

Electricidad, electrónica de potencia y sostenibilidad

Robert Piqué y Eduard Ballester

Electricity, power electronics and sustainability

RESUMEN

La forma de energía preferida por el usuario final es la energía eléctrica. Su consumo actual es del 33% y se estima que en 2040 será el 67% sobre el total del dispendio energético. Con estas previsiones, para conseguir una sociedad energéticamente sostenible, resulta imprescindible, por un lado, alcanzar rendimientos elevados en la conversión de la energía eléctrica y, por otro, optimizar la gestión de los recursos energéticos. En este artículo se presentan las opciones actuales, desde el punto de vista del consumidor final de energía, para una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles, haciendo especial hincapié en los aspectos relativos a la energía eléctrica. Así se presentan, de forma razonada, las alternativas que, para el consumidor final, sea doméstico, industrial o de servicios, permiten la electrónica de potencia y la gestión inteligente de la energía producida.

ABSTRACT

The form of energy preferred by the end user is electric energy. The consumption of electrical energy is currently 33% of total energy expenditure, and it is estimated that by 2040 this figure will be 67%. With these estimates, to achieve a society which is energetically sustainable, it is essential, both to achieve high yields in the conversion of electrical energy and, to optimize the management of energy resources. This article presents the current options, from the point of view of the end consumer of energy, for greater efficiency in the consumption of available energy resources, with particular emphasis on aspects related to electrical energy. Thus are presented and explained the alternatives for the final consumer, whether domestic, industrial or service based, which permit the power electronics and intelligent management of energy produced.

Palabras clave

Energía, electrónica de potencia, sostenibilidad, electricidad, microrredes.

Keywords

Energy, power electronics, sustainability, electricity, micronetworks.



Foto: Pictelia

En las sociedades avanzadas el consumo de energía crece siguiendo una proporción geométrica (figura 1), lo que plantea un doble problema. Por un lado, algunas fuentes primarias de energía, tales como el petróleo, el carbón y el gas natural, son limitadas y se agotan, por lo que se deben buscar nuevas fuentes energéticas que permitan suplir este déficit. En este sentido, todo apunta hacia la utilización de las denominadas energías renovables (solar, eólica, mareomotriz, etcétera), que se consideran inagotables. Por otro lado, el consumidor final de energía depende, en un porcentaje elevado, de la electricidad, sobre todo por la facilidad a su acceso, lo que implica que en la Unión Europea, en el año 2005, el 25%, aproximadamente, de las necesidades de energía fueron satisfechas mediante el uso de la electricidad (figura 2). De hecho, el consumo actual de energía eléctrica es del 33% y la proyección indica que en el año 2040 dicho consumo será del 67% sobre el total del dispendio energético.

Así, muchas necesidades de consumo, tanto domésticas como industriales, se solucionan alimentando motores y otros sistemas con distintas formas de energía eléctrica: corriente alterna (CA) o corriente continua (CC). Incluso en apli-

caciones hasta hace poco reservadas a combustibles líquidos como la gasolina, el uso de la electricidad se hace necesario, como es el caso de los automóviles híbridos.

El análisis de la situación comentada permite un planteamiento simple desde el punto de vista del rendimiento implícito a todo proceso de conversión y de la gestión que se puede realizar en función de los recursos disponibles. Efectivamente, cualquier aplicación que requiera de una aportación energética de entrada se caracteriza por que la energía útil disponible a la salida es inferior a la de entrada o, dicho de otra forma, existen pérdidas energéticas que condicionan el rendimiento del sistema. No cabe duda de que es necesario que dicho rendimiento sea lo mayor posible.

La utilización de energías renovables ha impuesto, últimamente, un cambio de paradigma en la generación de energía (sobre todo eléctrica), pasándose de una generación centralizada basada en grandes centrales de producción energética, a una generación distribuida que permite una mayor flexibilidad, robustez y estabilidad de las redes de transporte y distribución. Sea como sea, la generación energética, pero sobre todo en el caso de la electricidad, es inevita-

ble que dicha generación se realice en función de las necesidades de consumo, es decir, que, prescindiendo de los casos en que sea necesaria una acumulación de energía, la cantidad de ésta que se debe producir tiene que ser, idealmente, la misma que se debe consumir. En este sentido, considérese, por ejemplo, un entorno doméstico en el que o bien una compañía de distribución de energía eléctrica suministra electricidad a partir de un contrato basado en un consumo de pico, o bien se genera electricidad a partir de una instalación fotovoltaica que también se debe haber dimensionado en función del consumo de pico. En este contexto el coste (factura mensual o amortización de la instalación, respectivamente) es menor si el consumo se produce repartido uniformemente durante el día (menor consumo de pico) que en el caso de que el consumo se produzca, todo en, pongamos por caso, seis horas a lo largo del día. Además del problema mencionado anteriormente sobre el rendimiento, se hace necesaria una gestión eficiente y efectiva de la energía que se debe consumir.

