmónicas comparables a los niveles de referencia indicados anteriormente, no se excluye que los resultados de medidas más completas puedan mostrar que puedan ser apropiados niveles de compatibilidad más altos para frecuencias por encima del orden 50.

B.3 Huecos de tensión e interrupciones breves

Los huecos de tensión y las interrupciones breves del suministro son sucesos imprevisibles, enormemente aleatorios, principalmente ligados a faltas eléctricas que sobrevienen en la red de distribución de energía o en el interior de grandes instalaciones. Es preferible describirlos en términos estadísticos.

Un hueco de tensión es un fenómeno bidimensional, porque el nivel de perturbación aumenta a la vez con la profundidad y con la duración del hueco.

La profundidad del hueco depende de la distancia entre el punto de observación y el punto de la red donde se produce el cortocircuito. En este punto, la tensión cae a un valor próximo a cero, de modo que la profundidad del hueco se aproxima al 100%. Si el origen del hueco es diferente, por ejemplo el arranque de un motor de gran potencia, es probable que su profundidad sea menor.

Un hueco de tensión puede tener una duración inferior a una décima de segundo si la falta sobreviene en la red de transporte y si es eliminada por un dispositivo de protección muy rápido, o bien se trata de una falta fugitiva. Si la falta afecta a un nivel de tensión inferior de la red y es eliminada por algunos dispositivos de protección utilizados en la red, puede durar hasta algunos segundos. La mayor parte de los huecos de tensión tienen una duración comprendida entre un semiperiodo y 1 000 ms.

El número de huecos de tensión no es significativo más que cuando la inmunidad de un equipo es insuficiente para el par profundidad – duración considerado, o cuando se trata de determinar el nivel de inmunidad requerido por un proceso dado.

Para una línea dada, este número comprende los huecos de tensión resultantes de las faltas sobre las líneas adyacentes y los huecos de tensión provenientes de las redes aguas arriba. En las zonas rurales, alimentadas por líneas aéreas, el número anual de huecos de tensión puede alcanzar varias centenas, en función particularmente del número de impactos del rayo y de otras condiciones meteorológicas propias de la zona considerada. En las redes principalmente constituidas por cables, las informaciones más recientes muestran que un usuario particular conectado en baja tensión puede observar huecos de tensión que sobrevienen con una cadencia de 10 a 100 por año, en función de las condiciones locales.

Las interrupciones breves pueden durar hasta 180 s, en función de los dispositivos de reenganche o de transferencia utilizados en las redes aéreas. Las interrupciones breves son precedidas frecuentemente de huecos de tensión (véase también la Norma CEI 61000-2-8).

El principal objetivo de los niveles de compatibilidad en el caso de los huecos de tensión es permitir la coordinación de los niveles de inmunidad. El nivel de compatibilidad sin embargo debería expresarse de manera bidimensional para reflejar el nivel de perturbación. Los datos necesarios para ello no están todavía disponibles.

Más aún, en el caso de las interrupciones breves, pero también en el de los huecos más severos, la inmunidad de los equipos eléctricos no es, en el sentido más estricto, un concepto apropiado porque ningún aparato eléctrico puede continuar funcionando de forma indefinida correctamente en ausencia de suministro. La inmunidad a esas perturbaciones está por tanto ligada a la rapidez con la que se puede restaurar el suministro a partir de otra fuente, o bien a la posibilidad de adaptar el comportamiento del equipo y los procesos asociados en caso de desaparición breve o de disminución del suministro. Se trata generalmente de limitar los daños y las consecuencias en términos de seguridad. Véase también la Norma CEI 61000-2-8.

B.4 Sobretensiones transitorias

Varios fenómenos, incluyendo las operaciones de interruptores y de fusibles y la producción de tormentas en proximidad de las redes de suministro, dan lugar a sobretensiones transitorias en las redes de distribución de baja tensión y en las instalaciones a ellas conectadas. Las sobretensiones, que pueden ser oscilatorias o no, son de forma habitual ampliamente amortiguadas y comportan tiempos de subida que van desde un microsegundo a varios milisegundos. Sus amplitudes y duraciones pueden a veces estar limitadas por la instalación de pararrayos en el punto de conexión común, pero también en la red.

La amplitud, duración y energía de las sobretensiones transitorias varían en función de su origen. Las sobretensiones de origen atmosférico son generalmente las de mayor amplitud, y las debidas a maniobras son de mayor duración y normalmente las de mayor energía. Es necesario que los equipos críticos estén protegidos por medio de dispositivos contra las sobretensiones y en general se debería seleccionarlos con el fin de que puedan soportar la mayor energía correspondiente a las sobretensiones de maniobra.

Las maniobras de conexión de baterías de condensadores son una fuente clásica de sobretensiones. Singularmente, su amplitud en el punto donde fueron creadas es inferior a dos veces la tensión nominal. No obstante, pueden aparecer fenómenos de amplificación de la tensión y reflexión de ondas por la propagación de los transitorios sobre las líneas, aumentando la sobretensión aplicada al equipo conectado a la red. Se necesita tener esto en cuenta al considerar la inmunidad de un equipo o de una instalación dada.

La conexión sincronizada es un medio de atenuar los transitorios consecutivos a la conexión de reactancias, condensadores o transformadores. Esta técnica se utiliza sobre todo en media y alta tensión.

