Distintos tipos de sistemas SAI

Por Neil Rasmussen

Documento técnico nº 1

Legendary Reliability®

Revisión 5

Sumario

Existe una gran confusión en el mercado respecto a los distintos tipos de sistemas SAI y sus características. En este documento se definen todos estos tipos de sistemas SAI, se explican las aplicaciones prácticas de todos ellos y se citan sus ventajas y desventajas. Con esta información, se podrá tomar una decisión coherente sobre la topología SAI apropiada para cada caso.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Introducción

Los distintos tipos de sistemas SAI y sus atributos provocan a menudo confusión en la industria de los centros de datos. Por ejemplo, son muchas las personas que creen que sólo existen dos tipos de sistemas SAI: el sistema Standby y el sistema On-line. Estos dos términos, comúnmente utilizados, no describen correctamente muchos de los sistemas SAI disponibles. Muchos de los malentendidos acerca de los sistemas SAI se aclaran cuando se identifican correctamente los distintos tipos de topologías SAI. La topología SAI indica la naturaleza básica del diseño del SAI. Varios fabricantes producen de modo rutinario modelos con diseños o topologías similares, pero con características de rendimiento muy distintas.

En este documento se analizan los enfoques de diseño más habituales y se incluyen breves explicaciones sobre cómo funcionan las distintas topologías. Esto le ayudará a identificar y comparar sistemas correctamente.

Tipos de SAI

Para implementar los sistemas SAI se utilizan diferentes enfoques de diseño y todos ellos tienen características de rendimiento distintas. Los enfoques de diseño más habituales son los siguientes:

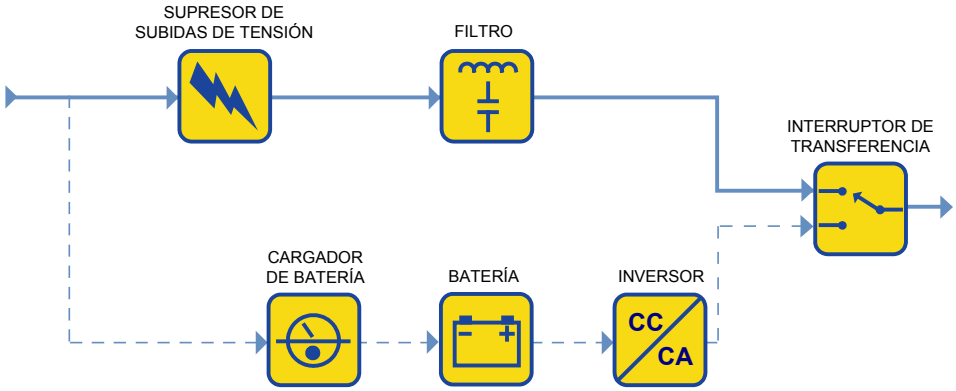
- Standby
- Interactivo
- Standby-Ferro
- On-line de doble conversión
- On-line de conversión Delta

Sistema SAI Standby

Este sistema es el más utilizado para ordenadores personales. En el diagrama de bloques ilustrado en la Figura 1, el interruptor de transferencia está configurado para utilizar la entrada de CA filtrada como fuente de alimentación principal (ruta marcada con una línea sólida) y cambiar a la batería / el inversor como suministro de reserva si falla el suministro principal. Cuando esto sucede, el interruptor de transferencia debe activarse para transferir la carga al suministro de reserva de la batería / el inversor (ruta punteada). El inversor solamente se activa si se interrumpe el suministro, de ahí el nombre “Standby” (de reserva). Las principales ventajas de este diseño son su gran eficacia, su reducido tamaño y su bajo coste. Con un filtro y un circuito de sobretensiones adecuados, estos sistemas también pueden ofrecer filtración de ruido y supresión de sobretensiones.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Figura 1 *– Sistema SAI Standby*