Así pues, aparecen dos aspectos fundamentales que deben considerarse seriamente para conseguir una sociedad energéticamente sostenible: por un lado, el

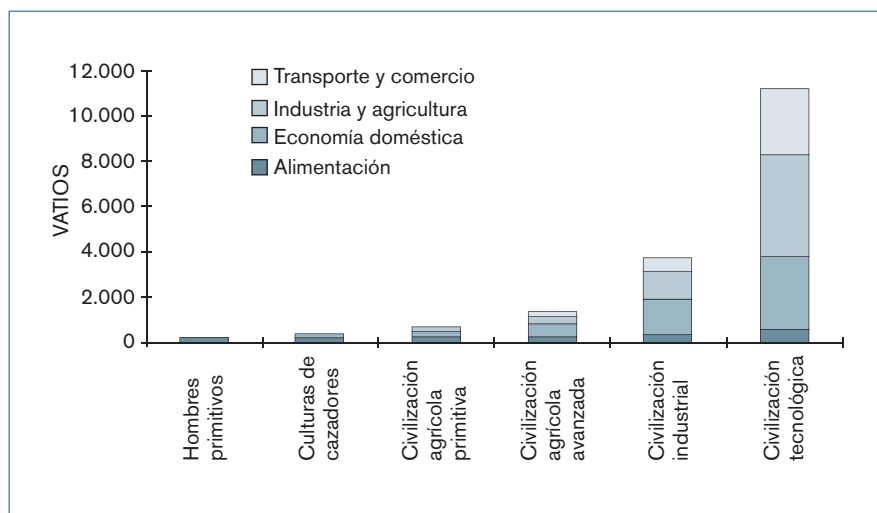


Figura 1. Consumo energético de una persona en las distintas sociedades por las que ha evolucionado la humanidad.

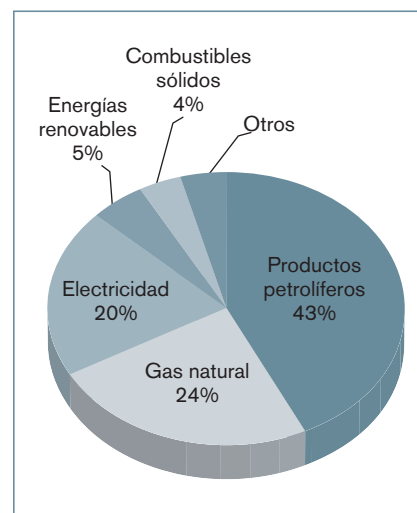


Figura 2. Consumo final de energía del año 2005 en la Unión Europea.

rendimiento y, por otro, la gestión de los recursos energéticos. Centrándonos en la electricidad como la forma energética preferida por el usuario final, y teniendo en cuenta los dos aspectos primordiales, durante el presente trabajo intentaremos comentar las aportaciones que realizan la electrónica de potencia, desde la óptica del rendimiento, y el concepto de *smart grid* (red elegante o inteligente) desde la óptica de un entorno en que la generación y el consumo se pueden gestionar eficientemente.

La cadena de producción de energía eléctrica

La figura 3 muestra la denominada cadena de producción de energía eléctrica (etapas de generación, transporte + distribución y consumo) en una visión simple dada por el WEC (World Energy Council) en la que la línea blanca repre-

senta la energía útil en cada una de las etapas consideradas, mientras que la línea verde muestra el incremento en la eficiencia que se podría conseguir en cada una de estas etapas aplicando la tecnología actual (década 2005-2014).

Así, implícita a esta cadena energética se desprenden los siguientes aspectos:

- Generación de energía eléctrica. Las plantas de producción utilizan una determinada energía primaria como puede ser el carbón, la energía potencial de un salto de agua y la energía nuclear. Dichas plantas de producción presentan una eficiencia (rendimiento) media del 30%, parámetro que se podría elevar hasta el 40% o el 45% renovando dichas plantas por tecnologías de última generación. El inconveniente es que esta solución presenta un elevadísimo coste, por lo que habitualmente se opta por mantener las plantas hasta el final de su vida

útil. De ahí que no se incida en la mejora del rendimiento de esta etapa de forma efectiva.

- Transporte y distribución (transmisión). El transporte de la electricidad desde la planta de producción y su posterior distribución hasta el usuario final presenta pérdidas debidas tanto al carácter resistivo de las líneas conductoras utilizadas, como a la gestión del proceso. Dichas pérdidas, en los países industrializados es, en promedio, del 10 %, pero puede llegar a ser de hasta el 50% en países en desarrollo, obteniéndose una eficiencia promedio global del orden del 80%. La utilización de tecnologías recientes y mejoras en la gestión del proceso permitiría mejorar la eficiencia en hasta el 10%, pero, por diversos motivos, coste de la solución incluido, tampoco se incide, habitualmente, en esta etapa de la cadena, exceptuando el caso

Figura 3. Cadena de energía eléctrica. Eficiencias y mejoras potenciales (Fuente: WEC).

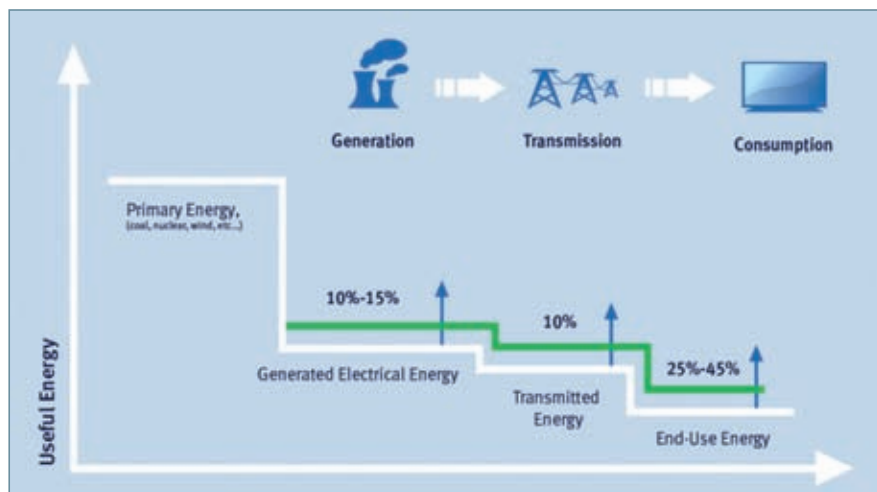
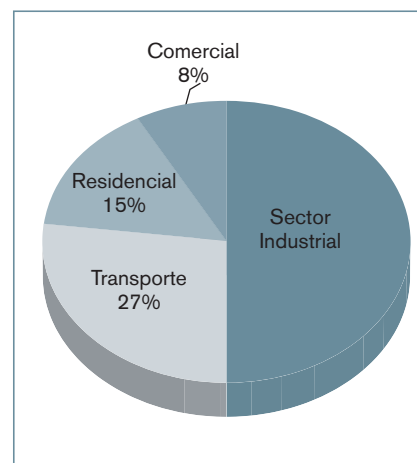


Figura 4. Consumo de energía eléctrica (de producción convencional más renovables) por sectores.



poco frecuente de instalación de nuevas líneas de transporte/distribución.

