



ARTÍCULO TÉCNICO DE VERTIV

Alcanzar la carbono neutralidad con los
ecosistemas híbridos: estrategias para
combinar la sostenibilidad con la confiabilidad

Resumen ejecutivo

Los ecosistemas híbridos ofrecen muchas maneras de reducir el impacto climático para las empresas y organizaciones que quieren mejorar su huella de carbono. Aunque la alimentación híbrida no es una tecnología ecológica en sí misma, puede usarse para reducir las emisiones de carbono y alcanzar operaciones ecológicas en un ecosistema y alcanzar distintos objetivos operativos. Los sistemas de almacenamiento de energía con baterías y la gestión inteligente de baterías son dos factores claves en el diseño y la operación de un ecosistema híbrido confiable y preparado para el futuro.

¿Es posible el funcionamiento ecológico?

Una cantidad cada vez mayor de empresas y organizaciones ha comenzado a adoptar medidas para disminuir su impacto climático por medio de reducir las emisiones de carbono en sus operaciones. Existen buenas razones para hacerlo; además de cumplir con los requisitos normativos, puede que las empresas y las organizaciones necesiten satisfacer las necesidades de los clientes de operaciones ecológicas y a menudo tienen objetivos climáticos individuales. Por ejemplo, la industria de centros de datos se ha comprometido a alcanzar la carbono neutralidad para 2030 y lograr un 75 % de este objetivo en 2025.

La industria de centros de datos se ha comprometido a alcanzar la carbono neutralidad para 2030

Aumentar el uso de energías renovables como aerogeneradores, paneles fotovoltaicos y celdas de combustible, así como reducir la dependencia de fuentes de energía a base de combustibles fósiles como los generadores diésel, es una manera de disminuir el impacto climático. Las energías renovables han avanzado mucho en los últimos años y las tecnologías como los aerogeneradores y los paneles fotovoltaicos actuales son maduros, eficientes y competitivos.



El aumento de las energías renovables

Los cálculos preliminares muestran que aproximadamente el 46 % del consumo energético de Alemania en 2020 fue cubierto con energías renovables, de acuerdo con la Asociación Alemana de Industrias de Energía y Agua (BDEW) y el Centro de Investigación de Energía Solar e Hidrógeno de Baden-Württemberg (ZSW).

Sin embargo, la mayor dependencia de energías renovables viene acompañada de una desventaja: su naturaleza intrínsecamente inestable va en contra de la necesidad de un suministro eléctrico ininterrumpido; en palabras sencillas, no puede alimentar un rack de servidores con un panel fotovoltaico durante los días nublados.

Entonces, ¿deben los profesionales elegir entre la sostenibilidad y la confiabilidad, o es posible combinar energías renovables con un funcionamiento ininterrumpido? Las respuestas a estas preguntas son no y sí, respectivamente; con los ecosistemas híbridos, los operadores pueden emplear varias estrategias para reducir el impacto climático y garantizar un suministro

eléctrico constante a través de una combinación de fuentes de alimentación. Además, los ecosistemas híbridos pueden usarse para operar más eficientemente con fuentes de energía basadas en combustibles fósiles, con lo cual se reduce el consumo de combustible y el impacto climático.

En pocas palabras, el funcionamiento ecológico es posible; la sostenibilidad puede combinarse con la confiabilidad. En este artículo técnico, explicaremos qué es un ecosistema híbrido, ofreceremos recomendaciones para diseñar ecosistemas híbridos y analizaremos algunas de las estrategias para la reducción del impacto climático que estas ofrecen.

Ninguna fuente de alimentación ofrece un 100 % de disponibilidad

Aunque los grupos electrógenos y la red eléctrica suelen considerarse más confiables que las energías renovables, ni siquiera estas fuentes de alimentación pueden garantizar un 100 % de disponibilidad:

- Si un grupo electrógeno no recibe mantenimiento o no se prueba de forma adecuada, podría no encender cuando se necesite. Las causas comunes de los fallos de los grupos electrógenos incluyen fallos de las baterías o del encendido, poco refrigerante y errores en la configuración de control.
- Además, las redes eléctricas pueden sufrir una interrupción debido al mal funcionamiento del equipo, con consecuencias negativas en general. Por ejemplo, en febrero de 2021, el estado de Texas en EE. UU. sufrió una crisis energética debido a que gran parte del equipo de generación energética del estado no estaba preparado para una serie de fuertes tormentas invernales. Además de un estimado de \$10.000 millones a \$20.000 millones en pérdidas aseguradas previstas, el evento resultó en la pérdida de más de 100 vidas.