Sistema SAI Interactivo

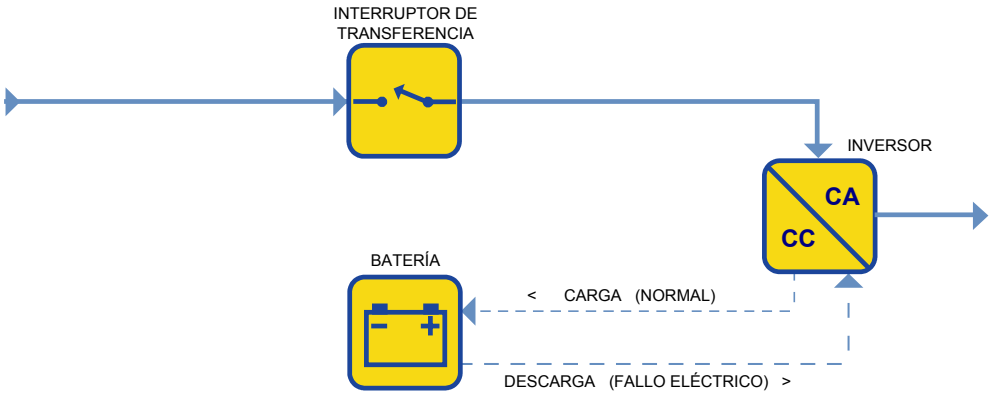
El sistema SAI Interactivo, ilustrado en la Figura 2, es el más utilizado en empresas pequeñas, Internet y servidores departamentales. En este diseño, el convertidor (inversor) de corriente de batería a CA está siempre conectado a la salida del SAI. Activar el inversor al revés cuando la alimentación de CA de entrada es normal hace que se cargue la batería.

Cuando falla la alimentación de entrada, el interruptor de transferencia se abre y la alimentación va de la batería a la salida del SAI. Con el inversor encendido y conectado a la salida en todo momento, este diseño ofrece filtrado adicional y produce menos transitorios de tensión comparado con la topología de SAI Standby.

Además, el diseño Interactivo suele incorporar un transformador para conmutación de tomas. Este transformador añade regulación de tensión al ajustar las tomas del transformador a medida que cambia la tensión de entrada. La regulación de tensión es importante cuando la tensión es baja, ya que sin ella el SAI transferiría a batería y reduciría la carga. Este uso más frecuente de la batería puede provocar un fallo prematuro de la misma. No obstante, el inversor también se puede diseñar de modo que, aunque falle, permita el flujo de alimentación de la entrada de CA a la salida, lo cual elimina el riesgo de puntos individuales de fallo y proporciona dos rutas de alimentación independientes. Su gran eficacia, reducido tamaño, bajo coste y gran fiabilidad, junto con su capacidad de corregir situaciones con tensión de línea baja o alta, hacen que sea el sistema SAI dominante en la gama de potencia de 0,5 - 5 kVA.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Figura 2 *– SAI Interactivo*



Sistema SAI Standby-Ferro

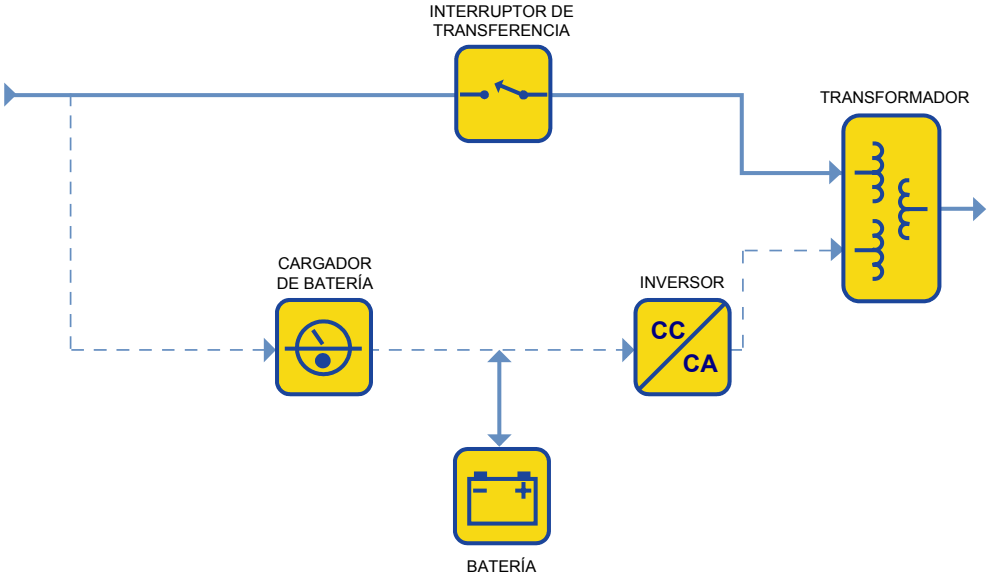
Este sistema solía ser el dominante en la gama de 3 - 15 kVA. Este diseño depende de un transformador de saturación especial que tiene tres bobinados (conexiones de alimentación). La ruta de alimentación principal va desde la entrada de CA, pasa por un interruptor de transferencia, después por el transformador y finalmente llega a la salida. Si se produce un fallo de alimentación, el interruptor de transferencia se abre y el inversor toma la carga de salida.

