



WHITE PAPER DA VERTIV

Alcançando a Neutralidade de Carbono com Ecossistemas Híbridos: Estratégias para Combinar Sustentabilidade e Confiabilidade

Sumário Executivo

Ecosistemas híbridos oferecem diversas formas para reduzir o impacto sobre o clima para empresas e organizações que estejam trabalhando para melhorar sua pegada de carbono. Embora a energia elétrica híbrida não seja propriamente uma tecnologia verde, ela pode ser usada para reduzir as emissões de carbono e chegar a operações mais verdes em um ecossistema e simultaneamente atingir diferentes metas operacionais. Os sistemas de armazenamento de energia em baterias e o gerenciamento inteligente da energia são dois fatores essenciais para projetar e operar um ecossistema híbrido confiável e à prova de futuro.

O Uptime (tempo de atividade) verde é possível?

Cada vez mais empresas e organizações estão tomando medidas para reduzir seu impacto no clima através da redução das emissões de carbono de suas operações. Há diversos bons motivos para fazer isso. Além de atender aos requisitos regulatórios, empresas e organizações podem precisar satisfazer às demandas dos clientes por operações verdes, e muitas vezes elas próprias têm metas climáticas ambiciosas. A setor de data centers, por exemplo, se comprometeu a alcançar a neutralidade de carbono até 2030, atingindo 75% dessa meta já em 2025.

A Indústria de Data Centers comprometeu-se a alcançar a neutralidade de carbono até 2030

Aumentar o uso de energias renováveis, como turbinas eólicas, painéis solares e células a combustível, e reduzir a dependência por fontes de energia de combustíveis fósseis, como geradores a diesel, é uma forma de reduzir o impacto climático. Energias renováveis percorreram um longo caminho nos últimos anos e tecnologias como turbinas eólicas e painéis solares estão agora maduras, eficientes e competitivas.



Energias Renováveis em Ascensão

Cálculos preliminares mostraram que aproximadamente 46% do consumo energético da Alemanha em 2020 foi atendido por energias renováveis, de acordo com a associação do setor de energia alemão BDEW e do centro para Pesquisa de Hidrogênio e Energia Solar localizado em Baden-Wuerttemberg (ZSW).

Entretanto, ainda existe um obstáculo para aumentar a confiança nas energias renováveis: sua natureza inerentemente instável joga contra a necessidade por alimentação de energia ininterrupta, ou colocado de uma forma mais direta, não se pode alimentar um rack servidor através de um painel solar em dias nublados.

Então, os profissionais que trabalham com energia elétrica precisam escolher entre sustentabilidade e confiabilidade, ou é possível combinar energias renováveis com uma operação ininterrupta? As respostas para essa pergunta são: não e sim. Com ecossistemas híbridos, operadores podem usar várias estratégias para reduzir o impacto climático enquanto garantem a alimentação constante de energia através de uma combinação de fontes de energia. Além disso, ecossistemas híbridos podem

ser usados para operar as fontes de energia de combustível fóssil de forma mais eficiente, reduzindo, portanto, o consumo de combustíveis e o impacto climático.

Em resumo: o uptime verde é possível – a sustentabilidade pode ser combinada com a confiabilidade. Neste white paper, explicaremos o que é um ecossistema híbrido, daremos recomendações para projetar ecossistemas híbridos e exploraremos algumas das estratégias que eles oferecem para a redução no impacto climático.

Nenhuma Fonte de Energia é 100% Disponível

Embora grupos geradores e a energia da rede elétrica sejam geralmente considerados mais confiáveis do que as energias renováveis, nem mesmo essas fontes de alimentação de energia são uma garantia de 100% de disponibilidade:

- Se um grupo gerador não tiver manutenção e testes adequados, ele pode não dar a partida quando necessário. As causas comuns para falhas em grupos geradores incluem falha na bateria ou no arranque, líquido de refrigeração insuficiente ou erro nas configurações de controle.
- Redes elétricas também podem cair devido a equipamentos com mau funcionamento, com consequências negativas em grandes áreas. Em fevereiro de 2021, por exemplo, o estado americano do Texas sofreu uma crise energética porque vários dos equipamentos de geração de energia do estado estavam despreparados para uma série de tempestades de inverno fortes. Além das perdas ao redor de 10 a 20 bilhões de dólares que não tinham seguro, o evento resultou na perda de mais de 100 vidas.



