

Comparación técnica de los diseños de SAI online e interactivo

Por Jeffrey Samstad
Michael Hoff

Documento técnico n° 79

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Sumario

Los sistemas SAI de menos de 5.000 VA están disponibles en dos diseños básicos: interactivo u online de doble conversión. En este documento se describen las ventajas e inconvenientes de cada topología, y se aclaran algunas ideas erróneas sobre los requisitos de aplicación en el mundo real.

Introducción

La mayoría de los factores que contribuyen a decidir qué SAI adquirir son claramente visibles y fáciles de comprender: tiempo de autonomía de la batería, coste, tamaño, fabricante, número de tomas, capacidad de gestión, etc. Pero hay otros factores que no resultan ni tan visibles ni tan fáciles de comprender. Uno de los menos comprendidos, aunque más discutidos, es la **topología**. La topología, o diseño interno, de un SAI afecta a su funcionamiento en distintos entornos.

Elegir la topología adecuada puede resultar difícil, ya que se suele afirmar que ciertas topologías son mejores y absolutamente necesarias para aplicaciones críticas. Como estas afirmaciones suelen proceder de los fabricantes que pretenden vender sus tecnologías “superiores”, es difícil tomar una decisión informada basada sólo en este tipo de afirmaciones. El objetivo de este documento es discutir de forma objetiva las ventajas e inconvenientes de las dos topologías más comunes: **interactiva** y **online de doble conversión**.

En los extremos superior e inferior de la gama de potencia, no hay mucho que decir sobre los méritos relativos de estas dos topologías.¹ Por encima de 5.000 VA, la topología interactiva ha demostrado con el tiempo que no resulta práctica debido a su gran tamaño y a su alto coste. En el otro extremo, por debajo de 750 VA, la topología online de doble conversión no suele tenerse en consideración, ya que hay otras topologías (incluida la interactiva) más prácticas para cargas pequeñas.

El debate sobre la topología online de doble conversión frente a la topología interactiva suele centrarse en la gama de potencia comprendida entre 750 VA y 5.000 VA. Ahí es donde las ventajas funcionales y económicas de una tecnología sobre la otra dejan de estar tan claras y dependen de las particularidades de la instalación. Mientras que la topología interactiva se ha convertido en la más fabricada y utilizada en esta gama de potencia, los avances en la tecnología de semiconductores y en las técnicas de fabricación han terminado con la supremacía de la topología online de doble conversión sobre la topología interactiva, haciendo que sea más difícil que antes decidirse por una u otra. Para poder seleccionar la mejor topología en este rango “poco claro”, es necesario conocer las ventajas e inconvenientes asociados a cada una.

¹ A potencias *muy* altas (200.000 VA o más), la discusión se centra en las ventajas relativas de la tecnología **online de doble conversión** frente a la tecnología **online de conversión delta**. Consulte el Documento técnico de APC nº 1, “Distintos tipos de sistemas SAI”, para ver una comparación de estas dos topologías online.

Conocer la aplicación

Antes de decidirse por una topología de SAI, es importante conocer las necesidades de los equipos que se pretende proteger y el entorno en el que se instalará el SAI. El conocimiento de las necesidades básicas es esencial para tomar una decisión adecuada sobre la topología de SAI más apropiada para la aplicación.

Equipos de TI y alimentación de CA: las fuentes de alimentación conmutadas (SMPS)

La electricidad se suele distribuir como alimentación de corriente alterna (CA) desde la red y desde los generadores de reserva. Una tensión de CA alterna entre la polaridad positiva y la negativa (en circunstancias ideales, como onda sinusoidal perfecta) pasando por cero voltios dos veces por ciclo. Aunque no se aprecie a simple vista, una bombilla conectada a la tensión eléctrica CA parpadea 100 o 120 veces por segundo (para CA de 50 o 60 ciclos), cada vez que la tensión experimenta un cruce por cero para cambiar la polaridad.

¿Cómo utilizan los equipos de TI la corriente continua para alimentar sus circuitos de procesamiento? ¿Se “desconectan” también 100 o más veces por segundo cada vez que la tensión de línea cambia de polaridad? Obviamente, los equipos de TI tienen que resolver este problema. Prácticamente todos los equipos de TI modernos resuelven este problema con una **fuentes de alimentación conmutada (SMPS)**². Una SMPS convierte primero la tensión de CA con todos sus componentes “no ideales” (picos de tensión, distorsiones, variaciones de frecuencia, etc.) en corriente continua (CC). Durante este proceso se carga un elemento de almacenamiento de energía, llamado **condensador**, que se encuentra entre la entrada de CA y el resto del suministro eléctrico. Este condensador se carga por impulsos a través de la entrada de CA dos veces por ciclo de CA cuando la onda sinusoidal se encuentra en o cerca de sus picos (positivo y negativo), y se descarga a la velocidad que requieran los circuitos de procesamiento de TI, situados aguas abajo. El condensador está diseñado para absorber estos impulsos de CA normales, junto con los picos de tensión, de forma constante a lo largo de su vida útil. De este modo, al contrario de lo que ocurre con las bombillas, los equipos de TI funcionan a partir de un flujo constante de CC, y no a partir de los impulsos de CA que suministra la red eléctrica.

