

La eficiencia de los electrodomésticos en el ahorro energético

Juan Manuel Oliveras Sevilla

The role of household appliance efficiency in power saving

RESUMEN

Los electrodomésticos, aunque no son aparatos de gran potencia, ocupan un lugar importante en el consumo energético. En un hogar medio, aproximadamente el 15% del consumo de electricidad corresponde a la iluminación, el 25% a los pequeños electrodomésticos y el 60% a los electrodomésticos de línea blanca. Dentro del grupo de los pequeños electrodomésticos se encuentran los aparatos electrónicos como el televisor, reproductor de DVD, equipo de música, ordenador, etcétera. Y dentro de los electrodomésticos de línea blanca están la lavadora, el frigorífico, el lavavajillas, etcétera. El funcionamiento simultáneo de todos estos aparatos en miles de hogares supone un importante gasto energético. Por lo que en este sector la eficiencia energética desempeña un importante papel. Los equipos electrónicos generan corrientes armónicas que introducen en las redes de alimentación unas deformaciones que deterioran la calidad de la energía. La mayoría de los países europeos están implantando la norma EN 61000-3-2 sobre armónicos, con el objeto de controlar las perturbaciones y obtener la máxima eficiencia energética.

ABSTRACT

Although household appliances are not high powered apparatus, they occupy an important position in power consumption. In an average household, lighting accounts for approximately 15% of the household electricity consumption, small household appliances account for approximately 25%, and white line household appliances account for 60%. Small household appliances include electronic appliances such as television, DVD player, Hi-Fi, computer, etc. White-line household appliances include washing machine, refrigerator, dishwasher, etc. The simultaneous operation of these appliances in thousands of households, represents a considerable power consumption. For this reason, it is a sector in which energy efficiency plays an important role. Electronic appliances generate harmonic currents which create distortions in the power supply network which cause power quality to deteriorate. The majority of European countries are introducing the standard EN 61000-3-2 to regulate harmonic currents, in order to control perturbations and to obtain the maximum energy efficiency.

Palabras clave

Electrodomésticos, ahorro de energía, eficiencia energética, armónicos, factor de potencia.

Keywords

Household appliances, power saving, energy efficiency, harmonic current, power factor.

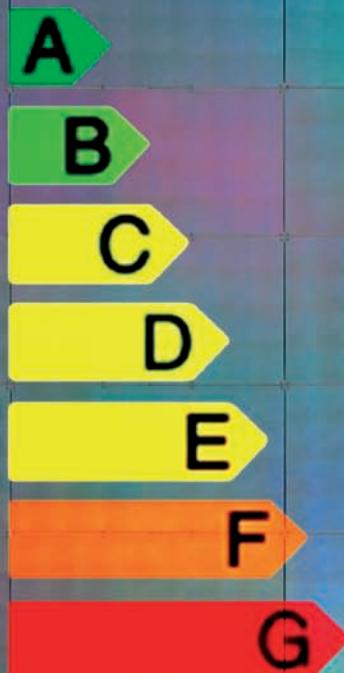


Foto: Pictelia

Nos estamos familiarizando con el término eficiencia energética, que lo entendemos como algo tan sencillo como la adecuada administración de la energía con el objeto de ahorrar la que no produce un trabajo útil, como consecuencia de algunos tópicos como el cuidado del medio ambiente, el ahorro económico y el agotamiento de las fuentes de energía no renovables.

Un punto importante de la eficiencia energética lo ocupan los electrodomésticos de nuestras viviendas, que, si bien, no son aparatos de gran potencia, hay que pensar que son cientos de miles los que en cada momento están funcionando simultáneamente. Por eso, es importante aprender a usar eficientemente la energía y, particularmente, la que consumimos a diario en nuestros hogares, pues el ahorro energético es una cuestión en la que todos tenemos responsabilidad.

En un hogar medio, la iluminación supone aproximadamente el 15% del consumo de electricidad, los pequeños electrodomésticos el 25% y los electrodomésticos de línea blanca, el 60% restante. Como las lámparas incandescentes convierten en luz un porcentaje pequeño de la electricidad que reciben, se aconseja reemplazarlas por lámparas

fluorescentes compactas sin reactancia. También se pueden utilizar lámparas halógenas de bajo voltaje que consumen hasta la quinta parte de energía. Empero, como veremos posteriormente éstas representan una carga no lineal con la consiguiente aparición de armónicos y el consiguiente deterioro de la calidad eléctrica.