Principais características e benefícios da integração e segregação

O que é um Ecossistema Híbrido?

- Uma solução usando uma combinação de duas ou mais fontes de energia diferentes, sendo que uma ou mais são renováveis
- Possibilita que o operador atinja diferentes metas operacionais, como a redução do consumo de combustíveis e das emissões

Apesar dos ecossistemas híbridos serem muitas vezes usados para reduzir o impacto climático (por exemplo, nos carros), a energia híbrida, por definição, não é necessariamente verde. Ela é uma solução que cobre uma dada demanda de carga usando uma combinação de duas ou mais diferentes fontes de energia. Com uma solução de energia híbrida, o operador pode combinar as fontes conectadas conforme necessário de forma a explorar seus benefícios e atingir diferentes objetivos operacionais. Quando energias renováveis estão incluídas em uma solução híbrida, ela é frequentemente chamada de um ecossistema.

Exemplos de ecossistemas híbridos incluem energia da rede elétrica com backup por grupo gerador, um parque solar ou eólico com armazenamento em baterias ou uma configuração que combine diversas fontes de energia: energia da rede elétrica, grupos geradores, diversas energias renováveis e armazenamento em baterias.

Definição de Ecossistema Híbrido

Energia híbrida é uma solução que cobre uma dada demanda de carga usando uma combinação de duas ou mais diferentes fontes de energia. O operador pode combinar as fontes conectadas conforme necessário para explorar seus benefícios e atingir diferentes objetivos operacionais. Quando energias renováveis estão incluídas em uma solução híbrida, ela é frequentemente chamada de um ecossistema.

A flexibilidade de um ecossistema híbrido o torna ideal para reduzir o impacto climático pois o operador pode configurar o sistema para funcionar de uma forma amigável ao clima. Há diversas maneiras de fazer isso, e nem todas elas envolvem soluções tradicionalmente consideradas verdes, como o uso de turbinas eólicas ou painéis solares.

Um ecossistema híbrido, por exemplo, pode ser usado para fazer grupos geradores a diesel funcionar com eficiência ótima. Ao fazê-lo, o consumo de combustível e as emissões de carbono desses grupos geradores são reduzidos, mitigando seu impacto climático. Essa é uma abordagem amigável ao clima em comparação aos grupos geradores que produzem a mesma energia, mas consomem mais combustível e produzem mais emissões.

Vamos dar uma olhada em como um ecossistema híbrido pode ser configurado e controlado.

Exemplo de Design de Ecossistema Híbrido

Neste exemplo de ecossistema híbrido, a demanda de carga pode ser coberta através do uso de energia da rede elétrica, grupos geradores, painéis solares, uma turbina eólica ou um sistema de armazenamento de energia em baterias (BESS). Cada fonte de energia é gerenciada por um controlador dedicado e todos os controladores são interligados (usando duas linhas de comunicação para assegurar a redundância). Todo o sistema é ligado ao sistema supervisor SCADA através de um gateway baseado em PLC. Se o sistema precisasse lidar com cargas grandes, a carga poderia ser também monitorada usando-se controladores de carga dedicados.

Um ecossistema híbrido poderia facilmente incluir mais fontes de energia, por exemplo, turbinas hidroelétricas ou a gás, ou poderia ter menos fontes (desde que fossem pelo menos duas). Ele também poderia ser controlado de outras formas – discutiremos abaixo estratégias de controle eficientes. Por enquanto, o ponto mais importante é que o sistema, através da sua combinação de fontes de energia, é capaz de atingir vários objetivos operacionais diferentes – frequentemente até ao mesmo tempo:

- Maximizar o uso de energias renováveis
- Melhorar a resiliência do sistema de alimentação de energia
- Otimizar operação do equipamento
- Reduzir os custos com combustível