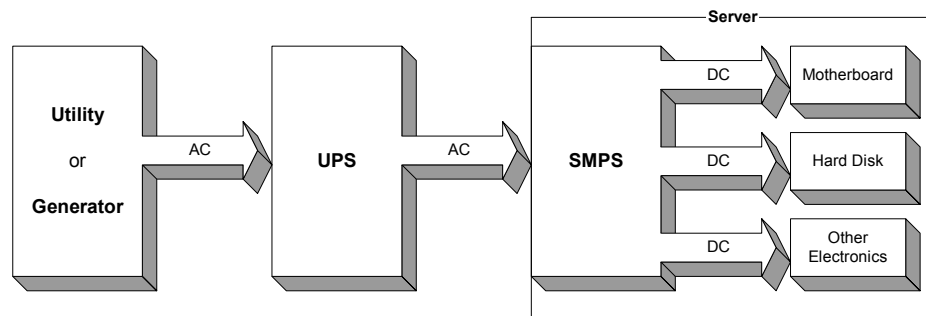
Pero aquí no acaba todo. Los circuitos microelectrónicos requieren tensiones de CC muy bajas (3,3 V, 5 V, 12 V, etc.); sin embargo, la tensión que atraviesa el condensador que acabamos de mencionar puede llegar a alcanzar los 400 V. La SMPS también convierte la CC de alta tensión en CC de baja tensión regulada de forma precisa.

² “Modo conmutado” se refiere a una característica de los circuitos internos del suministro eléctrico que no es relevante para esta explicación.

Al realizar esta reducción de tensión, la SMPS desempeña otra función importante: proporciona **aislamiento galvánico**. El aislamiento galvánico es una separación física en los circuitos que cumple dos fines. El primero es la seguridad: la protección frente a descargas eléctricas. El segundo es la protección frente a daños o mal funcionamiento de los equipos debido al ruido o a la tensión de modo común (de puesta a tierra). En los documentos técnicos de APC nº 9, "Common Mode Susceptibility of Computers" ("Susceptibilidad de los ordenadores al modo común") y nº 21, "Neutral Wire Facts and Mythology" ("Cable neutro: realidad y leyenda"), encontrará más información sobre la tensión de modo común y de puesta a tierra.

La Figura 1 muestra un equipo de TI (en este ejemplo, un servidor) protegido por un SAI. También se muestran los componentes internos del servidor, incluida la SMPS.

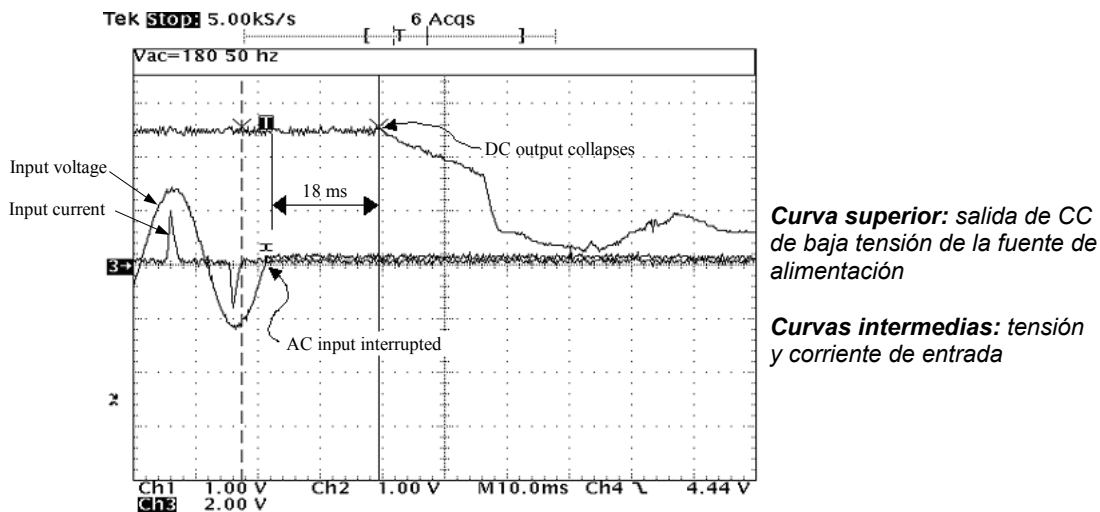
Figura 1 – Aplicación típica de un SAI: SAI y servidor



Del mismo modo que la SMPS "soporta" los intervalos entre picos de la onda sinusoidal de entrada de CA, también "soporta" otras anomalías y breves interrupciones del suministro de CA. Esto es muy importante para los fabricantes de equipos de TI, ya que éstos desean que sus equipos funcionen incluso en los casos en los que no haya un SAI. Ningún fabricante de equipos de TI desea que su reputación en cuanto a calidad y rendimiento dependa de un suministro eléctrico que no puede soportar ni siquiera la más mínima anomalía de línea de CA. Este hecho es particularmente aplicable a los equipos informáticos y de red de alto nivel, que normalmente se fabrican con fuentes de alimentación de mayor calidad.