Las principales características y beneficios de la integración y la segregación

¿Qué es un ecosistema híbrido?

- Una solución que utiliza una combinación de dos o más fuentes de alimentación, una o más de las cuales son renovables
- Permite que el operador pueda alcanzar distintos objetivos operativos como la reducción del consumo de combustible y de las emisiones

Aunque los ecosistemas híbridos suelen utilizarse para reducir el impacto climático (por ejemplo, en vehículos), la alimentación híbrida, por definición, no necesariamente es ecológica. Es una solución que satisface una demanda de carga determinada por medio de una combinación de dos o más fuentes de alimentación diferentes. Con una solución de alimentación híbrida, el operador puede combinar las fuentes conectadas según sean necesario para aprovechar los beneficios y alcanzar distintos objetivos operativos. Cuando se incluyen energías renovables en una solución híbrida, suele llamársele un ecosistema.

Algunos ejemplos de ecosistemas híbridos incluyen la red eléctrica con respaldo de grupos electrógenos, aerogeneradores o plantas fotovoltaicas con almacenamiento con baterías, o una configuración que combina muchas fuentes de alimentación: red eléctrica, grupos electrógenos, varias energías renovables y almacenamiento con baterías.

Definición del ecosistema híbrido

La alimentación híbrida es una solución que satisface una demanda de carga determinada por medio de una combinación de dos o más fuentes de alimentación diferentes. El operador puede combinar las fuentes conectadas según sean necesario para aprovechar los beneficios y alcanzar distintos objetivos operativos. Cuando se incluyen energías renovables en una solución híbrida, suele llamársele un ecosistema.

La flexibilidad de un ecosistema híbrido hace que sea ideal para la reducción del impacto climático debido a que el operador puede configurar el sistema para operar de manera amigable con el ambiente. Existen muchas maneras de lograrlo y no todas implican soluciones consideradas tradicionalmente como ecológicas, como el uso de aerogeneradores o paneles fotovoltaicos.

Por ejemplo, un ecosistema híbrido puede utilizarse para operar grupos electrógenos diésel con una eficiencia óptima. De esta manera, el consumo de combustible y las emisiones de carbono de estos grupos electrógenos se reducen, lo cual disminuye su impacto climático. Este es un enfoque respetuoso con el clima en comparación con los grupos electrógenos que producen la misma potencia, pero consumen más combustible y producen más emisiones.

Echemos un vistazo a la manera de configurar y controlar un ecosistema híbrido.

Ejemplo del diseño del ecosistema híbrido

En este ejemplo de un ecosistema híbrido, la demanda de carga puede satisfacerse con un suministro eléctrico de la red eléctrica, los grupos electrógenos, los paneles fotovoltaicos, un aerogenerador o un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS). Cada fuente de alimentación es gestionada por un controlador exclusivo y todos los controladores se encuentran interconectados (con dos líneas de comunicación para garantizar la redundancia). Todo el sistema está conectado con el sistema SCADA a través de una puerta de enlace basada en PLC. Si el sistema tuviera que manejar cargas enormes, la carga podría monitorearse a través de controladores de carga exclusivos.

Un ecosistema híbrido podría incluir fácilmente más fuentes de alimentación, por ejemplo, turbinas de gas o hidroeléctricas, o podría contar con menos fuentes de alimentación (siempre y cuando haya al menos dos). Además, puede controlarse de otras maneras; más adelante, analizaremos algunas estrategias de control eficientes. Por ahora, lo más importante es que el sistema, gracias a su combinación de fuentes de alimentación, es capaz de alcanzar distintos objetivos operativos —a menudo, al mismo tiempo—:

- Maximizar el uso de energías renovables
- Mejorar la resiliencia del sistema de potencia
- Optimizar la operación del equipo
- Reducir los costos de combustible