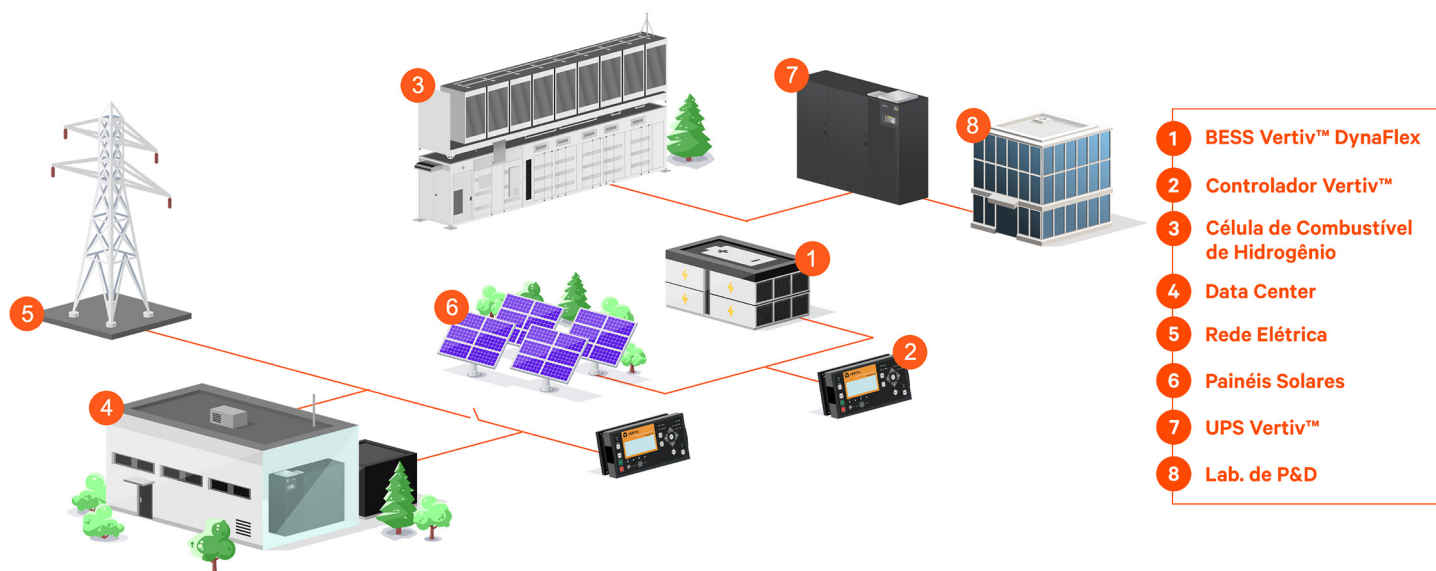
A seguir, veremos algumas das principais características dos ecossistemas híbridos e discutiremos as estratégias que eles habilitam para reduzir o impacto climático ao mesmo tempo em que garantem o uptime e atingem outras metas.



BESS: Um Bom Lugar para Começar

- Contrabalança a instabilidade da fonte de energia
- Permite que o operador otimize a operação do sistema de energia de diversas formas

Um ponto importante para ter um ecossistema híbrido eficiente é adicionar um sistema de armazenamento de energia em baterias (BESS). Avanços recentes na tecnologia de baterias (incluindo baterias de fluxo redox de vanádio) significam que um BESS pode agora oferecer capacidade de armazenamento suficiente para torná-los uma proposta viável em diversas aplicações de energia, e eles podem ser usados de diversas formas, dependendo dos seus objetivos.



Armazenamento de Energia de Qualquer Fonte

Logicamente, o principal benefício do BESS é armazenar energia de qualquer fonte e permitir que você decida quando e como usá-la. Isso possibilita corrigir a instabilidade das suas fontes de energia, especialmente (mas não apenas) as renováveis: caso uma ou mais fontes de energia estejam temporariamente indisponíveis, você pode usar o BESS para compensar até que as outras fontes se tornem disponíveis novamente (ou até que o BESS esteja esgotado). Até que tecnologias como power-to-x (P2X) e armazenamento térmico estejam maduras e prontas para o mercado, um BESS é a única solução viável para armazenar energia produzida por outras fontes.

Fontes de Energia de Resposta Rápida

Embora os grupos geradores possam também ser usados para fornecer energia de backup, um BESS é uma fonte de energia de resposta rápida que permite a você lidar instantaneamente com mudanças na carga, enquanto os grupos geradores, na melhor das hipóteses, demandam alguns segundos para arrancar e sincronizar. Essa combinação de armazenamento flexível e alimentação instantânea quando for preciso proporciona a resiliência básica necessária em qualquer sistema de energia crítica.