Los criterios sobre eficiencia energética, duración, conservación del flujo luminoso y contenido de mercurio en lo referente a las bombillas de un casquillo con reactancia integrada, o más comúnmente conocidas como lámparas fluorescentes compactas, están regulados por la Comunidad Europea según Diario Oficial L242/46 del 10/9/2002, en el que se especifica una eficiencia energética de clase A, con tiempo de vida media superior a 10.000 horas y contenido medio de mercurio no superior a 4,0 miligramos y con una conservación del flujo luminoso superior al 70% a las 10.000 horas de funcionamiento y con un número de ciclos de apagado/encendido superior a 20.000.

Estos criterios tienen como finalidad disminuir los daños medioambientales derivados del consumo de energía, como el calentamiento del planeta, el agotamiento de recursos no renovables etcé-

tera, mediante la reducción del consumo. Además, se reducen los daños medioambientales por la utilización de recursos en la fabricación y eliminación de las bombillas eléctricas mediante el alargamiento de su vida media.

Por otra parte, se pretende disminuir los daños o riesgos medioambientales derivados de la utilización de mercurio mediante la reducción de las emisiones totales de mercurio durante el ciclo de vida de las bombillas eléctricas.

Los criterios de las comunidades europeas fomentan la explotación medioambiental óptima, contribuyendo a sensibilizar a los consumidores sobre este tipo de cuestiones. En definitiva, los criterios se establecen en unos niveles que favorecen que las bombillas eléctricas tengan un escaso impacto ambiental. Y establecen los criterios para el etiquetado energético de las lámparas de uso doméstico y la concesión de la llamada ecoetiqueta europea. De suerte que la etiqueta ecológica europea es el único signo de calidad ambiental a la vez certificado por un organismo independiente y avalado en toda Europa.

Electrodomésticos

Entendemos por electrodoméstico todo aparato de uso doméstico alimentado

con electricidad, si bien, los podemos clasificar en dos grandes grupos: los pequeños electrodomésticos (que en su mayoría son aparatos electrónicos como el televisor, el DVD, el equipo de música, el ordenador, etcétera) y los electrodomésticos de línea blanca (lavadora, frigorífico, lavavajillas y demás).

En 1994 entró en vigor en España una directiva comunitaria que exige el etiquetado energético de lámparas de uso doméstico y los electrodomésticos de línea blanca como frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas, etcétera. Desde entonces, todos los fabricantes tienen que identificar los electrodomésticos con una letra de la A a la G, que es indicativa de su nivel de eficiencia energética. La A indica la máxima eficiencia y la G, la mínima, según se refleja en la tabla 1.

En estas etiquetas, además de aparecer la letra correspondiente, se adjunta más información sobre cada electrodoméstico en la parte derecha de la pegatina. El contenido de las pegatinas las ponen las propias marcas comerciales en virtud de los resultados de laboratorios homologados por ellas contratados. No existe, por tanto, ningún organismo independiente que realice esta labor. En la figura 1 se representan algunos ejemplos de estas pegatinas.

Valores nominales de la red eléctrica doméstica

El voltaje nominal europeo es actualmente de 230 V 50 Hz. Formalmente, 240 V en el Reino Unido y 220 V en el resto de Europa. El límite de voltaje armónico en Europa es de:

$$230 \text{ V} - 10\% + 6\%$$

Es decir, una variación de voltaje armónico comprendida entre 207 V y 243,8 V, tomando como valor para la mayoría de los países europeos 220 V, mientras que para el Reino Unido el valor es de:

$$230 \text{ V} - 6\% + 10\%$$

Esto le permite una variación comprendida entre 216,2 V y 253 V, tomando en el Reino Unido el valor nominal de 240 V.

Con el objeto de que los equipos europeos cumplan con ambos límites, se admite oficialmente desde el año 2003 como límites:

$$230 \text{ V} \pm 10\%$$

| Clase energética | Consumo de energía |
|------------------|---------------------------------------|
| A | Menos del 55% de la media |
| B | Entre el 55% y el 75% de la media |
| C | Entre el 75% y el 90% de la media |
| D | Entre el 90% y el 100% de la media |
| E | Hasta el 10% más de la media |
| F | Entre el 10% y el 25% más de la media |
| G | Por encima del 25% más de la media |

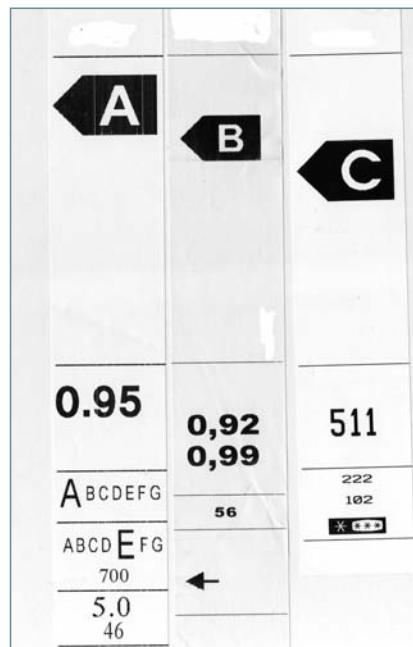
Tabla 1. Clasificación energética de los electrodomésticos.

