

F

CONDENSADORES CON PCB EN LOS HORNOS DE INDUCCION; PLAZOS PARA SU SUSTITUCION

*Michel Rousseau, Karl-Josef Faymonville, Klemens Peters
Otto Junker GmbH Lammersdorf (RFA)*

INTRODUCCION

Los hornos de inducción están basados en el principio de que los campos magnéticos existentes en la bobina de un horno de inducción inducen en la carga una corriente, que provoca el calentamiento de esta carga. Cuando se dispone de suficiente energía, los materiales metálicos cargados en el horno pueden ser fundidos.

La potencia activa necesaria es suministrada por un equipo eléctrico de potencia directamente conectado a la red (horno de frecuencia de red NFT) o bien por medio de un equipo eléctrico de potencia a frecuencia más alta (horno de media frecuencia MFT) (Fig. 1) (Fig. 2)

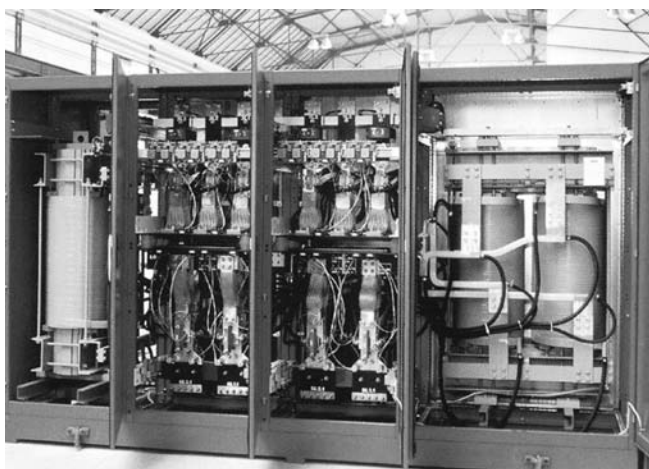


Figura 1

Se produce un cierto decalaje/desfase entre las fases, en función del acoplamiento electromagnético entre la bobina y la carga, lo que hace necesario que la red de suministro de energía eléctrica aporte también una potencia reactiva importante. Esta potencia reactiva puede ser compensada con una batería de condensadores adecuada.

Los hornos de frecuencia de red funcionan, por principio, en monofásico. Su potencia puede variar de 500 kW a 6 MW. La potencia correspondiente necesaria para la fusión del metal se obtiene a partir de una red trifásica. La potencia monofásica utilizada debe ser equilibrada por una combinación de reactancia de autoinducción y condensadores (llamado puente de Steinmetz), a fin de evitar una carga desequilibrada a la red.

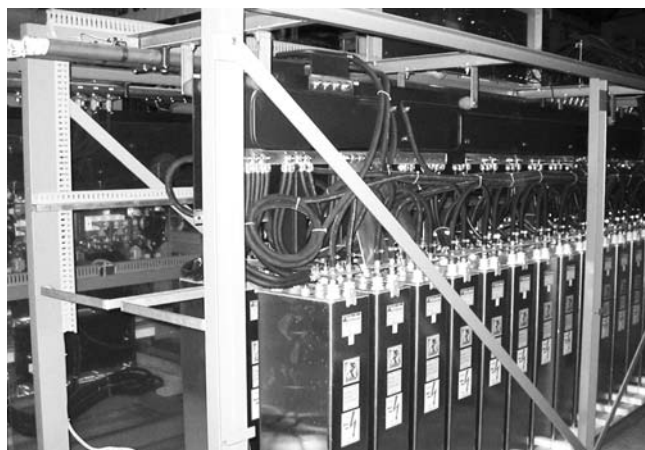


Figura 2

Los hornos de media frecuencia modernos están equipados con convertidores estáticos. Rectificador y ondulator son los componentes principales de estos convertidores y permiten generar diversas frecuencias. Además los convertidores de transistores, llamados IGBT, han venido a sumarse a los convertidores de tiristores tradicionales.

La potencia puede variar de 100 kW hasta 15 MW y la gama de frecuencias de 60 a 2.000 Hz. La capacidad de la batería de condensadores elegida determina, en combinación con la bobina inductiva, la frecuencia de resonancia y por ello la frecuencia nominal del horno de in-

ducción. Los condensadores MF son normalmente condensadores refrigerados por agua. La figura 2 muestra una batería de condensadores MF después del control final.

Por otra parte, los condensadores llamados All-Film (ver capítulo 2) son más y más utilizados en los equipos de filtrado y de compensación en combinación con las reactancias de autoinducción. Estos filtros se usan para evitar las perturbaciones que en la red pueden producir los armónicos.

DESARROLLO Y FABRICACION DE LOS CONDENSADORES DE POTENCIA

El desarrollo de los condensadores de banda (film) impregnada, utilizados para la compensación de corriente reactiva en las instalaciones de calentamiento por inducción, se inicia en los años 1930, utilizando un papel multicapa como dieléctrico y un relleno de aceite mineral.

