

6. NORMAS RELATIVAS A ARMÓNICOS

Las redes eléctricas se ven afectadas por la circulación de corrientes distorsionadas provocadas de forma destacada por equipos de electrónica de potencia. Los armónicos derivados de ello constituyen el principal componente de distorsión de tensión y corriente en la red.

Por este motivo en las últimas décadas ha surgido la necesidad de limitar la distorsión armónica en la red.

Paralelamente a esta situación el mercado eléctrico debido a su desregulación y mayor competencia se ha visto sometido a una creciente exigencia de calidad de suministro.

Teniendo en cuenta las razones apuntadas ha surgido la necesidad de impulsar las normas y regulaciones pertinentes para garantizar la calidad necesaria del suministro de electricidad. La CE a través de la Directiva 89/336CEE⁹⁶ publicada en 1989 ya trataba la problemática de la Compatibilidad Electromagnética (CEM). La definición de CEM según la Directiva Europea es la «*capacidad de que un equipo funcione de forma satisfactoria en un entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables para otros equipos en ese entorno*».⁹⁷

De esta definición surgen dos aspectos fundamentales: la *emisión* y la *inmunidad*. La emisión de los equipos conectados a la red debe limitarse para evitar que la red eléctrica sobrepase los niveles de perturbación o compatibilidad establecidos por las normas, mientras que la inmunidad trata de que los equipos sean diseñados para soportar esos mismos niveles.

En las normas CENELEC e IEC y en concreto en la serie IEC61000 se contemplan las normas específicas de CEM y en particular de perturbaciones armónicas que junto con la norma IEEE 519 [1] constituyen el marco normativo actual para tratar los aspectos más destacados concerniente a las corrientes y tensiones armónicas, su origen, sus efectos y sus posibles remedios.

El conjunto de normas de la serie IEC61000 abarcan la CEM en sus distintas partes:

Parte 1: General, sobre aspectos generales: fundamentos, definiciones, terminología, etc.

Parte 2: Entorno, descripción y clasificación de los entornos electromagnéticos, niveles de compatibilidad, etc.

Parte 3: Límites, límites de emisión e inmunidad.

96. Ya derogada y sustituida por 2004/108/CE.

97. La CEM abarca una gran variedad de fenómenos que en su mayor parte podríamos denominar como ruido electromagnético o señales provocadas de forma no intencionada. Sin embargo, como indica el título del capítulo vamos a tratar fundamentalmente de ondas armónicas.

- Parte 4: Técnicas de medida y ensayo.**
- Parte 5: Guías de instalación y mitigación.**
- Parte 6: Normas genéricas.**
- Parte 9: Varios.**

De este conjunto de normas se analizarán salvo excepción, las concernientes a armónicos, por tanto, a perturbaciones conducidas dentro de un rango de frecuencias de 0 a 2.500 (3.000) Hz para redes de 50 (60) Hz.

6.1 Normas sobre niveles de compatibilidad de tensiones armónicas en la red

1. Las normas IEC61000-2-2 [2] e IEC61000-2-12 [3] establecen los límites de compatibilidad de tensiones armónicas, para baja tensión la primera y para media tensión hasta 35 kV la segunda. En la tabla 6.1-1 se muestran, en la columna IEC, los límites, iguales en ambas normas.

Para alta tensión o más concretamente para tensiones superiores a 35 kV no están definidos los límites en IEC. Tan solo se pueden encontrar niveles indicativos de planificación en IEC61000-3-6 (6.2.4). Por el contrario, IEEE519 no establece un límite máximo de tensión según se muestra en la tabla 6.1-2.

Armónicos impares no múltiplos de 3			Armónicos impares múltiplos de 3			Armónicos pares		
Orden del armónico	Tensión armónica (%)		Orden del armónico	Tensión armónica (%)		Orden del armónico	Tensión armónica (%)	
	(EN)	(IEC)		(EN)	(IEC)		(EN)	(IEC)
h	(EN)	(IEC)	h	(EN)	(IEC)	h	(EN)	(IEC)
5	6	6	3	5	5	2	2	2
7	5	5	9	1,5	1,5	4	1	1
11	3,5	3,5	15	0,5	0,5	6	0,5	0,5
13	3	3	21	0,5	0,5	8	0,5	0,5
17	2	(*)	>21	-	0,2	10...24	0,5	-
19	1,5	(*)	(*) $2,27 \frac{17}{h} - 0,27$			10...50	-	(**)
23	1,5	(*)				(**) $0,25 \frac{10}{h} + 0,25$		
25	1,5	(*)						
> 25	1,5	(*)						

Tabla 6.1-1 Límites de tensiones armónicas (EN) según EN50160 e (IEC) según IEC61000-2-2 y 61000-2-12. En ambas normas el límite para la THD_v = 8 %.

2. La norma de CENELEC EN50160 [4] constituye una norma de referencia europea en cuanto a las características de la tensión de la red eléctrica en B.T. y M.T. hasta 35 kV.⁹⁸ Para armónicos establece límites prácticamente iguales a las normas antes citadas, como puede observarse en la tabla 6.1-1.

Cabe mencionar que los límites de las mencionadas normas se establecen en términos de probabilidad, es decir, son valores que no deben superarse en el 95 % de las medidas promediadas en intervalos de 10 min⁹⁹ bajo condiciones normales de servicio y descartando posibles resonancias que provoquen tensiones más elevadas para un armónico dado.

3. La norma IEEE519 [1] establece un cuadro más simple y sin límites de tensiones de red. La tabla 6.1-2 muestra los citados límites.