Esto se traduce en unos valores de tensión comprendidos entre 207 V y 253 V, que son distintos para el resto del mundo y dependen de la zona: América del Norte, México, Australia, etcétera.

Factor de potencia (FDP), factor de distorsión (FDD) y el cos φ

En general, el factor de potencia y el cos φ son lo mismo y se puede hablar de uno y de otro indistintamente. Si bien, hay que precisar que esto es cierto sólo en el caso de que no estén presentes señales armónicas, es decir, cuando tanto la señal de corriente como la de tensión sean señales senoidales.

Figura 1. Ejemplo de pegatinas según clasificación energética.



Según la norma UNE EN 50160:1996, una tensión armónica es una tensión senoidal cuya frecuencia es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la tensión de alimentación.

Cuando en una instalación hay armónicos, significa que aunque la señal sea de 50 Hz, contiene componentes de alta frecuencia. Y, en general, la tensión de alimentación contendrá armónicos cuando no sea perfectamente senoidal, es decir, cuando presente deformaciones con respecto a una tensión senoidal perfecta.

Por tanto, podemos decir que el factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente:

$$\text{FDP} = \text{Potencia activa} / \text{Potencia aparente}$$

Mientras, el cos φ es la relación entre la componente fundamental de la potencia activa y la componente fundamental de la potencia aparente.

$$\cos \varphi = \text{Potencia activa fundamental} / \text{Potencia aparente fundamental}$$

La relación entre el FDP y el cos φ viene dada por el factor de distorsión o factor de deformación (FDD):

$$\text{FDD} = \text{FDP} / \cos \varphi$$

Además,

$$\text{FDD} = \text{Valor de la fundamental} (H_1) / \text{Valor eficaz}$$

Por lo que

$$\text{FDP} / \cos \varphi = \text{Valor fundamental} (H_1) / \text{Valor eficaz}$$

De donde:

$$\cos \varphi = \text{FDP} \times \text{Valor eficaz} / \text{Valor fundamental} (H_1)$$

Donde el valor eficaz = $\sqrt{(H_1^2 + H_2^2 + H_3^2 + H_4^2 + \dots + H_n^2)}$, viene dado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes armónicas.

Sólo en el caso de que no se presenten armónicos se cumplirá que:

$$\text{Valor eficaz} = \sqrt{(H_1^2)} = H_1$$

Y entonces:

$$\cos \varphi = \text{FDP} \times H_1 / H_1$$

Quedando:

$$\text{FDP} = \cos \varphi$$

Y en este caso, las tensiones y corrientes son perfectamente senoidales y el fac-

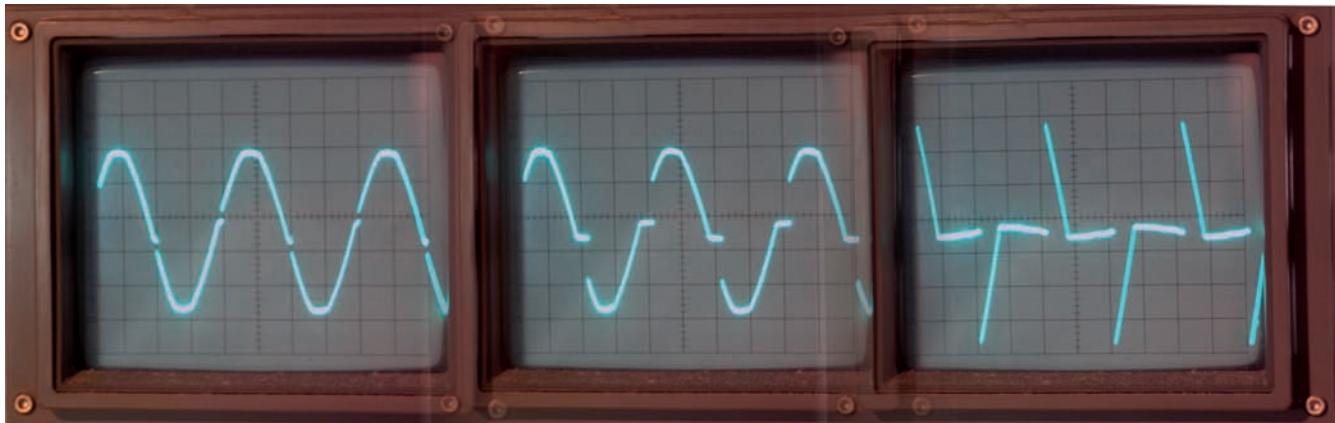


Figura 2. Ondas de corriente de un regulador de luz electrónico.

tor de distorsión (FDD) es igual a la unidad. Pues se cumple que:

$$FDD = FDP / \cos \varphi = \cos \varphi / \cos \varphi = 1$$

En las instalaciones domésticas el factor de potencia y el $\cos \varphi$ están habitualmente muy próximos, aunque se produzcan armónicos, ya que, si bien, la señal de corriente en presencia de armónicos está muy deformada, la señal de tensión tendrá menor distorsión armónica. Esto en la práctica se traducirá en que el factor de potencia y el $\cos \varphi$ tienen valores cercanos.