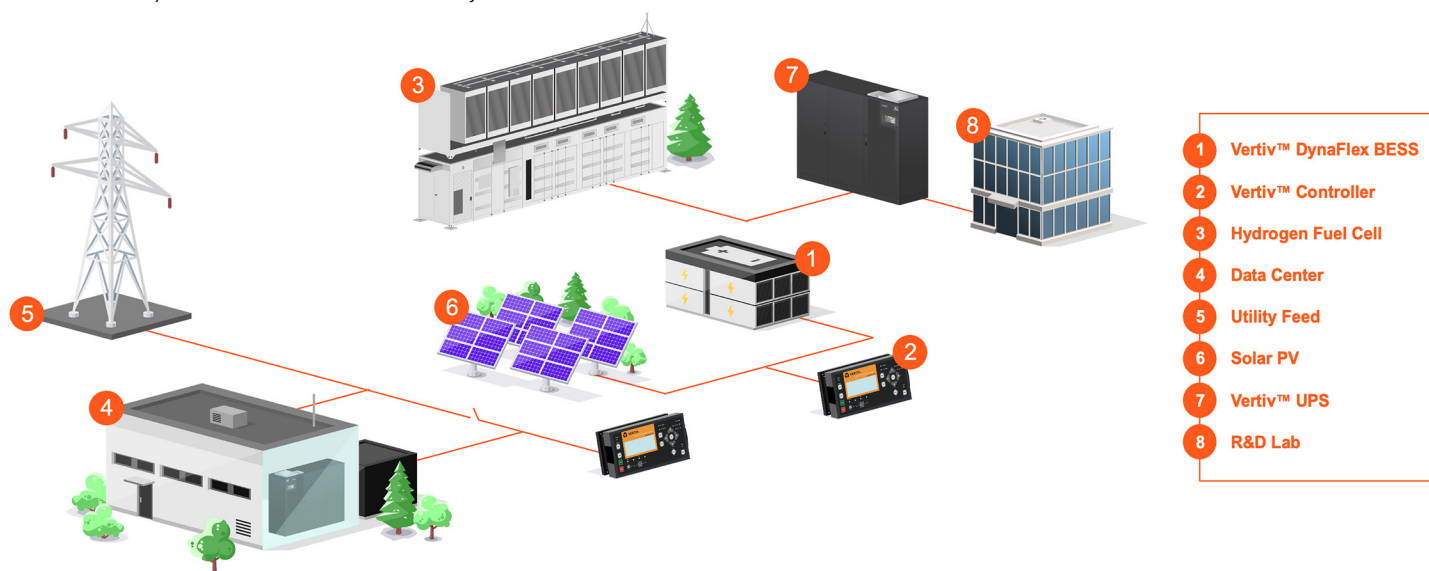
A continuación, echaremos un vistazo a algunas de las principales características del ecosistema híbrido y analizaremos las estrategias que permiten reducir el impacto climático y garantizar el funcionamiento y la consecución de otros objetivos.



BESS: un buen lugar para iniciar

- Contrarresta la inestabilidad de las fuentes de alimentación
- Permite que el operador pueda optimizar el funcionamiento del sistema de potencia de diversas maneras

Una de las claves para lograr un ecosistema híbrido eficiente es agregar un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS). Los últimos avances en tecnologías de baterías (incluidas las baterías redox de vanadio de flujo) permiten que un BESS pueda ofrecer suficiente capacidad de almacenamiento para hacerlas una propuesta viable en muchas aplicaciones de potencia y pueden utilizarse de muchas maneras según sus objetivos.



Almacenamiento de energía de cualquier fuente

Naturalmente, el principal beneficio es que un BESS almacena energía de otras fuentes y le permite decidir cuándo y cómo utilizarla. De esta manera, puede contrarrestar la inestabilidad de sus fuentes de alimentación, especialmente —mas no exclusivamente— las energías renovables; en caso de que una o más fuentes de alimentación sufran una interrupción temporal, puede usar el BESS como compensación hasta que las otras fuentes de energía se encuentren disponibles nuevamente (o hasta que se agote el BESS). Hasta que las tecnologías como el Power-to-X y el almacenamiento térmico maduren y estén listas para salir al mercado, un BESS es la única solución viable para almacenar la energía producida por otras fuentes.

Fuentes de alimentación de reacción rápida

Aunque los grupos electrógenos también pueden utilizarse para ofrecer respaldo del suministro, un BESS es una fuente de alimentación de reacción rápida que permite cambios en la carga instantáneamente mientras que los grupos electrógenos, incluso en el mejor de los casos, requieren unos segundos para encender y sincronizarse. Esta combinación de almacenamiento flexible y potencia inmediata para cuando se requiera ofrece la resiliencia básica necesaria en cualquier sistema de potencia crítica.