- Usuario final. El punto final de la cadena es, habitualmente, un punto de consumo de electricidad (figura 4) y presenta una eficiencia promedio del 50%, que puede aumentarse entre el 25% y el 45% aplicando, con cierta facilidad y comodidad, soluciones tecnológicas de fácil acceso. Así, en la actualidad se produce en esta etapa el mayor impacto en el ahorro energético: por un lado, la realización de edificios sostenibles energéticamente y, por otro, la utilización de técnicas de la electrónica de potencia que permiten un rendimiento muy elevado y que serán objeto de comentario en el siguiente apartado de este artículo.

Electrónica de potencia

La electrónica de potencia es una disciplina tecnológica que permite el procesamiento eficiente de la energía eléctrica mediante el uso de los denominados procesadores o convertidores estáticos de energía. Dichos procesadores permiten cambiar algún parámetro de la magnitud eléctrica (corriente o voltaje) aplicada a su entrada, como puede ser la frecuencia o su valor eficaz, para alimentar una carga determinada de forma correcta. Además, gracias al uso de interruptores estáticos basados en semiconductor, se mejora enormemente la eficiencia de la conversión energética dado que se minimizan las pérdidas en el proceso de conversión. Como muestra la figura 5, un convertidor estático de energía eléctrica necesita una electrónica de control para aplicar a su carga la energía necesaria con su forma adecuada. Esta energía se obtiene de una fuente primaria como puede ser, por ejemplo, la red de 50 Hz o una batería,



Figura 6. Capacidad de ahorro energético mediante técnicas de la electrónica de potencia.

en un esquema de control conocido como de lazo cerrado, en el que a partir de una consigna determinada se aplica a la carga la magnitud con la forma y características deseadas.

Existen cuatro tipos básicos de convertidores estáticos que se pueden utilizar para alimentar cargas a una determinada tensión (o corriente):

- Convertidores CC/CC o troceadores, utilizados en multitud de dispositivos fijos (ordenadores, equipos industriales, etcétera) o móviles (teléfonos móviles, PDA, entre otros) como fuentes de alimentación para aplicar tensiones constantes.

- Convertidores CC/CA u onduladores, (inversores en anglosajón), utilizados para obtener tensiones de alterna a partir de tensiones de continua, como baterías, utilizados en aplicaciones tales como el control de velocidad de motores de alterna o aplicaciones de transporte de energía.

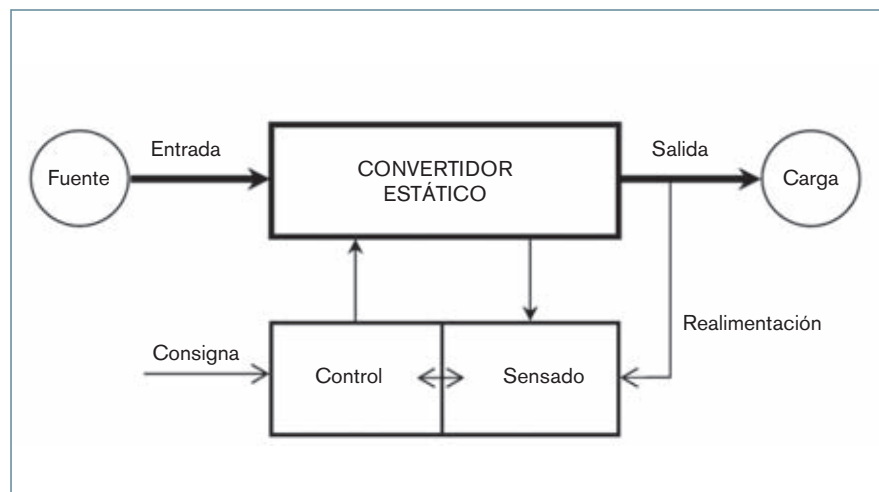
- Convertidores CA/CC o rectificadores, utilizados para múltiples aplicaciones en equipos conectados a la red de distribución de alterna, como cargadores de baterías y variadores de velocidad de motores de continua.

- Convertidores CA/CA, utilizados para cambiar el nivel del voltaje (variadores de alterna) en aplicaciones como los reguladores de intensidad luminosa, o el valor de la frecuencia (cicloconvertidores) utilizados, por ejemplo, en la alimentación de grandes máquinas síncronas en la industria cementera para moler minerales o rocas.

Son muchos los ámbitos de aplicación de la electrónica de potencia, desde el punto de vista del usuario final, que permiten un ahorro de energía eléctrica, de los que la figura 6 (Infineon Technologies) recoge algunos de los más significativos.

Así, por ejemplo, la utilización de técnicas propias de la electrónica de potencia permite conseguir ahorros energéticos del 25% en sistemas de iluminación (*lighting*) utilizando balastos electrónicos en lugar de los convencionales por reactancia, el 25% en el caldeo inductivo (*inductive cooking*), o un ahorro energético de entre el 30% y el 40% en el control de motores mediante convertidores estáticos que permitan la recuperación de energía (por ejemplo mediante frenado regenerativo) o la utilización de accionamientos (*drives*) de velocidad variable. Son un caso particular de éstos los sistemas de aire acondicionado (*air conditioner*) que utilizan onduladores y que se comercializan mediante la denominada "tecnología *inverter*", en los que se sustituye el convencional control todo o nada de interruptor bimetálico por un accionamiento de velocidad variable.