En el diseño Standby-Ferro, el inversor está en modo de reserva (*standby*) y se activa cuando la alimentación de entrada falla y se abre el interruptor de transferencia. El transformador tiene una opción especial ferrorresonante que ofrece regulación limitada de la tensión y corrección de la forma de onda de la salida. El aislamiento de los transitorios de alimentación de CA ofrecido por el transformador Ferro es tan bueno o mejor que cualquier filtro disponible. Aún así, el transformador Ferro crea una distorsión en la tensión y unos transitorios considerables, que pueden resultar peores que con mala conexión de CA. Aunque es un sistema SAI de reserva por diseño, el Standby-Ferro genera mucho calor porque el convertidor ferrorresonante es inherentemente ineficaz. Además, estos transformadores son grandes comparados con los transformadores de aislamiento comunes, por lo que generalmente se trata de sistemas de gran peso y tamaño.

Los sistemas SAI Standby-Ferro generalmente se describen como unidades On-Line, aunque incorporan un interruptor de transferencia, el inversor funciona en modo de reserva y muestran una característica de transferencia durante los fallos de alimentación de CA. La Figura 3 muestra esta topología Standby-Ferro.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Figura 3 *– Sistema SAI Standby-Ferro*



Los puntos fuertes de este diseño son su gran fiabilidad y un excelente filtrado de línea. No obstante, el diseño es poco eficaz e inestable cuando se utiliza con algunos generadores y ordenadores con factor de potencia corregido más modernos, lo que hace que la popularidad de este diseño disminuya significativamente.

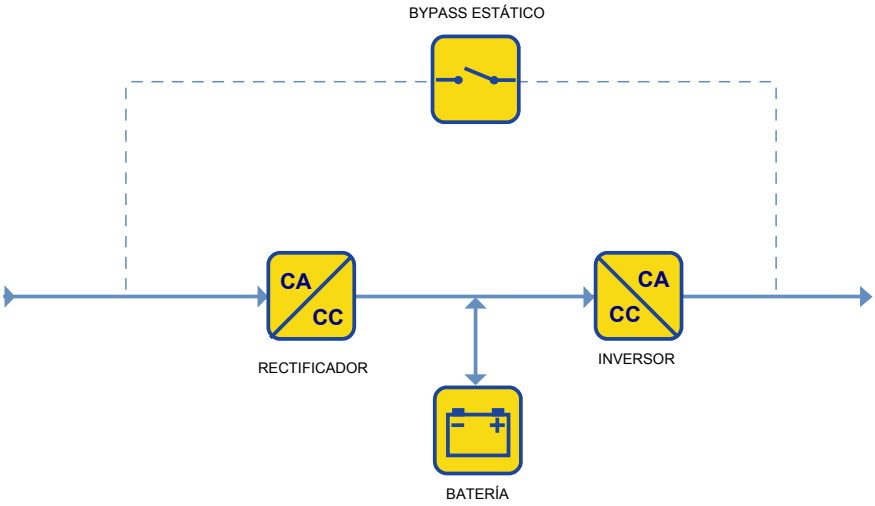
La razón principal de que los sistemas SAI Standby-Ferro no se utilicen habitualmente es que pueden ser muy inestables al funcionar con las cargas de alimentación de los ordenadores modernos. Todos los servidores y routers principales utilizan fuentes de alimentación con “factor de potencia corregido”, que sólo consumen corriente sinusoidal de la red eléctrica, de modo muy similar al de una bombilla incandescente. Este pequeño consumo de corriente se consigue por medio de condensadores, dispositivos que “guían” la tensión aplicada. El sistema SAI ferrorresonante utiliza pesados transformadores centrales con una característica inductiva, lo que significa que la corriente “va por detrás” de la tensión. La combinación de estos dos componentes forma lo que se conoce como “circuito resonante paralelo”. En un circuito resonante paralelo, la resonancia puede provocar corrientes altas que pueden poner en peligro la carga conectada.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Sistema SAI On-line de doble conversión