Estrategias con un BESS

Utilizar energías renovables incluso cuando estas sufren una interrupción

- Si cuenta con energías renovables en su configuración, puede almacenar la energía renovable no utilizada en el BESS y aprovecharla después cuando las energías renovables no produzcan suficiente energía, por ejemplo, debido a condiciones meteorológicas adversas. De esta manera, puede garantizar una máxima penetración de la energía renovable.

Limitar el uso de los grupos electrógenos

- Si ni la red eléctrica ni las energías renovables producen suficiente potencia para satisfacer la demanda de la carga, el BESS le permite operar de forma confiable con energía almacenada económica o ecológica (hasta que el BESS se agote) en lugar de encender uno o más grupos electrógenos. De esta manera, ahorra combustible y disminuye las emisiones y el número de encendidos y apagados de los grupos electrógenos.

Optimizar el uso de los grupos electrógenos

Cuando enciende sus grupos electrógenos, usted puede operarlos a su punto de funcionamiento óptimo (por ejemplo, 70 % de carga) debido a que el BESS puede ofrecer o requerir potencia según se necesite. De esta manera, usted mejora la eficiencia del combustible, reduce las emisiones, disminuye la necesidad de mantenimiento y prolonga la vida útil de los grupos electrógenos.

Evitar las elevadas tarifas de la red eléctrica

- Si las tarifas de la red eléctrica varían a lo largo del día, puede cargar el BESS con la red eléctrica de menor tarifa (por ejemplo, durante la noche) para utilizarla después cuando las tarifas son más elevadas.
- Si su contrato con los servicios públicos implica pagar tarifas más elevadas por la potencia consumida más allá del alcance del contrato, el BESS puede ofrecer el suministro eléctrico adicional necesario durante los periodos de demanda máxima y así evitar tarifas más altas.

La necesidad de una gestión de potencia inteligente

- Garantiza la flexibilidad, la escalabilidad, la resiliencia y el cumplimiento con los requisitos operativos
- Fácil de configurar, mantener, operar y reconfigurar

La gestión de las fuentes de alimentación en un ecosistema híbrido exige una solución de control capaz de coordinar todas las fuentes energéticas para garantizar un suministro ininterrumpido o alcanzar los objetivos de rendimiento de los operadores.

Existen diversas maneras de configurar una solución de ecosistema híbrido. Una manera tradicional de gestionar el control del sistema de potencia es configurar un sistema entre pares en el cual un controlador de pares controla y coordina un número de controladores de pares que gestionan cada fuente de alimentación y otros componentes clave como cargas e interruptores de enlace. Este consiste en un enfoque probado y comprobado, pero en un contexto de potencia híbrida.

Además, tiene dos desventajas:

- Programar cada controlador para utilizarlo en una configuración de potencia híbrida es una labor enorme. Existen muchas fuentes de alimentación que necesitan coordinarse y, por lo tanto, la lógica debe tomar en consideración múltiples escenarios operativos para ofrecer flexibilidad y estabilidad operativas.
- Tal y como ocurre con otros sistemas de potencia, si el controlador falla, no hay control ni coordinación de las fuentes de alimentación. Esto puede lograrse por medio de comprar controladores de respaldo para cada controlador en la red, pero esto suele ser excesivamente costoso y exigir una programación mucho más personalizada.

