

Gestión de la producción de las instalaciones de Generación Distribuida mediante Centrales Virtuales. Operación en Isla.

Autores de la comunicación: A. Morales¹, X. Robe²

- 1 DlgSILENT Ibérica, c/Honduras, 8. 28016 Madrid. Tel. +34911273723. Correo electrónico: a.morales@digsilent.com
 2 DlgSILENT Ibérica, c/Honduras, 8. 28016 Madrid. Tel. +34911273724. Correo electrónico: x.robe@digsilent.com

Resumen:

En esta comunicación, vamos a presentar un análisis de cómo la comunidad científica aborda los aspectos técnicos y económicos de la generación distribuida según tres pilares básicos: se trata de una generación de energía local, debe suponer un ahorro de energía para el usuario final y la continuidad de suministro debe ser respaldada mediante sistemas de almacenamiento de energía.

Destacaremos las soluciones que salen a la luz tanto del punto de vista de la planificación como de la operación óptima económica. Las propuestas que surgen son las centrales virtuales, las microrredes, los sistemas integrados de energía, los llamados “energy hubs” o centros neurálgicos de energía y las redes inteligentes de potencia, entre otros.

Desde el punto de vista de la operación del sistema eléctrico, analizaremos los requisitos del operador para garantizar la operación fiable de la red eléctrica, éstos cada vez mas exigentes, como por ejemplo que las microrredes tengan capacidad de funcionamiento en isla, es decir, una vez desconectado el interruptor de interconexión a red que sean capaces de garantizar unos niveles de frecuencia y tensión dentro de los límites aceptables de funcionamiento. Desde el punto de vista del propietario de los sistemas de generación distribuida, la posibilidad de operar una planta con múltiples fuentes de energía según los precios variables del gas, de la electricidad y de otras fuentes de energía.

Palabras clave: generación distribuida, central virtual, microrredes, energy hub, isla.

1. INTRODUCCION

La evolución rápida de tecnologías innovadoras, económicas y altamente eficientes es el aspecto clave que impulsa los cambios progresivos en el sector de la energía hacia la Generación Distribuida (GD). La evolución de los mercados, los marcos regulatorios incentivadores, las restricciones cada vez más severas sobre emisiones locales, Kioto, así como la necesidad de mejorar la seguridad de suministro y reducir la vulnerabilidad, son los motores del progreso actual. Nuevas incertidumbres sobre la forma de generar energía de forma distribuida emergen, principalmente sobre aspectos técnicos, medioambientales, económicos y sociales. La Tabla I presenta un listado de hipótesis sobre los beneficios esperados y las incertidumbres de la GD. A pesar de las incertidumbres enumeradas, continúa el desarrollo rápido de tecnologías y la búsqueda por el escenario de generación óptimo (CHICCO, G. y MANCARELLA, P. (2007)).

Tabla I. Impacto positivo y negativo de la Generación Distribuida (CHICCO, G. y MANCARELLA, P. (2007)).

+	-
Importante para la promoción de la eficiencia energética y renovables	Renovables, fuente de energía no siempre disponible y cara
Adaptada a mercados actuales, menor inversión y mas rápidos beneficios	Necesidad de incentivos
Desarrollo de infraestructuras nuevas para distribuir el combustible	Generación local, pero combustibles alejados
Reducción de dependencia energética	Dependencia energética idéntica pero a nivel local, reducción sólo mediante la instalación de renovables

+	-
Reducción de vulnerabilidad de red de transporte, congestiones en transmisión, de interrupciones y blackouts	Aumento de vulnerabilidad, sobrecarga en circuitos de Baja y Media Tensión. Pérdida del control de cómputo de interrupciones y blackouts aislados. Dificil desarrollo de áreas autocurables
Reducir el vandalismo y ataques externos a centrales clásicas	Aumento de robos en edificaciones y casas particulares.
Participación de clientes en el mercado para aprovechar la elasticidad de precios respecto de la demanda	Clientes finales no acostumbrados a ir a mercado, necesidad de intermediarios
Aumento de la fiabilidad por menor tiempo de arranque tras una interrupción	Menor tiempo de arranque, pero mayor número de interrupciones?
Aumento de la calidad de la red con los equipos actuales de electrónica de potencia	Aumento de precio por incluir electrónica de potencia. Aumento de filtros para armónicos y otros problemas de calidad y por consiguiente de pérdidas
Revisión de normas de conexión a redes de distribución	Desarrollo de nuevas normas a partir de poca información sobre las tecnologías puede dar lugar a nuevas normas demasiado poco o muy restrictivas
Revisión de sistemas de protección	Nuevos ajustes en casi todos los casos, revisión caso por caso de los esquemas de protección
-	Impacto medioambiental en ciudades, aumento de emisiones en modo local