La producción de armónicos en las instalaciones domésticas se debe fundamentalmente a la conexión de equipos que presentan una característica tensión-corriente no lineal como equipos informáticos, electrodomésticos con control electrónico y, en general, cualquier aparato electrónico. Tomemos como ejemplo un regulador electrónico doméstico de la intensidad de iluminación para lámparas incandescentes. Al variar la luminosidad de la bombilla incandescente, la señal de corriente deja de ser senoidal para convertirse en una señal pulsante. Es, por tanto, una carga no lineal, con la consiguiente generación de armónicos. Esto queda reflejado en los oscilogramas de la figura 2.

Los circuitos electrónicos se alimentan con tensión continua: televisores, electrodomésticos de línea blanca, ordenadores personales, impresoras, monitores, accionamientos eléctricos, etcétera. En ellos para obtener la tensión continua a partir de la alterna de la red se usa un convertidor, llamado fuente de alimentación, que se caracteriza por absorber la energía de la red durante una fracción muy pequeña del periodo de la tensión. Este consumo pulsatorio inyecta en la red una gran cantidad de armónicos de

corriente, que, circulando por toda la instalación, llegan hasta el origen del suministro y afectan al propio transformador. Esta corriente armónica se traduce en una perturbación de la calidad de la alimentación, lo que produce la deformación de la propia tensión. Y el efecto puede ser acumulativo y perjudicial hasta para los equipos contaminantes, los cuales, al recibir una mala calidad de tensión, se comportan incrementando su capacidad de generar armónicos.

Relación de potencias eléctricas

El efecto de los armónicos sobre las potencias puestas en juego quedará más clarificado si utilizamos el conocido triángulo de potencias, pero en este caso en tres dimensiones (figura 3).

Si representamos por:

S, la potencia aparente.

Q, la potencia reactiva.

P, la potencia activa.

D, la distorsión de potencia armónica.

De todas estas potencias, la única que produce trabajo útil es la potencia activa P. De forma que la potencia de distorsión armónica D, y la reactiva Q de la instalación no producen trabajo. Y vienen relacionadas por la expresión:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2$$

De donde la distorsión armónica de potencia viene dada por:

$$D^2 = S^2 - (P^2 + Q^2)$$

Su efecto generalizado es el aumento de la corriente eficaz. A su vez, el efecto pelicular o efecto *skin* reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia del armónico, lo que produce un calentamiento generalizado de la instalación.

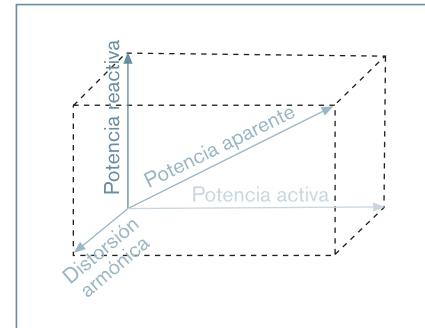


Figura 3. Relación de potencias.

Valor eficaz, valor de pico y el factor de cresta (FDC)

Todos los equipos y dispositivos eléctricos, electrónicos, cables y enchufes domésticos se especifican para unas corrientes y tensiones máximas que hacen siempre referencia al valor eficaz. Pero el valor máximo que verdaderamente se llega a alcanzar es el conocido también como valor de pico, y éste nunca se especifica. Este valor de pico lo podemos denominar valor máximo real y para tensión perfectamente senoidal alcanza un valor igual al de la corriente o tensión eficaz máxima multiplicada por $\sqrt{2}$, puesto que:

$$\text{Valor de pico} = \text{Valor máximo real} = \text{Valor eficaz} \times \sqrt{2}$$

El valor de pico de la tensión senoidal de la alimentación doméstica está aproximadamente entre los 311 V y los 325 V para una tensión de alimentación comprendida entre los 220 V y los 230 V de la red de suministro en alterna.

