

Protección de la energía y topologías de SAI

La calidad de la alimentación (PQ) constituye un reto significativo para los responsables de la gestión de redes eléctricas e instalaciones de centros de datos.

El enorme uso de equipos electrónicos y la creciente dependencia de ellos, por ejemplo, en equipos informáticos, electrónica de potencia como controladores de lógica programables (PLC) e iluminación eficiente, han supuesto una transformación completa de la naturaleza de las cargas eléctricas. Estas cargas son a la vez la principal causa de los problemas de calidad de alimentación y sus principales víctimas. Debido a su no linealidad, todas estas cargas provocan perturbaciones en la forma de onda de la tensión.

Junto con los avances en tecnología, la organización de la economía mundial ha evolucionado hacia la globalización y los márgenes de numerosas actividades tienden a reducirse.

La creciente sensibilidad de la amplia mayoría de los procesos (industriales, de servicios e incluso residenciales) a problemas de PQ (power quality) significa que la disponibilidad de una alimentación eléctrica de alta calidad es un factor crucial para desarrollar una ventaja competitiva en todos los sectores del mercado.

En general se considera que las instalaciones Mission Critical deben funcionar de forma continua y, naturalmente, cualquier interrupción de potencia por pequeña que sea puede perturbar las operaciones de negocio y generar importantes pérdidas financieras.

Aunque los centros de datos actuales se han diseñado con un alto grado de redundancia inherente para minimizar los periodos de inactividad, tan importante como las propias aplicaciones Mission Critical es la calidad de la alimentación suministrada.

Con el fin de alcanzar una entrega de alimentación constante y de alta calidad resulta vital comprender la naturaleza de las perturbaciones de PQ y sus causas.

¿Qué afecta a la calidad de la alimentación?

Las perturbaciones más habituales que afectan adversamente a la calidad de la alimentación son:

- caídas o cortes de alimentación debidos a fallos en la red
- breves variaciones de tensión debidas a la conexión de grandes cargas o la presencia de fallos en la red
- distorsión de corrientes y tensiones debidas a cargas no lineales presentes en el sistema o en los sistemas de otros servicios, etcétera.
- oscilaciones debidas a cargas intermitentes grandes
- asimetría en el sistema de tensión de alimentación.


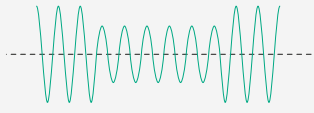
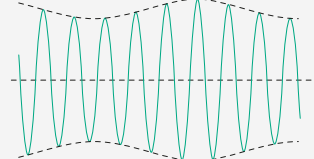
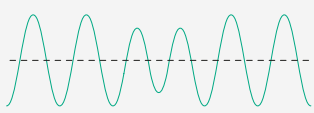
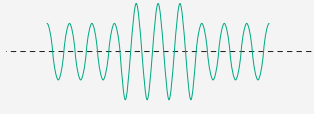
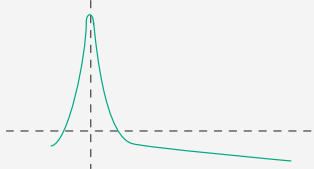
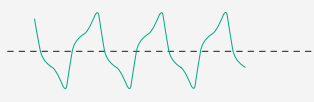
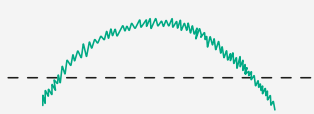
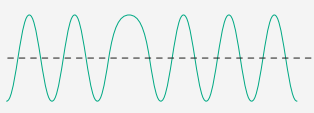
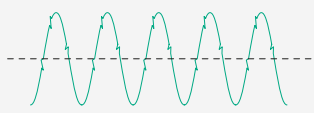
Cómo asegurar la calidad de la alimentación: el SAI

La tecnología moderna ofrece varias soluciones para asegurar la calidad de la alimentación; los sistemas SAI estáticos son sin duda los más versátiles y utilizados, y pueden utilizarse con potencias nominales muy variadas.

La norma EN 62040-3 se desarrolló como respuesta a la necesidad de clasificar los diferentes tipos de sistemas SAI estáticos disponibles en el mercado. Distingue entre tres familias de productos principales, según los esquemas internos adoptados:

- VFD "offline"
Dependientes de tensión y frecuencia - Los servicios normalmente se alimentan con la red eléctrica. En caso de pérdida de potencia, la carga se conmuta automáticamente a la batería incorporada para mantener el abastecimiento sin interrupciones.
- VI "línea interactiva"
La carga se alimenta a través de la red eléctrica y está protegida frente a sobretensiones y subtensiones mediante un estabilizador de tensión AVR (regulador automático de tensión). Si se pierde la alimentación de la red, la carga se alimenta instantáneamente con la batería.
- VFI "online doble conversión"
Tensión y frecuencia independientes - Se trata del único modo de funcionamiento del SAI que asegura una protección total de la carga frente a todos los posibles problemas de calidad. La potencia se convierte dos veces (CA a CC mediante un rectificador y después de CC a CA con un inversor) para proporcionar una tensión de alta calidad, frecuencia estable y protección contra perturbaciones de la red de alimentación. Si se pierde la alimentación de la red, la carga se alimenta exclusivamente con la batería. El bypass interno alimenta los servicios en caso de anomalías de la tensión de salida del inversor.

Protección de la energía y topologías de SAI

Tipo de perturbación	Forma de onda	Posibles causas	Consecuencia	Topología de SAI		
				VFD	VI	VFI
Interrupción de tensión		Principalmente debidas a la apertura y re-cierre automático de los dispositivos de protección para poner fuera de servicio una sección de red defectuosa. Las principales razones para fallos son fallo de aislamiento, rayos y descarga eléctrica en el aislador.	Disparo de dispositivos de protección, pérdida de información y fallo de equipos de proceso de datos.	•	•	•
Caída de tensión		Fallos en la transmisión, en la red de distribución o en la instalación del consumidor. Cargas de puesta en marcha.	Fallos de equipos de TI, sistemas de seguridad o de iluminación. Pérdida de datos. Parada del sistema.	•	•	•
Fluctuación de tensión		Transmisores (radio), equipos defectuosos, puestas a tierra ineficaces, proximidad a fuentes de EMI/RFI.	La mayoría de las consecuencias son similares a las de subtensiones. Paradas del sistema, pérdida de datos La consecuencia visible es el parpadeo de luces y pantallas.	•	•	•
Subtensión		Aumento del consumo, descenso de tensión para reducir el consumo.	Paradas del sistema, pérdida de datos, parada de equipos sensibles	-	•	•
Transitorios rápidos de tensión		Atmosférico, transitorios rápidos debidos a relámpagos; Transitorio, los transitorios rápidos se deben a fallos de aislamiento entre la fase y la tierra o la ruptura del conductor neutro; Conmutación, los transitorios se deben a la apertura de dispositivos de protección, generados por la energización de los bancos de condensadores o por las variaciones de la corriente inductiva.	Pérdida de datos, parpadeo de luces y pantallas, parada o daños de equipos sensibles.	-	•	•
Pico / transitorio de tensión		Rayos, ESD, conmutación de líneas o corrección de factor de potencia, condensadores, eliminación de fallos de servicio.	Dstrucción de componentes electrónicos, errores de proceso de datos o pérdida de datos.	-	-	•
Distorsión armónica		Las fuentes modernas como todas las cargas no lineales, por ejemplo, los equipos de electrónica de potencia incluidos ASDs, fuentes de alimentación conmutadas, equipos de proceso de datos, iluminación de alta eficiencia.	Aumento de la probabilidad en caso de resonancia, sobrecarga de neutro en sistemas trifásicos, sobrecalentamiento de todos los cables y del equipamiento, pérdida de eficiencia en máquinas eléctricas, interferencias electromagnéticas con sistemas de comunicación, errores en mediciones cuando se utilizan medidores de lectura media, disparos molestos de protecciones térmicas.	-	-	•
Ruido		Transmisores (radio), equipos defectuosos, puestas a tierra ineficaces, proximidad a fuentes de EMI/RFI.	Perturbaciones en equipos electrónicos sensibles, normalmente no destructivas. Puede provocar pérdida de datos y errores de procesamiento de datos.	-	-	•
Variación de frecuencia		Funcionamiento inestable del generador, frecuencia inestable del sistema de alimentación de servicio.	Paradas del sistema, pérdida de datos	-	-	•
Intensificación		Conmutación rápida de componentes de potencia (diodos, SCR, etc.), variación rápida de la corriente de carga (equipos de soldadura, motores, láser, bancos de condensadores, etc.).	Paradas del sistema, pérdida de datos	-	-	•

