

Abril 2002

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 27: Ensayos de inmunidad a los desequilibrios

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-27: Testing and measurement techniques. Unbalance, immunity test.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4-27: Techniques d'essai et de mesure. Essai d'immunité aux déséquilibres.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-27 de noviembre de 2000, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 61000-4-27:2000.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

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

ICS 33.100.20

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 27: Ensayos de inmunidad a los desequilibrios
(CEI 61000-4-27:2000)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4-27: Testing and measurement
techniques. Unbalance, immunity test.
(IEC 61000-4-27:2000).

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4-27: Techniques d'essai et de
mesure. Essai d'immunité aux
déséquilibres. (CEI 61000-4-27:2000).

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV). Teil 4-27: Prüf- und
Messverfahren. Prüfung der
Störfestigkeit gegen Unsymmetrie
(der Versorgungsspannung).
(IEC 61000-4-27:2000).

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2000-09-01. 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, 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

© 2000 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

ANTECEDENTES

El texto del documento 77A/308/FDIS, futura edición 1 de la Norma Internacional CEI 61000-4-27, preparado por el SC 77A, *Fenómenos de baja frecuencia*, del TC 77, *Compatibilidad Electromagnética*, de CEI, fue sometido a voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-4-27 el 2000-09-01.

Se fijaron las siguientes fechas:

- fecha límite en la que la norma europea debe ser adoptada a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 2001-06-01
- fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes (dow) 2003-09-01

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, B, C y D son informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACION

El texto de la Norma Internacional CEI 61000-4-27:2000 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

En la versión oficial, añadir en la bibliografía, la nota siguiente para la norma indicada:

CEI 60898 NOTA – Armonizada como Norma EN 60898:1991 (modificada).

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	6
Capítulos	
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	7
3 DEFINICIONES	7
4 GENERALIDADES.....	8
5 NIVELES DE ENSAYO	8
6 EQUIPOS DE ENSAYO.....	9
6.1 Generadores de ensayo	9
6.2 Verificación de las características de los generadores de ensayo.....	10
7 DISPOSICIÓN DE ENSAYO	10
8 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO	10
8.1 Condiciones de referencia en laboratorio	10
8.2 Ejecución de los ensayos	10
9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO.....	11
10 INFORME DE ENSAYO	12
ANEXO A (Informativo) FUENTES, EFECTOS Y MEDICIÓN DEL DESEQUILIBRIO	14
ANEXO B (Informativo) CÁLCULO DEL GRADO DE DESEQUILIBRIO.....	17
ANEXO C (Informativo) INFORMACIÓN SOBRE LOS NIVELES DE ENSAYO.....	18
ANEXO D (Informativo) CLASES DE ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	20
Figura 1 Ejemplo de tensión de alimentación trifásica desequilibrada (ensayo 3)	12
Figura 2 Sucesión de tres secuencias desequilibradas en el ensayo (las tensiones U_a , U_b , U_c se alternan)	13
Figura 3 Esquema de la instrumentación para ensayos de desequilibrios.....	13
Figura A.1 Vectores de tensión desequilibrados	15
Figura A.2 Componentes de los vectores desequilibrados de la figura A.1	15
Tabla 1 Niveles de ensayo	9
Tabla 2 Características del generador.....	9

INTRODUCCIÓN

La Norma CEI 61000 es publicada en forma de varias partes separadas, cuya estructura es la siguiente:

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios básicos)
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 son 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 de atenuación

Guías de instalación
Métodos y dispositivos de atenuación

Parte 6: Normas genéricas

Parte 9: Diversos

Cada parte está a su vez subdividida en varias partes, publicadas ya sea como normas internacionales, o como especificaciones técnicas o como informes técnicos, habiendo sido publicadas algunas como secciones. Otras se publicarán con el número de la parte, seguido de un título y completado con una segunda cifra que identifique la subdivisión (ejemplo: 61000-6-1).

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 27: Ensayos de inmunidad a los desequilibrios

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma CEI 61000 es una publicación fundamental CEM (Compatibilidad Electromagnética). Trata los ensayos de inmunidad de los equipos eléctricos y/o electrónicos (aparatos y sistemas) en su entorno electromagnético. Solamente se tienen en cuenta los fenómenos conducidos, incluyendo ensayos de inmunidad para equipos conectados a las redes públicas e industriales.

Esta norma tiene por objeto el establecer una referencia para evaluar la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos sometidos a desequilibrios de tensión.

Esta norma se aplica a los equipos trifásicos eléctricos y/o electrónicos a 50 Hz/60 Hz que absorban una corriente asignada igual o inferior a 16 A por fase.

