



# SISTEMAS DE CONTINUA DC

---

By Antoni Triadó,  
R&D DC Systems Project Leader *SALICRU*

## 1.- INTRODUCCIÓN

Las fuentes de alimentación de continua son una parte esencial de muchas aplicaciones industriales, forman parte de sistemas ferroviarios, de telecomunicaciones, de distribución de energía, de plantas de generación, etc. Siendo una de sus aplicaciones habituales el uso como cargadores de baterías en sistemas de misión crítica.

Generalmente estos suelen ser sistemas AC-DC en los cuales la energía se extrae de una red de tensión alterna y mediante diferentes elementos de conversión se transforma en una tensión continua adaptada a las necesidades particulares de la aplicación.

## 2.- TIPOS DE SISTEMAS DE CONTINUA

Hoy en día, mayoritariamente podemos encontrar dos tipos de sistemas de continua en el mercado, los sistemas basados en tiristores y los sistemas basados en transistores.

Los primeros se basan en un elemento llamado tiristor que nos permite rectificar la tensión AC y convertirla a DC de una forma sencilla y a la vez controlable, este sistema genera una tensión continua pulsante que es necesario filtrar por medio de un conjunto bobina-condensador. La mayor ventaja de este sistema radica en la robustez de los tiristores, que pueden soportar tensiones y corrientes muy elevadas. En contrapartida el conjunto transformador-bobina-condensador resultante es pesado y voluminoso. Además, precisamente a causa de la constante de tiempo introducida por el grupo bobina-condensador necesario para el filtrado, la respuesta del sistema frente a cambios bruscos de carga suele ser mucho más lenta que en equipos conmutados.

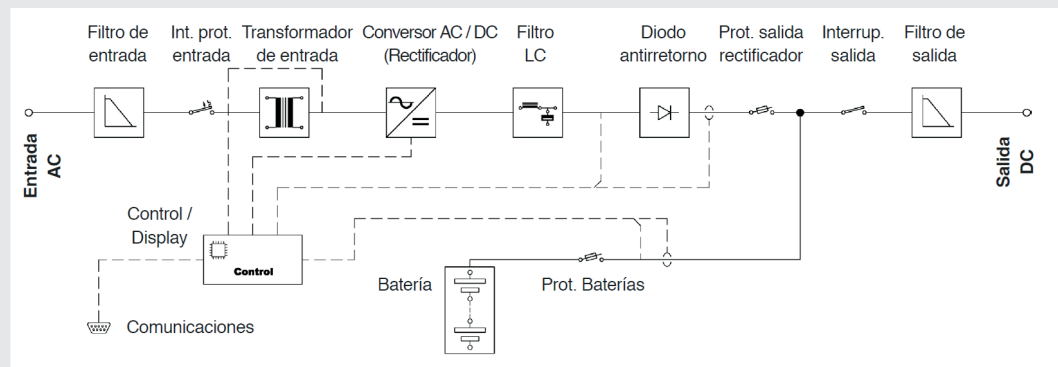


Fig.1 Esquema rectificador de tiristores

En cuanto a los sistemas basados en transistores (también llamados sistemas conmutados), estos se basan precisamente en la conmutación de la tensión de entrada, mediante transistores, sobre un transformador que reduce la tensión y a la vez proporciona aislamiento respecto a la entrada. Los diseños actuales incorporan también en la entrada un circuito de corrección del factor de potencia (PFC), de manera que la distorsión introducida en la entrada es prácticamente nula. La ventajas de estos sistemas son su excelente relación tamaño/potencia, su alta eficiencia y la magnífica respuesta dinámica frente a cambios bruscos de carga y perturbaciones en la tensión de entrada. En contrapartida la MTBF y el ciclo de vida de estos suele ser más bajo que el de los sistemas de tiristores, por lo que generalmente se suelen acompañar con unidades de redundancia activa.