Solución para unir disponibilidad y rendimiento flexible

Existen distintas configuraciones que permiten crear arquitecturas que respondan a los criterios de disponibilidad más exigentes en términos de disponibilidad, flexibilidad y ahorro de energía, además de:

Para facilitar la utilización

Teniendo en cuenta la importancia de las aplicaciones alimentadas después de los SAIs, las interrupciones de servicio para efectuar operaciones de mantenimiento son cada vez menos posibles. Se han estudiado distintos esquemas para responder a este requerimiento de utilización.

Para aumentar la potencia

Con frecuencia, es necesario poder aumentar la potencia de los SAIs en la evolución en el tiempo de las aplicaciones alimentadas. Los esquemas propuestos incluyen esta característica para preservar la inversión inicial.

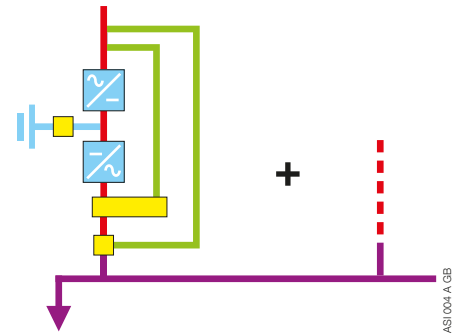
Para aumentar la disponibilidad

Para aumentar la disponibilidad, coloque un equipo en paralelo con potencia adicional a la que se necesite para las aplicaciones (en redundancia) y así, en caso de parada de un ondulador, continuará la alimentación sin recurrir al bypass.

Unidad de SAI autónomo

Una solución evolutiva

La arquitectura está protegida con un bypass automático que constituye un primer nivel de redundancia asegurada por la red. La existencia de un bypass de mantenimiento permite realizar las intervenciones sin parar las aplicaciones. Puede constituir la primera etapa de la inversión, con la posibilidad de evolucionar a la par de sus necesidades hacia una solución de arquitectura paralela modular para un aumento de potencia o de disponibilidad (redundancia).



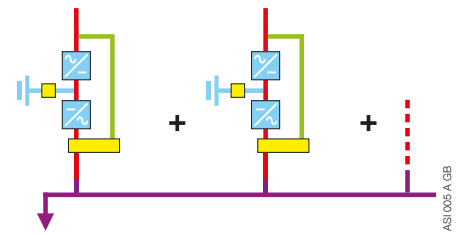
Unidad única con bypass o configuración redundante 1+1

Sistemas de SAI en paralelo

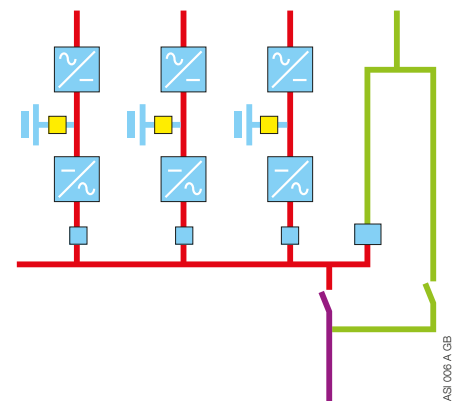
Evolución sin restricción

Es la solución más sencilla que asegura la disponibilidad y flexibilidad de alimentación eléctrica en caso de actualizaciones no planeadas de la instalación mediante la configuración en paralelo de las unidades de SAI, cada una dotada de un bypass propio. Esta configuración permite aumentar la potencia y es apropiada para una redundancia N+1. Las actualizaciones también pueden realizarse manteniendo la carga alimentada por el sistema.

Para una mayor agilidad, también están disponibles sistemas SAI en paralelo con un bypass centralizado en la fuente de potencia auxiliar: en esta configuración, el bypass estático se encuentra en paralelo con los módulos del SAI y puede dimensionarse de acuerdo con las restricciones específicas de la ubicación (resistencia a cortocircuitos, selectividad, etc.).



Sistema SAI paralelo modular con bypass distribuido



Sistema SAI paralelo modular con bypass centralizado

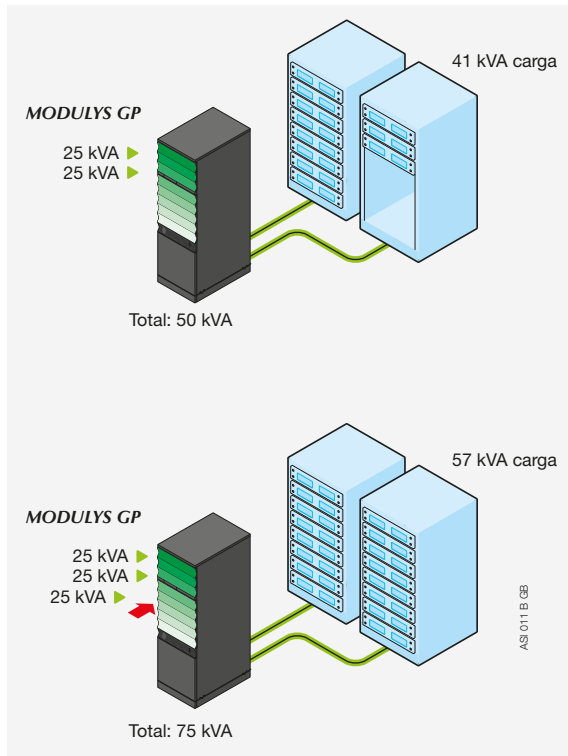
Solución para unir disponibilidad y rendimiento flexible

Sistema modular vertical y horizontal

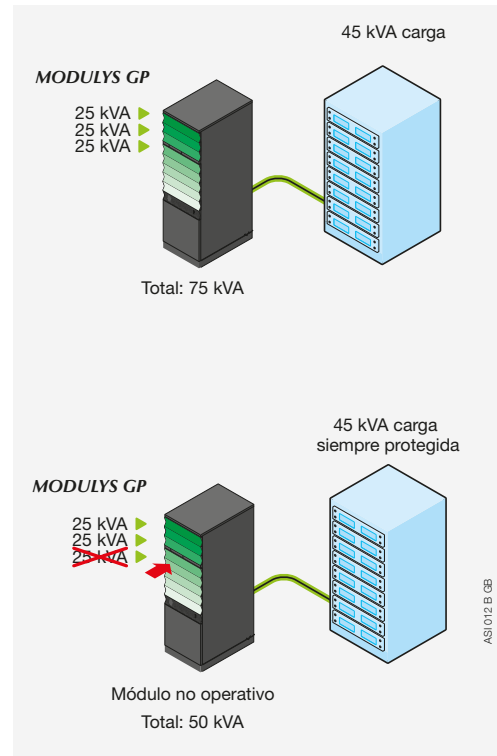
Flexible y totalmente modular

Se trata de un concepto de SAI innovador que se puede adaptar a todos los tipos de crecimiento. Permite aumentar la potencia mediante la adición sucesiva de módulos.