Esta norma no se aplica a los equipos trifásicos con conexión de neutro que funcionan como un grupo de cargas monofásicas conectadas entre fase y neutro.

Esta norma no se aplica a los equipos eléctricos y/o electrónicos conectados a redes de distribución de corriente alterna a 400 Hz.

Los ensayos de esta norma no incluyen ensayos relativos al factor de desequilibrio a la secuencia homopolar.

Los niveles de inmunidad exigidos para un entorno electromagnético particular así como los criterios de aptitud al funcionamiento están indicados en las normas de producto, de la familia de productos o en las normas genéricas, según el caso. Este ensayo de inmunidad debería ser incluido en las normas de producto, de familia de productos o en las normas genéricas, cuando el equipo sea susceptible de presentar una aptitud o funcionamiento reducidos cuando está sometido a una tensión de alimentación con desequilibrios.

La verificación de la fiabilidad de los componentes eléctricos (condensadores, motores, etc.) y los efectos de larga duración (más de varios minutos) no se tratan en esta norma.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación las ediciones indicadas estaban en vigor. 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 (161) – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad Electromagnética.*

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

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta parte de la Norma CEI 61000, son de aplicación las siguientes definiciones:

3.1 inmunidad (a una perturbación): Aptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema para funcionar sin degradación de calidad en presencia de una perturbación electromagnética.

[VEI 161-01-20]

3.2 desequilibrio de tensión: En una red de energía eléctrica polifásica, estado en el cual los valores eficaces de las tensiones entre conductores o las diferencias de fase entre conductores, no son todas iguales.

[VEI 161-08-09]

3.3 factor de desequilibrio k_{u2} (%): Relación entre la componente de secuencia inversa y la de secuencia directa, medidas a la frecuencia de red (50 Hz o 60 Hz) según se definen en el método de componentes simétricas.

$$k_{u2} = 100\% (U_2 / U_1) \text{ (tensión inversa/ tensión directa)}$$

NOTA – En una red, las tensiones de secuencia inversa se deben principalmente a la circulación por la red de corrientes de secuencia inversa de las cargas desequilibradas.

3.4 mal funcionamiento: Desaparición de la aptitud de un equipo para cumplir las funciones previstas, o ejecución por el equipo de funciones no previstas.

4 GENERALIDADES

Los equipos eléctricos y electrónicos trifásicos pueden ser afectados por los desequilibrios de la tensión. El anexo A describe las fuentes, los efectos y el procedimiento de medida de esta perturbación.

Los desequilibrios tienen como origen las variaciones de amplitud o de desfase de la tensión. El anexo B proporciona una fórmula basada en estos parámetros para el cálculo del factor de desequilibrio.

La finalidad del ensayo es estudiar la influencia del desequilibrio en un sistema de alimentación trifásica sobre los equipos que puedan ser sensibles al mismo, y que puede provocar:

- sobrecorrientes en las máquinas rotativas de corriente alterna;
- la aparición de armónicos no característicos en los convertidores de potencia;
- problemas de sincronización o disfunciones en el control de equipos eléctricos (véase el anexo A).

5 NIVELES DE ENSAYO

El equipo sometido a ensayo (ESE) se ajusta en régimen permanente a la tensión nominal del sistema y se somete entonces a una secuencia de desequilibrios según se describe en la figura 2.

La tabla 1 especifica los niveles de ensayo que han sido obtenidos según se explica en el anexo C.

La duración del ensayo de desequilibrio, especificada entre 0,1 s y 60 s, se considera adecuada para observar los efectos a corto plazo.

Tabla 1
Niveles de ensayo

Número de ensayo	Nivel de ensayo para la clase 1	Nivel de ensayo para la clase 2					Nivel de ensayo para la clase 3					Nivel de ensayo para la clase X
		Fase	Amplitud % U_N	Ángulo °	k_{u2} %	Duración s	Fase	Amplitud % U_N	Ángulo °	k_{u2} %	Duración s	
Ensayo 1	Ensayos no necesarios	U_a	100	0°	6	30	U_a	100	0°	8	60	
		U_b	95,2	125°			U_b	93,5	127°			
		U_c	90	240°			U_c	87	240°			
Ensayo 2		U_a	100	0°	13	15	U_a	100	0°	17	15	
		U_b	90	131°			U_b	87	134°			
		U_c	80	239°			U_c	74	238°			
Ensayo 3		U_a	110	0°	25	0,1	U_a	110	0°	25	2	
		U_b	66	139°			U_b	66	139°			
		U_c	71	235°			U_c	71	235°			

NOTA 1 – U_N es la tensión nominal.
NOTA 2 – U_b está retrasada respecto a U_a , y U_c está adelantada respecto a U_a .