Se trata del sistema SAI más utilizado en gamas superiores a 10 kVA. El diagrama de bloques del sistema SAI On-line de doble conversión, ilustrado en la Figura 4, es el mismo que el del sistema Standby, excepto que la ruta de alimentación principal es el inversor en lugar de la alimentación de CA.

Figura 4 *– Sistema SAI On-line de doble conversión*



En el diseño On-line de doble conversión, un fallo en la entrada de CA no provoca la activación del interruptor de transferencia, ya que la CA de entrada carga la fuente de baterías de reserva, que proporciona alimentación al inversor de salida. Por lo tanto, durante un fallo de la alimentación de CA de entrada, la operación on-line no provoca tiempos de transferencia.

En este diseño, tanto el cargador de la batería como el inversor convierten el flujo de alimentación de la carga completa, lo cual reduce la eficacia y aumenta el calor generado.

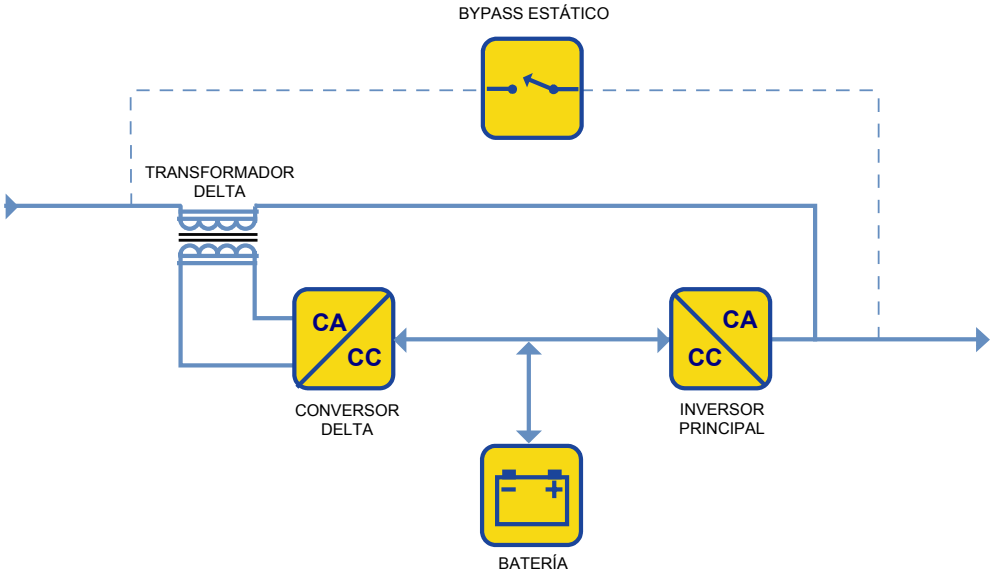
Este sistema SAI ofrece un rendimiento de salida eléctrica casi perfecto. Su problema es que el constante desgaste de los componentes eléctricos reduce la fiabilidad respecto a otros diseños, y la energía consumida por la ineficacia de la alimentación eléctrica es una parte significativa del coste del SAI a lo largo de su vida útil. Además, la alimentación de entrada consumida por el enorme cargador de la batería es a menudo no lineal y puede interferir con el cableado de alimentación del edificio o provocar problemas con los generadores de reserva.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Sistema SAI On-line de conversión Delta

El diseño de este sistema SAI, ilustrado en la Figura 5, se basa en una tecnología de tan sólo 10 años introducida para eliminar los inconvenientes del diseño On-line de doble conversión y está disponible en tamaños que van desde 5 kVA hasta 1,6 MW. Similar al diseño On-line de doble conversión, en el sistema SAI On-line de conversión Delta el inversor siempre suministra la tensión de la carga. No obstante, el convertidor Delta adicional también proporciona alimentación a la salida del inversor. En caso de producirse fallos o alteraciones en la CA, este diseño muestra un comportamiento idéntico al del sistema On-line de doble conversión.