El aumento de la disponibilidad (redundancia) se realiza utilizando un módulo adicional según la potencia necesaria para alimentar las aplicaciones. Todos los módulos pueden conectarse (plug-in). La sustracción o adición de módulos se realiza en caliente (hot swap) sin afectar al funcionamiento general de la instalación.



Configuración escalable



Configuración redundante escalable

Solución para unir flexibilidad y rendimiento en ahorro energético

Green Power 2.0

Ahorro de energía: alta eficiencia sin compromiso.

- Ofrece la mayor eficiencia en el mercado en Modo VFI de doble conversión, el único modo de funcionamiento del SAI que asegura la protección total de la carga frente a todos los problemas de calidad de la red.
- Salida con eficiencia ultra elevada comprobada y verificada por una organización internacional independiente de certificación.
- Salida con eficiencia ultra elevada, certificada en multitud de condiciones de carga y tensión, para disponer del valor en condiciones de uso real.
- La eficiencia ultraelevada en el modo VFI se obtiene gracias a una innovadora topología (tecnología de 3 niveles) desarrollada para toda la gama de SAI Green Power 2.0.

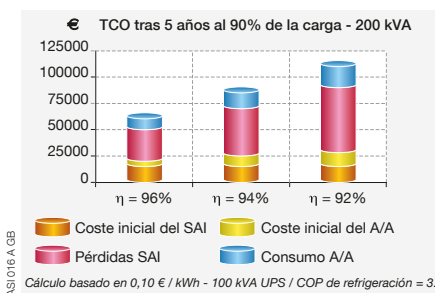
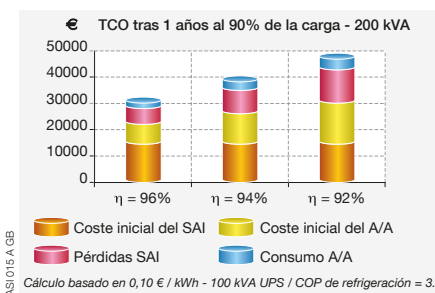
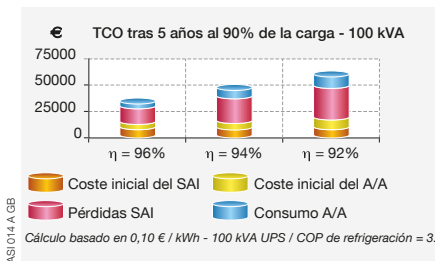
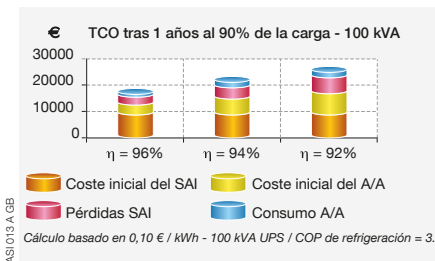
Potencia nominal completa: kW=kVA

- Sin degradación de potencia al alimentar a la última generación de servidores (factor de potencia capacitivo o unitario).
- Auténtica plena potencia total según IEC 62040: kW=kVA (diseño de factor de potencia unitario) supone un 25% más de potencia activa disponible en comparación con SAI anteriores.
- También adecuado para cargas de factor de potencia capacitivo hasta 0,9 sin desclasificación de potencia aparente.

Ahorro de costes significativo (TCO)

- Máximo ahorro de energía gracias a una eficiencia del 96% en modo de verdadera doble conversión: el 50% de ahorro en pérdidas de energía comparado con SAI anteriores reduciendo la factura energética.
- El SAI se "autofinancia" con el ahorro de energía.
- Modo Ahorro De Energía para la mejora de la eficiencia global en sistemas paralelos.
- kW=kVA significa la máxima potencia disponible con la misma potencia nominal de SAI: sin costes por exceso de diseño y por lo tanto menos €/kW.
- Optimización del coste de la infraestructura aguas arriba (fuentes y distribución), gracias al rectificador IGBT de alto rendimiento.

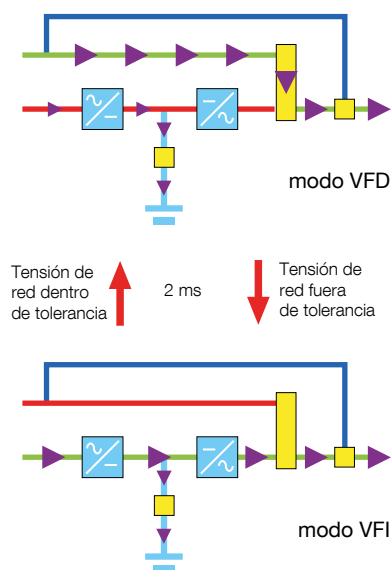
Ventajas



Solución para unir flexibilidad y rendimiento en ahorro energético

Fast EcoMode

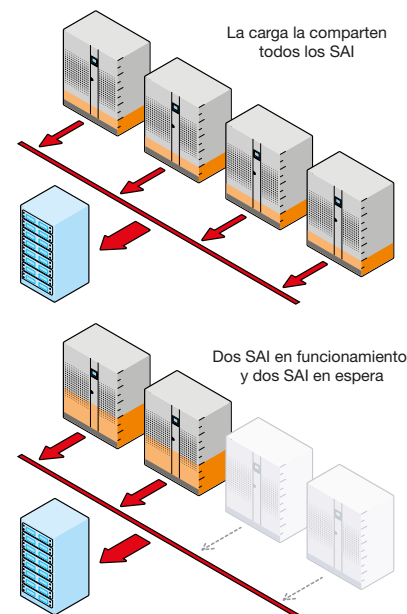
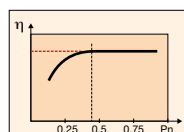
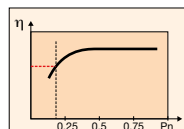
Disponible como característica opcional para la serie DELPHYS GP, FAST EcoMode es un modo de funcionamiento automático que optimiza la eficiencia según la calidad de la tensión de entrada (tensión, frecuencia, distorsión armónica). Cuando la tensión de entrada se encuentra dentro de los valores de tolerancia, que son ajustables, la carga se alimenta con el bypass (modo VFD) y la eficiencia obtenida es del 99%. Si la tensión sale fuera de las tolerancias, el sistema transfiere al instante la carga al modo online hasta que se recupera la condición normal. Las baterías se mantienen permanentemente en carga flotante, maximizando la vida útil de la batería y evitando reinicios periódicos del rectificador.