PMS: una mejor alternativa

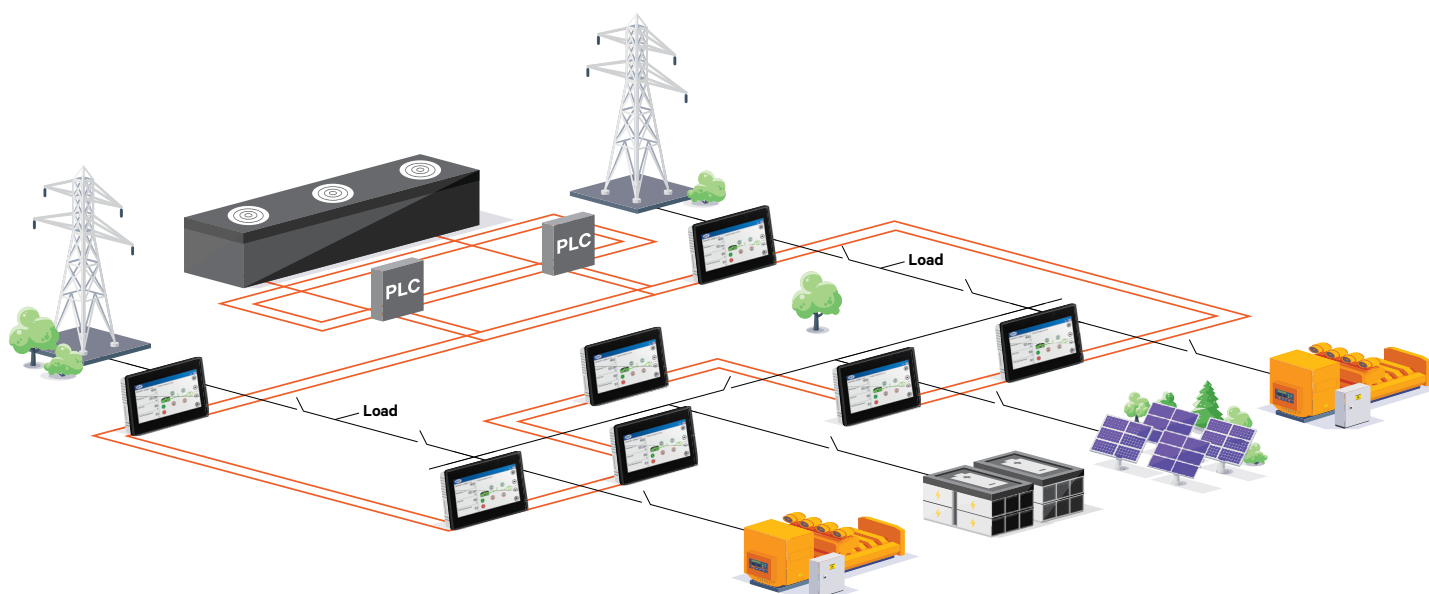
Utilizar un sistema de gestión de potencia (PMS) inteligente basado en una red de controladores descentralizados (como se muestra en la ilustración de la página 5) es una mejor alternativa. Un PMS gestiona y optimiza automáticamente la operación del ecosistema híbrido con base en los requisitos del operador.

Cada controlador administra una fuente de alimentación, por ejemplo, una conexión a la red eléctrica, un grupo electrógeno, un aerogenerador o un BESS. La información del estado de la demanda de carga actual y la producción de potencia actual de cada fuente conectada se intercambia continuamente entre los controladores y estos utilizan esta información para coordinar a cuál fuente de alimentación dar prioridad con base en los requisitos del usuario.

Redundancia del controlador

Los controles descentralizados ofrecen una solución de gestión en la cual cualquier controlador puede asumir el control de las funciones de control de otro controlador. Si uno de los controladores de pares falla, otro controlador puede asumir el control del sistema, lo cual garantiza que este no se vea comprometido. Este sistema inteligente se conoce como una solución entre pares. Para garantizar una redundancia total a través de la arquitectura de control, resulta importante utilizar dos cables separados con puertos de comunicación separados en la red central del PMS.

Un PMS gestiona y optimiza automáticamente la operación del ecosistema híbrido con base en los requisitos del operador.



¿PMS o EMS?

A un sistema de gestión de potencia (PMS) se le llama algunas veces un sistema de gestión energética (EMS). En este artículo técnico, utilizaremos el término sistema de gestión de potencia o PMS.

Estrategias con un PMS inteligente

Maximizar la penetración de la alimentación ecológica

- El PMS puede configurarse para dar prioridad a las energías renovables cuando sea posible. Por ejemplo, en un día despejado y ventoso, puede satisfacer la demanda de carga por medio de aerogeneradores mientras carga un BESS con los paneles fotovoltaicos. Si la intensidad del viento disminuye o hay poca luz solar, el sistema podría conmutarse automáticamente para satisfacer la demanda de carga por medio de paneles fotovoltaicos (y detener la carga del BESS). Algunos controladores de PMS para energías renovables son configurados en la fábrica para maximizar la penetración de la potencia sostenible en cualquier aplicación.