Figura 5. Convertidor estático en lazo cerrado.



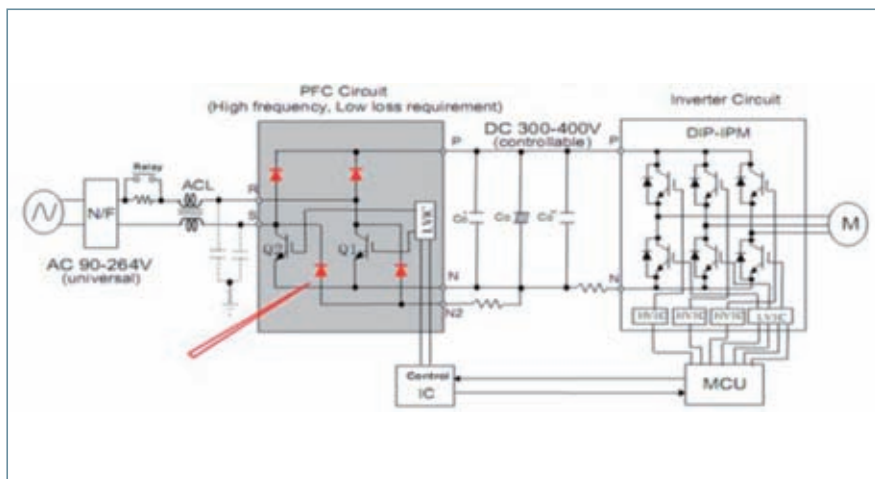


Figura 7. Acondicionador de aire con tecnología inverter (cortesía de Powerex).

una mejora en el rendimiento de la conversión que permiten los convertidores estáticos. Dicho rendimiento depende de las pérdidas que en forma de calor se producen en el proceso de conversión. Por ello, la tendencia en la investigación sobre electrónica de potencia es doble:

- Por un lado, se prevé el desarrollo de nuevas estructuras de conversión estática que optimicen determinadas aplicaciones, como el desarrollo de convertidores matriciales bidireccionales aplicables a vehículos híbridos o fuentes de alimentación *instant-on*.

- Por otro, el desarrollo de nuevos semiconductores que permitan mayor velocidad de conmutación en su funcionamiento como interruptor, menores pérdidas por calor y el funcionamiento a una mayor temperatura. En estos momentos la investigación en este campo se centra en la utilización de nuevos materiales semiconductores como el SiC, que han de permitir, en los próximos años, aumentar drásticamente la denominada “densidad de potencia”, es decir, la capacidad de procesar potencias cada vez mayores a igualdad del volumen ocupado por la estructura de conversión estática. Además, se avanza en el concepto denominado “*smart power*”, consistente en integrar junto al interruptor elementos como los circuitos de excitación (*drivers*), sensores de tensión, corriente o temperatura, generación de alarmas o capacidades de comunicación inalámbrica.

En este sentido, la figura 8 muestra el aumento de la densidad de potencia esperado para el año 2015 en un ondulator trifásico para un equipo de aire acondicionado industrial. A la izquierda se muestra el estado actual de la técnica, donde el ondulator está realizado con

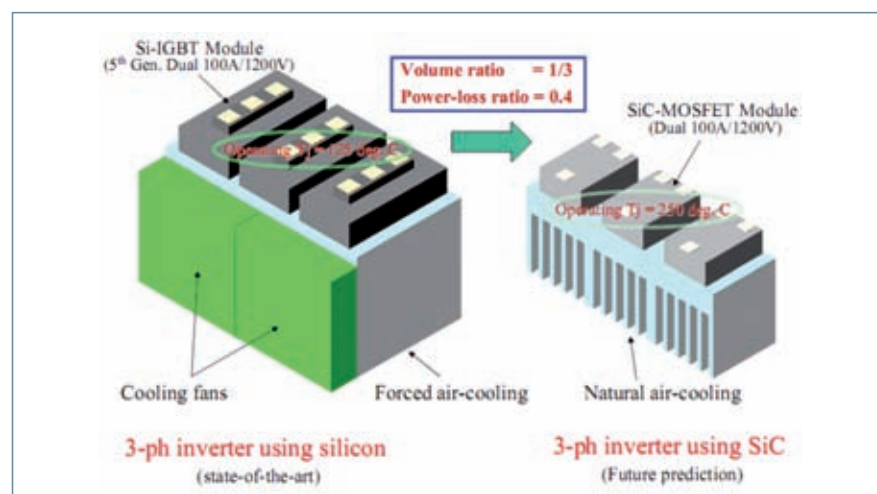
Un caso aparte y que merece especial atención es el de los aparatos y sistemas (innumerables actualmente) en estado de espera (*standby*), caracterizados por la omnipresente existencia de un dispositivo led (*light-emitting diode*, diodo emisor de luz) iluminado, como ordenadores personales, televisores, reproductores de DVD y una larga lista. En este caso, la potencia disipada oscila entre 2W y 5W, y aunque unitariamente sea una potencia pequeña, sumados todos los equipos en espera hace que un hogar español medio consuma entre el 5% y el 15% de electricidad (entre 25W y 150W de forma continuada) en equipos que no se usan. Para darnos cuenta de la magnitud global de la energía perdida (*standby power*) en los dispositivos en *standby* únicamente hace falta pensar que en un momento dado en el mundo pueden estar en espera la tercera parte de los televisores y la cuarta parte de los ordenadores personales, sobre un total de unos 1.700 millones de unidades de los primeros y unos 750 millones de unidades de los segundos. ¿Sabría el lector calcular la energía perdida contemplando únicamente estos equipos?