ASI018 C ES

Ahorro de energía

- Esta función optimiza la eficiencia (η) del SAI en paralelo en funcionamiento con una carga parcial.
- Sólo funcionan los SAIs necesarios para suministrar la energía solicitada por las aplicaciones.
- La redundancia se sigue garantizando mediante una unidad adicional que se mantiene en funcionamiento.
- Cuando aumenta la potencia consumida por las aplicaciones, se conectan inmediatamente los SAI necesarios para responder a la demanda de potencia.
- Este tipo de funcionamiento está perfectamente adaptado a las aplicaciones cuya potencia varía con frecuencia.
- Energy Saver permite mantener el rendimiento elevado del sistema global.



ASI017 A ES

Tecnologías de SAI

Tecnologías basadas en transformador y sin transformador

Las dos principales tecnologías de SAI disponibles en el mercado son:

- basada en transformador, útil cuando las fuentes principal y secundaria proceden de redes diferentes con distintos sistemas neutros,
- sin transformador, que ofrece la ventaja de alta eficiencia combinada con un menor tamaño.

Ambas tecnologías tienen ventajas e inconvenientes. El reto es conseguir el compromiso adecuado, teniendo en cuenta las condiciones de la ubicación y las restricciones de diseño como tamaño, sistema de neutro, eficiencia, corrientes de cortocircuito y demás. SOCOMEC puede ofrecer a los clientes cualquiera de las tecnologías, según sea necesario.

Un rectificador "limpio" a IGBT

Evita que cualquier perturbación afecte el flujo ascendente de su red (fuente de alimentación y distribución).

- Esta tecnología de rectificador garantiza la absorción de una corriente con un índice de distorsión armónica excepcionalmente débil THDI < 2,5 %.

Un rectificador de rendimiento constante

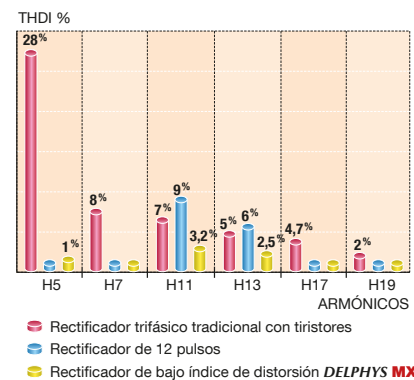
- El rendimiento del rectificador de IGBT es independiente de las variaciones de frecuencia que pueda producir el grupo electrógeno.
- El factor de potencia y el THDI de entrada del rectificador son constantes, independientemente del estado de carga de la batería (nivel de tensión continuo) y del índice de uso del SAI.

Un rectificador a IGBT económico

- El factor de potencia aguas arriba del rectificador es de 0,99, reduciendo un 30% los kVA consumidos en comparación con la tecnología convencional. La disminución de la corriente de entrada provoca un ahorro en el dimensionado de las fuentes, los cables y los dispositivos de protección.
- Prestaciones del rectificador
 - débil tasa de THDI,
 - reinicio progresivo y temporizado,
 - posibilidad de limitar la recarga de las baterías mientras se trabaja con grupos electrógenos
- Esto permite que pueda reducirse el impacto producido al poner en marcha el grupo electrógeno, además de la energía utilizada y el impacto.

DELPHYS MX le garantiza una compatibilidad óptima con su sistema de alimentación eléctrica de baja tensión y, en particular, con los grupos electrógenos:

- corriente sinusoidal en la entrada del rectificador, THDI: < 4,5 % sin filtro,
- factor de potencia elevado a la entrada del rectificador: 0,93 sin filtro, disminuyendo la corriente consumida y, por tanto, el dimensionado de los cables y protecciones,
- arranque progresivo y secuencial de los rectificadores en paralelo que facilita su alimentación por parte del grupo,
- función carga batería diferida durante el funcionamiento en grupo para disminuir la potencia consumida.



ASISOB AES

SVM, modulación digital Space Vector Modulation

La regulación digital SVM (Space Vector Modulation) asociada al transformador integrado en el inversor del SAI ofrece:

- tensión de salida sinusoidal perfecta THDV <2% con cargas lineales y <3% con cargas no lineales,
 - precisión de la tensión de salida incluso en régimen de cargas totalmente desequilibradas entre fases,
 - respuesta instantánea a las importantes variaciones de carga sin desviación de la tensión de salida (± 2 % en menos de 5ms),
 - muy alta capacidad de cortocircuito hasta 4 In (F/N) que permite realizar la selectividad posterior.
 - aislamiento galvánico completo entre el circuito de CC y la salida a la carga.
- SVM, los últimos componentes de alto rendimiento y los puentes de potencia IGBT permiten la alimentación:
- de las cargas no lineales con un factor de pico de hasta 3,
 - una potencia activa sin pérdida, con cargas con un factor de potencia inductivo y hasta 0,9 capacitivo.

Sistemas de transferencia estática (STS) para una arquitectura de alta disponibilidad

Sistemas de transferencia estática (STS)

Los Sistemas de transferencia estática (STS) son unidades inteligentes que transfieren la carga a una fuente alternativa cuando la fuente principal está fuera de tolerancia. Esto asegura la "alta disponibilidad" de la fuente de alimentación para instalaciones sensibles o críticas.

La finalidad de los dispositivos STS es:

- asegurar la redundancia de la alimentación eléctrica a instalaciones críticas mediante dos fuentes de alimentación independientes;
- aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica para instalaciones sensibles;
- facilitar el diseño y la expansión de instalaciones que garanticen una fuente de alimentación de alta disponibilidad.
- aumentar la flexibilidad global de la instalación, permitiendo un mantenimiento fácil y seguro o la sustitución de fuentes

Los sistemas STS incorporan tecnologías de conmutación de estado sólido (SCR) fiables y de calidad demostrada, lo que les permite realizar una conmutación manual o automática rápida y totalmente segura sin interrumpir la corriente de los sistemas alimentados.

Uso de componentes de alta calidad, arquitectura tolerante a fallos, capacidad para determinar la ubicación del fallo, gestión de fallos y cargas con elevadas corrientes de arranque: estas son algunas de las características que hacen de los sistemas STS la solución ideal para la máxima disponibilidad de energía.

Un STS también puede proteger frente a:

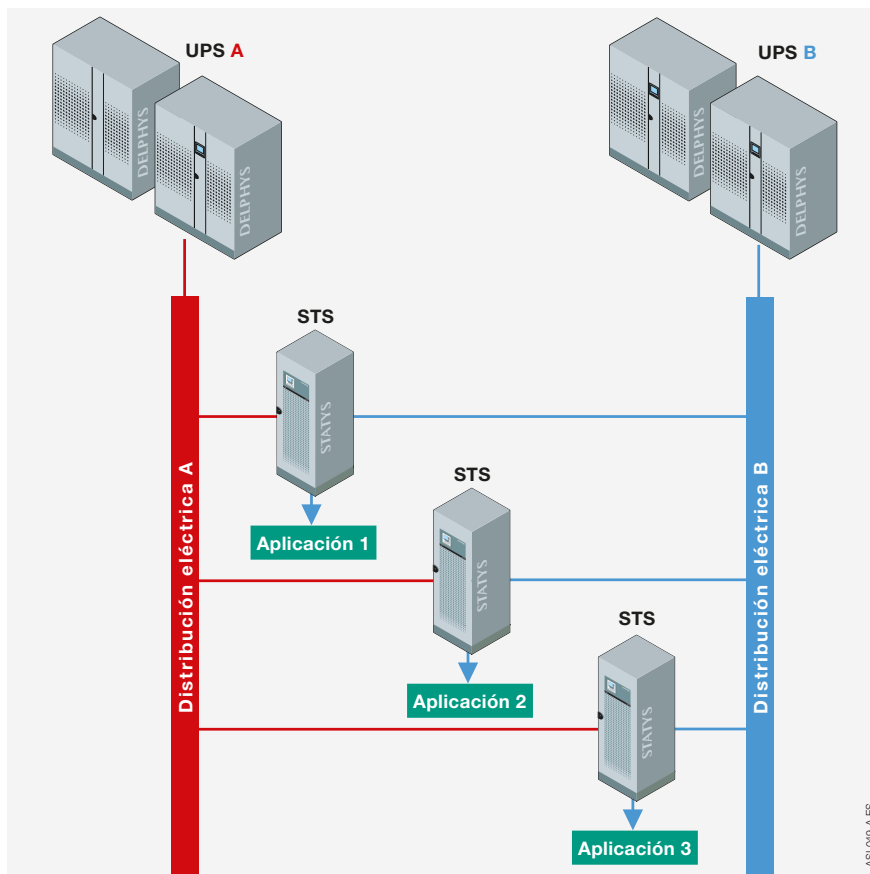
- fallo de la alimentación principal,
- apertura accidental de dispositivos de protección aguas arriba,
- perturbaciones mutuas debidas a equipos defectuosos (cortocircuitos) alimentados por la misma fuente de alimentación,
- errores de funcionamiento (apertura de circuito) en la cadena de suministro.

Sistemas de transferencia estática: algunos ejemplos de uso

Normalmente, los STS ofrecen redundancia entre 2 sistemas SAI independientes.

Cada STS tiene el tamaño correspondiente a la carga (o al conjunto de cargas) que protege.

Es recomendable instalar el dispositivo STS lo más cerca posible de la carga para asegurar la redundancia de la distribución aguas arriba y para mantener el punto de posible fallo (el conductor entre el STS y la carga) lo más corto posible. El uso de varios STS también ofrece una segregación de la carga eléctrica.



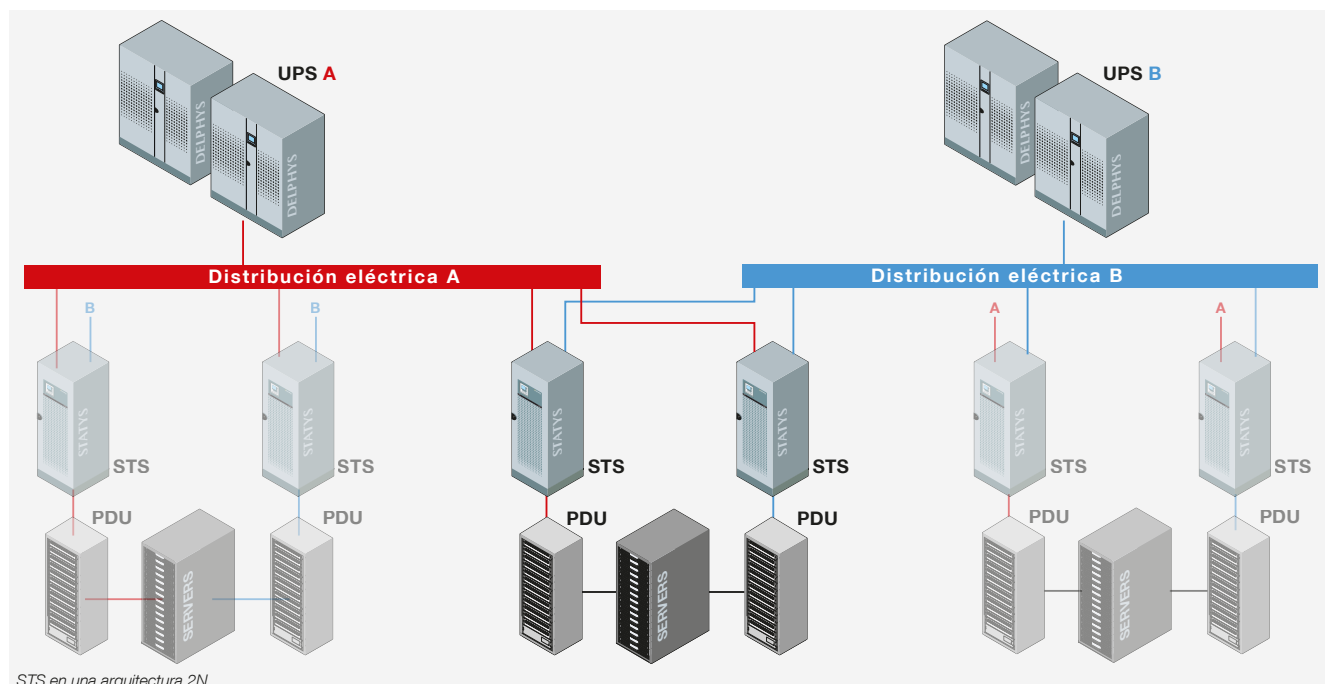
Sistemas de transferencia estática (STS)

Sistemas de transferencia estática: algunos ejemplos de uso

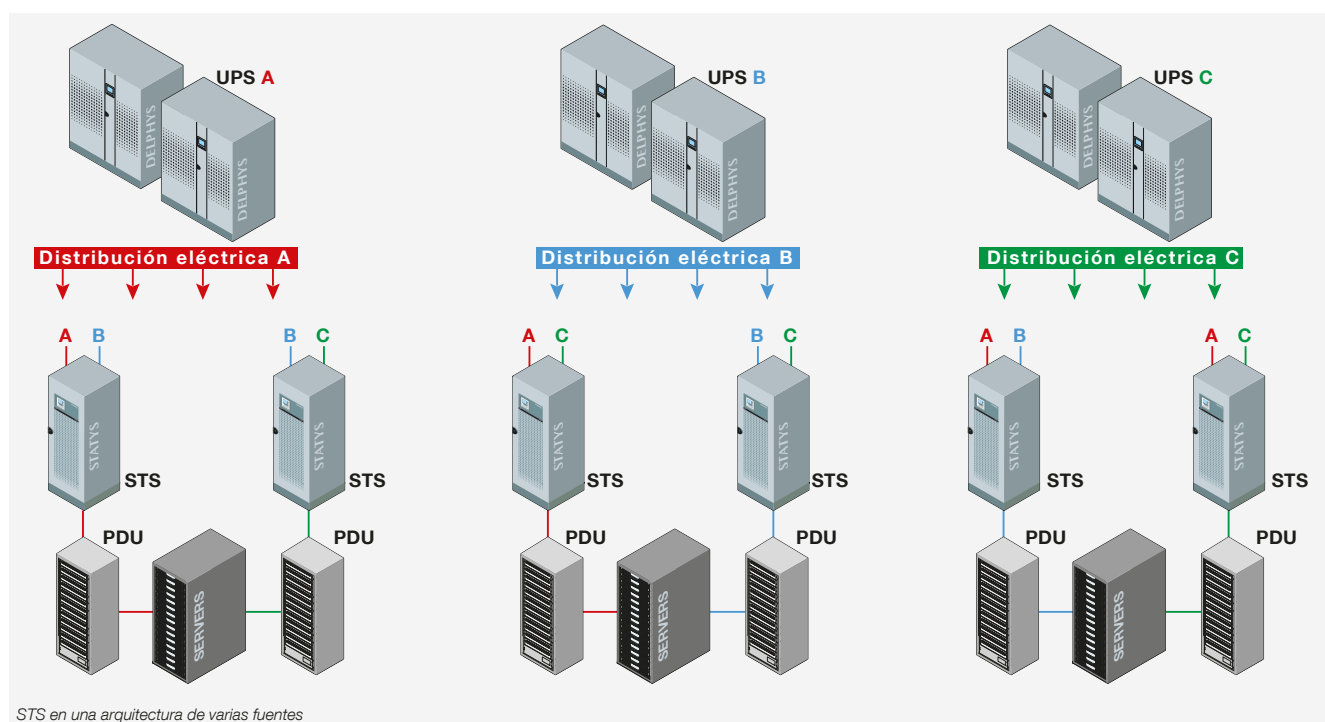
Los sistemas de transferencia estática aseguran una alta disponibilidad de negocio y ofrecen agilidad en el mantenimiento de la ubicación. La arquitectura '2N + STS' asegura que la carga siempre se alimenta con elevada calidad de potencia en cada entrada, aunque una distribución de potencia no funcione por un fallo crítico o por mantenimiento a largo plazo (como sustitución de la fuente o fallo de la infraestructura eléctrica).

La combinación de una arquitectura de varias fuentes y STS conectando la carga a dos fuentes independientes asegura que siempre se alimentan, aunque una de ellas esté desactivada. De este modo, la instalación crítica disfruta de una tolerancia a fallos muy elevada.

En ambos ejemplos, el STS puede centralizarse (un STS de elevada potencia para cada panel de distribución eléctrica) o distribuirse (junto a cada sala de servidores, fila, rack, etc.). La elección de una de las soluciones depende de la instalación que vaya a protegerse y de la disponibilidad esperada o del nivel de mantenibilidad solicitado.



STS en una arquitectura 2N



STS en una arquitectura de varias fuentes

Almacenamiento de respaldo

¿Para qué tener energía de respaldo?

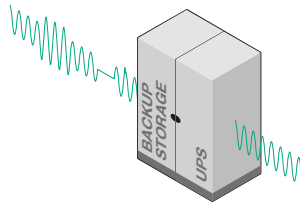
La fase de almacenamiento de energía de un sistema SAI es fundamental, dado que su objetivo es ofrecer a la aplicación potencia inmediata cuando la alimentación de red no está disponible.

La selección y el tamaño del sistema de almacenamiento de energía se basa en diversos factores como las características de la aplicación, la calidad de la red de alimentación, la infraestructura eléctrica donde se ha instalado el SAI y las condiciones ambientales de la sala técnica.

En las aplicaciones de SAI el almacenamiento de energía se utiliza por dos principales motivos:

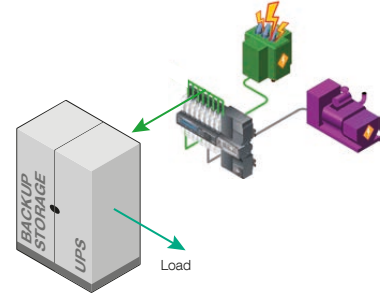
Calidad de potencia:

para soportar el sistema SAI cuando los valores de la red de alimentación están fuera de los valores máximos aceptables por el SAI, mientras que la red eléctrica no está disponible o hasta que la carga se apaga de forma controlada.



Puente de potencia:

para que el sistema aguante arriba del SAI disponga de tiempo para cambiar de la red eléctrica y el sistema de potencia de respaldo, que normalmente es un generador.



Potencia y energía

Cuando la alimentación de red no está disponible, el sistema de almacenamiento proporciona al SAI la energía necesaria. Esto puede suceder de dos maneras, según la aplicación concreta:

- Aplicaciones tipo 'potencia' - el SAI recibe una gran cantidad de potencia durante un

periodo de tiempo limitado, por ejemplo, en aplicaciones de puente de potencia o cuando la alimentación de red sufre micro interrupciones. Los sistemas de almacenamiento de respaldo optimizados para aplicaciones de potencia pueden descargarse con elevada potencia, recargarse muy rápido y, en general, tienen buen rendimiento en

condiciones de funcionamiento cíclico (cargas / descargas frecuentes).

- Aplicaciones tipo 'energía' - el SAI recibe potencia durante un periodo de tiempo prolongado, por ejemplo, cuando la red eléctrica no está disponible durante más de un minuto.

Tamaño y coste total de la propiedad

A la hora de elegir el sistema de almacenamiento de energía deben tenerse en cuenta diversos factores para optimizar el coste total de la propiedad y conseguir la mejor solución técnica. Los factores diferenciadores que considerar con las tecnologías de almacenamiento de respaldo son:

- Costes de compra frente a presupuesto.
- Dimensiones y peso.
- Vida útil esperada del equipo y número de ciclos de carga/descarga.
- Condiciones medioambientales.

- Características de la red de alimentación (frecuencia / duración de los cortes, etc.).
- Garantías de seguridad en la sala técnica.
- Requisitos de mantenimiento.

Expert Battery System: protección de su inversión en baterías

La tecnología EBS (Expert Battery System) es un sistema que gestiona el cargador de baterías. Responde a la temperatura de trabajo para preservar la vida de batería y reducir gastos de explotación:

- carga según un algoritmo que se adapta en función del entorno y el estado de la batería,
- elimina los fenómenos de sobrecarga debida

a la flotación permanente que acelera la corrosión de las placas positivas y produce el desecamiento de los separadores,

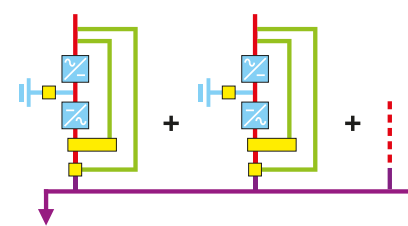
- aísla la batería del bus de continua, (función cargador independiente). Se elimina el envejecimiento prematuro, causado por la ondulación residual (ripple) del puente inversor.

Las pruebas realizadas por Socomec UPS en varias marcas de baterías, junto con años de experiencia, muestran que la vida de la batería puede prolongarse hasta un 30% con respecto a los sistemas tradicionales de gestión de baterías si se utiliza EBS.

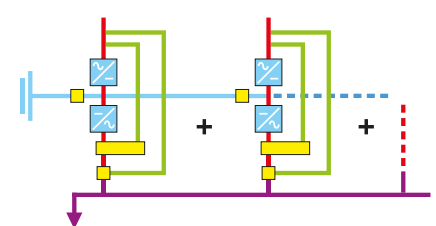
Batería compartida: optimización del tamaño de la batería para sistemas en paralelo.

Disponible con baterías distribuidas, DELPHYS GP permite optimizar el tamaño de las baterías gracias a un funcionamiento con baterías compartidas. De este modo se reducen el tamaño global del sistema, el peso de las baterías necesarias, el sistema de supervisión de baterías y además la cantidad de cableado necesario, aparte del plomo.

Asociada con un diseño adecuado de la conexión (fusibles y conmutadores de acoplamiento), esta solución también permite aumentar la disponibilidad del juego de baterías y de las unidades SAI en caso de fallo interno.



Batería distribuida



Batería compartida

Tipos de almacenamiento de respaldo para SAI

La batería es un sistema de almacenamiento electroquímico de energía que puede generar una diferencia de potencial que a su vez hace que una corriente circule por un circuito hasta que se consume la energía.

Las baterías pueden dividirse en dos categorías:

- **Primarias:** baterías que, una vez agotadas, no pueden recargarse y devolverse a su estado inicial de carga (baterías no recargables)
- **Secundarias:** estas baterías, también denominadas acumuladores, pueden recargarse y devolverse a su estado inicial de carga. Se recargan utilizando un cargador de baterías que debe presentar características adecuadas para la tecnología específica de la batería.

Parámetros y definiciones de baterías

- **Capacidad (C):** la corriente media expresada en Ah que la batería alimenta en una descarga completa realizada durante un periodo de tiempo preciso. Por ejemplo, C indica la corriente suministrada por las baterías en una descarga de 1 hora, C/5 la corriente en el caso de una descarga de 5 horas, C/10 en una descarga de 10 horas, etc.
- La capacidad nominal depende de la tecnología de la batería, por ejemplo, la capacidad nominal de las baterías de plomo-ácido es C/10, mientras que en las baterías de NiCd es de C/5.
- **Densidad de energía:** la cantidad de energía almacenada por unidad de volumen o peso expresada en Ah/kg o Wh/kg.

- **Profundidad de descarga (DoD):** la fracción de la capacidad (o de la energía) tomada de la batería durante la fase de descarga. Expresado como % de la capacidad, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{DoD} = \frac{\text{Capacidad descargada}}{\text{Capacidad nominal}}$$

- **Estado de carga (SoC):** la fracción de la capacidad (o de la energía) restante en una batería. Expresado como % de la capacidad, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{SoC} = \frac{\text{Capacidad restante}}{\text{Capacidad nominal}} = 1 - \text{DoD}$$

$$\text{DoD} + \text{SoC} = 100\%$$

- **Vida teórica:** el tiempo después del cual la batería, cargada con regularidad y mantenida a temperatura controlada, reduce su capacidad nominal inicial al 80%. Normalmente, los fabricantes de baterías hablan de "vida esperada", porque se trata de una estimación obtenida en pruebas de laboratorio. La vida de servicio de una batería es un parámetro importante para comparar diferentes tecnologías de batería.

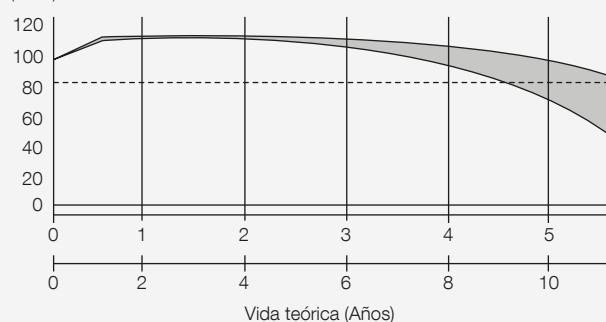
- **Vida de ciclos:** el número de ciclos de carga y descarga a temperatura controlada que la batería puede soportar antes de que su capacidad nominal se reduzca al 80% del valor inicial. La vida de ciclos es un valor muy sensible a la temperatura y a la profundidad de la descarga, hasta el punto que se indica con un valor de DoD específico.

- **Vida real:** la vida de servicio de la batería en condiciones de uso reales. Depende de la vida teórica, la vida en ciclos, la temperatura ambiente y el tipo de carga y de descarga.

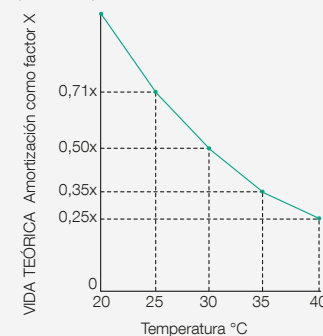
- **Auto descarga:** el porcentaje de capacidad de carga que la batería pierde cuando no se utiliza (por ejemplo, mientras se mantiene en el almacén). El parámetro está relacionado con el tipo de batería y también depende en gran medida de la temperatura (al subir la temperatura, aumenta el porcentaje de auto descarga).

- **Impedancia interna:** está formada por un componente inductivo, otro capacitivo y otro resistivo. Impide el paso de la corriente, aumentando la generación de calor durante la fase de descarga. La parte más importante de la impedancia que debe supervisarse es la parte resistiva, porque indica el estado de salud de la batería y el posible deterioro en curso. Varios factores pueden influir en la resistencia interna, el más importante de ellos es la temperatura. Los valores típicos de impedancia varían según las tecnologías de la batería y su capacidad.

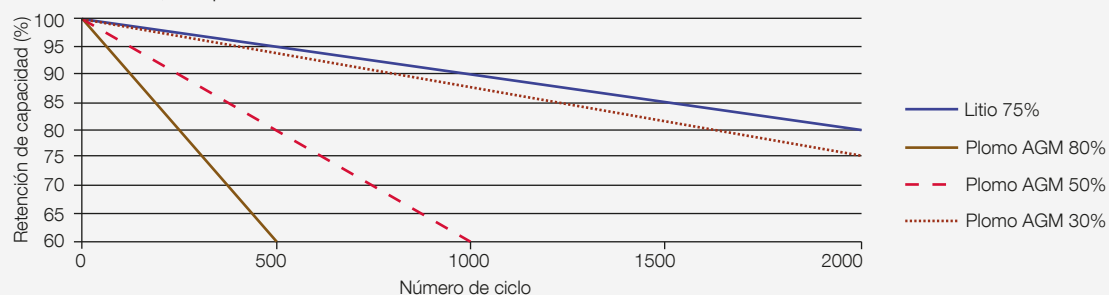
Vida teórica de batería de plomo flotante a 20 °C (Ah%)



Vida teórica de batería de plomo vs. temperatura (Eurobat)



Clima moderado, comparación de ciclo de vida



Batería de plomo-ácido (LA)

Las baterías de plomo-ácido son las más utilizadas para aplicaciones estacionarias. La vida esperada de este tipo de baterías está entre 3 y 12 años según la clasificación Eurobat. La vida de ciclos suele ser baja, aunque algunas de estas baterías tienen buen nivel de rendimiento en aplicaciones de ciclos. Las baterías de plomo-ácido ofrecen una tecnología madura y bien conocida a un coste reducido. Hay muchos tipos de baterías de plomo-ácido, por ejemplo, las versiones ventiladas y selladas (denominadas baterías de plomo-ácido reguladas por válvula, VRLA, que precisan menos mantenimiento). Las baterías VRLA pueden ser AGM (material de vidrio absorbido, en las que el electrolito se absorbe en fibra de vidrio) o GEL (en las que el electrolito es un gel utilizado en entornos con elevadas temperaturas y en aplicaciones específicas). Una desventaja de las baterías de plomo-ácido es la reducción de la capacidad utilizable cuando se descarga una elevada potencia. Por ejemplo, si una batería se descarga en una hora, solo entre el 50% y el 70% de la capacidad nominal está disponible. Otros inconvenientes son la menor densidad de energía (el plomo tiene un elevado peso específico) y el uso de plomo, un material peligroso que está prohibido o restringido en determinados entornos y aplicaciones. Las ventajas son una relación coste / rendimiento favorable, la facilidad de reciclaje y una tecnología de carga simple.