Los ensayos están especificados respectivamente para los niveles 2 y 3 de la Norma CEI 61000-2-4.

Los comités de productos pueden especificar sus niveles de ensayo; sin embargo, para los equipos conectados a una red pública de alimentación, se recomienda que los niveles no sean inferiores a los especificados por la clase 2.

6 EQUIPOS DE ENSAYO

6.1 Generadores de ensayo

El generador debe estar dotado de dispositivos que impidan la emisión de perturbaciones tales que, si se inyectan en la red de alimentación, sean susceptibles de influir en los resultados de ensayo.

La tensión de salida debe estar ajustada a $\pm 1\%$ de U_N y la fase a $\pm 0,3^\circ$.

Tabla 2
Características del generador

Características	Especificación de funcionamiento
Tensión de salida	$U_N \pm 50\%$
Precisión de la tensión de salida	$\pm 2\%$ de U_N
Corriente de salida	Suficiente para alimentar el ESE en todas las condiciones de ensayo
Aumento o disminución de la tensión real, generador cargado con carga resistiva de 100 Ω	Menos del 5% de la variación de tensión
Subida de la tensión (y tiempo de descenso) durante las variaciones de tensión, generador cargado con carga resistiva de 100 Ω	1 μs a 5 μs
Distorsión armónica total en la tensión de salida	Menos del 3%
Decalaje de fase	0°, 120° y 240° $\pm 30^\circ$
Precisión de fase	1° entre dos fases cualesquiera
Precisión de frecuencia	0,5% de f_1 (50 Hz o 60 Hz)

6.2 Verificación de las características de los generadores de ensayo

Teniendo en cuenta que existe una gran variedad de ESE, se pueden utilizar generadores con diferentes características de salida dependiendo de las necesidades requeridas.

El usuario debe verificar que el generador de ensayo responde a las características y especificaciones de funcionamiento indicadas en la tabla 2, según se requiera para un ESE concreto.

El funcionamiento del generador de ensayo puede ser verificado con una carga resistiva igual a la componente real de la impedancia del ESE.

7 DISPOSICIÓN DE ENSAYO

El ensayo debe efectuarse con el ESE conectado al generador de ensayo por medio del cable de alimentación especificado por el fabricante. Si la longitud del cable no se especifica, deberá ser la más corta posible para el ESE. Esta longitud debe ser indicada en el informe de ensayo.

La figura 3 representa un esquema de un generador de tensión desequilibrada (modificación de amplitud o de fase) obtenido con la ayuda de un generador con amplificador de potencia.

Los generadores dotados de transformadores y de interruptores deben tener transformadores variables en al menos dos fases.

Los terminales de acceso al ESE deben estar conectados a los periféricos apropiados indicados por el fabricante. Si los periféricos apropiados no están disponibles, pueden ser simulados.

8 PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO

8.1 Condiciones de referencia en laboratorio

Con el fin de minimizar el impacto de los parámetros ambientales sobre los resultados de los ensayos, éstos deben realizarse en las condiciones de referencia climáticas y electromagnéticas indicadas en los apartados 8.1.1 y 8.1.2.

8.1.1 Condiciones climáticas. A menos que se especifique de otro modo por el comité responsable de una norma genérica o de una norma de producto, las condiciones climáticas en el laboratorio deben encontrarse dentro de los límites especificados por los fabricantes respectivos para el funcionamiento del ESE y de los equipos de ensayo.

Los ensayos no se deben realizar si la humedad relativa es tan alta que causa condensación en el ESE o en los equipos de ensayo.

NOTA – Cuando se estime que hay suficientes pruebas para demostrar que los efectos del fenómeno cubierto por esta norma son influidos por las condiciones climáticas, es conveniente informar de ello al comité responsable de esta norma.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas. Las condiciones electromagnéticas del laboratorio no deben influir en los resultados de los ensayos.

8.2 Ejecución de los ensayos

El ESE debe estar configurado para sus condiciones normales de funcionamiento.

Los ensayos deben realizarse de acuerdo con un programa de ensayos que debe indicar:

- el número de ensayo (véase la tabla 1);
- el nivel de ensayo;
- la duración del ensayo;

- los terminales de acceso a los cuales deben aplicarse los ensayos;
- las condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- los equipos auxiliares.

La alimentación, las señales y otras magnitudes eléctricas funcionales deben aplicarse dentro de sus márgenes asignados. Si las fuentes de señales de funcionamiento reales no están disponibles, se pueden simular.

Para cada nivel de ensayo, debe aplicarse una sucesión de al menos tres secuencias de desequilibrios, con un intervalo de al menos 3 min entre dos combinaciones consecutivas (véase la figura 2).