En este caso, la electrónica de potencia permite mejorar la eficiencia de los sistemas en *standby*. Así, los equipos conectados a la red eléctrica tales como televisores, ordenadores, acondicionadores de aire, etcétera, necesitan de la denominada fuente de alimentación, un convertidor estático CA/CC que permite alimentar dichos equipos para su correcto funcionamiento. Globalmente, las fuentes de alimentación instaladas en la actualidad presentan una eficiencia global del 70%. Cuando un equipo entra en espera, muchas partes de la fuente de alimentación dejan de ser operativas y únicamente

lo son las imprescindibles, como por ejemplo la alimentación del sensor de infrarrojos que permite reactivar el equipo a través del mando a distancia. Si la fuente de alimentación no residiese en el equipo, como es el caso habitual en la actualidad, sino que fuese solidario al conector de red (“enchufe”) se podría sustituir el concepto de *standby* por el concepto de *instant-on* (activación instantánea) obteniéndose un rendimiento global de entre el 90% y el 95% en esta fuente de alimentación y, además, se suprimiría el gasto inmenso por el concepto de energía perdida en estado de espera. Esta visión se puede conseguir en los próximos años mediante la utilización de técnicas de la electrónica de potencia.

Es, pues, indiscutible que la electrónica de potencia permite mejorar la eficiencia energética y, por tanto, es una disciplina que permite acercarnos a un consumo energético cada vez más sostenible. Y todo ello sin más que considerar

Figura 8. Aumento de la densidad de potencia. Tendencia (cortesía de Powerex).



semiconductores de Si que permiten una temperatura máxima de 125 °C, mientras que a la derecha se muestra la previsión para ese ondulator realizado con semiconductores de SiC que permiten una temperatura operativa máxima de 250 °C. El resultado es que las pérdidas disminuyen en un 40% y el volumen se reduce a la tercera parte. Además, se puede prescindir de disipadores por convección forzada mediante ventiladores, ya que la utilización de semiconductores de SiC, con el doble de la máxima temperatura operativa que el Si, permite la utilización de convección natural.

Aproximación a las microrredes y a las redes inteligentes

Sin perder de vista al usuario final de la energía eléctrica, ahora es el momento de expandir el horizonte del mismo más allá del consumo previendo, además, la posibilidad de generación. Efectivamente, por definición, el usuario final es un consumidor de energía, pero la posibilidad de utilizar energías renovables permite considerar al usuario tanto consumidor como productor de energía. Para ello pensemos, por ejemplo, en una granja, una urbanización residencial o un campus universitario, cada uno con unas necesidades de consumo y unas cargas determinadas que obligan a ese consumo. En estos casos no es en absoluto descabellado pensar en generación de energía eléctrica mediante un sistema solar fotovoltaico o aerogeneradores. Es más, en algunos casos (por ejemplo, un portaaviones o un poblado en la selva amazónica) es aconsejable pensar en la cogeneración de energía tanto eléctrica (mediante paneles fotovoltaicos y microcentrales hidráulicas) como térmica (mediante colectores térmicos o combustión de residuos). Concretando, el usuario final puede ser con facilidad tanto consumidor como generador de energía.

En estas condiciones entramos de lleno en el contexto de microrred (*micro-grid*), en el que privan los aspectos esenciales de generación, consumo y almacenaje de energía, entrando de lleno en el cambio del paradigma impuesto por un modelo obsoleto de generación centralizada a un modelo más eficiente de generación distribuida, donde un refinamiento orientado hacia la gestión óptima de los recursos energéticos disponibles permite el concepto de red inteligente o “*smart grid*”.

Microrredes (*microgrids*)

En un contexto como el descrito anteriormente el desarrollo de un modelo de

generación distribuida de energía impone la utilización de microrredes como la indicada esquemáticamente en la figura 9. Dicho sinóptico se corresponde con la primera microrred implementada en la localidad holandesa de Bronsbergen en 2007.

En el caso concreto comentado, la microrred se utiliza para la generación de energía eléctrica en una urbanización vacacional de 208 viviendas unifamiliares, e incluye bloques y prestaciones comunes en estas estructuras de generación distribuida de energía eléctrica que pasamos a comentar sucintamente.

- Por un lado, la microrred se enlaza con la red general de distribución de media tensión a través de un transformador de 400 kVA. Un disyuntor (fusible de estado sólido) permite la conexión o la desconexión de la microrred a la red general. El diseño de la microrred permite un flujo energético en los dos sentidos en caso de estar conectada a la red general: de la red general a la microrred (consumo) y viceversa (producción). En caso de desconexión de la red general (“*islanding mode*”, funcionamiento aislado), el dimensionamiento de la microrred permite satisfacer las necesidades de consumo mediante generación solar fotovoltaica de 315 kW de pico (módulos PV en el esquema) y la energía acumulada en unos bancos de baterías que se mantienen en estado de carga.

- Los bloques PQ son sistemas de medida de la potencia activa y de corrección de la potencia reactiva, de los que existen uno general para toda la microrred, y tantos bloques locales como ramas de alimentación existan (podría ser una por cada vivienda). En el caso concreto comentado existe, también, un generador fotovoltaico por cada ramal, y en cada

uno de éstos existe la posibilidad de conectarse o desconectarse del resto de la red.

