

Nuevos retos en la generación renovable en la planta de Cobija, Bolivia

Decía Eduardo Galeano que “actuar sobre la realidad y cambiarla un poquito es la única manera de probar que la realidad es transformable”. Sin duda está frase se podría aplicar a las ingenierías y fabricantes involucrados en proyectos de energía renovable. En el caso del fabricante de inversores fotovoltaicos SMA ha sido así desde su fundación en 1981. Y tan solo un año después se incorporó a uno de los proyectos híbridos emblemáticos de aquel momento en la isla Kythnos, en Grecia. Otros proyectos híbridos destacables son el de la Isla de Eigg en Escocia, ejecutado durante el 2008, o las islas de Tokelau, primer país con energía 100% solar fotovoltaica gracias a las soluciones Sunny Island. Recientemente se ejecutó St. Eustatius con 1,8 MW de potencia fotovoltaica y 1 megavatio de potencia de almacenamiento. En total SMA ha participado con sus soluciones en más de 140 proyectos híbridos con potencias superiores a 200 kW, e infinidad de instalaciones con almacenamiento de ámbito más reducido

A.DAVID CRUAÑES LEE
SENIOR APPLICATION ENGINEER AND PROJECT
MANAGER EN SMA IBÉRICA

La lucha contra el cambio climático no es únicamente responsabilidad de los países desarrollados: la sostenibilidad en el crecimiento de los países emergentes es fundamental para alcanzar los objetivos internacionales de reducción de emisiones. En algunos casos, como en las islas en el Pacífico o zonas de huracanes -donde los cambios en el clima amenazan gravemente el territorio- ya está cambiando el modelo energético. En otros casos el crecimiento energético insostenible local ha generado un grave nivel de contaminación que amenaza la salud de las poblaciones en grandes urbes. Independientemente de las políticas energéticas de cada país, el desarrollo tecnológico, la reducción de precios sin precedentes en el sector fotovoltaico y los costes ambientales y sociales asociados a las energías fósiles favorecen el desarrollo de soluciones híbridas renovables con almacenamiento.

En este artículo detallaremos los retos que se presentaron en el proyecto de Cobija en Bolivia, uno de los mayores proyectos híbridos del mundo.

Requerimientos del proyecto de Cobija

La ciudad de Cobija está situada en el departamento de Pando, en Bolivia, y hace frontera con Brasil, en plena zona de Ama-



Vista desde la sala de inversores de baterías en la planta de Bahía.

zonía. Aunque existe un plan para interconectar la ciudad a la red eléctrica principal de Bolivia, actualmente está aislada de la red y cuenta con su propio sistema de generación basado en grupos electrógenos diésel, que alimentan a más de 5.5000 habitantes. La ciudad cuenta con su propio hospital, un aeropuerto que se modernizó en el 2016 y, debido a su condición de zona franca, tiene un censo de población que no para de crecer. La ciudad también permanece desconectada de la red de carreteras de Bolivia durante la época de lluvias. Este proyecto es propiedad de la eléctrica Guaracachi, que forma parte de la empresa nacional de electricidad (ENDE). El proyecto fue financiado en más de un 50% por la organización Danish Cooperation for Development in Bolivia (DANIDA). [3] El EPC seleccionado para la construcción de la planta fue la empresa española Isotron SAU del Grupo Isastur.

Cuando se inició el proyecto, la central de generación existente, la planta termoeléctrica de Bahía, contaba con 9 grupos Caterpillar con una potencia en to aproximada de 11,2 MVA, mientras que la potencia de consumo oscilaba entre 6 y 9 MW como valores máximos. La distribución eléctrica cuenta con una línea de 6,6kV que alimenta al aeropuerto y otra línea a 34,5kV, a la que se ha conectado la nueva planta fotovoltaica.

El Fuel Save Controller (FSC) de SMA es el nombre comercial del controlador del sistema que analiza las variables de funcionamiento, como son voltajes, potencias aparente y frecuencia de la red, garantizado la integración segura y eficiente de energía fotovoltaica y energía almacenada al sistema de grupos electrógenos. Los requerimientos más relevantes para el FSC fueron los siguientes en este proyecto:

1. Protección de los generadores. La primera función del FSC es proteger la inversión ya existente. Para ello es necesario que el sistema proteja a los generadores contra corrientes inversas evitando disparos de sus protecciones y haciendo trabajar a los grupos en sus zonas óptima del diagrama de potencia activa y reactiva (PQ), esto es, en la zona inductiva con un factor de potencia entre 0,8 inductivo y 1, así como en la zona de consumo óptimo de los grupos.
2. Control de rampa. La potencia de salida de una planta fotovoltaica depende de la irradiación solar y la temperatura.