El valor de pico o máximo real es muy importante, pues ciertos equipos domésticos como los ordenadores, SAI y cualquier tipo de aparato que use rectificadores o fuentes de alimentación como televisores, cadenas de música, DVD, lectores de CD, microondas, etcé-

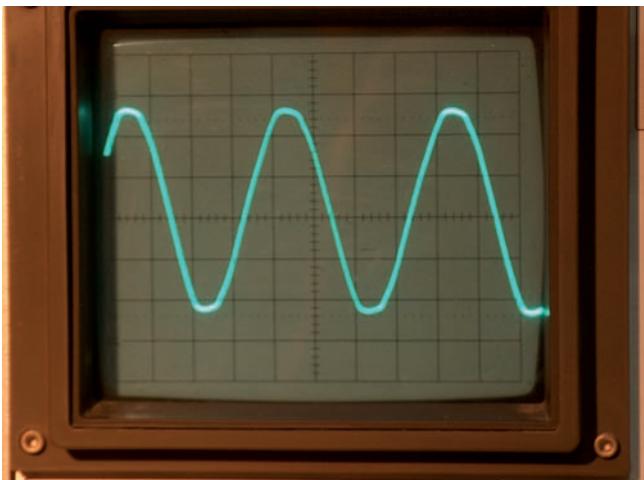


Figura 4. Onda de corriente absorbida por una carga lineal.

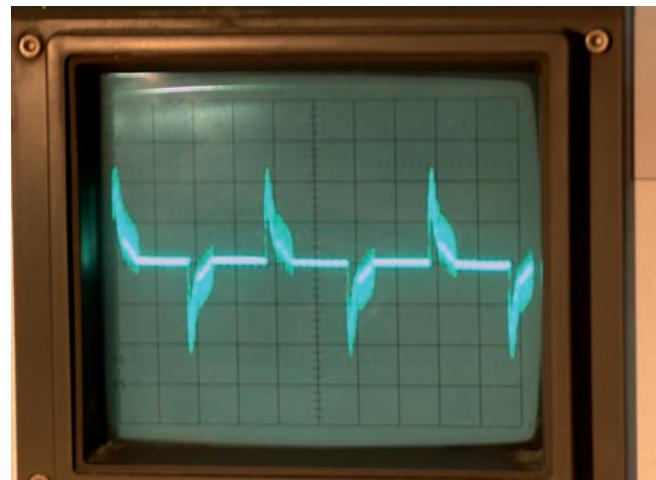


Figura 5. Onda de corriente absorbida por una carga no lineal.

teria, utilizan el valor de pico de la señal de tensión para alimentar los circuitos internos. De forma que si la tensión de entrada no alcanza el valor de pico adecuado se puede producir un mal funcionamiento de los electrodomésticos.

El valor eficaz o valor rms y el valor de pico están relacionados por un factor de deformación denominado factor de cresta (FDC):

$$FDC = \text{Valor máximo real} / \text{Valor eficaz}$$

Para tensión perfectamente senoidal $FDC = \sqrt{2}$. Pero con señales de tensión deformadas el factor de cresta puede llegar a tomar un valor de hasta 4, y en ese caso:

$$\begin{aligned} \text{Valor máximo real} &= FDC \times \text{valor} \\ &\quad \text{eficaz} = 4 \times \text{valor eficaz} \end{aligned}$$

Con el consiguiente peligro para los equipos domésticos.

Por otra parte, la calidad de la alimentación se puede ver perturbada por fluctuaciones de tensión más comúnmente denominadas parpadeo por las variaciones de iluminación del alumbrado. Tienen su origen en los receptores con variaciones rápidas en su funcionamiento como la conexión y desconexión de lámparas incandescentes, o los electrodomésticos con regulación automática. Cuando la fluctuación produce un descenso de tensión, las fuentes de alimentación pueden sufrir calentamientos anormales causados por el aumento del consumo de corriente al bajar la tensión de alimentación.

Cargas lineales y no lineales

Una carga se denomina *lineal* cuando la corriente que absorbe tiene la misma

forma que la tensión que la alimenta. Como esta corriente no tiene componentes armónicos, la carga lineal no distorsiona la señal de corriente. En la figura 4 se muestra la onda de corriente que absorbe una bombilla incandescente.

Las cargas lineales están compuestas por componentes pasivos, es decir, cargas resistivas, inductivas y capacitivas. En definitiva, cargas RLC que no deforman la señal, por lo que si la tensión en bornas de estas cargas es senoidal, la corriente consumida por la carga también es senoidal, si bien puede que esté desfasada con respecto a la tensión en un valor que depende de la proporción entre cargas resistivas, inductivas y capacitivas. Es el caso de los motores sin convertidores de frecuencia, iluminación incandescente, resistencias de estufas, etcétera.

Una carga se considera *no lineal* cuando la corriente que ella absorbe no es de la misma forma que la tensión que la alimenta. Esta corriente es rica en armónicos y su espectro es función de la naturaleza de la carga. En la figura 5 se muestra la onda de corriente absorbida por una lámpara fluorescente compacta.