El objetivo de esta comunicación es presentar un análisis de cómo la comunidad científica aborda los aspectos técnicos y económicos de la generación distribuida según tres pilares básicos (CHICCO, G. y MANCARELLA, P. (2007)):

- **Generación Distribuida (GD):** se trata de una generación de energía local. Está demostrado que una generación combinada de calor y electricidad es más conveniente que sólo electricidad, la clásica y bien conocida cogeneración. La tendencia actual apunta hacia los sistemas tri-generación (electricidad, calor y frío) o multi-generación (electricidad, calor, frío y otros subproductos químicos derivados como el hidrógeno).
- **Respuesta de la Demanda (RD):** debe suponer un ahorro de energía para el usuario final.
- **Almacenamiento Distribuido (AD):** la continuidad de suministro debe ser respaldada mediante sistemas de almacenamiento de energía.

Pero, ¿Cómo realizar una planificación ordenada de estos sistemas? ¿Cómo gestionar y despachar la capacidad de estos sistemas distribuidos de autoabastecerse, comprar energía, vender lo que sobre, aprender, adaptarse y expandirse de forma local? Se están investigando varias propuestas como son las centrales virtuales, las microrredes, los sistemas integrados de energía, los llamados “energy hubs” o centros neurálgicos de energía y las redes inteligentes de potencia (“SmartGrids”), entre otros. Para todas estas alternativas, desde el punto de vista de la operación y de la gestión, se plantea un control coordinado y optimizado, dependiente en su totalidad de los sistemas de telecomunicación e información (IT), gestionados mediante técnicas de computación distribuidas y aplicaciones basadas en sistemas multi-agente (JIAYI, H. et al. (2007)). Encontramos propuestas de varios fabricantes de sistemas de gestión de energía descentralizada (Decentralized energy management systems) apoyados en sistemas automatizados que proporcionan información instantáneamente sobre perfiles de cargas y de generación, sistemas que intercambian y almacenan datos en lenguaje XML, interfaces con servidores OPC (Object linking and embedding for process control), etc.

Hablamos de varios niveles de desarrollo, desde casas de particulares, edificaciones, centros de servicios, pequeñas y grandes industrias. ¿Se construirá un particular un “energy hub” en casa que

controlará lo que tiene que consumir y de dónde lo tiene que generar? ¿Se tendrá que inscribir el particular a una central virtual con sus vecinos del barrio para vender o comprar energía a su microrred inteligente controlada localmente, que a su vez estará conectada a una red superior muy inteligente (“Smart Grid”) que enviará consignas de lo que se debe producir o consumir para garantizar la estabilidad local? ¿Es posible controlar y poner de acuerdo a todos estos centros de control? En esta comunicación haremos especial hincapié en las centrales virtuales como centro de gestión coordinado y los requisitos recientemente publicados por el operador del sistema que permitirían y obligarían a la generación distribuida a ser capaz de operar en pequeñas redes aisladas.

2. GESTION DE LA GENERACION DISTRIBUIDA

Los avances en la investigación y desarrollo de la generación distribuida han dado lugar a varios sistemas de gestión, que describimos a continuación:

- **Las CENTRALES DE GENERACION VIRTUALES:** Las centrales virtuales (TRAGE, S. 2002) se crean en 1997 para fomentar la utilización de sistemas de generación distribuida y de las tecnologías emergentes de la información y telecomunicación. Las características de una central virtual son las mismas que las de una central convencional conectada al sistema de transmisión. Solucionan la necesidad de gestionar la generación distribuida de menor tamaño de forma conjunta, pudiendo planificar y optimizar la producción de energía teniendo en cuenta los costes de operación y mantenimiento mediante refinadas estrategias de control. Se crean con el objetivo de facilitar su acceso al mercado eléctrico y participar en servicios auxiliares de regulación de la red y reserva de potencia.
En España existen proyectos piloto de demostración, como el proyecto FENIX en Álava (DIAZ GALLO, A. (2008)).
- **Las MICRORREDES:** El debate sobre las microrredes despierta a partir de finales de los 90. Las microrredes son pequeñas áreas de una red de distribución que contiene cargas y generación distribuida y cuya operación puede plantearse de forma autónoma (en isla) o conectada a la red, controladas desde un centro de control en dónde se monitoriza el tráfico de energía y que permitiría como la central virtual, optimizar el uso de la generación y de la demanda. La microrred incluye estrategias de control de la carga y de utilización óptima de la red eléctrica, frente a la central virtual que se centra en controlar generadores distribuidos según una consigna. La microrred debe operarse como cualquier red, manteniendo los estándares de calidad de suministro, estabilidad de tensión y fiabilidad. En este aspecto es dónde el funcionamiento en isla puede ser crítico por los problemas para controlar la tensión y la frecuencia. En España existen proyectos piloto de demostración, como la instalación en el Parque Tecnológico de Zamudio (DIAZ GALLO, A. (2008)).
- **Los CENTROS NEURALGICOS DE ENERGIA o “ENERGY HUBS”:** Los “energy hubs” nacen de las ideas generadas a partir de los sistemas integrados de energía, como un centro neurálgico donde se concentran varios vectores de energía, son acondicionados y almacenados (Fig. 1). Se amplían los sistemas integrados de energía con sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, química (hidrógeno) y térmica. El suministro no dependería de una sola fuente de energía primaria. Esto impactaría positivamente la reducción de fiabilidad ocasionada por el empeoramiento de los servicios de mantenimiento en mercados liberalizados. También permitiría optimizar los costes de operación al tener en cuenta muchos más agentes primarios.
A nivel de investigación, estos sistemas se consideran “cajas negras”, con las entradas agrupadas en vectores y relacionando la eficiencia y factores de conversión que existen entre componentes mediante matrices de acoplamiento (GEIDL, M. et al. (2007)).

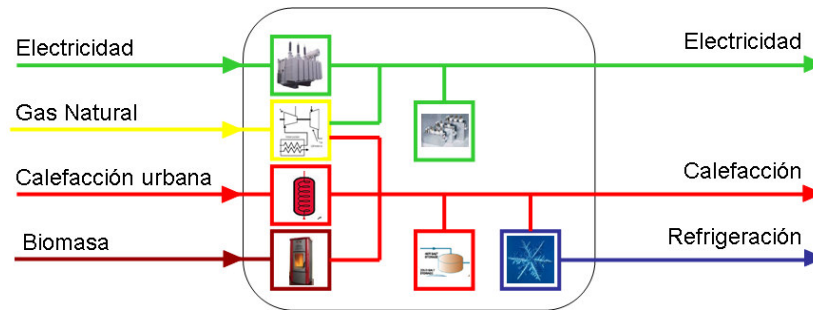


Figura 1: GEIDL, M. et al. (2007): Ejemplo de un “energy-hub” que contiene un transformador, una microturbina, un intercambiador de calor, un horno, un refrigerador por absorción, una batería de condensadores y almacenamiento en depósitos de agua caliente.

- **LAS REDES INTELIGENTES o “Smart Grids”:** La preocupación existente por las microrredes se amplía para incorporar elementos relacionados con la diversificación de fuentes de energía primaria, multi-generación, refuerzo de infraestructuras, y la concepción de una arquitectura del sistema abierta pero segura, con técnicas de comunicación adecuadas. El desarrollo de estándares internacionales refleja la preocupación por unificar las diferentes tecnologías y protocolos de comunicación. La integración de la generación distribuida en redes inteligentes es un tema de investigación que está generando mucha bibliografía en todo el mundo. Los programas de investigación se orientan hacia el desarrollo de dispositivos de interfaz entre la generación distribuida y la red, ensayos y demostraciones en campo y laboratorio, desarrollo de procedimientos, estudios de impacto en la seguridad del personal de mantenimiento de redes, adaptación de relés, control de tensión interactivo, detección de faltas, sobretensiones, detección de islas, servicios de arranque tras un apagón, etc.