Para demostrar esta capacidad de autonomía, se aplicó una carga muy elevada a una fuente de alimentación CC de ordenador y se interrumpió la alimentación CA de entrada. Se analizó la salida del suministro eléctrico para determinar durante cuánto tiempo continuaba suministrándose una tensión de salida aceptable, desde la pérdida de la entrada de CA. Los resultados se muestran en la Figura 2. Las formas de onda mostradas son la tensión de entrada, la corriente de entrada y la tensión de salida de CC del suministro eléctrico.

Figura 2 – Autonomía del suministro eléctrico



Cuando desaparece el suministro de CA, la salida de alimentación de un ordenador a pleno rendimiento se colapsará, pero sólo una vez transcurrido un intervalo de tiempo importante.

Antes de ser interrumpida, la *tensión* de entrada es la onda sinusoidal de la izquierda en la Figura 2. La *corriente* de entrada (el trazo con picos situado debajo de la curva suave de tensión) está formada por un impulso breve en el pico positivo de la tensión de entrada y por otro impulso breve en el pico negativo. El condensador de la SMPS sólo se carga durante estos impulsos de corriente. El resto del tiempo, la potencia se toma del condensador para suministrar alimentación a los circuitos de procesamiento. La tensión de CC a la salida de la SMPS es el trazo superior de la Figura 2³. Recuerde que la tensión de salida permanece regulada con precisión durante 18 milisegundos desde que se interrumpe la entrada de CA. APC ha comprobado el comportamiento de fuentes de diversos fabricantes de ordenadores y otros equipos de TI, y ha obtenido resultados similares. Si las fuentes soportan cargas por debajo de su valor nominal, el tiempo de autonomía será mucho mayor, ya que el condensador se descargará con mayor lentitud.

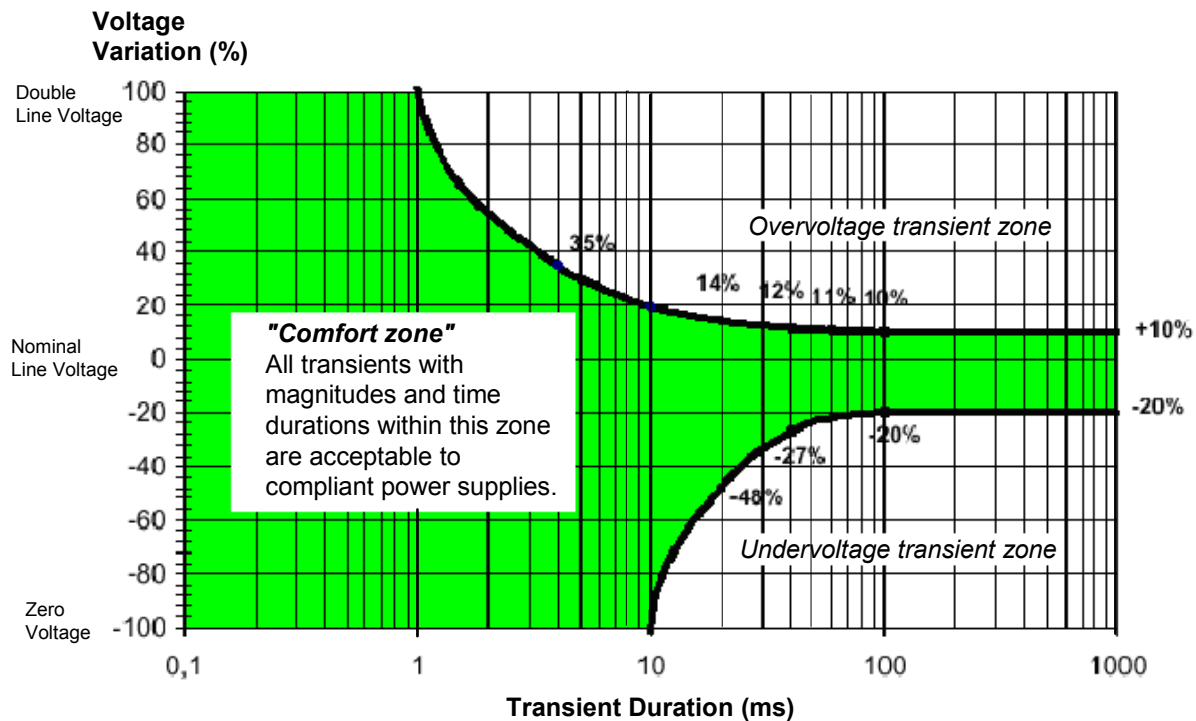
³ Algunas SMPS llevan a cabo una corrección del factor de potencia (PFC), que se discutirá más adelante, y consumen corriente de entrada con una forma sinusoidal. También disponen de un condensador de alta tensión que realiza la misma función de avance.

Normas internacionales para la compatibilidad de los SAI con fuentes de SMPS

Hemos visto que una fuente SMPS debe salvar breves perturbaciones eléctricas para poder utilizar la potencia procedente de la tensión de entrada de CA sinusoidal. Pero, ¿qué se entiende por “breve”?