Las cargas no lineales están compuestas por componentes pasivos y componentes activos, es decir, por cargas electrónicas. Las cargas no lineales producen una deformación de la onda de corriente, o sea, si la tensión en los bornes de estas cargas es senoidal, la corriente que absorben no lo es, y pueden, además, estar desfasadas. Estas cargas son los variadores de velocidad, controladores de iluminación, tubos fluorescentes, equipos informáticos y electrodomésticos con componentes electrónicos.

Las cargas no lineales se caracterizan por consumir corriente a impulsos. Esto

es cuando la forma de onda alcanza su valor máximo, o su valor mínimo es cuando la carga no lineal conduce, produciendo señales pulsantes que circulan por cables, diferenciales y magnetotérmicos que, en principio, sólo estaban diseñados y dimensionados para señales de corriente de tipo senoidal. Esto también queda reflejado en la ya comentada señal de corriente de un regulador electrónico de la intensidad luminosa de la figura 2.

Una de las normativas sobre calidad de potencia que se está implementando en la mayoría de los países europeos es el estándar EN 61000-3-2 sobre armónicos, con el objetivo de controlar las perturbaciones y obtener la máxima eficiencia. Este estándar afecta a la mayoría de los productos eléctricos, incluyendo audio y TV fabricados después del 1 de enero de 2001. Este estándar reemplaza a la EN60555-2, que ya hablaba sobre el factor corrector de potencia (FCP). Por otra parte, el consumo de energía eléctrica demandado por los aparatos electrónicos crece, pues no hay más que pensar en que los mismos cargadores de baterías de teléfonos móviles pueden tener un impacto en la calidad del sistema de potencia, pues son miles de tales dispositivos los que se alimentan de forma simultánea en la red eléctrica.

El incremento de los equipos electrónicos en el hogar presenta como característica la generación de corrientes armónicas que introducen en las redes de alimentación unas deformaciones que deterioran la calidad de la energía. Todos los equipos electrónicos se comportan como cargas fuertemente no lineales, generando una gran contaminación armónica en la red. Por otra parte,

los aparatos electrónicos utilizados en el hogar son más vulnerables a las alimentaciones de baja calidad, causadas, en parte, por la presencia de armónicos en la red de distribución eléctrica. Los armónicos pueden causar errores en los discos de inducción de los contadores, así como el calentamiento de cables y equipos como consecuencia del incremento de la resistencia aparente del conductor con la frecuencia, debido al efecto pelicular. Se produce un aumento del valor eficaz de la corriente para una misma potencia activa consumida.

Los armónicos generados en un sistema eléctrico pueden crear niveles altos de ruido eléctrico que interfieren con las líneas telefónicas cercanas. Y hay que tener en cuenta que la presencia de frecuencias diferentes a la nominal en la tensión y en la corriente no son detectables por mediciones normales, por lo que su presencia no se nota. De este modo, en la práctica la primera indicación de la presencia significativa de armónicos es cuando causan problemas de funcionamiento o fallas de equipos.

Los equipos modernos como computadoras, módems, tarjetas electrónicas de comunicaciones y demás equipos domésticos son muy sensibles a los cambios producidos en el voltaje de su alimentación, por lo que necesitan de una fuente de alimentación muy estable que les alimente con un voltaje limpio de armónicos. Empero si la fuente de alimentación no posee el grado de protección necesario para soportar los armónicos del voltaje de alimentación, el funcionamiento correcto del equipo se puede ver comprometido y llegar a la inutilización del equipo si la exposición a armónicos es prolongada, por destrucción del corazón del equipo, que suele ser un circuito integrado de alta densidad de integración.

Para solucionar los problemas generados por los armónicos se pueden utilizar los denominados compensadores activos de armónicos.

El compensador se intercala en paralelo con la red entre ésta y la carga, y se basa en el principio de reinyección de corriente. El sistema genera las componentes armónicas que corresponden en todo momento a las componentes armónicas absorbidas por la carga y las reintegra anulando a los armónicos que provienen de la carga no lineal.

El empleo del compensador activo de armónicos permite alimentar los electrodomésticos sensibles con una tensión de calidad sin distorsión.