Estratégias com um BESS

Usar energias renováveis mesmo quando elas estão off-line

- Se você tiver energias renováveis em sua configuração, você pode armazenar no BESS a energia renovável não utilizada e usá-la mais tarde quando as renováveis não produzirem energia suficiente, por exemplo, devido a condições climáticas adversas. O fazê-lo, é possível garantir a máxima inserção de energias renováveis.

Limitar o uso de grupos geradores

- Se nem a rede elétrica nem as fontes de energia renováveis produzirem energia suficiente para cobrir a demanda de carga existente, o BESS permite que você opere de forma confiável com energia armazenada barata e/ou verde (até que o BESS esteja esgotado) ao invés de dar a partida em um ou mais grupos geradores. Assim, você economizará combustível e reduzirá emissões e a quantidade de partidas/paradas de grupos geradores.

Otimizar o uso dos grupos geradores

Ao ligar seus grupos geradores, você pode fazê-los funcionar a seu ponto ótimo (p.ex. carga de 70%) porque o BESS pode fornecer ou demandar energia caso seja necessário. Ao fazê-lo, você melhora a eficiência no uso do combustível, reduz a necessidade de manutenção e prolonga a vida útil do grupo gerador.

Exemplo: Se um grupo gerador estiver funcionando a carga de 40%, o BESS pode demandar potência de carga, aumentando a carga do grupo gerador para 70%. Em contrapartida, se ele estiver funcionando a uma carga alta de 95%, o BESS pode descarregar potência de carga, dando suporte ao grupo gerador de forma que sua carga caia para os 70% ótimos.

Evitar as Altas Tarifas da Rede Elétrica

- Se as tarifas da rede elétrica variarem ao longo do dia, você pode carregar o BESS no horário de tarifa baixa (p. ex., a noite) para usá-la mais tarde quando as tarifas são mais altas.
- Se seu contrato com a concessionária determinar que você pague tarifas mais altas pela energia consumida fora do escopo do contrato, o BESS pode fornecer a energia extra necessária durante os períodos de pico de demanda, de forma que você evite tarifas mais altas.

A Necessidade do Gerenciamento Inteligente da Energia

- Garante flexibilidade, escalabilidade, resiliência e cumprimento dos requisitos do operador
- Fácil de configurar, fazer a manutenção, rodar e reconfigurar.

Gerenciar as fontes de energia em um ecossistema híbrido requer uma solução de controle capaz de coordenar todas as fontes de energia para garantir alimentação ininterrupta e atingir as metas de performance do operador.

Há diversas formas de configurar uma solução de controle para um ecossistema híbrido. Uma forma tradicional de fazer o controle do sistema de energia é configurar um sistema peer-to-peer (P2P), no qual um controlador peer controla e coordena uma determinada quantidade de controladores peer gerenciando cada fonte de energia e outros componentes chave como cargas e disjuntores de conexão de barramento (bus-tie). Essa é uma abordagem testada, mas no contexto da energia híbrida, há dois principais inconvenientes:

- Programar cada controlador para usar em uma configuração híbrida de energia é uma tarefa gigantesca. Há muitas fontes de energia que precisam ser coordenadas e a lógica deve, portanto, levar em consideração diversos diferentes cenários operacionais para proporcionar flexibilidade e estabilidade operacional.
- Como em outros sistemas de energia, se o controlador falhar, não haverá controle ou coordenação das fontes de energia. Isso pode ser resolvido comprando-se controladores de backup para cada controlador na rede, mas isso geralmente tem um custo proibitivo e requer programação ainda mais customizada.