En la Figura 3 se muestran las especificaciones de la norma internacional IEC 62040-3. Dicha norma define los límites de magnitud y duración de las perturbaciones en la tensión de salida del SAI que se consideran aceptables para una carga SMPS. Como muestra la forma de la “zona segura”, coloreada, cuanto menor sea la magnitud de la perturbación transitoria, más tiempo estará presente en la salida del SAI. Téngase en cuenta que esta norma admite la presencia *continua* de un rango bastante amplio de variaciones de tensión, con valores nominales de +10% a –20%. En otras palabras, la tensión de salida del SAI puede variar dentro de ese rango durante un periodo indefinido de tiempo sin que afecte al funcionamiento de la SMPS; esto se debe a que varios estándares similares sobre SMPS requieren capacidad de autonomía en un rango de anomalías de entrada aún más amplio que el permitido para la salida del SAI ⁴.

Figura 3 – Norma IEC 62040-3: magnitud y duración de alteraciones de tensión de CA aceptables para la compatibilidad con cargas de SMPS



IEC 475/99

Las perturbaciones de tensión (“transitorios”) cuya magnitud y duración queden dentro de la “zona de seguridad” verde pueden estar presentes en la salida del SAI conectado a los equipos de SMPS; el resto, no.

⁴ Los estándares sobre SMPS correspondientes, que definen el rango de alteraciones eléctricas que una fuente SMPS debe aceptar son la “curva ITI/CBEMA” y la norma IEC 61000-4-11.

Según la Figura 3, los requisitos de compatibilidad de un SAI con una salida nominal de 120 V CA son:

- Para duraciones de hasta 1 milisegundo, la tensión de salida del SAI puede alcanzar los 240 V.
- Para duraciones de hasta 10 milisegundos, la tensión de salida del SAI puede ser cero.
- Para duraciones de hasta 100 milisegundos, pueden haber presentes oscilaciones (hacia arriba o hacia abajo) menos fuertes; la duración permitida dependerá de la gravedad de la perturbación.
- Para duraciones de más de 100 milisegundos (incluido el funcionamiento continuo), la tensión de salida del SAI debe permanecer entre 96 V y 132 V.

En la mayor parte del mundo, salvo en algunos países emergentes, el suministro de electricidad es relativamente estable. En un día normal, podemos apreciar tensiones con variaciones máximas del 5% por encima o por debajo del valor nominal, y siempre dentro de las variaciones de tensión admisibles que se indican en la Figura 3. Puesto que una SMPS puede consumir la potencia de CA con estas características, ofrece la robustez necesaria para trabajar de forma fiable con la tensión normal de la red.

En resumen, los SMPS presentan las siguientes ventajas:

- Pueden aceptar amplias variaciones en la tensión y frecuencia de entrada, sin que el rendimiento se vea afectado.
- Presentan aislamiento galvánico, incorporado entre la entrada de CA y las salidas de CC, haciendo innecesario el aislamiento de modo común (neutro a tierra) previo.
- Pueden aceptar una cantidad considerable de distorsión de la tensión de entrada sin que el funcionamiento o la fiabilidad se vean afectados.
- Presentan un tiempo de “autonomía” integrado, que les permite tolerar breves interrupciones del suministro eléctrico.

Mito y realidad

MITO: los equipos críticos requieren un tiempo de transferencia de SAI cero, por ejemplo, para evitar bloqueos o pérdidas de paquetes en switches de red.

REALIDAD: las SMPS son fuentes de alimentación que encontramos en prácticamente todos los equipos críticos. Deben tener un tiempo de “autonomía” de 10 milisegundos o más para cumplir la normativa internacional (Figura 3) Un equipo eléctrico que no admita este tiempo de autonomía se suele considerar de diseño inferior o extremadamente raro, en la mayoría de los casos, para aplicaciones específicas (ni ordenadores ni equipos de TI).

Conocer las distintas opciones de SAI

El Documento técnico de APC nº 1, "Distintos tipos de sistemas SAI", describe las siguiente cinco principales topologías de SAI utilizadas actualmente, junto con sus características de funcionamiento:

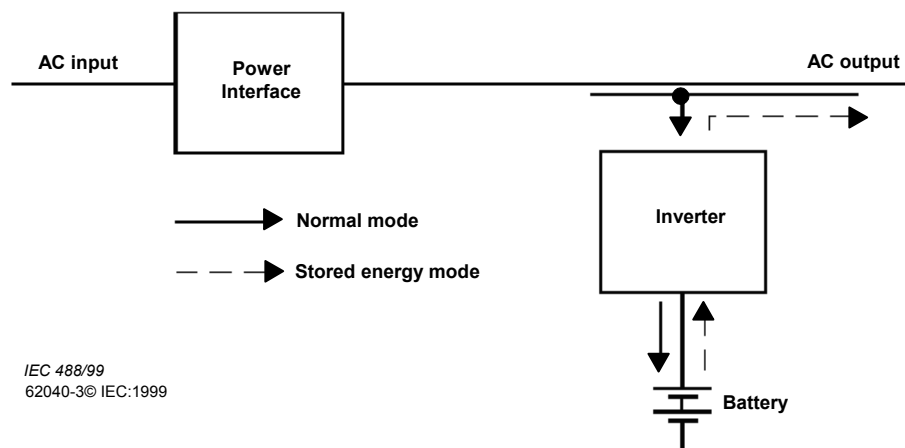
- Standby
- Interactivo
- Standby-Ferro
- On-line de doble conversión
- On-line de conversión Delta

En la gama de potencia de 750 VA a 5.000 VA, casi todos los SAI comercializados para las aplicaciones de TI actuales son de tipo interactivo o del tipo online de doble conversión. Otras topologías no son tan comunes en esta gama por razones que quedan fuera del alcance de este documento técnico.