Las tensiones de ensayo aplicadas deben obtenerse por permutación circular según se indica a continuación:

Primera combinación: U_a sobre L_1 ; U_b sobre L_2 ; U_c sobre L_3 ;

Segunda combinación: U_a sobre L_2 ; U_b sobre L_3 ; U_c sobre L_1 ;

Tercera combinación: U_a sobre L_3 ; U_b sobre L_1 ; U_c sobre L_2 ;

donde

U_a , U_b y U_c son las tensiones del generador (véase la tabla 1);

L_1 , L_2 y L_3 son los bornes de alimentación del ESE.

Los cambios en la tensión de alimentación deben producirse en los pasos por cero de U_a . En régimen permanente y durante los periodos de transición, el generador de ensayo debe tener una baja impedancia de salida.

Cualquier degradación del funcionamiento debe ser registrada para cada ensayo. El equipo de monitorización debería ser capaz de indicar el estado relativo al modo de funcionamiento del ESE durante y después de los ensayos. Después de cada grupo de ensayos deberá efectuarse una verificación de funcionamiento completa.

9 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO

Los resultados de los ensayos deben clasificarse en términos de la pérdida de función o la degradación del funcionamiento del equipo sometido al ensayo, respecto a un nivel de funcionamiento definido por su fabricante o por quien solicita el ensayo, o mediante un acuerdo entre el fabricante y el comprador del producto. La clasificación recomendada es la siguiente:

- a) funcionamiento normal dentro de los límites especificados por el fabricante, el solicitante del ensayo o por el comprador;
- b) pérdida temporal de función o degradación temporal del funcionamiento que cesa después de la desaparición de la perturbación, tal que el equipo sometido al ensayo recupera su comportamiento normal sin la intervención de un operario;
- c) pérdida temporal de función o degradación temporal del funcionamiento cuya corrección requiere la intervención de un operario;
- d) pérdida de función o degradación del funcionamiento no recuperable debido a daños en el soporte físico (*hardware*) o el lógico (*software*) o a una pérdida de datos.

La especificación del fabricante puede definir los efectos sobre el ESE que se pueden considerar como no significativos y, por tanto, aceptables.

Esta clasificación puede ser utilizada como una guía para la elaboración de los criterios de funcionamiento por los comités responsables de las normas genéricas de producto y de familia de productos o como un marco de referencia para el acuerdo sobre los criterios de funcionamiento entre el fabricante y el comprador cuando, por ejemplo, no existe ninguna norma genérica de producto o de familia de productos.

10 INFORME DE ENSAYO

El informe del ensayo debe contener toda la información necesaria para reproducir el ensayo. En particular, debe indicarse la siguiente información:

- los puntos especificados en el plan de ensayo requeridos por el capítulo 8 de esta norma;
- la identificación del ESE y de todos los equipos asociados, por ejemplo marca, tipo, número de serie;
- la identificación del equipo de ensayo, por ejemplo marca, tipo, número de serie;
- todas las condiciones ambientales especiales en las se realiza el ensayo, por ejemplo recinto blindado;
- todas las condiciones específicas necesarias para permitir la realización del ensayo;
- el nivel de funcionamiento definido por el fabricante, el solicitante del ensayo o el comprador;
- el criterio de funcionamiento especificado en la norma genérica, de producto o de familia de productos;
- todos los efectos observados en el ESE durante y después de aplicar la perturbación de ensayo, y la duración durante la cual estos efectos persisten;
- la justificación de la decisión éxito/fracaso (basada en el criterio de funcionamiento especificado en la norma genérica, de producto o de familia de productos, o por acuerdo entre el fabricante y el comprador);
- todas las condiciones de utilización especificadas, por ejemplo longitud o tipo de cable, blindaje o conexión a tierra, o las condiciones de funcionamiento del ESE, que se precisan para asegurar la conformidad.