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es el primer elemento necesario en cualquier equipo electrónico en el que se realiza la conversión esencial de la tensión alterna de 220 voltios a una nueva tensión continua. Las fuentes de alimentación de los aparatos electrónicos pueden ser lineales o conmutadas. En líneas generales, toda fuente de alimentación lineal se divide en cinco etapas: etapa de transformación, etapa de rectificación, etapa de filtrado, etapa reguladora y etapa divisoria de tensión. Las fuentes lineales tienen un rendimiento que no supera el 40%. A pesar de esto, se siguen utilizando en aquellos equipos que tienen que evitar la presencia de señales armónicas como los equipos de audio. Empero están siendo sustituidas por las fuentes de alimentación conmutadas, que son más eficientes, y se está produciendo un mejor aprovechamiento de la corriente y voltaje de entrada en la etapa de salida. Al conseguir mayor eficiencia, se reduce la energía que se transforma en calor, y tenemos que saber que cuanto menos calor se genera menos armónicos se van a producir. De hecho, si en la práctica se cumplieran los propósitos de la teoría el elemento conmutador de la fuente, el MOSFET, trabajaría con un calentamiento nulo al hacerlo sólo en instantes de corte/saturación disipando en forma de calor una potencia nula. En la práctica esto no se cumple totalmente; no obstante, la eficiencia puede llegar en muchos casos al 90%, aunque la generación de armónicos es mayor debido a las altas frecuencias de conmutación con que suelen trabajar. Por eso, en muchas aplicaciones como en el campo de los ordenadores personales se dotan de dispositivos que realizan la corrección del factor de potencia de forma pasiva mediante bobinados de tipo autotransformador con núcleos ferromagnéticos, o de forma activa mediante filtros activos. En la actualidad, las fuentes conmutadas están presentes en equipos domésticos de bajo consumo, entre los que se incluyen reproductores tipo CD, DVD, sintonizadores, televisores, etcétera. Sin embargo, no se utilizan mucho en equipos amplificadores de audio, pues las fuentes conmutadas aún no han llegado

a su máximo desarrollo. En consecuencia, en ciertas aplicaciones se prefieren las fuentes de alimentación de tipo lineal, en especial cuando se necesita la entrega fiable de altas potencias. Las diferencias de las fuentes las podemos reflejar en la tabla 2.

Normativas y programas innovadores sobre eficiencia energética

Normativa EN 61000-3-2

Para asegurar que una fuente de alimentación conmutada de corriente alterna a corriente continua (CA/CC) cumple con el estándar EN61000-3-2 se debe medir la distorsión de la corriente generada por el equipo conectado a la línea, corregir el factor de potencia y, después, efectuar la prueba de conformidad, siempre realizando completas medidas de calidad de potencia, incluyendo potencia real, potencia aparente y factor de potencia. Además, la potencia disipada en una fuente de alimentación conmutada determina la eficacia total de la misma, con el consiguiente efecto térmico, de modo que la medida de las pérdidas de potencia en el dispositivo de conmutación que en la totalidad de los casos será un transistor de efecto de campo tipo MOSFET en las bobinas y transformadores *drive*, es de gran importancia, en particular para indicar la eficiencia energética. Por ello, se han de medir y analizar las pérdidas de potencia instantánea bajo condiciones de carga variable.

La normativa también se aplica a fuentes de alimentación lineales con o sin regulación, pues aunque en menor cuantía, también producen armónicos.

El EN61000-3-2 incluye cuatro tipos de cargas eléctricas estándares: clases A, B, C y D.

- Clase A

Equipos trifásicos equilibrados, electrodomésticos, reguladores de luz para lámparas incandescentes, herramientas no portátiles y equipos de audio, así como los equipos de uso doméstico que no pertenecen a la clase D. También los equipos que no pertenezcan a ninguna de las otras clases.

- Clase B

Herramientas portátiles, equipos de soldadura por arco que no sean equipos profesionales.

- Clase C

Equipos de iluminación

- Clase D

Ordenadores personales y monitores con potencias de consumo menores o iguales a 600 W.

Las condiciones sine qua non para que un determinado electrodoméstico cumpla con la normativa EN 61000-3-2 son:

- Electrodoméstico de la Unión Europea.

- Alimentado de la red eléctrica pública en monofásica o trifásica.

| Fuente lineal | | Fuente conmutada | Fuente conmutada de última generación |
|---------------|---|---|--|
| Eficiencia | 40% | 65% | 80%, 85%, 90%, 98% |
| Empleo | Amplificadores de audio, aplicaciones de alta potencia, electrodomésticos de línea blanca | Reproductores CD, DVD, sintonizadores, TVC, aplicaciones de potencia entre 30 W y 250 W | Ordenadores personales, PC portátiles, aplicaciones de potencia entre 50 W y 400 W |

Tabla 2. Eficiencias de las fuentes de alimentación.

- Con potencia de consumo real comprendida entre los 75 W y los 1.000 W.

- Con tensión de entrada comprendida entre 220 V y 415 V en alterna.

Cumplir la normativa EN61000-3-2 es un requisito para el marcado CE.