SAI interactivo

Un SAI **interactivo** acondiciona y regula la potencia de CA de la red, normalmente usa un único convertidor de potencia principal. La Figura 4 muestra la descripción estándar de esta topología según la norma IEC 62040-3.

Figura 4 – Topología de SAI interactivo según IEC 62040-3
Diagrama de bloques con una interfaz de potencia y un bloque de conversión principal



Si hay entrada de CA, el bloque de “interfaz de potencia” de la Figura 4 filtra el suministro de CA, elimina los picos de tensión y regula la tensión lo suficiente como para garantizar un buen funcionamiento dentro de las especificaciones tratadas anteriormente. Normalmente, esto se consigue con componentes de filtro pasivos y un transformador variable. El convertidor de potencia principal (el bloque “inversor”) redirige parte de la potencia de CA de entrada para mantener las baterías completamente cargadas mientras la tensión de la línea de CA esté presente. Para ello, se suele necesitar menos del 10% de la potencia nominal del SAI, de modo que los componentes no se calientan mientras están en este modo de trabajo. Por ejemplo, el bloque inversor de un SAI interactivo de 3.000 vatios funciona a sólo 300 vatios (1/10 de su capacidad) o menos mientras se cargan las baterías. Muchos componentes dimensionados para su funcionamiento a plena carga pueden funcionar ligeramente por encima de la temperatura ambiente exterior cuando reciben CA, lo que constituye el modo más común de trabajo. Cuando la tensión de línea de CA cae fuera del rango de entrada, el inversor proporciona una salida de CA con alimentación procedente de la batería. El rango de tensión suele ser fijo y constituye entre el -30% y +15% del valor nominal. Por ejemplo, un SAI interactivo con una tensión de salida nominal de 120 V mantiene su salida entre 107 V y 127 V, mientras que la entrada oscila entre 84 V y 138 V.

Un hecho impalpable pero de gran importancia en el funcionamiento de un SAI interactivo es que mientras filtra y prepara la tensión que suministra a la carga, no altera la forma de la onda de la corriente que consume la carga. Por lo tanto, si la carga tiene una SMPS con corrección de factor de potencia (PFC)⁵, el SAI interactivo no distorsionará ni interferirá en la corrección del factor de potencia. Si la SMPS de la carga *no* incluye corrección de factor de potencia y consume la corriente en picos (tal y como se muestra en la Figura 2), el SAI interactivo tampoco alterará ni “corregirá” esta forma de onda.

En teoría, tanto el número reducido de componentes como el funcionamiento en frío del convertidor de potencia principal (el bloque “inversor” en la Figura 4) contribuyen a alargar la vida útil del sistema y aumentar la fiabilidad. En la práctica, sin embargo, la fiabilidad suele estar determinada por otros factores, tal y como se describe en la sección [Consideraciones sobre la fiabilidad](#).

Gracias a su bajo coste y a su larga duración, los SAI interactivos se utilizan con éxito en millones de instalaciones de TI.

⁵ Cualquier dispositivo con corrección de factor de potencia (PFC) consume corriente desde la entrada de CA en forma de una onda sinusoidal suave y no en impulsos. Para más información sobre la salida sin corrección de factor de potencia, consulte la Figura 2.

Factores que se deben tener en cuenta (topología interactiva):

En los países en desarrollo o en otras áreas con problemas de infraestructura donde la tensión de la línea de CA es inestable, sufre fuertes fluctuaciones o está muy distorsionada, un SAI interactivo puede utilizar la batería una, dos o incluso más veces al día. Esto se debe a que el diseño interactivo presenta una capacidad más o menos limitada para impedir que las grandes fluctuaciones de tensión y las distorsiones lleguen a la carga, a menos que se desconecte de la fuente de CA y se transfiera a la alimentación por batería. Aunque el SAI interactivo proporciona una tensión de salida dentro de los límites marcados por la IEC (Figura 3) mientras la batería tiene potencia, el uso frecuente de la batería reducirá su capacidad, con lo que su autonomía será menor en caso de apagones prolongados. Además, aunque las baterías no se descarguen del todo, su uso frecuente puede hacer necesario que se sustituyan con más frecuencia.

Ventajas de la topología interactiva:

- Menor consumo de electricidad (más económica): mayor eficacia, ya que si la entrada de CA es aceptable, será necesario realizar una menor conversión de potencia.
- Mayor fiabilidad teórica: menor número de componentes y temperaturas de funcionamiento más bajas. (Consulte la sección **Consideraciones sobre la fiabilidad**).
- Menor carga térmica en la instalación: los SAI producen menos calor.