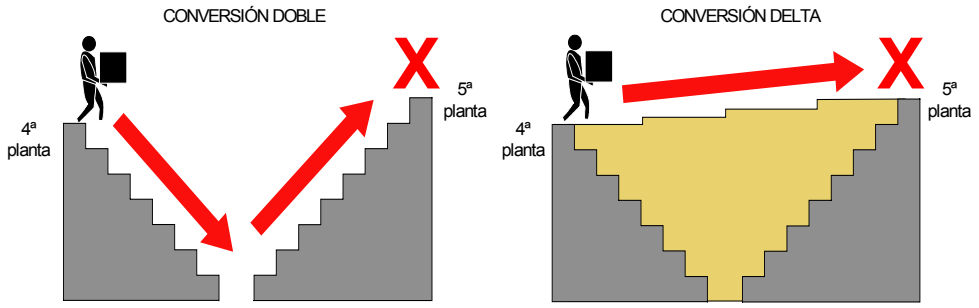
Figura 5 *– Sistema SAI On-line de conversión Delta*



Un sencillo modo de comprender la eficacia energética de la topología de conversión Delta es considerar la energía necesaria para llevar un paquete desde la cuarta a la quinta planta de un edificio, tal y como se muestra en la Figura 6. La tecnología de conversión Delta ahorra energía llevando el paquete sólo el tramo de diferencia (delta) que hay entre los puntos de comienzo y final. El sistema SAI On-line de doble conversión convierte la alimentación a la batería y la devuelve, mientras que el convertidor Delta mueve los componentes de la alimentación de la entrada a la salida.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

***Figura 6** – Analogía de doble conversión frente a conversión Delta*



En el diseño On-line de conversión Delta, el convertidor Delta actúa con una doble función.
La primera es controlar las características de la alimentación de entrada. Su extremo frontal activo consume alimentación de modo sinusoidal, minimizando así los armónicos reflejados en la red eléctrica. Esto garantiza una compatibilidad óptima entre la red eléctrica y el generador, lo cual reduce el calor y el desgaste del sistema en el sistema de distribución eléctrica. La segunda función del convertidor Delta es controlar la corriente de entrada para regular la carga del sistema de la batería.
El sistema SAI on-line de conversión Delta ofrece las mismas características de salida que el diseño On-line de doble conversión. No obstante, las características de entrada son a menudo distintas. Los diseños On-line de conversión Delta ofrecen una entrada controlada dinámicamente y con factor de potencia corregido, pero sin el uso ineficaz de bancos de filtros asociado a las soluciones tradicionales. El beneficio más importante es una reducción significativa de las pérdidas de energía. El control de la alimentación de entrada también hace que el sistema SAI sea compatible con todo tipo de generadores y reduce la necesidad de cableado y de sobredimensionamiento del generador. La tecnología On-line de conversión Delta es la única tecnología SAI actual protegida mediante patente y, por lo tanto, es probable que no esté disponible en numerosos proveedores de sistemas SAI.

En situaciones de estado estable, el convertidor Delta permite al sistema SAI proporcionar alimentación a la carga con mucha más eficacia que el diseño de doble conversión.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Resumen de los tipos de sistemas SAI

La siguiente tabla muestra algunas de las características de los distintos tipos de sistemas SAI. Algunas características del SAI, como la eficacia, dependen del tipo de sistema SAI elegido. Puesto que la calidad de implementación y fabricación afectan más a características como la fiabilidad, estos factores también deberán evaluarse además de los siguientes atributos de diseño.