PMS: Uma Alternativa Melhor

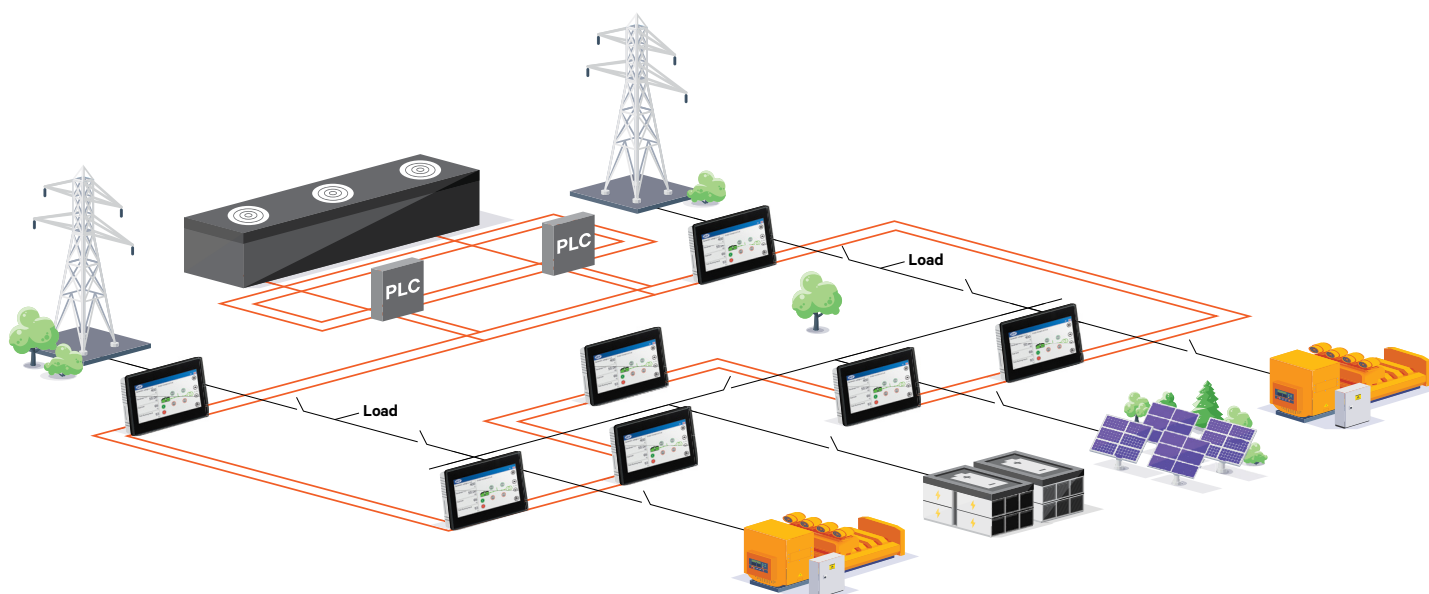
Usar um sistema de gerenciamento de energia (PMS) inteligente com base em uma rede de controladores descentralizados (como mostrado na ilustração na página 5) é uma alternativa melhor. Um PMS automaticamente gerencia e otimiza a operação do ecossistema híbrido com base nos requisitos do operador.

Cada controlador lida com uma fonte de energia, por exemplo, uma conexão com a rede elétrica, grupo gerador, turbina eólica ou BESS. Informações sobre o status da demanda de carga existente e da produção de energia existente de cada fonte conectada são continuamente compartilhadas entre os controladores, e eles usam essas informações para coordenar quais fontes de energia priorizar com base nos requisitos do usuário.

Redundância do controlador

Os controles descentralizados proporcionam uma solução de gerenciamento na qual qualquer controlador pode assumir as funções de controle de outro controlador. Se um dos controladores peer falhar, outro controlador poderá assumir o controle do sistema, garantindo que o controle do sistema não seja comprometido. Tal sistema inteligente é chamado de solução peer-to-peer (P2P). Para garantir a total redundância através da arquitetura de controle, é muito importante usar dois cabos separados com portas de comunicação separadas no backbone do PMS.

Um PMS automaticamente gerencia e otimiza a operação do ecossistema híbrido com base nos requisitos do operador.



PMS ou EMS?

Um sistema de gerenciamento de energia (PMS) é referido algumas vezes com o acrônimo EMS. Neste white paper, usamos consistentemente sistema de gerenciamento de energia, ou PMS.

Estratégias com um PMS Inteligente

Maximizar a penetração da energia verde

- O PMS pode ser usado para priorizar as energias renováveis sempre que possível. Por exemplo, em um dia claro, de muito vento, ele poderia cobrir a demanda de carga usando turbinas eólicas enquanto carrega um BESS através de painéis solares. Se o vento parar, mas o sol continuar brilhando, o sistema poderia transferir automaticamente para cobrir a carga usando os painéis solares (e parar de carregar o BESS). Alguns controladores PMS para energias renováveis são configurados em fábrica para maximizar o uso de energia sustentável em qualquer aplicação.