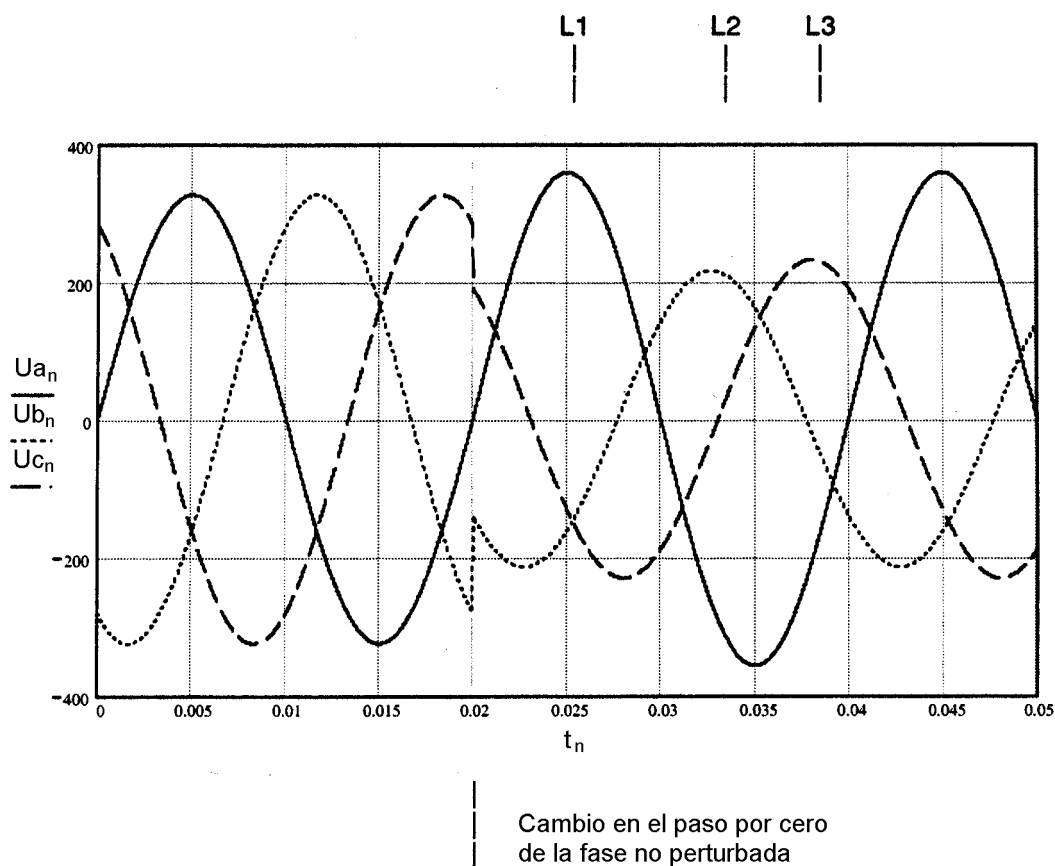


Fig. 1 – Ejemplo de tensión de alimentación trifásica desequilibrada (ensayo 3)

ANEXO A

FUENTES, EFECTOS Y MEDICIÓN DEL DESEQUILIBRIO

A.1 Fuentes

El desequilibrio se debe principalmente a las cargas monofásicas.

En las redes de baja tensión, las cargas monofásicas se conectan casi exclusivamente entre fase y neutro, pero están repartidas de manera más o menos igual entre las tres fases. En las redes de media y alta tensión, las cargas monofásicas se pueden conectar entre fases o entre fase y neutro. Las cargas monofásicas importantes son por ejemplo la alimentación en corriente alterna a redes ferroviarias, o los hornos de inducción monofásicos. Ciertas cargas trifásicas en régimen de funcionamiento desequilibrado, tales como los hornos de arco, son también causa de desequilibrio.

Los niveles de desequilibrio importantes de corta duración se deben principalmente a fallos en la red. Estos fallos se producen principalmente en las redes de baja tensión, pero pueden producirse también en las redes de media y alta tensión.

En función de las características de los equipos de protección y de la impedancia de la red, estos fenómenos engendran las distintas condiciones de fallo descritas en la tabla 1.

A.2 Efectos

En condiciones de desequilibrio, la impedancia de una máquina de inducción trifásica es similar a la que presenta en el arranque (baja impedancia), dando lugar a una solicitación corriente de elevado valor, pudiendo alcanzar diez veces el valor de la corriente en régimen permanente. Por consiguiente, una máquina funcionando con una alimentación desequilibrada absorbe una corriente con un nivel de desequilibrio varias veces superior al desequilibrio presente en la tensión de alimentación. Como resultado, las corrientes en las tres fases pueden ser muy diferentes y el sobrecalentamiento en la fase o fases afectadas con mayores corrientes sólo verse parcialmente compensado por el menor calentamiento en las otras fases. El calentamiento puede conducir a la desconexión de una fase, con riesgo de destrucción rápida de la máquina.

Los motores y los generadores, en particular los más grandes y costosos, pueden estar equipados con dispositivos de protección a fin de detectar estos fenómenos y desconectar la alimentación a la máquina. Si el desequilibrio de la alimentación es suficiente, la protección monofásica puede reaccionar a las corrientes de desequilibrio y desconectar la máquina.

Los convertidores polifásicos, en los que las tensiones individuales de entrada contribuyen a la tensión de salida en corriente continua, pueden verse afectados por una alimentación desequilibrada que provoca un rizado indeseable en el lado de continua, y la aparición de armónicos no característicos en el lado de alterna.