3. ASPECTOS PRACTICOS DE UNA CENTRAL VIRTUAL

La central virtual por definición, es una entidad de control que agrupa generadores distribuidos que pertenecen a un área de la red, y controla la suma de la potencia que está siendo generada en cada instante por cada generador según un valor de consigna para satisfacer la carga de dicha área de la red. La integración de las centrales virtuales en una red de distribución, microrred o red inteligente, es compleja, tanto por el impacto en la operación permanente del sistema eléctrico interconectado como en la operación del sistema aislado. Hemos descubierto en la literatura que las centrales virtuales son tratadas desde el punto de vista del operador como centrales clásicas y estamos de acuerdo en que éste debería ser el modo de funcionamiento de una central virtual, pero ¿cuál debería ser su organización interna? Es necesario el desarrollo de nuevas estrategias para la operación permanente de las centrales virtuales. En (DIGSILENT, 2009) hemos considerado importantes los siguientes aspectos en una central virtual (Fig. 2):

- El despacho de potencia de cada generador se escala según diferentes estrategias de control y “reglas” definidas en el centro de control virtual con el objetivo de alcanzar el valor de consigna total.
- La central virtual minimiza los costes de generación respetando el orden establecido por el usuario.
- La central virtual tiene la capacidad de “forzar” la participación en el despacho de potencia de los generadores distribuidos.

- La central virtual tiene la capacidad de poner fuera de servicio cualquiera de los generadores que pertenecen a ella.
- Los límites de potencia activa de cada uno de los generadores que componen la central virtual se tienen en cuenta en los cálculos.

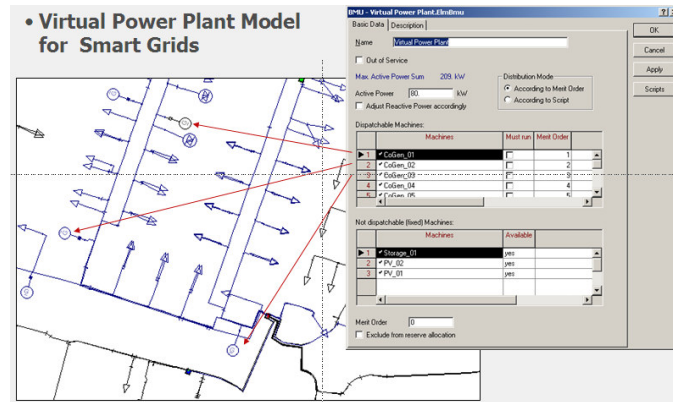


Figura 2: Ejemplo de Central Virtual que agrupa sistemas de cogeneración, baterías de almacenamiento (coches eléctricos) e instalaciones fotovoltaicas conectadas a una red de distribución.

La microrred a la que se conecta la central virtual puede funcionar bien interconectada a una red externa, bien ser capaz de funcionar en isla tras una perturbación. Se abre una nueva área para el desarrollo de estrategias “ISLA”: ¿qué debe ocurrir tras una perturbación?, ¿la microrred se desconecta de la red y continúa a funcionar controlada por el controlador central?, ¿cómo deben responder las centrales virtuales?, ¿quién se encarga de mantener la frecuencia y tensión constantes en la microrred?, ¿se desconectan todos los sistemas y se procede a arrancar la microrred en isla? Hemos creado una central virtual compuesta por los siguientes sistemas (Fig. 3):

- Planta de Cogeneración, de potencia nominal igual a la potencia de la carga mínima del sistema y funcionando a consigna de generación constante
- Parque eólico, cuyo funcionamiento viene dado por una característica de producción de energía aleatoria y dependiente del viento.
- Huerta solar, cuyo funcionamiento al igual que el parque eólico viene dado por una característica de horas de sol.
- Sistema de almacenamiento, capaz de contribuir al control de frecuencia (ARITA, M. et al. (2006)).