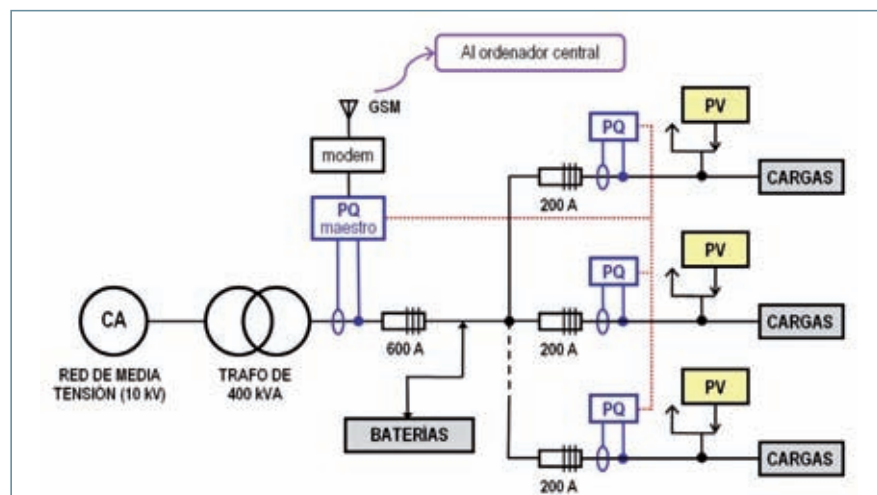
- Un sistema GSM (Groupe Spécial Mobile, Sistema Global de Comunicaciones Móviles) permite un enlace por radiofrecuencia al ordenador central que controla todo el sistema.

Los estudios realizados permiten inferir que el cambio de un modelo de gran generación centralizada (red para todo un país) por un modelo de generación distribuida basado en microrredes confiere mejores prestaciones de calidad de suministro, control, estabilidad y rendimiento global del sistema, por lo que todo apunta a que éste sea el modelo que desarrollar en los próximos años.

Comentario aparte merecen las cargas que alimentar por la microrred. Efectivamente, en una primera aproximación las cargas son las que son, como electrodomésticos, accionamientos eléctricos, sistemas de climatización y de iluminación, etcétera, y se conectan y desconectan según las necesidades de todos y cada uno de los usuarios. No obstante, por regla general, la instalación se dimensiona a partir de un consumo de pico, lo que presenta los inconvenientes indicados al principio de este artículo. Una mejor aproximación al problema de las cargas, impone diversas restricciones en su utilización que, mediante el control y la gestión adecuados, permitan una optimización de los recursos energéticos y, por ende, una reducción del coste de la instalación.

Así, se han realizado diversas propuestas para estudiar la problemática de las cargas de una microrred, de entre las que destaca la solución adoptada por el norteamericano CERTS (Con-

Figura 9. Diagrama esquemático de una microrred.



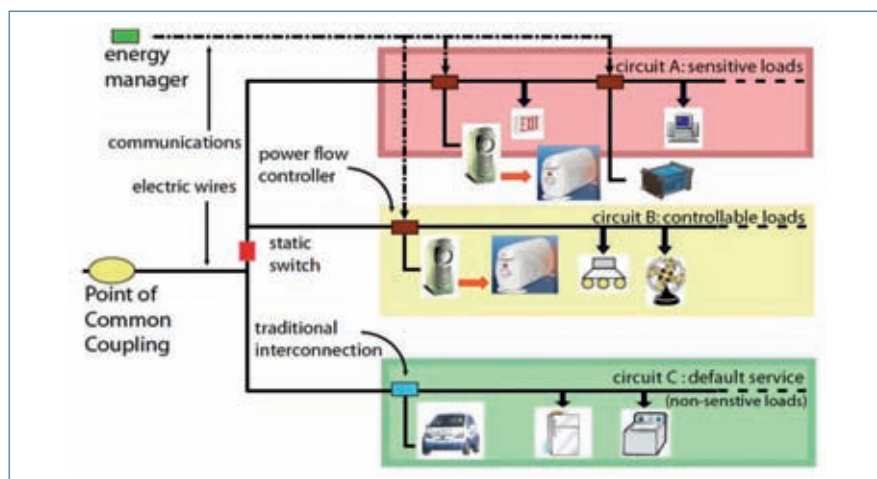


Figura 10. Estructura CERTS de las cargas de una microrred. (Fuente: Lawrence Berkeley National Laboratory.)

sortium for Electric Reliability Solutions, <http://certs.lbl.gov>), que propone una gestión inteligente de las cargas que, según se propone, deben agruparse en diversos tipos, de acuerdo a lo esquematizado en la figura 10. Iniciativas justificadas de esta naturaleza, permiten expandir la gestión tradicional de los recursos energéticos de una microrred al concepto de red inteligente, que se comentará en el siguiente apartado de este artículo.

Las directivas del CERTS definen los ramales de carga tanto en su estructura como en su gestión orientada a la optimización energética y a la facilidad de control. Así se contemplan los siguientes aspectos esenciales:

- Las cargas se estructuran en tres niveles jerárquicos que originan tres circuitos de carga: cargas sensibles o críticas (ordenadores, sistemas de alimentación ininterrumpible, iluminación de emergencia y demás), cargas controlables a discreción por el usuario (como electrodomésticos) y otras cargas no sensibles de conexión tradicional a la red (como una lavadora comunitaria o un punto de recarga de un automóvil eléctrico). Las cargas sensibles y las controlables por usuario se conectan a la microrred mediante un interruptor estático, que permite su conexión y desconexión, mientras que las cargas convencionales se conectan de forma convencional a la subred mediante cableado estándar.

- Los circuitos de cargas sensibles y de cargas controlables disponen de controladores del flujo de potencia que actúan, a su vez, bajo la supervisión de un gestor de energía desde el que se procesan aspectos como los permisos para conectar las cargas controlables, la garantía de funcionamiento de las cargas críticas, la calidad del suministro (control de

armónicos, mantenimiento de la tensión, etcétera) o ciertas instrucciones de emergencia que procesar por el ordenador central de la microrred, como la desconexión de un ramal de cargas del sistema.