	Gama de potencia práctica (kVA)	Regulación de la tensión	Coste por VA	Eficacia	Inversor siempre en funcionamiento
Standby	0 - 0,5	Baja	Bajo	Muy alta	No
Interactivo	0,5 - 5	Depende del diseño	Medio	Muy alta	Depende del diseño
Standby-Ferro	3 - 15	Alta	Alto	Baja - Media	No
On-line de doble conversión	5 - 5000	Alta	Medio	Baja - Media	Sí
On-line de conversión Delta	5 - 5000	Alta	Medio	Alta	Sí

Uso de los distintos sistemas SAI en el sector

La oferta actual de productos del sector de sistemas SAI ha evolucionado con el tiempo para incluir muchos de estos diseños. Los diferentes tipos de sistemas SAI tienen características que los hacen más o menos adecuados para distintas aplicaciones y la línea de productos de APC refleja esta diversidad, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

	Productos comerciales	Ventajas	Limitaciones	Conclusiones de APC
Standby	APC Back-UPS Tripp-Lite Internet Office	Bajo coste, gran eficacia, compacto	Utiliza la batería durante los apagones, poco práctico por encima de 2 kVA	El mejor para estaciones de trabajo personales
Interactivo	APC Smart-UPS Powerware 5125	Alta fiabilidad, gran eficacia, buena regulación de la tensión	Poco práctico por encima de 5 kVA	El sistema SAI más popular actualmente gracias a su alta fiabilidad, ideal para servidores en rack o distribuidos y/o entornos eléctricos adversos
Standby-Ferro	BEST Ferrups	Excelente regulación de la tensión, alta fiabilidad	Poca eficacia, inestable combinado con algunas cargas y generadores	Aplicaciones limitadas debido a los problemas que plantea por baja eficacia e inestabilidad y porque el diseño On-line N+1 ofrece incluso mayor fiabilidad
On-line de doble conversión	APC Symmetra Powerware 9170	Excelente regulación de la tensión, facilidad de conexión en paralelo	Poca eficacia, caro a menos de 5 kVA	Adecuado para diseños N+1
On-line de conversión Delta	APC Silcon	Excelente regulación de la tensión, alta eficacia	Poco práctico por debajo de 5 kVA	Su gran eficacia reduce el coste substancial de energía durante el ciclo de vida útil en grandes instalaciones

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*

Conclusión

Los distintos tipos de sistemas SAI son adecuados para diferentes usos y ningún sistema SAI es ideal para todas las aplicaciones. El objetivo de este estudio es contrastar las ventajas y desventajas de las distintas topologías SAI que existen actualmente en el mercado.

Las diferencias significativas entre los diseños de los sistemas SAI ofrecen ventajas teóricas y practicas para distintos usos. A pesar de ello, la calidad básica de la implementación del diseño y de la fabricación son a menudo factores dominantes a la hora de determinar el rendimiento final en la aplicación del cliente.

Acerca del autor:

Neil Rasmussen es uno de los fundadores y Director técnico general de American Power Conversion. En APC, Neil dirige el mayor presupuesto de I+D del mundo destinado a infraestructura de alimentación, refrigeración y racks para redes críticas, con centros principales de desarrollo de productos en Massachusetts, Missouri, Dinamarca, Rhode Island, Taiwán e Irlanda. Neil está dirigiendo actualmente los esfuerzos de APC para desarrollar soluciones modulares y escalables para centros de datos.

Antes de fundar APC en 1981, Neil obtuvo sus títulos de diplomatura y licenciatura en Ingeniería Eléctrica en el MIT, donde hizo su tesis sobre el análisis de una fuente de alimentación de 200 MW para un reactor de fusión Tokamak. Desde 1979 hasta 1981 trabajó en los laboratorios MIT Lincoln Laboratories en sistemas de almacenamiento por volante de inercia y sistemas solares de alimentación eléctrica.

©2003 American Power Conversion. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación podrá utilizarse, reproducirse, fotocopiarse, transmitirse o almacenarse en ningún sistema de recuperación de datos de ningún tipo sin contar con la autorización por escrito del propietario del copyright. *www.apc.com*