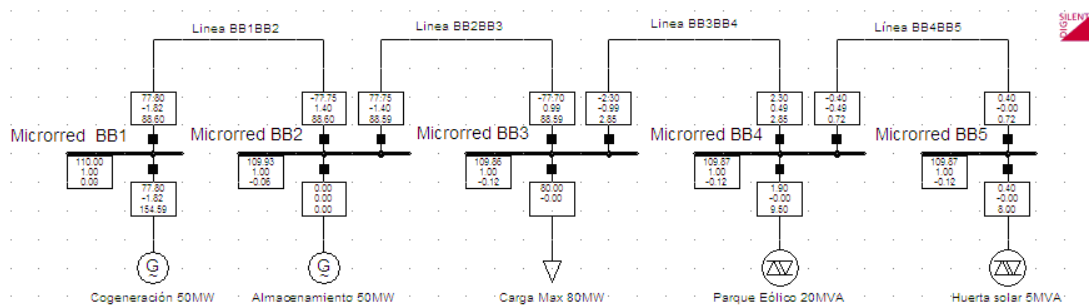


Figura 3: Ejemplo de microrred sin conexión a red externa (isla) que integra una central virtual compuesta por sistemas de cogeneración, baterías de almacenamiento (coches eléctricos), instalaciones eólicas y fotovoltaicas.

Los generadores que componen la central virtual están conectados a una microrred con cargas conectadas de perfil variable (Fig. 3). Se ha diseñado e implementado de forma satisfactoria en una DPL (DIGSILENT PROGRAMMING LANGUAGE) una estrategia de funcionamiento para el control de frecuencia en la microrred. Se incluye el algoritmo a continuación:

Si frecuencia microrred > 50Hz: el sistema de almacenamiento arranca en modo cargar
Si la energía almacenada >= capacidad almacenamiento
Reducir producción: Prioridad 1º Eólica y/o solar
Prioridad 2º Cogeneración
Si frecuencia microrred < 50Hz: el sistema de almacenamiento arranca en modo descarga
Si la energía almacenada <= 0
Desconectar cargas según orden de prioridad

En todo momento es muy importante supervisar la energía del sistema ($E_{almacenada}(t) = E_{almacenada}(t - \Delta t) + P(t) \cdot \Delta t$) que permite controlar la potencia máxima disponible cuando el almacenamiento acumula energía ($P_{max}(t) = \frac{Capacidad - E_{almacenada}(t)}{\Delta t}$) y la potencia máxima que se puede generar en función de la energía acumulada ($P_{min}(t) = \frac{0 - E_{almacenada}(t)}{\Delta t}$).

4. CONCLUSION

Los conceptos de centrales virtuales, microrredes, “energy-hubs” y “smart-grids” nacen a finales del siglo XX con objeto de fomentar la multi-generación distribuida (electricidad, calor/frío, y otros subproductos químicos), promocionar la generación a partir de fuentes de origen renovable y los sistemas de almacenamiento. La integración a la red eléctrica se imagina mediante arquitecturas cada vez más complejas, sólidas, seguras y controlables, soportadas por tecnologías de la información y de la comunicación.

El funcionamiento en isla de las centrales virtuales conectadas a microrredes es un reto más en la integración de la generación distribuida a red. Hemos diseñado y presentado en esta comunicación, un ejemplo de estrategia a seguir para control de frecuencia en una microrred.

5. REFERENCIAS

- ARITA, M. et al. (2006): “Frequency Control Using Battery in Interconnected 2-Area Power System with a Large Penetration of Wind Power Generation” Power Engineering Technical Meeting IEE Japan
- CHICCO, G. y MANCARELLA, P. (2007): “Distributed multi-generation: A comprehensive view”. Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- DIAZ GALLO, A. (2008): “Integración de la Generación Distribuida en la red eléctrica. Microrredes y Virtual Power Plants. Proyectos Piloto en España”. Jornadas Técnicas Presente y Futuro de la Generación Distribuida. 2008. Málaga.
- DIGSILENT, GmbH (2009): “New Features in PowerFactory V14”. www.digsilent.com.
- GEIDL, M. et al. (2007): “The Energy Hub – A Powerful Concept for Future Energy Systems”. Third Annual Carnegie Mellon Conference on the Electricity Industry, 13-14 March 2007.
- JIAYI, H. et al. (2007): “A review on distributed energy resources and MicroGrid”. Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- TRAGE, S. (2002): “The Virtual Power Plant”. Review Pictures of the Future. Spring 2002.