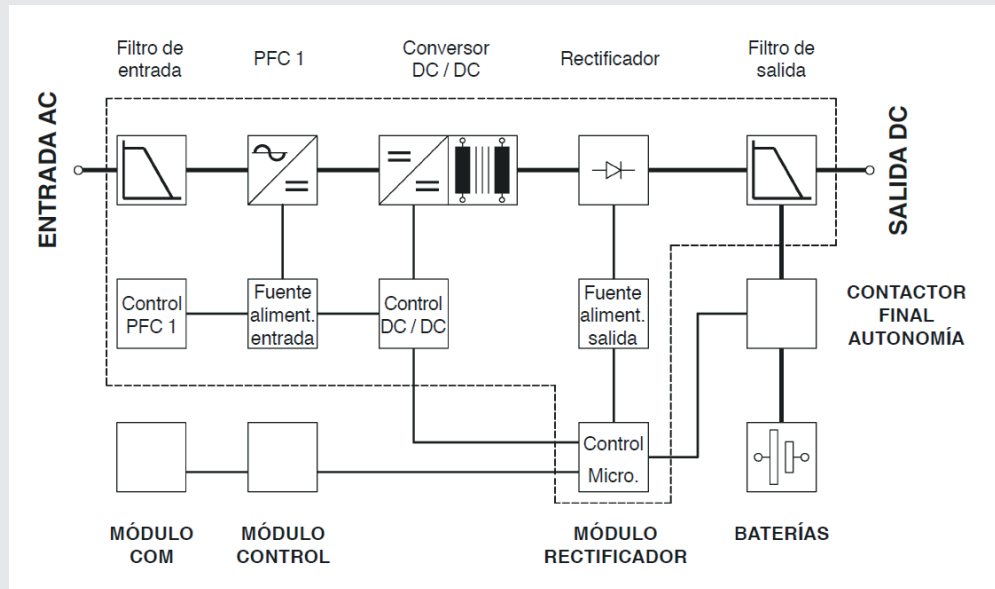


Fig.2 Esquema rectificador conmutado

### 3. EL RECTIFICADOR DE TIRISTORES FRENTE LA FUENTE CONMUTADA

Históricamente los sistemas de tiristores han sido el referente de los cargadores de baterías. Su imagen de robustez y fiabilidad todavía a día de hoy ensombrecen a algunos de los mejores equipos en conmutación. Las fuentes conmutadas por su parte aportan características de densidad de potencia, rendimiento y disponibilidad, imposibles de alcanzar con sistemas basados en tiristores.

A continuación vemos algunas de las características de estas dos topologías de sistemas de continua en la que podemos ver ventajas y debilidades de cada uno de ellos.

Rectificador de Tiristores	
Pros	Contras
Robustez contrastada	Factor de potencia bajo
Generalmente contruidos para funcionar con ventilación natural	Rendimiento medio
Muy bajo mantenimiento	Densidad de potencia baja
Ciclo de vida elevado (>30 años)	Voluminoso y pesado
MTBF alta	Difícil ampliación de potencia

Fuente Conmutada	
Pros	Contras
Factor de potencia ~1	Habitualmente suelen ser de ventilación forzada
Rendimiento muy elevado	Mantenimiento medio (ventiladores)
Densidad de potencia muy alta	Ciclo de vida medio (10-20 años)
Sistemas compactos/modulares	
Facilidad de ampliación de potencia	
Alta disponibilidad	

#### 4. DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE BATERÍAS REQUIEREN DIFERENTES ALGORITMOS DE CARGA

---

Aunque a simple vista quizás alguien pueda pensar que para cargar una batería solo hay que aplicar una tensión adecuada en bornes de ésta y esperar..., evidentemente nada más lejos de la realidad.

Cada tipo de batería nos va a pedir un método específico de carga y es importante que el rectificador-cargador de baterías esté perfectamente adaptado a esta especificación para asegurar que la batería queda correctamente cargada y por tanto pueda entregar la energía que esperamos de ella. Además solo siguiendo un método correcto de carga es posible obtener la esperanza de vida declarada por el fabricante de la batería.

Un cargador de baterías moderno debe utilizar algoritmos de carga híbridos, a corriente constante y a tensión constante durante las diferentes etapas de la carga de la batería. Estos, combinados con la compensación de la carga en función de la temperatura de la batería y el control de la corriente máxima absorbida por la batería, -que deben estar activos en todo momento-, determinan el proceso de carga.

Es también muy importante la detección correcta del instante de fin de carga de la batería, ya que la finalización prematura de ésta comportará el no cargar la batería completamente y un exceso de carga se derivará en un deterioro temprano del conjunto acumulador. Recordemos también que algunas tecnologías de baterías, como por ejemplo las basadas en Litio, no aceptan sobrecarga con un alto riesgo de explosión o incendio.

Otros parámetros a monitorizar que afectan de forma significativa a la vida de las baterías son el desequilibrio de celdas y el rizado de la corriente aplicada a la carga, ya que ambos conllevan un deterioro de la batería que puede llegar a ser muy grave según el tipo de batería empleado.

#### 5. FIABILIDAD Y REDUNDANCIA

---

Cuando hablamos de equipos de continua que alimentan a sistemas de misión crítica, hablamos de garantizar la continuidad del suministro eléctrico a este sistema, y un factor clave para garantizar dicha continuidad es la fiabilidad del propio equipo de continua encargado de suministrarlo.