El valor de 2 kV se considera generalmente como la amplitud tipo de los transitorios de origen atmosférico, pero se han registrado valores superiores a 6 kV.

Véase igualmente la Norma CEI 60664-1 para la coordinación de aislamiento.

B.5 Componentes continuas

En las redes de suministro público, la tensión normalmente no contiene una componente en continua significativa. Pero esta puede producirse en presencia de cargas que absorben corrientes no simétricas.

La presencia de una componente continua puede causar una magnetización asimétrica de los transformadores de distribución, lo que produce un calentamiento suplementario. Por otra parte, las corrientes causan una corrosión suplementaria de las estructuras metálicas circulando hacia tierra.

El valor de esta corriente depende de la resistencia a la corriente continua del circuito en cuestión y de la tensión continua de la componente. Ella es por tanto muy variable. El nivel de tensión continua aceptable no se puede determinar más que caso por caso.

BIBLIOGRAFÍA

CEI 60038:1983 – *Tensiones nominales CEI*.
Modificación 1 (1994)
Modificación 2 (1997)

| NOTA – Armonizada como Documento de Armonización HD 472 S1:1989 (con modificaciones).

CEI 60050-551:1998 – *Vocabulario Electrotécnico. Parte 551: Electrónica de potencia*.

CEI/TR2 60868:1986 – *Medidor de flicker. Especificaciones funcionales y de diseño*.
Modificación 1 (1990)

CEI/TR2 60868-0:1991 – *Medidor de flicker. Parte 0: Evaluación de la severidad del flicker*.

CEI 61000-2-4:1994 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Entorno. Sección 4: Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia en plantas industriales*.

| Armonizada como Norma Europea EN 61000-2-4:1994 (sin ninguna modificación).

CEI 61000-2-8:___ – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-8: Entorno. Huecos de tensión e interrupciones breves en las redes generales de suministro eléctrico incluyendo resultados de mediciones estadísticas¹⁾*.

CEI 61000-3-2:2000 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2. Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase)*.
Modificación 1 (2001)

| NOTA – Armonizada como Norma Europea EN 61000-3-2:2000 (con modificaciones).

CEI/TR3 61000-3-6:1996 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3. Límites. Sección 6: Evaluación de los límites de emisión para las cargas perturbadoras conectadas a las redes de MT y AT. Publicación básica de CEM*.

CEI/TR3 61000-3-7:1996 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3. Límites. Sección 7: Evaluación de los límites de emisión para las cargas fluctuantes conectadas a las redes de MT y AT. Publicación básica de CEM*.

CEI 61037:1990 – *Receptores estáticos de telemando centralizado para tarificación y control de carga²⁾*.
Modificación 1 (1996)
Modificación 2 (1998)

| NOTA – Armonizada como Norma Europea EN 61037:1992 (con modificaciones) + A1:1996 (sin ninguna modificación) + A2:1998 (sin ninguna modificación).

UIE:1992 – *Medición y evaluación del flicker*.

UIE:1988 – *Conexión de cargas fluctuantes*.

1) En estudio.

2) Existe una edición consolidada 1.2 (1998) que comprende la edición 1.0 y sus modificaciones.

ANEXO ZA (Normativo)

**OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA
CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES**

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras normas por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Las revisiones o modificaciones posteriores de cualquiera de las normas referenciadas con fecha, sólo se aplican a esta norma europea cuando se incorporan mediante revisión o modificación. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de esa norma (incluyendo sus modificaciones).

NOTA – Cuando una norma internacional haya sido modificada por modificaciones comunes CENELEC, indicado por (mod), se aplica la EN/HD correspondiente.

Norma Internacional	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE correspondiente ¹⁾
CEI 60050-101	– ²⁾	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 101: Matemáticas.	–	–	UNE 21302-101
CEI 60050-161	– ²⁾	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.	–	–	UNE 21302-161
CEI 60664-1 (mod)	– ²⁾	Coordinación de aislamiento de los equipos en las redes de baja tensión. Parte 1: Principios, especificaciones y ensayos.	HD 625.1 S1 +corr. noviembre	1996 ³⁾ 1996	UNE 21184-1:1998
CEI/TR3 61000-2-1	– ²⁾	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Entorno. Sección 1: Entorno electromagnético para perturbaciones conducidas de baja frecuencia y de señalización en redes de distribución pública.	–	–	–
CEI 61000-3-3	– ²⁾	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase y no sujetos a una conexión condicional.	EN 61000-3-3 + corr. julio	1995 ³⁾ 1997	UNE-EN 61000-3-3: 1997
CEI 61000-4-7	– ²⁾	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 7: Guía general relativa a las medidas de armónicos e interarmónicos, así como a los aparatos de medida, aplicable a las redes de alimentación y a los aparatos conectados a éstas.	EN 61000-4-7	1993 ³⁾	UNE-EN 61000-4-7: 1996
CEI 61000-4-15	– ²⁾	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y medida. Sección 15: Medidor de flicker. Especificaciones funcionales y de diseño. Norma básica de CEM.	EN 61000-4-15	1998 ³⁾	UNE-EN 61000-4-15: 1999

1) Esta columna se ha introducido en el anexo original de la norma europea, únicamente con carácter informativo a nivel nacional.

2) Referencia sin fecha.

3) Edición válida en la fecha de publicación.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO