

TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS A LA ENERGÍA SOLAR (II): REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES

Por Dr. C. Arnaldo González Arias*

* Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba.
<https://orcid.org/0000-0003-3530-1156>
E-mail: arnaldo@fisica.uh.cu, agonzalezarias@gmail.com

Resumen

Las redes inteligentes difieren de las redes eléctricas convencionales en que permiten el flujo de energía e información en dos sentidos: de la fuente al consumidor y en sentido contrario. Entre otros beneficios, una red inteligente permite la participación activa del cliente en la regulación de sus gastos; proporciona opciones para el almacenamiento de la energía en baterías u otros dispositivos y optimiza el control adecuado de la potencia proveniente de fuentes renovables como la solar o la eólica. Su objetivo primordial es optimizar la eficiencia y el uso ventajoso de la energía, a la vez que es capaz de prevenir posibles fallos en la red eléctrica.

Palabras clave: red inteligente, energía solar, energía eólica, baterías, almacenamiento.

SOLAR ENERGY. COMPLEMENTARY TECHNOLOGIES (II): SMART GRIDS

Abstract

Smart grids differ from conventional electricity grids in that they allow energy and information to flow in two directions: from source to consumer and viceversa. Among other benefits, a smart grid enables active customer participation in regulating their costs; provides options for energy storage in batteries or other devices; and optimises the proper control of power from renewable sources such as solar or wind. Its primary objective is to optimise efficiency and the advantageous use of energy, while being able to prevent possible failures in the electricity grid.

Keywords: smart grid, solar energy, wind energy, batteries, storage.

I. Introducción

El estudio pretende resumir, de forma breve, la situación actual de los principales criterios asociados a las redes inteligentes. No existe una definición única de lo que significa una red inteligente (RI). La más simple afirma que es una red eléctrica automatizada capaz de almacenar, comunicarse y tomar decisiones. Una definición más completa, tomada del US Energy Department, indica que es «una modernización de la red eléctrica que monitorea, aumenta

la resiliencia a las alteraciones y optimiza de forma automática la operación de los componentes interconectados en el sistema, comenzando en las unidades generadoras centrales y distribuyendo la generación mediante redes de transmisión hasta los centros de carga».

Quizás su característica principal es que las RI permiten el flujo de energía e información en dos sentidos: de la fuente al consumidor y viceversa. Una tercera definición apunta a que es «una red moderna que adopta flu-

jos bidireccionales de energía, usando la comunicación en dos sentidos y el control de técnicas que conducen a un amplio intervalo de nuevas aplicaciones y funciones», algo muy diferente a las redes actuales donde el flujo tiene lugar en un solo sentido, desde los centros de generación hasta los centros de demanda (Falvo *et. al.*, 2013; Malik y Lehtonen, 2016; Kakran y Chanana, 2018; Gandoman *et. al.*, 2018).

La implantación de las RI posibilita una serie de ventajas sobre las redes convencionales, por ejemplo:

- Permitir la participación activa del cliente, tanto el gran consumidor como el de bajo consumo, en la regulación del consumo individual.
- Incorporar todas las posibles opciones de generación, control y almacenamiento de la energía, como sucede en la eólica y la solar.
- Optimizar la eficiencia y el uso ventajoso de la energía.
- Prevenir las posibles perturbaciones en la red facilitando una mayor contención y restauración de los problemas que pudieran surgir.
- Operar en un régimen de alta recuperación frente a daños físicos, cibernéticos y desastres naturales.
- Posibilitar la fácil introducción de nuevos productos y servicios.
- Proveer energía eléctrica ajustada a necesidades específicas del cliente, con diversa calidad y precio.

II. Desarrollo y discusión

Una red inteligente debe ser capaz de integrar, por sí misma y en el momento oportuno, la energía proveniente de fuentes alternativas y alternarla con la proveniente de otras fuentes de ser necesario. La Figura 1 muestra el esquema general de funcionamiento de una red eléctrica convencional, mientras que en la Tabla 1 aparece una comparación de las principales características de las redes convencionales y las inteligentes (Alotaibi *et. al.*, 2020).