Cuando existe nubosidad variable la radiación puede llegar a cambiar a razón de un 20% de la potencia de la planta por segundo. Este efecto es muy visible en zonas tropicales y es notable la diferencia de producción entre diferentes zonas de la planta: es crítico proteger a los generadores diésel de toda esta casuística de potencia variable. Los propios inversores fotovoltaicos pueden variar su funcionamiento MPP reduciendo las pendientes de subida pero para las de bajada se necesita almacenamiento, o partir de una potencia inferior a la nominal. La combinación con el sistema de baterías permite suavizar mucho más tanto caídas y subidas en la potencia, de modo que estas influyen menos en los parámetros más importantes del sistema eléctrico.

3. Control primario. La curva característica de potencia en función de la frecuencia de la red $P(f)$ representa una función fundamental para un sistema eléctrico estable. El FSC garantiza que el estado de carga de la batería siempre permanezca dentro de un rango determinado para poder reaccionar ante cambios de frecuencia imprevistos en cualquier sentido, cargando las baterías cuando la red está con exceso de energía y por tanto con frecuencia alta o descargando cuando la frecuencia es baja.
4. Reducción del consumo de diésel. Gracias a la energía total que genera el campo fotovoltaico se consigue reducir el consumo total de diésel en el sistema. Además el controlador del sistema busca que los generadores trabajen en su punto óptimo de consumo, así como minimizar el tiempo de operación de los grupos. Para este proyecto se estiman unos ahorros de combustible diésel entre un millón y medio [1] a dos millones de litros de diésel al año, dependiendo de los márgenes de seguridad introducidos en el sistema.

Descripción de la solución en Cobija

Planta fotovoltaica

Los módulos fotovoltaicos fueron suministrados por el fabricante chino Yingli, modelo YL300P-35b de 300Wp y están conectados en series de 18 módulos. La



Visión general de la planta fotovoltaica en Cobija.

estructura de fijación es una solución innovadora de Isotrón que permite una instalación muy rápida de los módulos durante la fase de construcción, deslizándose los módulos por guías en la estructura que quedan finalmente fijadas. Como anécdota comentar que poco antes de la inauguración oficial de la planta no había casi ningún módulo fijado a la estructura, lo que provocó algunos recelos por parte de los organismos oficiales en Bolivia, que se resolvieron, con alguna dimisión, durante la exitosa inauguración por parte de Evo Morales y cumpliendo el EPC escrupulosamente la fecha objetivo.

La potencia de continua de los módulos fotovoltaicos la convierten seis Sunny Central 800 CP-XT con una potencia total de 5,3 MW a 25°C. Además de la conversión de continua a alterna, los inversores cumplen también una serie de funciones adicionales, como el apoyo dinámico de red a huecos de tensión y modos automáticos de potencia reactiva para estabilizar la tensión de red. Estas funciones se integran a través del FSC fijando consignas. Además, los inversores pueden trabajar en rangos de tensión y frecuencia muy amplios y cuentan con interfaces de comunicación de última generación.

En julio del 2016, junto con una actualización del sistema, tres de los seis inversores fotovoltaicos se reequiparon con la opción Q@demand para poder entregar potencia reactiva durante la noche en ausencia de recurso primero. De esta forma se mejora el intercambio de potencia reactiva entre la red de 34,5kV, donde está conectada la planta solar y la red 6,6kV, y optimizando el funcionamiento del controlador que fija los valores de consigna.

SMA Fuel Save Controller (FSC)

El FSC está compuesto por varios cuadros eléctricos: un Main Controller Module y cinco Data Acquisition Modules. En el main controller está el cerebro de la instalación, el control del sistema y en el data acquisition module se recogen los valores relevantes como potencias activa y reactiva que están entregando los inversores FV o de baterías, así como instantáneas para situaciones anómalas como huecos de tensión, armónicos, etc.