Optimizar la operación de los grupos electrógenos

- Como se explicó anteriormente, los grupos electrógenos que operan al punto de funcionamiento óptimo consumen menos combustible y producen menos emisiones. La labor de controlar y coordinar las fuentes de alimentación en el ecosistema híbrido puede manejarse por medio del PMS para operar cada grupo electrógeno de forma óptima. Si hay varios grupos electrógenos disponibles con diferentes capacidades nominales, el PMS puede combinarlos para alcanzar la operación más eficiente posible y las necesidades de carga adicionales pueden satisfacerse mediante el uso de otras fuentes si es necesario.

Garantizar la resiliencia

- El PMS monitorea constantemente la carga y todas las fuentes de alimentación conectadas y se asegura de que la potencia necesaria para el punto de carga se encuentre siempre disponible al encender o apagar las fuentes de alimentación según se requiera. Por ejemplo, si el sistema es alimentado por un panel fotovoltaico y llegan las nubes, el sistema podría conmutarse a una fuente de alimentación diferente, por medio de encender los grupos electrógenos, recurrir a un BESS o conmutarse a la red eléctrica. Por lo general, un PMS contará con funciones avanzadas como una carga mínima de grupos electrógenos o reserva inmediatamente disponible que le ayudarán a obtener la máxima seguridad posible del suministro y al mismo tiempo la mayor penetración de alimentación ecológica.

Alojar todos los tipos de fuentes de alimentación

- Algunas soluciones de PMS inteligentes son capaces de manejar y coordinar todos los tipos de fuentes de alimentación: las conexiones con la red eléctrica, los grupos

electrógenos, los paneles fotovoltaicos, los aerogeneradores, las turbinas de gas y las hidroeléctricas, y los BESS. Los dos parámetros críticos son obtener controladores compatibles entre sí, diseñados y configurados para manejar cada tipo de fuente de alimentación individual.

Permitir reconfiguraciones sencillas del sistema

- Con un PMS inteligente, el ecosistema híbrido puede aumentarse o disminuirse según se necesite. Por ejemplo, al utilizar controladores inteligentes compatibles, agregar un grupo electrógeno o un panel fotovoltaico adicional con un controlador compatible con el resto se vuelve muy sencillo. Por lo general, las soluciones PMS inteligentes incorporan automáticamente el nuevo controlador tan pronto como se conecta, incluido el nuevo controlador y su fuente de alimentación en la lógica de gestión de potencia, lo cual le permite alcanzar sus objetivos.

Es importante destacar que muchos de estos beneficios pueden obtenerse de forma simultánea. Por ejemplo, se podría configurar un sistema de potencia híbrida con un PMS inteligente para maximizar la penetración de la potencia sostenible, pero se debe supervisar de cerca la demanda de carga, para una conmutación inmediata entre las fuentes de alimentación según se necesite y así garantizar un funcionamiento ininterrumpido. Si el PMS necesita encender uno o más grupos electrógenos, puede combinarlos con otras fuentes de alimentación (si se encuentran disponibles) para optimizar el funcionamiento de los grupos electrógenos y disminuir el consumo de combustible y las emisiones, nuevamente para combinar la sostenibilidad con la confiabilidad.

Hacerlo al ritmo propio

- Los ecosistemas híbridos no son todo o nada
- Consejos y recomendaciones

Pasar de 0 al 100 % en el uso de energías renovables raramente ocurre de la noche a la mañana y lo mismo aplica para otros cambios en las soluciones de potencia existentes: a menudo, los cambios deben realizarse de manera gradual. Puede que las inversiones necesiten dividirse a lo largo de varios periodos presupuestarios y las preocupaciones en cuanto al funcionamiento dan lugar a un enfoque prudente a la hora de actualizar o rediseñar el sistema.

Con un PMS inteligente, los componentes de los sistemas pueden actualizarse según se necesite y al ritmo del operador.

Por suerte, los ecosistemas híbridos no son todo o nada. Con controladores flexibles, escalables y reconfigurables interconectados en un PMS inteligente capaz de manejar tanto fuentes de energía renovables y fósiles como el almacenamiento de energía, los componentes del sistema pueden actualizarse según sea necesario y al ritmo del operador.