Tabla 1. Redes convencionales vs. redes inteligentes

Red convencional	Red inteligente
Operación mecánica	Digitalizada
Unidireccional	Bidireccional
Generación de potencia centralizada	Generación distribuida
Conectada radialmente a un centro	Dispersa
Pocos sensores	Muchos
Menor capacidad de monitoreo	Muy monitoreada
Control manual	Control automatizado
Menos aspectos de seguridad	Vulnerable a los aspectos de seguridad
Acciones de respuesta lenta	Respuesta rápida

Algunos opinan que la implantación de las RI contribuirá indirectamente a reducir la contaminación ambiental. Por ejemplo, supongamos que en un campo de molinos de viento la velocidad de la brisa cae a niveles muy bajos, o que sobre una gran instalación de celdas solares aparecen nubes de tormenta bloqueando la luz. Los sistemas actuales detectarían la caída de potencia e incrementarían la energía entregada desde otras fuentes de inicio rápido, por ejemplo, una termoeléctrica de gas natural. Esta última genera CO₂ y contribuye al calentamiento global. Por el contrario, una red inteligente podría tratar de reducir la demanda de inmediato, enviando una señal a los metrocontadores de consumidores seleccionados de antemano. Esos consumidores, a cambio de una reducción de las tarifas, permitirían que la red desconecte algunos de sus equipos para regular el consumo durante la caída de potencia. En cuestión de segundos, equipos comerciales de climatización pasarían automáticamente a un régimen de menor consumo variando la temperatura, solo unos pocos grados, o los sistemas de calefacción se desconectarían unos pocos minutos. Si la



Fig. 1. Funcionamiento de una red eléctrica convencional.

interrupción no es muy prolongada, no habría necesidad de incrementar el consumo de gas natural y la correspondiente emisión de CO_2 para mantener el servicio.

Una ventaja adicional es que el continuo monitoreo y la automatización de los sistemas permitirá reducir las interrupciones. Los problemas se podrán detectar y resolver antes que lleguen a ser críticos, minimizando los daños y el perjuicio causado a la red y a los consumidores.

La idea general, detrás del concepto de red inteligente, es implementar medidas que funcionen tanto en los sistemas de contribución como en forma directa al consumidor, sea este grande o pequeño. Una de las principales medidas propuestas es la implantación de metrocontadores inteligentes, que reciben señales de la planta eléctrica para incrementar automáticamente la factura en el horario pico y reducirla fuera de ese horario. Así se tiende a limitar el consumo en los momentos que resulta más problemático para la red (Figura 2).

Una variante simplificada consiste en incluir un reloj dentro del metrocontador, de manera que se registre una mayor factura en las horas pico. Este sistema es más gravoso para el consumidor, pues la demanda no tiene que ser la misma en los días festivos que en los laborables; no obstante, algunos proveedores ya lo vienen utilizando desde hace años. Otra medida propuesta es la de facilitar a cada cliente información continua sobre su consumo en la pantalla de algún monitor o *display* y no solo una vez al mes como ocurre actualmente. Se supone que si el consumidor está al tanto de sus gastos, podrá tomar medidas oportunas sin esperar a fin de mes.

Una tercera medida es la adición de circuitos simples a la red interna de la vivienda o empresa con el fin de controlar el gasto de equipos de alto consumo (climatizadores, bombas de agua en piscinas, sistemas de calefacción y refrigeración). Así se podría posponer para horarios fuera del pico eléctrico el lavado de la ropa o la vajilla y sería posible la desconexión de determinados equipos cuando sea oportuno, sin causar daños ni serios inconvenientes al consumidor.

En la actualidad ya existen versiones industriales que regulan el bombeo de piscinas, calentadores y sistemas

de climatización, controlados directamente desde alguna subestación eléctrica.

Una medida adicional es la automatización de la lectura de los metrocontadores sin necesidad de que un cobrador visite la fábrica o la vivienda cada mes. Se puede hacer de diversas formas: a través de la propia línea eléctrica, mediante una señal que rebota en la subestación o el transformador y de ahí va a la planta eléctrica por alguna vía adicional, mediante una señal local de radio o utilizando algún vehículo que recorra el vecindario y obtenga por radio la lectura de cada metrocontador de forma individual. Ya existen redes comerciales que emplean algunos de estos sistemas que, aunque tienden a eliminar puestos de trabajo, son ventajosos para el proveedor desde el punto de vista económico.

Diversas empresas dedicadas al estudio de las energías renovables también apuntan al desarrollo futuro de las tecnologías de almacenamiento de energía (Reuters, 2022; ICL, 2023). Señalan que cuando se usan combustibles fósiles como fuente, se puede producir energía sin la preocupación de tomar en cuenta los caprichos de la naturaleza. Pero con las energías fotovoltaica y eólica es diferente, ya que el sol se oculta cada noche y el viento no sopla en todo momento y es imprescindible almacenar la energía sobrante para cuando escasea. Además, señalan una estrecha relación entre el almacenamiento de la energía y el desarrollo de las redes eléctricas inteligentes; al parecer, ambos desarrollos avanzan conjuntamente y no es posible separarlos.

Se señalan como principales tendencias para los próximos años el desarrollo de las energías hidráulica, solar, eólica, los diversos sistemas de almacenamiento de energía y las redes inteligentes (Figura 3). Aunque también es tendencia la generación de hidrógeno por electrólisis como fuente de energía para vehículos de transporte, en realidad no se puede considerar como una fuente de energía renovable que se suma a otras como la eólica o la solar, pues para adquirir el hidrógeno es necesario gastar energía proveniente de alguna otra fuente, sea esta renovable o no (Nissan, 2022; Moreno *et. al.*, 2020).

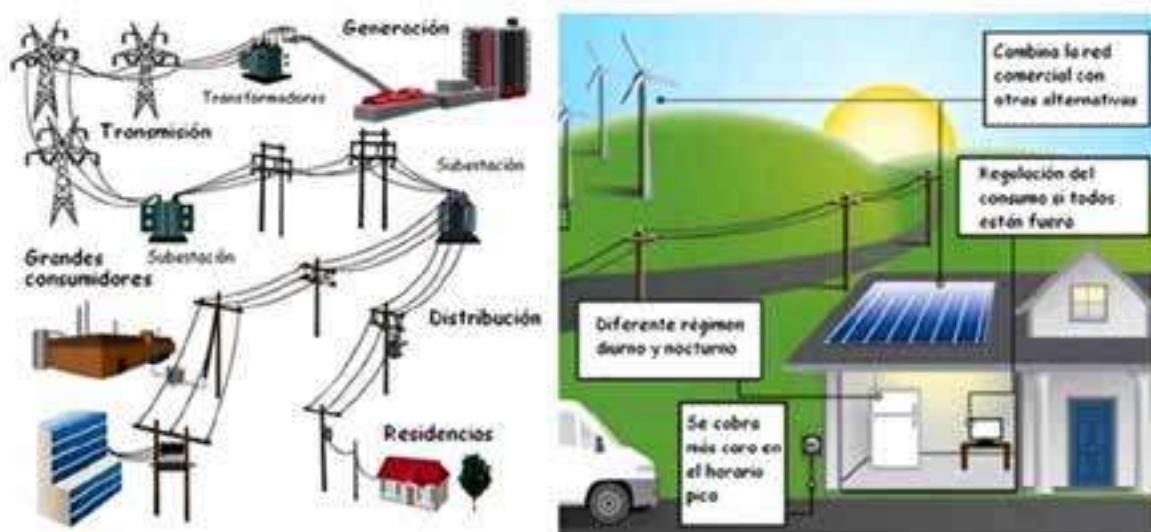


Fig. 2. Algunas características de las redes inteligentes.