En el caso de los sistemas de continua basados en tiristores, en gran medida la fiabilidad se consigue gracias a la gran robustez de los elementos utilizados (tiristores, transformadores, inductores) y a favor de esta fiabilidad se llegan a sacrificar otros aspectos del equipo como por ejemplo la densidad de potencia o la eficiencia.

Con la llegada de los sistemas de continua conmutados se revaloriza otro concepto: la redundancia. ¿En que consiste la redundancia? de forma muy sintética podríamos definirlo como el hecho de tener elementos duplicados a fin de que en caso de avería del elemento principal entre en servicio el elemento redundante.

Este concepto no es nuevo, ya que no es difícil encontrar sistemas de tiristores redundantes, es decir, varios sistemas completos conectados en paralelo a fin de multiplicar la fiabilidad global del sistema. El inconveniente que se presenta es que es necesaria una fuerte inversión económica y se requiere tener el doble de espacio disponible en el lugar de la instalación para desplegar sistemas redundantes con este tipo de topología.

Sin embargo en sistemas conmutados la redundancia ha ganado popularidad gracias a que al ser sistemas modulares y ampliables, dicha redundancia se puede implementar a nivel de módulo rectificador en lugar de a nivel de sistema completo. El impacto económico pues, se reduce a una fracción de lo que costaría doblar un sistema completo, y la solución redundante se convierte en atractiva ya que compensa con creces la menor robustez -intrínseca a la tecnología utilizada- asociada al rectificador a transistores.

## 6. AUTONOMÍA BAJO CONTROL

---

Del mismo modo que en un sistema cargador de baterías se controla de forma exhaustiva el proceso de carga de la batería, el ciclo de descarga también debe ser monitorizado meticulosamente para poder determinar el estado de la batería y poder redirigir la energía a las cargas de forma dinámica y selectiva.

La implementación de un control de apagado selectivo de consumidores en función del estado de carga de la batería y de la prioridad que el usuario establezca para cada uno de las cargas conectadas al sistema de continua, permitirá incrementar de forma significativa la cantidad de tiempo de autonomía de batería que dispondrán las cargas más críticas. Esto permitirá también un dimensionamiento más óptimo de la batería en función de las cargas a alimentar y consecuentemente un ahorro considerable en la inversión económica a realizar.

## 7. COMPATIBILIDAD CON SISTEMAS DE GESTIÓN DE BATERÍAS (BMS)

---

De sobras es conocido que el mantenimiento y las condiciones de trabajo de las baterías van a afectar a la vida de las mismas. Como ya se ha mencionado anteriormente, el desequilibrio de celdas, corriente de carga, el rizado de corriente y la temperatura son factores que afectan a la vida de las baterías.

Existen ciertos estándares de mantenimiento en función del tipo de batería, de los cuales destacan algunas recomendaciones como las siguientes:

- ■ IEEE 450 para plomo-ácido ventilado
- ■ IEEE 1188 para plomo-ácido sellado
- ■ IEEE 1106 para níquel-cadmio

Todas estas recomendaciones exponen como buenas prácticas las pruebas de capacidad y las pruebas de impedancia.

La incorporación de un sistema de gestión de baterías es un punto a tener en cuenta cuando el número de elementos del grupo de baterías es elevado, ya que nos permitirá detectar anomalías a nivel de celda de forma prematura y alargar la vida de la batería considerablemente.

El principio de funcionamiento de estos sistemas se basa en la monitorización individual de cada una de las celdas de la batería, de forma que cuando en los procesos de carga y descarga la tensión de una celda no es pareja con las demás, esta circunstancia desencadena medidas de actuación para proceder al re-equilibrio de la batería. Si una celda de la batería está deteriorada y no se puede re-equilibrar, el sistema nos alerta para proceder a su sustitución antes de que afecte al resto de la batería.

Es aconsejable pues que, en la elección de un sistema rectificador, este pueda integrarse con un sistema BMS.

## 8. LA ELECCIÓN FINAL

---

Hemos visto dos tipos de sistemas de continua y elegir uno u otro dependerá ciertamente de las necesidades de la instalación. Un sistema es más robusto pero menos escalable, el otro tiene todas las ventajas de la modularidad y la escalabilidad pero en una aplicación que no evolucione en el tiempo y tenga un ciclo de vida muy largo quizás necesite algo más de mantenimiento.

En cualquier caso, sea cual sea nuestra elección, el sistema elegido debe cumplir unos requisitos mínimos en cuanto a durabilidad y fiabilidad, e incorporar una gestión eficiente de las baterías y un control avanzado en los algoritmos de carga, a fin de que la vida de las baterías no se vea mermada ya que estas son un elemento que tiene un gran impacto económico en el caso de necesitar ser reemplazadas.