Los aspectos de mejora sobre el sistema de gestión, que se orientan a un esquema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition, Sistema de Control por Supervisión y Adquisición de Datos) permiten la transformación de la microrred en una red inteligente.

Redes inteligentes (*smart grids*)

El contexto de red inteligente puede aplicarse tanto a la red global como a una microrred, y se considera tal concepto cuando una red general, microrred aislada o red general que incluye microrredes cumple determinadas especificaciones en tres niveles: usuario o cliente, distribución y transporte.

En el ámbito del usuario final

En este punto de la cadena de energía eléctrica, la apuesta se basa en la denominada medición inteligente (*smart metering*), comenzando por la sustitución de los contadores tradicionales por otros de mayores prestaciones, como los que se han comenzado a instalar en nuestro país a partir de la directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos. Estos sistemas comportan los siguientes aspectos:

- Utilización de medidores de lectura automatizada, que permitan evitar las visitas de los agentes de las compañías eléctricas y proporcionar una medida exacta del consumo para su facturación mediante un control de dicho consumo basado en la hora del día, para así realizar la facturación de acuerdo con las tari-

fas reales que se pueden aplicar según la hora del día (discriminación horaria).

- Medidores de parámetros que admitan comunicación con el usuario en tiempo real, con la finalidad de mantenerlo informado puntualmente y proporcionarle información diversa, por ejemplo, de la calidad del suministro.

- Control de cargas en función de la hora del día (filosofía microrred), para permitir que el propio cliente programe el encendido y apagado en el horario que más le convenga según determinado criterio como el de tarifa más económica.

En el ámbito de la distribución

En este caso se imponen dos aspectos esenciales como son la automatización y el control de cargas, según se indica seguidamente:

- Automatización del sistema de distribución. Un primer paso en este sentido es controlar la red de distribución desde un punto de control central, como ya se ha hecho en algunos países. Un segundo paso es cambiar el diseño en árbol de la red por otro en malla basado en generación distribuida (microrredes) y utilizar sensores e interruptores de control remoto con la finalidad de aislar los fallos y minimizar los problemas de los usuarios.

- Control selectivo de las cargas con la finalidad de apagar selectivamente a ciertos clientes para así evitar un apagón generalizado. Este aspecto se puede favorecer muchísimo con la utilización de microrredes con capacidad de *islanding*, lo que, según se ha demostrado, aumenta la fiabilidad del suministro eléctrico.

En el ámbito del transporte

Finalmente, en el nivel de transporte las líneas que hay que seguir para conseguir la tan ansiada red inteligente se basan en la utilización de un control distribuido y una red de comunicaciones adecuada a dicho control:

La utilización de un control distribuido basado en SCADA en lugar de un control centralizado permite mejorar aspectos esenciales de la red de transporte. Por ejemplo, una mejora sustancial se puede conseguir con el solo hecho de medir la fase en diversos puntos de la red de transporte.

El control distribuido supone la utilización de sistemas de comunicaciones en red que permitan realizar acciones localizadas de control como cambiar el flujo de energía en una línea de transporte determinada utilizando, por ejemplo, transformadores de desplazamiento de fase.

Conclusiones

El crecimiento exponencial en la demanda de electricidad hace necesario un planteamiento más sostenibilista en el consumo energético de la misma.

El estudio de la cadena de producción, transporte, distribución y consumo de energía eléctrica permite estudiar la eficiencia de sus distintas etapas y aplicar medidas correctoras en las mismas, las cuales se han comentado sucintamente en este artículo.

Así se ha visto cómo la aplicación de técnicas propias de la electrónica de potencia permite mejorar la eficiencia energética para el usuario o cliente final.

Una generalización del concepto de usuario final donde, además del consumo, se prevea la generación energética, permite desarrollar el concepto de microrred, lo que a su vez permite desarrollar un modelo claro y fiable de generación distribuida de energía eléctrica, en contraposición al modelo actual de generación centralizada y redes energéticas en el ámbito nacional.

La observación de la cadena de energía eléctrica permite, finalmente, el objetivo de la red inteligente, donde la mejora de la gestión en los niveles de transporte

y distribución, y la utilización de tecnologías *smart metering* ha de conllevar al establecimiento de un nuevo paradigma de eficiencia energética.

Bibliografía

- (Varios autores). International Energy Outlook 2007. U.S. Energy Information Administration (EIA), 2007. URL: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>.
- (Varios autores). Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid, 2007.
- (Varios autores). Performance of Generating Plant: New Realities, New Needs. World Energy Council. Londres, 2004.
- (Varios autores). Pricing Energy in Developing Countries. World Energy Council. Londres, 2004.
- (Varios autores). Saving Energy through Innovation and Technology. Infineon Technologies. Milpitas, 2008.
- Eduard Ballester y Robert Piqué. Electrónica de Potencia. Principios Fundamentales y Estructuras Básicas. Marcombo. Barcelona, 2010.
- Nikos Hatziaargyriou. Microgrids. The Key to Unlock Distributed Energy Resources?. IEEE Power & Energy Magazine. Mayo/Junio de 2008.
- Tom Loix. The First Micro Grid in The Netherlands: Bronsbergen. Publicación de Leonardo Energy (www.leonardo-energy.org). Julio de 2009.
- Robert Lassetter, Abbas Akhil et al. "The CERTS Micro-Grid Concept". Publicación del Consortium for Electric Reliability Technology Solutions (<http://certs.lbl.gov>). Abril de 2002.
- Tom Loix. Micro Grids: Different Structures for various Applications. Publicación de Leonardo Energy (www.leonardo-energy.org). Febrero de 2009.

Chris Marnay and Ryan Firestone. Microgrids: An emerging paradigm for meeting building electricity and heat requirements efficiently and with appropriate energy quality. Publicación del Berkeley Lab. Abril de 2007.

Francisco Casellas, Guillermo Velasco, Francesc Guinjoan y Robert Piqué. El Concepto de Smart Metering en el Nuevo Escenario de Distribución Eléctrica. Actas del Seminario Anual de Automática y Electrónica Industrial, "SAEI 2010". Julio de 2009.

M. Granger Morgan, Jay Apt et al. The Many Meanings of Smart Grid. Publicación de la Carnegie Mellon University. Julio de 2009.

Robert Piqué López

Robert.Pique@upc.edu

Doctor ingeniero industrial, adscrito al departamento de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña. Catedrático en la Escuela Industrial de Barcelona y miembro de la Unidad de Investigación y de Transferencia de Tecnología en Electrónica de Potencia y Accionamientos Eléctricos

Eduard Ballester Portillo

Doctor ingeniero industrial, adscrito al departamento de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña. Catedrático en la Escuela Industrial de Barcelona y miembro de la Unidad de Investigación y de Transferencia de Tecnología en Electrónica de Potencia y Accionamientos Eléctricos.



KONECRANES
Lifting Businesses™

**LÍDER MUNDIAL EN
TECNOLOGÍA Y SERVICIO**

Konecranes es el líder mundial en sistemas de elevación.

www.konecranes.com/es

Konecranes es un grupo líder elevando negocios (Lifting Businesses) y dando servicio a un gran abanico de clientes, incluyendo industrias de fabricación, industrias de procesos, astilleros, puertos y terminales. Konecranes ofrece soluciones de elevación que mejoran la productividad, así como servicios en equipos de elevación de todas las marcas. En 2009 las ventas superaron los 1.671 millones EUR. Konecranes emplea a 9.800 personas en 545 delegaciones en 43 países.



RETENED ELEVACIÓN LIGERA GRÚAS INDUSTRIALES GRÚAS DE PROCESO GRÚAS PORTUARIAS CARREILLAS PESADAS YARD IT

Konecranes Ausiò S.L.U. - Ctra. Sant Hipòlit, 16, 08500 Vio (BCN)
T 93 886 04 22 - F 93 886 08 78

PREPARACIÓN A DISTANCIA Y PRESENCIAL

CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

~ FILOSOFÍA ~ LATÍN Y CULTURA CLÁSICA ~ GRIEGO Y CULTURA CLÁSICA ~ LENGUA CASTELLANA Y LITERATURA ~ GEOGRAFÍA E HISTORIA ~ MATEMÁTICAS ~ FÍSICA Y QUÍMICA ~ BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA ~ DIBUJO ~ INGLÉS ~ FRANCÉS ~ ALEMÁN	~ MÉDICA ~ EDUCACIÓN FÍSICA ~ PSICOLOGÍA Y PEDAGOGÍA ~ TECNOLOGÍA ~ ECONOMÍA ~ FORMACIÓN Y ORIENTACIÓN LABORAL ~ ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS ~ ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN COMERCIAL ~ INFORMÁTICA ~ ORGANIZAC. Y PROYECTOS	~ DE FABRICACIÓN MECÁNICA ~ ORGANIZAC. Y PROCESOS DE VEHÍCULOS ~ ORGANIZAC. Y PROYECTOS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS ~ SISTEMAS ELECTROTÉCNICOS Y AUTOMÁTICOS ~ SISTEMAS ELECTRONICOS ~ CONSTRUCCIONES CIVILES Y EDIFICACIÓN ~ PROCESOS DIAGNÓSTICOS CLÍNICOS Y ORTOPROTESIS ~ PROCESOS SANITARIOS	~ PROCESOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ~ INTERVENCIÓN SOCIOCOMUNITARIA ~ HOSTELERÍA Y TURISMO ~ PROCESOS Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN ~ ASESORIA Y PROCESOS DE IMAGEN PERSONAL ~ ANÁLISIS Y QUÍMICA INDUSTRIAL ~ PROCESOS DE PRODUCCIÓN AGRARIA
---	--	--	---

PROFESORES TÉCNICOS DE FORMACIÓN PROFESIONAL

~ PROCESOS DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA ~ PROCESOS COMERCIALES ~ SISTEMAS Y APLICACIONES INFORMÁTICAS ~ MECANIZADO Y MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS ~ SOLDADURA ~ INSTALAC. Y MANTENIM. DE EQUIPOS TÉRMICOS Y DE FLUIDOS ~ MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS ~ INSTALACIONES ELECTROTÉCNICAS ~ EQUIPOS ELECTRONICOS	~ OFICINA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN ~ PROCEDIMIENTOS SANITARIOS Y ASISTENCIALES ~ PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS CLÍNICOS Y ORTOPROTESIS ~ OPERACIONES Y EQUIPOS DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS ~ SERVICIOS A LA COMUNIDAD ~ COCINA Y PASTELERÍA ~ SERVICIOS DE RESTAURACIÓN ~ TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE IMAGEN Y SONIDO ~ OPERACIONES DE PRODUCCIÓN AGRARIA
--	--

CATEDRÁTICOS Y PROFESORES DE ESCUELA OFICIAL DE IDIOMAS

~ INGLÉS	~ ESPAÑOL	~ FRANCÉS	~ ALEMÁN
----------	-----------	-----------	----------

MAESTROS DE ENSEÑANZA PRIMARIA

~ EDUCACIÓN PRIMARIA ~ EDUCACIÓN INFANTE	~ INGLÉS ~ FRANCÉS	~ EDUCACIÓN FÍSICA ~ AUDICIÓN Y LENGUAJE	~ EDUCACIÓN MUSICAL ~ PEDAGOGÍA TERAPÉUTICA
---	---	---	--



C/ CARTAGENA, 129 - 28002 MADRID
TELS.: 91 564 42 94 - FAX: 91 563 60 54
www.cede.es - E-mail: oposiciones@cede.es