Existen muchas maneras de volverse híbrido o ampliar los ecosistemas híbridos existentes. Los operadores pueden adquirir un nuevo PMS diseñado para manejar ecosistemas híbridos o integrar un BESS o energía renovable en un sistema de potencia existente si el nuevo controlador puede configurarse para ser compatible con la arquitectura de control existente. Es cuestión de decidir cuáles son sus objetivos y qué tan rápido necesita que haya cambios. El primer paso, como siempre, es ser claros con sus requisitos y las razones para volverse híbrido. Como se explicó anteriormente, híbrido y ecológico no son la misma cosa, y puede haber muchas razones para adoptar una solución de potencia híbrida gradualmente.

Le recomendamos optar por controladores flexibles, configurables y preparados para el futuro que pueden ajustarse a cualquier reconfiguración o cambio en su ecosistema híbrido. Además, le recomendamos trabajar con los proveedores, los cuales pueden ofrecer ingeniería, personalización y soporte a largo plazo que le permitan contar con una solución sostenible y confiable, y decidir el grado de sostenibilidad y el ritmo de transformación para una solución más sostenible.

Conclusión

La transformación ecológica es solo eso: una transformación, no una revolución. La sostenibilidad y la confiabilidad no son mutuamente exclusivas y no necesita adoptar una sostenibilidad del 100 % desde el principio. Sin duda, los profesionales en potencia necesitan aumentar la participación de las energías renovables en la mezcla energética, pero esa necesidad debe estar equilibrada con las consideraciones operativas; además, el ecosistema híbrido debe ofrecer el rendimiento, aún importante para las empresas y organizaciones, así como sus clientes y la sociedad en general.

Términos clave explicados

- **Cierre antes de la excitación:** (también conocido como sincronización de aceleración o sincronización de bus muerto): Una función que se encuentra en algunos controladores de grupos electrógenos y permite encender cualquier número de grupos electrógenos en 10 segundos o menos, lo cual garantiza una energía de respaldo rápida. La función cierra los disyuntores en la barra de alimentación antes de poner en marcha y sincronizar los grupos electrógenos, lo cual ahorra un tiempo valioso.
- **Compensación de la caída:** asegurarse de que el voltaje y la frecuencia de un grupo electrógeno se encuentre dentro de los valores nominales. Por lo general, los grupos electrógenos se configuran para permitir fluctuaciones de voltaje y frecuencia, lo cual les permite manejar mejor los cambios de la carga. Esto se conoce como caída. Sin embargo, tales fluctuaciones pueden afectar negativamente a algunas cargas, por lo que algunos controladores inteligentes de gestión de la potencia pueden compensar la caída y mantener los valores nominales.
- **Fuente de alimentación formadora de red:** una fuente de alimentación capaz de formar una onda sinusoidal V/f o soportar una onda sinusoidal en paralelo con otras fuentes. Las fuentes de alimentación formadoras de red son capaces de operar por sí mismas.
- **Fuente de alimentación no formadora de red:** una fuente de alimentación incapaz de formar una onda sinusoidal V/f y, por lo tanto, incapaz de funcionar por sí misma. Los inversores fotovoltaicos son un ejemplo. Las fuentes de alimentación no formadoras de red pueden soportar la carga mediante puntos de ajuste P/Q.
- **Reserva inmediatamente disponible:** mantener uno o más grupos electrógenos en funcionamiento y conectados con la barra de alimentación para asegurarse de que puedan proporcionar un respaldo de energía rápido en caso de ser necesario. Algunos controladores PMS inteligentes pueden ajustar automáticamente la cantidad de reserva inmediatamente disponible para que coincida con las condiciones operativas actuales y la demanda de carga. En un sistema híbrido con un BESS, el BESS puede proporcionar energía de respaldo en su lugar.



Vertiv.com | Sede de Vertiv, 505 N Cleveland Ave, Westerville, OH 43082, EE. UU.

© 2022 Vertiv Group Corp. Todos los derechos reservados. Vertiv™ y el logotipo Vertiv son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Vertiv Group Corp. Todos los demás nombres y logotipos que se refieren son nombres comerciales, marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios. Aunque se han tomado todas las precauciones para garantizar la exactitud e integridad del presente documento, Vertiv Group Corp. no asume ninguna responsabilidad y se exime de toda obligación por los daños resultantes del uso de esta información o de cualquier error u omisión. Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.