Es fundamental que el sistema de comunicaciones basado en Ethernet sea fiable, redundante y extremadamente rápido. Es conveniente separar el tráfico TCP/IP de control del propio FSC del tráfico de monitorización con la información para el SCADA que incluye el FSC y los inversores pero también otros equipos como estaciones meteorológicas y cámaras de seguridad. Los módulos del FSC incluyen switches gestionables con capacidad para crear redes virtuales (VLAN), que permiten separar lógicamente las tramas del tráfico de control con las de monitorización y SCADA.

El sistema de comunicaciones está diseñado de tal forma que fallos ocasionales no lleven al sistema a un estado crítico. Por ejemplo, si los inversores fotovoltaicos dejan de recibir una señal, se desactivan disminuyendo su potencia suavemente de acuerdo con parámetros definidos. Además, entre la planta de Bahía y la planta fotovoltaica hay seis kilómetros de distancia, por lo que se creó una infraestructura de comunicaciones redundante; una basada en fibra óptica y otra a través de un enlace por microondas.

El FSC calcula continuamente la cantidad de reserva rotante que debe suministrar.

trar el sistema de gensets, según la parametrización de operación, el estado de funcionamiento de la planta fotovoltaica y del sistema de baterías. El valor calculado se envía al sistema de control de los gensets a través de la pasarela Esenet de Woodward.

Sistema de baterías

La potencia de CC de las baterías la convierten cuatro Sunny Central Storage 630 limitados a 520kW. Dos inversores Sunny Central Storage están conectados a un contenedor de baterías Saft Intenium Max 20M, basado en la tecnología de ion litio, con una potencia total de 2,3 MVA y 960 kWh de energía disponible de almacenamiento en total.[5]

Entre las funciones del sistema destaca la conversión bidireccional de potencia y funcionamiento en los cuatro cuadrantes del diagrama PQ, soporte dinámico de red, curva característica P(f) e interfaz con el sistema de gestión de batería SAFT (BMS) y con el FSC.

Es importante resaltar que el objetivo de las baterías aquí es proporcionar una estabilización de la red y no otras funciones, como desplazamiento de energía a horas sin luz (Energy shifting).

Sistema de control de los gensets

Cada uno de los grupos de electrógenos conectados al sistema se equipó con un controlador de genset EasyGen 3200 de Woodward. Adicionalmente, el sistema de control de los gensets incluye una pasarela Esenet, que es una Gateway CAN/Modbus TCP. Esto supuso una mejora en el sistema, ya que previamente no existía un reparto de cargas entre todos los grupos, las características de trabajo de los grupos no estaban unificadas y solo dos grupos se podrían arrancar y parar de manera automática [4].

El FSC informa al EasyGen los requerimientos de reserva rodante necesaria, según la previsión meteorológica y los márgenes de seguridad programados por el operador del sistema y es el EasyGen quien decide la entrada o salida de los grupos. La interfaz del FSC permite poner los grupos en modo manual para poder realizar operaciones de mantenimiento. El FSC también es compatible con otros controladores sobre Modbus/TCP, tales como ComAp