Los equipos de control pueden verse igualmente perturbados, particularmente aquellos que por diseño suponen solamente una red equilibrada. Además, por razones económicas, los sensores suelen conectarse sólo en una o dos fases. Por consiguiente, aparecen errores de regulación y control, pudiendo conducir a situaciones de grave degradación en las prestaciones.

A.3 Medición

A.3.1 Componentes simétricas

El método de componentes simétricas que se describe a continuación se presenta referido a sistemas trifásicos, pero se puede aplicar igualmente a los sistemas polifásicos.

Un sistema de alimentación trifásico se considera desequilibrado cuando los tres vectores utilizados para representarlo, por ejemplo la tensión o la corriente, tienen una magnitud diferente, o cuando los ángulos de fase entre dos vectores consecutivos no son 120° . Para los circuitos desequilibrados, el método de las componentes simétricas permite simplificar y clarificar el cálculo de faltas desequilibradas en los sistemas eléctricos, cargas no equilibradas y los límites de estabilidad en sistemas trifásicos.

Este método reduce los tres vectores desequilibrados (U_a , U_b y U_c en la figura A.1) a tres conjuntos de vectores equilibrados (U_{1a} , U_{1b} , U_{1c} ; U_{2a} , U_{2b} , U_{2c} ; U_{0a} , U_{0b} , U_{0c} en la figura A.2). Los tres vectores de cada conjunto son de la misma amplitud y están espaciados, o bien 0° (figura A.2c) o bien 120° (figuras A.2a y A.2b). Cada conjunto (por ejemplo U_{1a} , U_{1b} , U_{1c}), es una componente simétrica de los vectores desequilibrados originales y se describe como un sistema de vectores de secuencia directa, inversa o nula. Este concepto se aplica a los vectores giratorios como los de la tensión y la corriente, y también a los vectores no giratorios como los de la impedancia o la admitancia. A continuación, se va a hacer referencia a los vectores giratorios de tensión.

El ejemplo siguiente muestra vectores simétricos con amplitudes y fases representativas de una condición de fallo. En funcionamiento normal, en un sistema sometido a un desequilibrio, las tensiones U_0 y U_2 son típicamente un porcentaje pequeño de U_N .

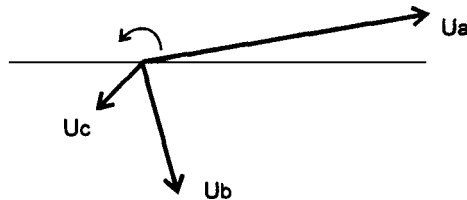


Fig. A.1 – Vectores de tensión desequilibrados

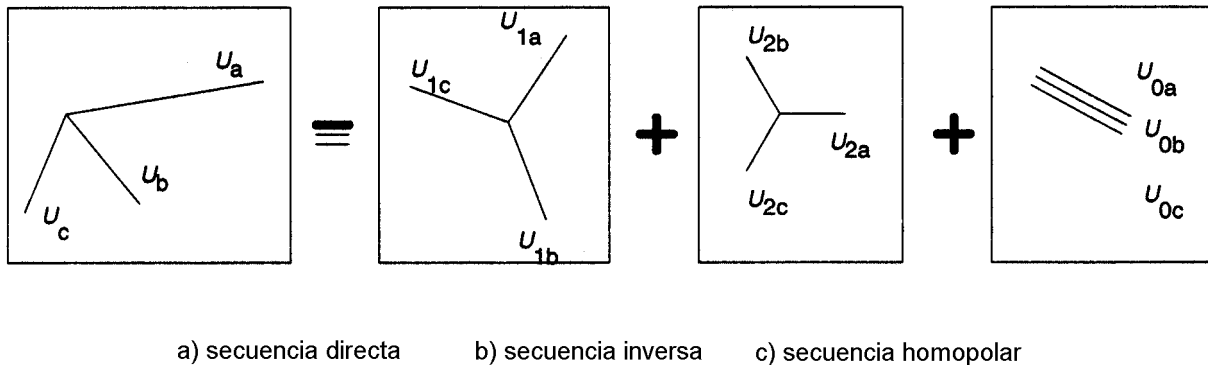


Fig. A.2 – Componentes de los vectores desequilibrados de la figura A.1

Los tres conjuntos de vectores tienen el mismo sentido de rotación (antihorario) que el supuesto para los vectores de desequilibrio originales. La secuencia inversa no rota en un sentido opuesto al del sistema directo, pero la secuencia de fases de la secuencia inversa es opuesta a la secuencia de fases del conjunto de vectores del sistema directo. La secuencia de fases es, en función del tiempo, el orden en el cual se alcanzan los valores máximos.