Tensiones en el PCC (U_n) kV	Distorsión armónica individual (%)	THD _n (%)
$U_n \leq 1,0$	5,0	8,0
$1 < U_n \leq 69$	3,0	5,0
$69 < U_n \leq 161$	1,5	2,5
$U_n > 161$	1,0	1,5 *

* Puede alcanzar el 2 % cuando se trate de un terminal de transporte en c.c. (HVDC).

Tabla 6.1-2 Límites de la distorsión individual y total en la red eléctrica según IEEE519.

Los límites de la tabla 6.1-2 están establecidos para el PCC (Punto de Conexión Común) de la red pública con el usuario contemplando unos criterios estadísticos expuestos en el anexo A6.1.

4. La norma IEC61000-2-4 [5] concierne a ambientes industriales de ámbito privado. Los límites citados en la misma afectan al Punto de la Conexión Interno (PCI) con independencia que en el PCC con la red pública deban cumplirse los requisitos de las normas pertinentes.

Esta norma trata de establecer una clasificación resumida en tres entornos industriales sin implicar al responsable de la red pública. Por este motivo al mencionar el punto de medida de la perturbación se considera el PCI en lugar del PCC de la red pública.

98. La edición de 2010 de la norma (apartado 6.2.5, tabla 7) también contempla los límites para AT (> 36kV ≤ 150 kV).

99. Las normas 61000-2-2 y 2-12 también exigen estos límites para intervalos de 3 s.

Los mencionados entornos se clasifican como sigue:

Clase 1: Con niveles CEM inferiores a la red pública y, por tanto, apropiada para alimentación de equipos sensibles a las perturbaciones como instrumentación de laboratorio.

Clase 2: Con niveles CEM idénticos a la red pública.

Clase 3: Con niveles altos de CEM que suelen darse en entornos con cargas que en su mayor parte consisten en motores alimentados con VF, equipos de soldadura, cargas con variación rápida, etc.

En una industria en particular pueden existir entornos con distinta clasificación siempre que en el PCC se cumplan los límites establecidos por las normas, por ejemplo EN50160.

En la tabla 6.1-3 se muestran los límites de la citada norma IEC61000-2-4 para las mencionadas clases.¹⁰⁰

Tensiones armónicas impares excepto múltiplos de 3 (%)		Tensiones armónicas impares múltiplos de 3 (%)		Tensiones armónicas pares (%)	
Orden	Clases 1/2/3	Orden	Clases 1/2/3	Orden	Clases 1/2/3
5	3/6/8	3	3/5/6	2	2/2/3
7	3/5/7	9	1,5/1,5/2,5	4	1/1/1,5
11	3/3,5/5	15	0,3/0,4/2	6	0,5/0,5/1
13	3/3/4,5	21	0,2/0,2/1,75	8	0,5/0,5/1
17	2/2/4	27...45	0,2/0,2/1	10	0,5/0,5/1
19...49	(*)			>10	0,2/0,2/1
Distorsión total THD _u : 5 %, 8 % y 10 % para clases 1, 2 y 3 respectivamente					
(*) $2,27 \frac{17}{h} - 0,27$ para clase 1 y 2, $4,5 \frac{17}{h} - 0,5$ para clase 3					

Tabla 6.1-3 Niveles de compatibilidad para tensiones armónicas en entornos industriales clasificados según IEC61000-2-4.

100. Esta norma también trata de los niveles de tolerancia para las variaciones y desequilibrios de tensión según la clase de entorno (capítulo 1, apartado 1.3).

La clasificación establecida por IEC61000-2-4 puede utilizarse para inmunizar y clasificar los equipos para este tipo de entornos por el fabricante de los mismos.

6.2 Normas sobre límites de emisión

En la parte 3 de la serie IEC61000 se tratan los problemas relativos a la emisión de tensiones y fundamentalmente de corrientes armónicas a la red pública. El operador de la red está obligado a mantener los valores de distorsión armónica total THD, y de las distorsiones armónicas individuales sin que superen los límites de las normas citadas en 6.1, lo cual obliga a poner condiciones y, por tanto, límites a los aparatos, equipos o instalaciones a conectar a la red y, por tanto, a establecer las normas pertinentes.

6.2.1 Límites de emisión para equipos a conectar en redes de baja tensión

La norma **IEC61000-3-2** [6] trata de los límites para equipos de corriente asignada igual o inferior a 16 A, clasificados en las siguientes clases:

Clase A: Electrodomésticos excepto clase D, herramientas no portátiles, reguladores para lámparas incandescentes, equipos de audio y equipos trifásicos equilibrados.

Clase B: Herramientas portátiles, equipos de soldadura por arco no profesionales.

Clase C: Equipos de iluminación.¹⁰¹

Clase D: Equipos con potencia inferior a 600 W como ordenadores personales y sus monitores y receptores de TV.

Esta norma solo contempla aquellos equipos diseñados para ser conectados a sistemas de 220/380 V, 230/400 V y 240/415 V a 50 Hz o 60 Hz. La norma excluye:

- Equipos de potencia < 75 W que no sean de iluminación.
- Equipos profesionales de potencia > 1 kW.
- Elementos calefactores de control simétrico y potencia ≤ 200 W.
- Reguladores para lámparas incandescentes de potencia ≤ 1 kW.

101. La norma distingue entre equipos de potencia > 25 W para los que se aplican los límites de la tabla 6.2.1-1 (clase C) salvo para equipos con reguladores de luz (apartado 7.3 de la norma) y los equipos de potencia ≤ 25 W que no deben superar los límites proporcionales a la potencia (mA/W) de la clase D de la tabla 6.2.1-1 o bien el 86 % y el 61 % para el tercer y 5º armónico respectivamente bajo las condiciones indicadas por la norma (apartado 7.3 de la misma).