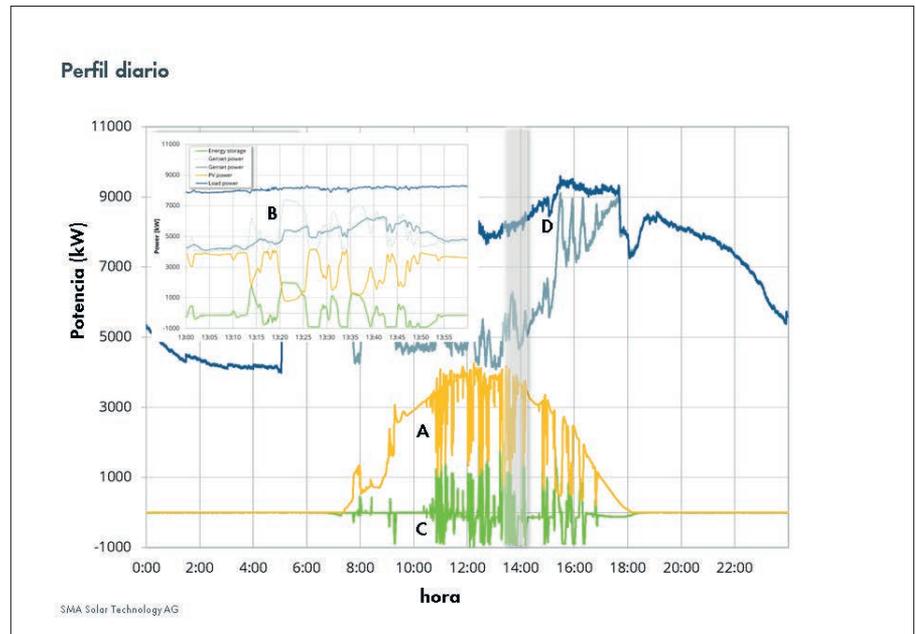


Gráfico 1: Valores instantáneos de potencia para el campo PV(amarillo), baterías(verde), grupos electrógenos(azul claro) y carga total(azul oscuro).

Descripción: carga de los consumidores en azul, grupos electrógenos en azul claro, energía fotovoltaica en amarillo y baterías en color verde.

A: Las baterías evitan que los generadores tengan que compensar las fluctuaciones de la fotovoltaica
 B: Pendientes programadas para ser inferiores a 2412 kW/min (ramp up) y 247 kW/min (ramp down) para proteger el grupo electrógeno (PREPA). Finalmente la programación fue de 5kW por segundo para subida y bajada
 C: La potencia del sistema de baterías entra cuando hay pasos de nubes o perturbaciones la red
 D: el parámetro HSFC se corresponde al ratio entre el área bajo el perfil de carga y el perfil de los grupos.

InteliSys-NTC, InteliGen-NTC, DEIF AGC o DeepSeaElectronics DSE 8610.

Resultados

La solución FSC de SMA usada en el proyecto ha permitido integrar funciones entre diferentes tecnologías para reducir el consumo de diésel y emisiones contaminantes utilizando la energía solar en una red eléctrica aislada de gran tamaño.

Tal y como destaca Arribas[1], el 'Performance Ratio' (PR) de un planta aislada basada en grupos electrógenos se reduce considerablemente debido a la necesidad de reducir la potencia fotovoltaica según el estado de carga y generadores. Esta reducción la realiza el inversor trabajando con potencias inferiores a la del punto de máxima potencia (MPP), lo que acumulativamente reduce el PR global. Por otra parte, tal y como destaca Notholt[2], el PR no es un parámetro adecuado para medir el objetivo de una aplicación híbrida sobre diésel, es necesario usar nuevos indicadores como el 'hybrid system fuel consumption (HSFC)', que no es otra cosa que el ratio entre la energía consumida y el diésel consumido. Además, si las baterías tienen una función de control de rampa y de es-

tabilización de red, el PR solo va a mejorar ligeramente. Por último, para mejorar la eficiencia es necesario aumentar la disponibilidad del sistema incluyendo repuestos suficientes y soluciones de servicio para hacer frente a fallos, siendo esto más relevante en zonas remotas.

El cambio en el software del FSC realizado en 2016 supuso pasar de una versión especial para el proyecto a una versión estándar, lo que incluye el aprendizaje en otros proyectos y permitirá futuras ampliaciones en funcionalidades y en unidades de generación, tanto en el campo solar, baterías y grupos lo que en el futuro permitirá adaptarse al crecimiento humano de la zona con un suministro energético sostenible y eficiente ◀◀

Referencias

- [1] Arribas L., Abella M.A. "First year field experience of a 5MW solar PV-11MW diesel in Bolivia"
- [2] Notholt A., Wachenfeld, M., "Industrial Hybrid Systems with high PV penetration. Performance Analysis and Key Success Factors" EU PVSEC 2016, Munich.
- [3] Bolivia, A model for energy storage in LatinAmerica, 17 de Marzo 2017, energytransition.org
- [4] El módulo easyGen-3200 de Woodward ayuda a la mayor planta diésel-FV del mundo en Bolivia, Andrés Salgado, Expoenergética XXI
- [5] Enhancing solar contribution in PV-Diesel Hybrid Power Plant with advanced Li-Ion Energy Storage Systems. Michael Lippert. Intersolar Munich, 10 de Junio de 2015.