Otimizar a operação dos grupos geradores

- Conforme explicado acima, os grupos geradores funcionando em seu ponto ótimo consomem menos combustível e produzem menos emissões. A tarefa de controlar e coordenar as fontes de energia no ecossistema híbrido pode ser feita pelo PMS, de forma que cada grupo gerador seja operado de forma ótima. Se vários grupos geradores de diferentes potências estiverem disponíveis, o PMS pode combiná-los para alcançar a operação mais eficiente possível e os requisitos para carga adicional podem ser cobertos pelo uso de outras fontes, se necessário.

Garantir a resiliência

- O PMS monitora constantemente a carga e todas as fontes de energia conectadas e garante que a alimentação necessária para a carga esteja sempre disponível ligando e desligando fontes de alimentação conforme necessário. Se o sistema estiver funcionando com uma energia de painéis solares, por exemplo, e então nuvens surgirem, o sistema poderia transferir para uma fonte de energia diferente em tempo hábil, por exemplo ligando os geradores, usando um BESS ou transferindo para uma rede elétrica. Um PMS frequentemente terá funções avançadas, como carga mínima para o grupo gerador ou reserva circulante (spinning reserve) (ver a definição dos principais termos) que o ajudará a manter a segurança do maior fornecimento possível e da máxima penetração de energia verde – simultaneamente.

Acomodar todos os tipos de fontes de energia

- Algumas soluções de PMS inteligentes são capazes de lidar e coordenar todos os tipos de fontes de energia: conexões com a rede elétrica, grupos geradores, painéis solares, turbinas eólicas, hidroelétricas e a gás e BESSes. Os dois parâmetros críticos são ter controladores compatíveis entre si e que sejam projetados e configurados para lidar com cada tipo individual de fonte de energia.

Permitir reconfigurações fáceis do sistema

- Com um PMS inteligente, o ecossistema híbrido pode ser expandido ou reduzido conforme necessário. Quando você usa controladores inteligentes e compatíveis, adicionar, por exemplo, um grupo gerador adicional ou um painel solar, tendo um controlador que seja compatível com o restante, torna-se muito fácil. Soluções PMS inteligentes frequentemente integram o novo controlador assim que ele for conectado, incluindo o novo controlador e sua fonte de energia na lógica do gerenciamento de energia, garantindo que seus objetivos sejam atingidos.

É importante salientar que diversos desses benefícios podem ser obtidos simultaneamente. Um sistema de energia híbrido com um PMS inteligente poderia, por exemplo, ser configurado para maximizar a entrada de energias sustentáveis, mas observando a demanda de carga e imediatamente transferido de uma fonte de alimentação para outra conforme necessário e, portanto, garantindo também uma operação ininterrupta. Se o PMS precisar acionar um ou mais grupos geradores, ele poderia combiná-los com outras de fontes de energia (se disponíveis) para otimizar a operação do grupo gerador e reduzir o consumo de combustível e as emissões, novamente combinando sustentabilidade com confiabilidade.

Fazendo Tudo no Seu Ritmo

- Ecossistemas híbridos não são, de forma alguma, ‘tudo ou nada’
- Conselhos e recomendações

Ir de 0% de energias renováveis para 100% de uma só vez raramente é viável, e o mesmo se aplica para outras mudanças feitas em soluções de energia existentes. Mudanças muitas vezes precisam ser faseadas gradualmente. Os investimentos podem precisar ser divididos em diversos períodos orçamentários e as preocupações com a disponibilidade levam a uma abordagem cautelosa ao realizar upgrades ou reconfigurações de sistemas.

Felizmente, os ecossistemas híbridos não são ‘tudo ou nada’. Com controladores flexíveis, escaláveis e reconfiguráveis interligados em um PMS inteligente capaz de lidar tanto com fontes de energia fósseis quanto renováveis e com o armazenamento de energia, os componentes do sistema podem ser atualizados conforme necessário no ritmo próprio do operador.

Com um PMS inteligente, os componentes do sistema podem ser atualizados conforme necessário e no ritmo próprio do operador.