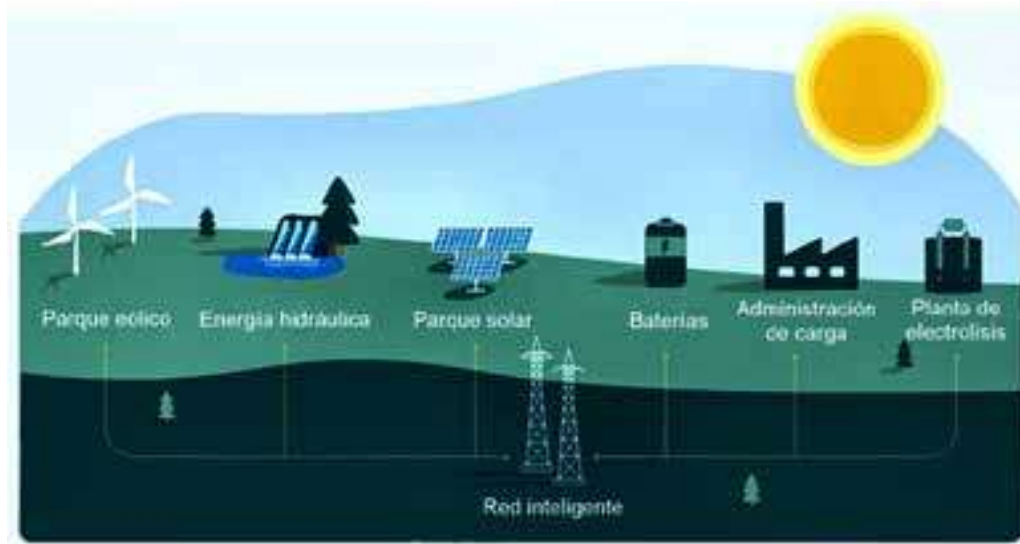


Fig. 3. Principales tendencias de desarrollo de las redes inteligentes y fuentes renovables (Scada, 2022).

En el presente, además de las baterías, se investigan otros sistemas de almacenamiento aptos para ser utilizados en combinación con las redes inteligentes (Feng y Qing, 2015; Xu *et al.*, 2018). Dos de ellos son el *almacenamiento mecánico*, mediante aire comprimido en tanques a alta presión, y el *almacenamiento térmico* (Reed *et al.*, 2018; Reed *et al.*, 2019; MGA).

En el *almacenamiento mecánico* se emplea electricidad para comprimir aire, proceso que genera calor. Ese calor se puede usar como calefacción o para otros usos. Cuando el aire comprimido se expande puede hacer girar una turbina y generar electricidad. Durante la expansión, el aire se enfría y también se puede aprovechar como agente refrigerante.

Para investigar el *almacenamiento térmico*, una compañía australiana ha introducido, de forma experimental, un sistema de grandes bloques de dos componentes: uno de ellos de alto punto de fusión (A) y el otro de bajo punto de fusión (B) disperso en forma de burbujas dentro del primero (Aleación de Gap de Miscibilidad). Al consumir electricidad para fundir el componente B, el bloque almacena energía en forma de calor de fusión de B sin que cambie la forma del bloque. Este es un proceso que ocurre a temperatura esencialmente constante mientras se funde el componente B. Cuando la temperatura se reduce por debajo del punto de fusión de B, la energía almacenada se libera del bloque y se puede emplear para generar vapor y electricidad haciendo girar una turbina.