Respecto al factor corrector de potencia (FCP), la normativa EN 61000-3-2 no especifica cómo hacerlo en la práctica, por lo que se pueden aplicar dos posibilidades:

a) Limitar la corriente de arranque de la fuente de alimentación de forma pasiva con el empleo de una resistencia con coeficiente negativo de temperatura (NTC). La NTC a baja temperatura presenta una mayor resistencia limitando la corriente en el momento del arranque y produciendo menor calor disipado. Hay que tener en cuenta que la temperatura tiene un papel muy importante en la generación de armónicos, ya que cuanto mayor sea la temperatura de funcionamiento de los circuitos mayor cantidad de armónicos van a generar. Por tanto, la NTC reduce mejor los armónicos generados y el equipo trabajará de modo más eficiente. Ésta es, sin duda, la solución más económica, pero la que menos reduce la tasa de armónicos, si bien en muchos casos puede ser suficiente.

b) Aplicar un FCP pasivo realizado con un bobinado con núcleo magnético a modo de choque utilizado en el circuito de entrada del equipo como indica la figura 6. De suerte que esta bobina almacenaría la energía de la red atenuando los pulsos de corriente. Esta forma de proceder es más simple y robusta y genera poco calor. Además, es fácil de integrar en diseños ya existentes. Empero con este sistema sólo podremos atenuar los armónicos aunque no eliminarlos por completo, ya que en la práctica existe un límite del que no podemos pasar.

c) Utilizar un FCP activo realizado con circuitería electrónica incluida en la electrónica de control que supervisa el consumo de la red eléctrica. De esta manera, se consume con una forma de onda casi senoidal perfecta, almacena-

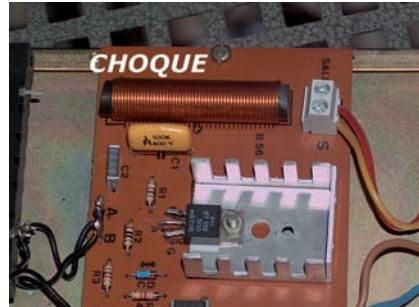


Figura 6. Choque utilizado como dispositivo FCP.

nando la energía para transferirla al secundario de manera controlada. Con la utilización de un FCP activo podemos, en la práctica, eliminar los armónicos por completo, pero lógicamente genera más calor y su diseño resulta más complicado. Es, por tanto, más viable de realizar para diseños nuevos, pues resulta más difícil incluirlos en diseños ya existentes.

Desde el punto de vista de la economía, tenemos que apuntar que el uso del FCP aumenta la calidad de la energía eléctrica, pero no reduce la factura de la corriente gastada, ya que en España en el ámbito doméstico se paga sólo por la potencia activa consumida. No ocurre lo mismo en otros países europeos. Por ejemplo, en Francia se paga tanto por la potencia activa como por la potencia reactiva, luego allí se pagaría menos con una fuente de alimentación con FCP.

Normativa CEC

Ésta es una normativa impuesta por la Comisión de Energía de California, de la que se toman sus siglas. Según esta normativa, toda fuente de alimentación externa de adaptación, de una única tensión de salida, debe cumplir un mínimo nivel de eficiencia y de funcionamiento en carga, así como llevar marcado el nombre del fabricante, el número de modelo y la fecha de fabricación.

Programa 80 Plus

Es un programa certificado por Estados Unidos y desarrollado por compañías eléctricas cuyo objetivo es crear fuentes de alimentación de mayor eficiencia

energética para aplicaciones informáticas. Su nombre proviene de la meta que persigue, que es que las fuentes de alimentación tengan como mínimo el 80% de eficiencia energética.

Programa Energy Star

El programa Energy Star fue creado en 1992 por la Agencia de Protección Medioambiental EPA americana para ordenadores energéticamente eficientes. Este programa promociona las ventajas del ahorro energético comprando electrodomésticos que lleven etiquetas Energy Star.

Código de conducta europeo

La Unión Europea tiene establecido actualmente un código de conducta de carácter voluntario sobre eficiencia energética de fuentes de alimentación externas, animando a un diseño de las mismas con mayor eficiencia energética.

En resumen, podemos concluir señalando que, hoy por hoy, elegir equipos que cumplan con las especificaciones del CEC, 80 Plus o Energy Star es una buena elección a la hora de valorar la eficiencia energética de un electrodoméstico.

Bibliografía

- Fleischheuer H-P. *Medidas en fuentes de alimentación*. Tektronix.
- Däschler A, Jeanrenaud M. *Electrotecnia*. Editorial Blume. Barcelona, 1973.
- Montane Asensio R. *Instrumentos para el análisis de señales*. REDE.
- www.europa.eu.int/ecolabel
- www.80plus.org

Juan Manuel Oliveras Sevilla
jmsolevidellas@hotmail.es

Ingeniero técnico en Electricidad con Intensificación en Electrónica por la Escuela Politécnica de Cartagena; técnico superior en Prevención de Riesgos Laborales por ENAE. Actualmente, desarrolla su carrera profesional en la empresa Navantia.