Batería de níquel-cadmio (NiCd)

En comparación con las baterías de plomo-ácido, las baterías de NiCd ofrecen una mayor densidad de potencia, una densidad de energía ligeramente mayor y un número de ciclos superior. Las baterías de NiCd son relativamente resistentes, son las únicas que pueden funcionar bien incluso a bajas temperaturas entre -20 °C y -40 °C, y su vida útil es buena incluso con temperaturas elevadas, por lo que se utilizan en países cálidos y en aplicaciones donde las elevadas temperaturas son una restricción. Los grandes sistemas de baterías de NiCd ventiladas funcionan a una escala similar a las baterías de plomo-ácido. Las NiCd suelen ser ventiladas, por lo que deben apilarse en vertical con buena ventilación y no pueden transportarse en condición de carga (el electrolito se envía por separado).

Batería de iones de litio (Li-Ion)

Las baterías de Li-Ion tienen una elevada densidad de energía gravimétrica, lo que significa que una solución de baterías de Li-Ion pesa menos y necesita menos espacio que las baterías LA o NiCd. Para las baterías de Li-Ion, la vida teórica (superior a los 10 años) y la vida de ciclos (miles de ciclos) son muy buenas incluso a temperaturas elevadas. Dado que la eficiencia general es elevada, sin necesidad de sobre dimensionamiento para breves periodos de autonomía (típicos en aplicaciones de SAI), se puede observar que la tecnología de Li-Ion ofrece varias ventajas técnicas. La mayoría de los electrodos de óxido de metal presentan inestabilidad térmica y pueden descomponerse a temperaturas elevadas, liberando oxígeno que puede producir un desbordamiento

térmico. Para minimizar este riesgo, las baterías de Li-Ion conectadas en serie para obtener tensiones compatibles con el rango del SAI están equipadas con una unidad de supervisión que evita el exceso de carga o de descarga. También se instala un circuito de equilibrado de tensión para supervisar el nivel de tensión de cada celda individual y evitar diferencias de tensión entre ellas.

Supercondensadores / Ultracondensadores

Hay varias tecnologías distintas que se denominan 'supercondensadores' o 'ultracondensadores'. Las 2 tecnologías principales son:

- Condensadores simétricos de doble capa electroquímicos (EDLC simétricos), en los que se utiliza carbón activado para ambos electrodos. El mecanismo de carga es puramente electrostático, ninguna carga se desplaza por la interfaz electrodo / electrolito.
- Condensadores asimétricos de doble capa electroquímicos (EDLC asimétricos), en los que se utiliza un electrodo de batería como uno de los electrodos. El electrodo de batería tiene una gran capacidad en comparación con el electrodo de carbón, por lo que su tensión no cambia significativamente con la carga. Esto permite una tensión global de celda superior.

Los supercondensadores ofrecen ráfagas rápidas de energía durante las demandas de pico de potencia, para después almacenar energía rápidamente; su resistencia interna extremadamente baja posibilita una carga y descarga muy rápidas con una eficiencia de ciclo imbatible. Además, normalmente no emplean materiales peligrosos, y tienen una auto descarga muy reducida, por lo que consumen muy poca corriente en modo flotación (lo que implica menos consumo energético del SAI) y pueden permanecer sin recarga durante periodos de tiempo prolongados.

Condensadores de iones de litio (LIC)

El condensador es un híbrido entre batería y condensador (EDLC asimétrico). El condensador de Li-Ion consta de un cátodo de carbón activado (por lo que no hay riesgos de seguridad por desbordamiento térmico⁽¹⁾), un ánodo de carbón dopado con litio y electrolito que contiene una sal de litio, como en una batería. Esta fabricación híbrida crea un condensador que dispone de las mejores características de rendimiento de las baterías y los condensadores. La construcción híbrida de las baterías ofrece muchas ventajas. Entre ellas están la elevada densidad de energía y la elevada tensión, que se traducen por ejemplo, en que, al conectarse en series, puede necesitarse hasta 1/3 menos de celdas LIC que con un condensador EDLC convencional. Otra ventaja es el nivel muy reducido de auto descarga: el LIC puede conservar el 95% de su carga durante 3 meses. Dado que consume tan poca corriente en modo flotante, el SAI necesita menos energía y pueden transcurrir periodos más prolongados sin recargar el LIC.

La tecnología LIC también tiene la ventaja añadida de un mayor nivel de seguridad (sin

riesgo de desbordamiento térmico), una elevada densidad de potencia y rapidez de carga y descarga. Es, además, más fiable, con unos ciclos elevados (se estima su vida en 1 millón de ciclos de carga / descarga) y resistencia a temperaturas muy variadas (-20 °C to 70 °C), algo perfecto para entornos operativos difíciles.

Flywheel

Los volantes de inercia almacenan energía en forma de momento de inercia de una masa giratoria. Un motor eléctrico girar el rotor a alta velocidad para cargar el volante de inercia. Durante la descarga, el motor actúa como generador, convirtiendo la energía rotativa en electricidad. La energía almacenada en un volante de inercia depende de la masa y de la velocidad de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2$$

Donde J es el momento de inercia y ω es la velocidad angular. Como la energía mantiene una proporción cuadrática a con la velocidad angular, es muy importante que el volante de inercia gire a muy alta velocidad (por encima de 30.000 RPM); esta es la razón de que los volantes de inercia modernos utilicen la levitación magnética para evitar la fricción y giren sellados al vacío. El volante de inercia no sufre restricciones por la elevada temperatura (sin reducción de su vida teórica), no genera emisiones de hidrógeno durante la recarga (como las baterías de plomo-ácido), puede recargarse en muy poco tiempo, ofrece una gama de ciclos muy elevada sin reducir su expectativa de vida, no utiliza materiales peligrosos y puede instalarse en espacios reducidos. Los volantes de inercia disponen de una potencia de salida en centenares de kW, por lo que son ideales para sistemas SAI de alta potencia.

Almacenamiento de energía en aire comprimido (CAES)

En el almacenamiento en aire comprimido, la potencia eléctrica se utiliza para comprimir aire y mantenerlo en una estructura dedicada. Cuando se necesita potencia, el aire comprimido se convierte inmediatamente en electricidad haciéndolo pasar por un expansor de desplazamiento que acciona un generador eléctrico. La aplicación típica es como puente de alimentación (para conmutar la alimentación de red al grupo electrógeno) pero no para micro interrupciones frecuentes. Los sistemas CAES pueden instalarse en paralelo para aumentar el tiempo de autonomía o para añadir redundancia. CAES también es útil en entornos extremos y su larga vida operativa no se ve afectada por la temperatura. Cuando el sistema está totalmente cargado no requiere ningún consumo de energía significativo, lo que aumenta la eficiencia global de un sistema SAI tradicional basado en baterías.

(1) Desbordamiento térmico: situación en condiciones de funcionamiento anormales por la que una batería genera calor a un ritmo superior del que puede disipar. El desbordamiento térmico puede fundir los componentes plásticos de las baterías y liberar gases, humo y ácido que pueden dañar los equipos cercanos.