Inconvenientes del sistema:

Los SAI interactivos pueden resultar inapropiados en instalaciones donde:

- El suministro de CA sea inestable o esté muy distorsionado, ya que la alimentación de la batería se utilizará con demasiada frecuencia para mantener la salida del SAI dentro de las especificaciones.
- Se requiera una corrección del factor de potencia (PFC) y el equipo de carga no desempeñe esta función.

Mito y realidad

MITO: los SAI interactivos no acondicionan la alimentación: el ruido y los picos pasan a la salida, lo que supone un desgaste de la fuente de alimentación.

REALIDAD: los modelos interactivos de calidad presentan una potente supresión de picos y ruido eléctrico integrada para mantener la salida a unos niveles aceptables, de modo que la fiabilidad de la carga no se vea afectada.

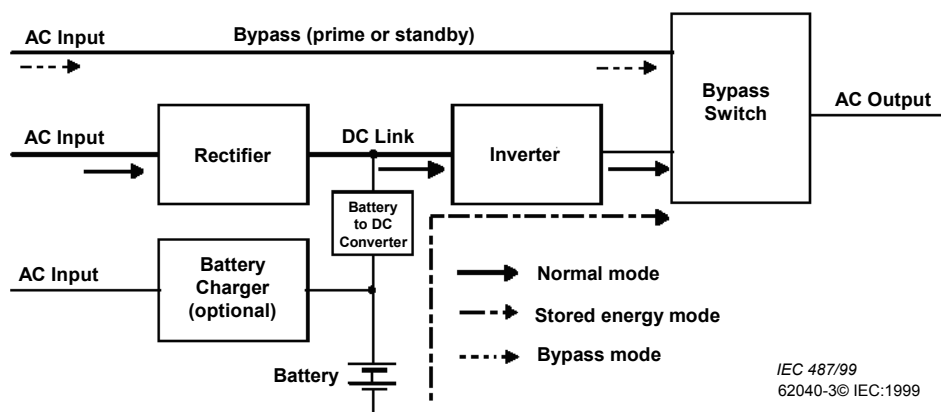
SAI online de doble conversión

Como su nombre indica, un SAI **online de doble conversión** convierte la potencia dos veces. En primer lugar, la entrada de CA, con todos sus picos de tensión, distorsión y otras anomalías, se convierte en CC. Esta operación es muy parecida a la de la SMPS en los equipos de TI, que ya se ha descrito anteriormente. Además, al igual que la SMPS, un SAI online de doble conversión utiliza un condensador para estabilizar la tensión de CC y almacenar la energía consumida desde la entrada de CA. En segundo lugar, la CC se vuelve a convertir en un tipo de CA altamente regulado por el SAI. Esta salida de CA puede tener incluso una frecuencia distinta de la entrada de CA, algo imposible con un SAI interactivo. Toda la potencia suministrada al equipo de carga se somete a este proceso de doble conversión cuando hay entrada de CA.

Cuando la entrada de CA queda fuera de un rango especificado, el SAI utiliza la potencia de la batería, de modo que la salida del SAI no se vea afectada. En muchos diseños online de doble conversión, esta transición que se produce en el interior del SAI entre la entrada de CA y la batería tarda varios milisegundos. Una vez más, es el condensador en el “enlace de CC” (consulte la Figura 5) el que proporciona la energía almacenada al inversor durante estas transiciones. Por tanto, aunque se produzca una breve interrupción en la potencia al pasar al “enlace de CC”, la tensión de salida del SAI no se verá afectada y será continua.

En las topologías modernas, casi siempre se incluye un circuito de carga de baterías adicional, de forma que el SAI online de doble conversión generalmente presenta tres etapas de conversión de potencia como mínimo. La Figura 5 ilustra esta topología basada en la norma IEC 62040-3.

Figura 5 – Topología de SAI online de doble conversión según IEC 62040-3
Diagrama de bloques con cuatro bloques de conversión



Además de realizar la conversión CA a CC, la sección del rectificador también incluye corrección del factor de potencia (PFC), lo que significa que utiliza la corriente de la línea de CA en forma de onda sinusoidal suave, y no en impulsos (para ver una ilustración de la corriente de entrada sin PFC, consulte la Figura 2). Como la PFC “corrige” la onda de corriente de entrada, se consume menos corriente, incluyendo reducciones en armónicos de alta frecuencia. Esto sucede incluso cuando los equipos de TI alimentados por el SAI reciben la corriente por impulsos (sin PFC). Para obtener más información sobre la corrección del factor de potencia y los armónicos neutros, consulte el Documento técnico de APC n° 26, “Hazards of Harmonics and Neutral Overloads” (“Peligros de los armónicos y las cargas neutras”).

Durante el funcionamiento a plena carga, el rango de tensión de entrada de CA aceptable en un sistema online de doble conversión es similar al de un sistema interactivo. Sin embargo, a diferencia de este último, un sistema online de doble conversión puede funcionar con una tensión de entrada mucho menor si el SAI no está completamente cargado. En el caso de un SAI típico de doble conversión a 120 V, esto significa que podría funcionar con alimentación de CA a cargas muy bajas incluso si la tensión de entrada fuese del 50% del valor nominal (60 V). Aunque es una característica interesante de las topologías online, no suele resultar de utilidad (más que a modo de demostración), debido a que las perturbaciones de esta magnitud son muy infrecuentes y a que las condiciones de carga, en la práctica, son variables.