A.3.2 Factores de desequilibrio inverso y homopolar

A.3.2.1 Factor de desequilibrio inverso. Una vez que se han obtenido las componentes simétricas a partir del sistema de tensión desequilibrada, el grado de desequilibrio de tensión inversa puede determinarse con ayuda de la relación entre la componente inversa y la componente directa. Esta relación habitualmente se denomina factor de desequilibrio (k_{u2}):

$$k_{u2} = U_2 / U_1$$

donde

U_2 es la tensión inversa;

U_1 es la tensión directa.

La propagación de las tensiones inversas desde las redes de baja tensión hacia las redes de alta tensión se produce con una fuerte atenuación. En el sentido contrario (es decir, del nivel alto al nivel bajo), la posible atenuación depende de la presencia de máquinas rotativas trifásicas, que tienen un efecto de equilibrado.

Las tensiones inversas en una red provienen principalmente de las corrientes inversas que circulan por la red debidas a cargas desequilibradas.

A.3.2.2 Factor de desequilibrio homopolar. Además, es posible determinar el desequilibrio de tensión homopolar por la relación entre la componente homopolar y la componente directa, el factor de desequilibrio (k_{u0}):

$$k_{u0} = U_0 / U_1$$

donde

U_0 es la tensión homopolar;

U_1 es la tensión directa.

La propagación de la tensión de desequilibrio homopolar se detiene en los transformadores conectados en triángulo.

Las tensiones homopolares provienen principalmente de las corrientes homopolares que circulan por la red debidas a cargas desequilibradas. Pueden afectar a los equipos trifásicos conectados entre fase y neutro, sin embargo, no afectan a la mayor parte de los equipos trifásicos que están conectados entre dos fases.

A.3.3 Precauciones en la medición

Es necesario que los factores de desequilibrio de tensión sean medidos a la frecuencia fundamental (50 Hz o 60 Hz). Si no, la contribución de la componente homopolar, como por ejemplo la tensión del tercer armónico, y/o la componente inversa, como por ejemplo la tensión del quinto armónico, puede aumentar el factor de desequilibrio medido y, en consecuencia, introducir un error ya que esta contribución no causa los mismos efectos en los equipos que el desequilibrio a la frecuencia fundamental.

ANEXO B (Informativo)

CÁLCULO DEL GRADO DE DESEQUILIBRIO

$$U_1 \cos(\phi_1) = \frac{U_N}{3} [k_a \cos(\phi_a) + k_b \cos(\phi_b) + k_c \cos(\phi_c)]$$

$$U_1 \sin(\phi_1) = \frac{U_N}{3} [k_a \sin(\phi_a) + k_b \sin(\phi_b) + k_c \sin(\phi_c)]$$

$$U_2 \cos(\phi_2) = \frac{U_N}{3} \left[k_a \cos(\phi_a) + k_b \cos\left(\phi_b - \frac{4\pi}{3}\right) + k_c \cos\left(\phi_c - \frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

$$U_2 \sin(\phi_2) = \frac{U_N}{3} \left[k_a \sin(\phi_a) + k_b \sin\left(\phi_b - \frac{4\pi}{3}\right) + k_c \sin\left(\phi_c - \frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

donde

k_a es la tensión en tanto por ciento de la fase a, ϕ_a es el desfase de la fase a;

k_b es la tensión en tanto por ciento de la fase b, ϕ_b es el desfase de la fase b;

k_c es la tensión en tanto por ciento de la fase c, ϕ_c es el desfase de la fase c.

$$U_a = k_a U_N \cos(\omega t + \phi_a), U_b = k_b U_N \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \phi_b\right), U_c = k_c U_N \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3} + \phi_c\right)$$

Secuencia directa:

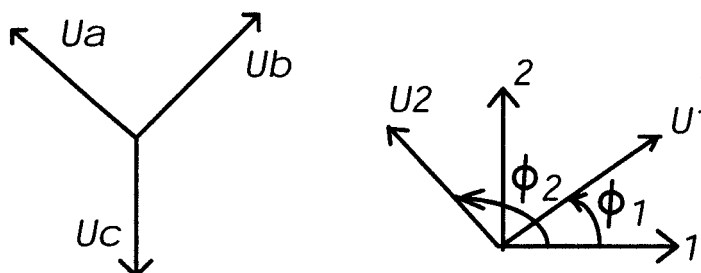
$$U_1 = U_1 \cos(\phi_1) + jU_1 \sin(\phi_1)$$

Secuencia inversa:

$$U_2 = U_2 \cos(\phi_2) + jU_2 \sin(\phi_2)$$

Desequilibrio k_{u2} :

$$k_{u2} = \frac{|U_2|}{|U_1|} = \frac{\sqrt{(U_2 \cos(\phi_2))^2 + (U_2 \sin(\phi_2))^2}}{\sqrt{(U_1 \cos(\phi_1))^2 + (U_1 \sin(\phi_1))^2}}$$



NOTA – Se puede encontrar más información en: Wagner, C.F. y Evans, R.D.: Symmetrical components, Edición R. KRIEGER.