Há diversas maneiras de passar para um ecossistema híbrido ou ampliar um já existente. Os operadores podem comprar um novo PMS projetado para lidar com ecossistemas híbridos, ou integrar um BESS, ou integrar uma energia renovável em um sistema de energia existente, desde que o novo controlador possa ser configurado para ser compatível com a arquitetura de controle existente. É uma questão de decidir quais são seus objetivos e o quão rápido você precisa que a mudança aconteça. O primeiro passo, como sempre, é ser claro em relação aos seus requisitos e as suas razões para passar para um ecossistema híbrido. Conforme esclarecido acima, híbrido e verde não são a mesma coisa, e há diversos motivos para se querer implementar uma solução de energia híbrida em fases.

Recomendamos que você opte por controladores flexíveis, configuráveis e à prova de futuro, e que possam acomodar qualquer reconfiguração ou mudança em seu ecossistema híbrido. Também o aconselhamos a trabalhar com fornecedores que possam proporcionar a engenharia, a customização e o suporte de longo prazo que permitam que você tenha uma solução sustentável e confiável, e o deixem decidir o grau de sustentabilidade e o ritmo da transformação para uma solução mais sustentável.

Conclusão

A transformação verde é apenas isto – uma transformação, e não uma revolução. Sustentabilidade e confiabilidade não são mutuamente excludentes, e você não precisa passar a 100% de sustentabilidade desde o início. Não há dúvidas de que os profissionais da área de energia precisam aumentar a quantidade de energias renováveis na matriz energética, mas essa necessidade precisa ser equilibrada com considerações operacionais e o ecossistema híbrido precisa entregar a performance que ainda é importante para empresas e organizações, e para seus clientes e a sociedade como um todo.

Explicação dos termos chaves

- **Desligamento antes da excitação** (também chamado de sincronização “dead bus”): Recurso encontrado em alguns controladores de grupos geradores, o qual permite que grupos geradores em qualquer quantidade sejam inicializados em 10 segundos ou menos, garantindo energia de backup rápida. O recurso fecha os disjuntores no barramento antes da partida e sincroniza os grupos geradores, economizando um tempo valioso.
- **Compensação de queda:** Garante que a tensão e a frequência de um grupo gerador estejam dentro dos valores nominais. Grupos geradores são muitas vezes configurados para permitir flutuações de tensão e frequência, permitindo que eles lidem melhor com variações da carga. Isso é conhecido como “droop”. Entretanto, essas flutuações podem afetar negativamente algumas cargas e, por isso, alguns controladores de gerenciamento de energia inteligentes podem compensar as quedas e manter os valores nominais.
- **Fonte de energia “grid forming”:** Uma fonte de energia que é capaz de formar uma onda senoidal V/f ou dar suporte a tal onda em paralelo com outras fontes. Fontes de energia “grid forming” são capazes de operar por conta própria.
- **Fonte de energia “non grid forming:** Uma fonte de energia incapaz de formar uma onda senoidal V/f e, portanto, incapaz de operar por conta própria. Exemplos incluem inversores fotovoltaicos. Fontes de energia “non grid forming” podem dar suporte a carga através dos setpoint P/Q.
- **Reserva Circulante (Spinning reserve):** Manter um ou mais grupos geradores funcionando e conectados ao barramento para garantir que eles possam fornecer energia de backup rapidamente se necessário. Alguns controladores PMS inteligentes podem ajustar automaticamente a reserva circulante disponível para que corresponda às condições operacionais vigentes e à demanda de carga. Em um sistema híbrido com um BESS, o BESS pode proporcionar a energia de backup.



Vertiv.com | Sede da Vertiv, 505 N Cleveland Ave, Westerville, OH 43082, Estados Unidos da América

© 2023 Vertiv Group Corp. Todos os direitos reservados. Vertiv™ e logotipo Vertiv são marcas comerciais ou marcas registradas da Vertiv Group Corp. Todos os outros nomes e logotipos referidos são nomes comerciais, marcas comerciais ou marcas registradas dos seus respectivos proprietários. Embora tenham sido adotadas todas as precauções para assegurar a precisão e integridade da informação aqui apresentada, Vertiv Group Corp. não assume qualquer responsabilidade e declina qualquer responsabilidade, por danos resultantes do uso desta informação ou por quaisquer erros ou omissões. As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.