Un SAI online suele ser menor que un SAI interactivo para la misma capacidad de potencia. Aunque tiene más componentes (normalmente, el triple), éstos son más pequeños. Esto ocurre especialmente en el caso de las unidades de potencia de más de 2.200 VA y siempre en comparación con los SAI interactivos de autonomía ampliable.

La topología online normalmente incluye un circuito de bypass que se utiliza si se produce una sobrecarga prolongada o cuando hay algún problema en uno de los circuitos de doble conversión. Las transiciones entre el funcionamiento de bypass y el de inversor normalmente duran pocos milisegundos, igual que la transferencia de un SAI interactivo a batería. En consecuencia, muchas unidades online dependen de la SMPS para salvar estas perturbaciones en la salida del SAI. Al igual que en los modelos interactivos, esto no supone ningún problema siempre que la interrupción de la salida del SAI quede dentro de las especificaciones indicadas en la Figura 3.

Elementos que se deben tener en cuenta (topología online de doble conversión)

Las etapas de conversión de potencia online, que se llevan a cabo de forma continua para proporcionar la tensión de salida altamente regulada por la que son conocidas, pueden llevar cargas hasta el máximo de su capacidad. Sin embargo, este aumento en el rendimiento lleva asociados ciertos costes.

Debido a sus múltiples etapas de potencia, un SAI online de doble conversión tendrá muchos más componentes que un SAI interactivo típico. Como estos componentes procesan continuamente toda la potencia consumida por los equipos de la carga, sus temperaturas suelen ser mayores que las de los componentes de un SAI interactivo cuando está presente la entrada de CA. En teoría, tanto el funcionamiento constante como las mayores temperaturas reducen la fiabilidad de los componentes del SAI. En la práctica, sin embargo, la fiabilidad normalmente viene determinada por otros factores, tal y como se describe en la sección [Consideraciones sobre la fiabilidad](#).

Otro factor que debemos tener en cuenta es la energía adicional necesaria que consume un SAI online de doble conversión a largo plazo. Un SAI de este tipo funciona continuamente con una eficacia de entre el 85% y el 92%, según su diseño específico, en comparación con el 96% y el 98% de un SAI interactivo. Por ejemplo, un SAI de 1.000 W con un rendimiento del 90%, completamente cargado, consumirá 100 W de potencia de forma continua. Esto se traduce en unos 100 dólares de media por año en costes adicionales de electricidad. Además de estos costes, estos 100 W de calor se deben eliminar del entorno, lo que supone unos costes de refrigeración que variarán según la eficacia del sistema de refrigeración utilizado. Puede que no parezca mucho, pero si tenemos en cuenta la suma de todas las pérdidas en todos los SAI de una empresa, o incluso el consumo de energía total a lo largo de la vida útil de un solo SAI, veremos que se trata de un factor importante en el coste total de propiedad del SAI. En comparación, un SAI interactivo con una carga similar supondrá menos de un tercio de costes de energía por potencia de carga.

Mito y realidad

MITO: los SAI online ofrecen una mejor protección contra ruidos de modo común (CM).

REALIDAD: aunque es posible diseñar topologías interactiva y online con aislamiento galvánico, normalmente se utilizan componentes pasivos para *reducir* la tensión de modo común. Ninguna de ellas presenta una ventaja fundamental a este respecto. Los SMPS ya están aislados galvánicamente, por lo que el aislamiento externo es innecesario. Para más información, consulte los Documentos técnicos n 9 y n 21 de APC.

Ventajas del sistema online de doble conversión:

- Funciona con menos frecuencia con la batería cuando la tensión de entrada está muy distorsionada o presenta grandes fluctuaciones.
- Incluye corrección de factor de potencia (PFC), independientemente del tipo de carga.
- Más compacto y ligero, especialmente a niveles de potencia mayores.
- Puede regular la frecuencia de salida e incluso realizar una “conversión” de frecuencia de 50 Hz a 60 Hz y viceversa.

Se puede argumentar que la tensión de salida de CA altamente regulada es una *ventaja* de la topología online. Sin embargo, una SMPS no necesita CA altamente regulada debido a la regulación de tensión que proporciona el propio SMPS, tal y como se ha descrito en este documento.

Inconvenientes del sistema:

- El sistema online de doble conversión contiene más componentes que funcionan de forma continua a temperaturas más altas y, a igualdad de factores, presentan una duración menor que los componentes equivalentes que podemos encontrar en los sistemas interactivos.
- El sistema online de doble conversión consume más electricidad que el sistema interactivo debido a su continua conversión y reconversión de potencia de la entrada a la salida cuando la entrada de CA está presente.
- El sistema online genera más calor que se emite al entorno de TI. Este calor se debe eliminar de forma eficaz para impedir el deterioro de otros sistemas e incluso de las propias baterías del SAI.