III. Conclusiones

La idea general detrás del concepto de red inteligente es implementar medidas que permitan, por un lado, una mayor eficiencia en la distribución de la energía eléctrica y, por otro, que funcionen tanto en los sistemas que generan la energía como en quienes la consumen, sean estos grandes o pequeños consumidores. En la actualidad se presta especial atención a la integración de las redes con

los diversos tipos de fuentes renovables y con los sistemas adecuados de almacenamiento de energía.

IV. Referencias bibliográficas

- Alotaibi, I., Abido, M.A., Khalid, M. y Savkin, A.V. (2020). A Comprehensive Review of Recent Advances in Smart Grids: A Sustainable Future with Renewable Energy Resources. *Energies* 13, 6269; doi:10.3390/en13236269
- Falvo, M.C., Martirano, L., Sbordon, D. y Bocci, E. (2013). Technologies for smart grids: A brief review. *IEEE Xplore. 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6549544>, DOI <https://doi.org/10.1109/EEE-IC.2013.6549544>. Consultado marzo 2023.
- Feng, P. y Qing, W. (2015). Redox Species of Redox Flow Batteries: A Review. *Molecules*. 20(11): pp. 20499–20517. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6332057/>, Consultado febrero 2023.
- Gandoman, F.H., Ahmadi, A., Sharaf, A.M., Pierluigi, S. *et al.* (2018). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(1), pp. 502-514. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.062>
- ICL (2023). *Top Energy Trends to Watch Closely in 2023*. <https://www.icl-group.com/blog/renewable-energy-trends-solutions-2023/>. Consultado enero 2023.
- Kakran, S. y Chanana, S. (2018). Smart operations of smart grids integrated with distributed generation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(1), pp. 524-535
- MGA Thermal, (s/a) *Introducing the MGA Block*. <https://www.mgathermalstorage.com/about>. Consultado marzo 2023.
- Malik, F.H. y Lehtonen M. (2016). A review: Agents in smart grids. *Electric Power Systems Research*, 131, pp. 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.10.004>. Consultado marzo 2023.
- Moreno Constante, A., Beltrán Ruiz, J. y Borja Soto, D. (2020). Automóviles Impulsados por Energía Solar: Una Revisión. *Inv. Tecnológica IST Central Técnico*, 2(2), http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/87. Consultado febrero 2023.

- Nissan (2022). *How Do Electric Cars Work?* Nissan USA. <https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/how-do-electric-cars-work.html>. Consultado febrero 2023.
- Reed S., Sugo H. y Kisi E. (2018). High temperature thermal storage materials with high energy density and conductivity. *Solar Energy*, 163, pp. 307-314. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.005>Get rights and content. Consultado marzo 2023.
- Reed, S., Sugo, H., Kisi, E. y Richardson, P. (2019). Extended thermal cycling of miscibility gap alloy high temperature thermal storage materials. *Solar Energy* 185, pp. 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.04.075>Get rights and content, Consultado marzo 2023.
- Reuters (2022). *Paid for and posted by Shell Energy*. 3 renewable energy trends for 2023 and beyond. <https://www.reuters.com/article/sponsored/shell-energy-renewable-energy-trends-2023>. Consultado enero 2023.
- Scada international (2022). *Green future: 4 renewable energy trends to watch*. <https://scada-international.com/2022/10/07/green-future-4-renewable-energy-trends-to-watch/>. Consultado marzo 2023.
- US Dept. of Energy, https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html
- Xu, Q., Ji, Y.N., Qin, L.Y., Leung, P.K., Qiao, F., Li, Y.S. y Su, H.N. (2018). Evaluation of redox flow batteries goes beyond round-trip efficiency: A technical review. *Journal of Energy Storage*. 16, pp. 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.01.005>. Consultado marzo 2023.

Conflicto de intereses: El autor declara que no existe conflicto de intereses.

Contribución del autor: Investigación, conceptualización, metodología, supervisión, redacción-borrador original y redacción-revisión.

Recibido: 6 de marzo de 2022

Aprobado: 17 de marzo de 2023