ANEXO C (Informativo)**INFORMACIÓN SOBRE LOS NIVELES DE ENSAYO**

Las corrientes desequilibradas producidas por desequilibrio en la tensión pueden causar daños serios en los equipos eléctricos.

Un nivel de desequilibrio relativamente importante puede aparecer brevemente, especialmente en el caso de un cortocircuito entre dos fases.

En tal caso, una muy elevada corriente circulante produce una caída de tensión importante y un desfase en las fases afectadas. Esta situación dura normalmente hasta el disparo del cortocircuito.

La severidad del fallo determina la severidad del desequilibrio de tensión. La duración del desequilibrio corresponde al tiempo de reacción del cortocircuito, que es inversamente proporcional a la severidad del fallo.

La impedancia compleja empleada en la Norma CEI 60725 es $Z_i = 0,24 + j 0,15$ (conductor de fase). Las características del cortocircuito, seleccionadas para la determinación de los niveles de ensayo, son las designadas para el tipo D, según se especifica en la Norma CEI 60898.

ANEXO D (Informativo)

CLASES DE ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO

Las clases de entorno electromagnético siguientes se han resumido a partir de la Norma CEI 61000-2-4.

Clase 1

Esta clase se aplica a las alimentaciones protegidas y está caracterizada por niveles de compatibilidad inferiores a los de las redes públicas. Esta clase se refiere a la utilización de equipos muy sensibles a las perturbaciones presentes en la red de alimentación, por ejemplo los instrumentos de laboratorio, ciertos dispositivos de automatización y de protección, ciertos ordenadores, etc.

NOTA

- La clase 1 de entornos contiene normalmente equipos que necesitan una protección especial por medio de dispositivos tales como los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), filtros o supresores de transitorios.
- En ciertos casos, equipos altamente sensibles pueden necesitar niveles de compatibilidad inferiores a los de la clase 1 de entornos. En tales circunstancias, los niveles de compatibilidad se acuerdan caso por caso.

Clase 2

Esta clase se aplica a los puntos de conexión común (PCC para los sistemas de consumidores) y a los puntos de conexión común interna (PCI), habitualmente en instalaciones industriales. Los niveles de compatibilidad en esta clase son idénticos a los de las redes públicas; de este modo, los componentes utilizados para aplicaciones en las redes públicas pueden utilizarse también en esta clase de entorno industrial.

Clase 3

Esta clase se aplica solamente a PCI en entornos industriales. Los niveles de compatibilidad de la clase 3 son más elevados que los de la clase 2 para ciertas perturbaciones. Por ejemplo, debe considerarse esta clase siempre que se dé alguna de las siguientes condiciones:

- la mayor parte de la carga esté alimentada a través de convertidores electrónicos;
- existan máquinas de soldadura;
- se arranquen frecuentemente motores de gran potencia;
- las cargas varíen rápidamente.

NOTA – La alimentación de cargas fuertemente perturbadoras, tales como los hornos de arco y los convertidores de potencia de gran tamaño, que se alimentan generalmente a través de unas barras separadas, a menudo se caracteriza por unos niveles de perturbación que superan los de la clase 3 (entorno severo). En estas situaciones particulares, es conveniente que los niveles de compatibilidad se acuerden en consecuencia.

Para nuevas instalaciones y para la extensión de instalaciones existentes la clase aplicable debe estar en relación con los tipos de equipos y de procedimientos utilizados.

BIBLIOGRAFÍA

CEI 60725 – *Consideraciones respecto a las impedancias de referencia para utilizar en la determinación de las características de perturbación en electrodomésticos y equipos eléctricos análogos.*

CEI 60898 – *Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes.*

NOTA – Armonizada como Norma EN 60898:1991 (modificada).

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 correspondiente¹⁾
CEI 60050-151	1978	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 151: Dispositivos eléctricos y magnéticos	–	–	UNE 21302-151:1981
CEI 61000-2-4 + corr. agosto	1994	Compatibilidad electromagnética. Parte 2: Entorno. Sección 4: Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia, en instalaciones industriales.	EN 61000-2-4	1994	UNE-EN 61000-2-4:1997

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

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