Consideraciones sobre la fiabilidad

Ciertos aspectos de diseño mejoran o perjudican en teoría el funcionamiento y la fiabilidad de ambas topologías. En el caso de la interactiva, el menor número de componentes y el funcionamiento en frío de la etapa de potencia principal contribuyen a *augmentar* la vida útil y la fiabilidad. En cuanto a la topología online de doble conversión, el funcionamiento constante y las temperaturas de servicio superiores tienden a *reducir* la vida útil y la fiabilidad.

Sin embargo, en la práctica, la fiabilidad suele estar determinada por la forma en que el fabricante diseña y construye el SAI y por la calidad de los componentes utilizados, independientemente de la topología. Como la calidad depende del fabricante, puede haber diseños online de doble conversión de alta calidad y diseños interactivos de baja calidad, y viceversa.

Mito y realidad

MITO: una mayor regulación de la tensión mejora el rendimiento y la fiabilidad de los equipos de TI.

REALIDAD: todos los SMPS convierten la tensión de entrada de CA (con sus picos y distorsión) en CC estable. Esta CC se utiliza entonces para generar una salida de CC correctamente regulada para todas las cargas de TI. Las condiciones de la línea de entrada dentro sus rangos NO afectan a la calidad de las salidas de los SMPS o al rendimiento de los equipos de TI. De lo contrario, ¿por qué un SMPS tendría su rango impreso en su chasis?

Resumen de la comparación

En la siguiente tabla se sintetizan las ventajas e inconvenientes más importantes de las topologías interactiva y online de doble conversión de los SAI.

Tabla 1 – Comparación de las topologías interactiva y online de doble conversión

TOPOLOGÍA	Fiabilidad	Coste total de propiedad	Entrada	Salida	Tamaño / Peso
Interactiva	<p>+</p> <p>Menos componentes</p> <p>Menor temperatura de servicio</p>	<p>+</p> <p>Menor coste inicial (menos componentes)</p> <p>Menor coste de funcionamiento (menos electricidad)</p>	<p>-</p> <p>Sin PFC</p> <p>La distorsión excesiva de la tensión puede requerir el uso más frecuente de la batería.</p>	<p>+ / -</p> <p>La frecuencia de salida varía dentro de un rango configurable.</p>	<p>-</p> <p>Normalmente es más grande y pesado.</p>
Online de doble conversión	<p>-</p> <p>Muchos componentes</p> <p>Temperatura de servicio más alta</p>	<p>-</p> <p>Mayor coste inicial (más componentes)</p> <p>Mayor coste de funcionamiento (electricidad y refrigeración)</p>	<p>+</p> <p>Con PFC</p> <p>Acepta distorsiones excesivas de la tensión sin utilizar la batería.</p>	<p>+</p> <p>Salida fija a una frecuencia configurable</p>	<p>+</p> <p>Normalmente son más pequeños y ligeros, especialmente a altos niveles de potencia.</p>

Conclusión

En el rango de potencia comprendido entre 750 VA y 5.000 VA, ambos tipos de SAI protegen los equipos de TI correctamente de las perturbaciones eléctricas, de modo que la decisión de utilizar una u otra topología dependerá principalmente de las características de la aplicación del cliente.

Como el coste inicial, los gastos de explotación, la generación de calor y la fiabilidad son cuestiones de primer orden en cualquier aplicación, podría parecer que el sistema interactivo es generalmente el más adecuado. De hecho, se ha convertido en un aliado eficaz y fiable en los entornos típicos de TI.

Sin embargo, en ciertas circunstancias, la topología online de doble conversión puede resultar preferible. En particular, en lugares donde la red de CA esté muy distorsionada o sufra excesivas variaciones de tensión, los SAI online de doble conversión utilizarán las baterías con menor frecuencia para mantener una salida adecuada. Cuanto menos frecuente sea el uso de las baterías, mayor será la capacidad que se mantenga para apagones largos. Además, también se alargará la vida útil de la batería. Por otro lado, si se reducen los costes derivados de la sustitución de las baterías, se puede contrarrestar la ventaja que suponen los costes iniciales y de explotación más bajos de los SAI interactivos. Otras situaciones menos comunes en las que es recomendable utilizar un SAI online de doble conversión son aquellas en las que se requiere una corrección del factor de potencia (PFC), un menor tamaño físico o conversión de frecuencia, tal y como sucede con ciertos tipos de equipos o instrumental médico.

Acerca de los autores

Jeffrey Samstad es ingeniero jefe de la línea de productos Smart-UPS RT en American Power Conversion. Es licenciado en Ingeniería eléctrica y lleva más de 14 años dirigiendo equipos de diseño de SAI y trabajando con distintas arquitecturas de SAI.

Michael Hoff posee un master en Ingeniería eléctrica, Sistemas de potencia, por la Northeastern University y dirige un grupo de investigación de nuevas tecnologías para American Power Conversion. Durante sus 16 años de experiencia en APC ha desarrollado sistemas de alimentación ininterrumpida y arquitecturas SAI, también ha dirigido proyectos, equipos y grupos de desarrollo de producto en EE.UU. y en otros países.