El aislante (llamado dieléctrico) está siempre situado entre dos capas delgadas de aluminio y el conjunto está enrollado en forma de bobina para ser después apilado sobre una base como elemento del condensador.

Estos grupos de bobinas apiladas son antes equipados con fusibles (filamentos) que son reunidos en los pasos de las tapas con la ayuda de banda de cobre.

Entonces son aislados e introducidos en la caja del condensador que se suelda herméticamente.

Después de un ciclo de varios días de calentamiento y desgasificación bajo vacío, el impregnante es introducido por una abertura de la tapa, siendo después cerrada con un tapón estanco. Antes este impregnante ha sido cuidadosamente deshumidificado y el factor de pérdidas (tangente Delta) reducido gracias a un tratamiento a la arcilla.

Un tratamiento térmico poco antes del control final será la última etapa en la fabricación del condensador.

En los años 1930, la siguiente fase de desarrollo fue, por causa de riesgos de incendio, la sustitución del aceite mineral por diferentes mezclas de productos bifenilos (por ejemplo pyraleno). La operación de impregnación fue optimizada por etapas disminuyendo el grado de cloración y por ello la viscosidad del impregnante. De esta manera la rigidez dieléctrica (resistencia a la tensión) fue aumentando.

La disminución de la viscosidad del impregnante ha permitido la utilización de un dieléctrico mixto: éste está compuesto por una película de polipropileno lisa que asegura la rigidez dieléctrica y de papel. Un papel satinado diferente que permite una impregnación uniforme de dieléctrico.

Las pérdidas en el dieléctrico se redujeron del 3‰ al 1‰ gracias a la sustitución del papel multicapa por la combinación de papel y polipropileno. Una o dos capas de papel eran todavía necesarias para obtener una impregnación uniforme.

A finales de los años 1960, se constata que también los PCB (bifenilos policloruros) como residuos resultantes de los incendios, eran tóxicos y muy difícilmente degradables. Llegan así por la cadena alimentaria hasta el hombre y los animales enriqueciéndose en sus organismos.

Se hizo entonces necesario sustituir el PCB para evitar daños a largo plazo.

A finales de los años 70, el desarrollo del condensador llamado All-Film ha aportado la solución al problema de la sustitución del pyraleno. En efecto, una sola cara rugosa de polipropileno en capas múltiples permite una impregnación correcta por un impregnante de sustitución, sin tener la necesidad de utilizar papel.

La eliminación del papel permite reducir las pérdidas en el dieléctrico de 1‰ al 0,3‰ y aumentar notablemente la densidad de potencia.

La optimización de adiciones al impregnante bajo forma de un estabilizante y de un antioxidante en diferentes concentraciones, ha permitido aumentar considerablemente la estabilidad durante largo tiempo de este tipo de condensador.



Figura 3

En los casos de los condensadores All-Film OTTO JUNKER, la calidad del producto ha sido desarrollada de forma continua y en particular gracias a las medidas siguientes:

- Mejora de los procesos de fabricación
- Fabricación en nuestras propias fábricas y bajo atmósfera controlada
- Optimización de los procesos de secado y de impregnación
- Control final modificado por la utilización de corriente alterna en lugar de corriente continua.

Gracias a este proceder, el condensador All-Film OTTO JUNKER (Fig. 3) ha evolucionado hasta llegar a ser un producto de larga vida y todavía más fiable para su utilización en las instalaciones de fusión, incluso en las difíciles condiciones de las fundiciones.

Los condensadores All-Film OTTO JUNKER hoy día normalmente utilizados en las instalaciones de hornos de inducción, son en su mayoría condensadores de media frecuencia (MF) para las gamas de 60 Hz a 2.000 Hz y tensiones de 500 V a 3.600 V.

En las instalaciones de distribución de energía, este tipo de condensadores All-Film son montados como series de arrollamientos individuales para formar baterías de com-



Figura 4

pensación llegando hasta los 100 kV y con una capacidad de varios MVar. Los condensadores All-Film son también apropiados para sustituir en las baterías existentes los condensadores con PCB, teniendo en cuenta el tamaño y la capacidad necesarios (Fig. 4).

En el campo de la baja tensión y frecuencia de red, los condensadores llamados MKP (condensadores con materiales plásticos metalizados) son utilizados en lugar de los condensadores All-Film. Estos condensadores MKP más baratos están constituidos (contrariamente a los condensadores All-Film) por una monocapa de polipropileno metalizado al aluminio, enrollado en forma cilíndrica rígida. Estos módulos son así utilizados de diferentes formas: la primera es su montaje en las cajas cilíndricas de aluminio con conexión con terminales planos tipo AMP, la segunda es el montaje de módulos individuales en una caja grande rectangular (condensador de gran tamaño) y conexión a la red por medio de pletinas de cobre unidas a los conectores eléctricos de la tapa (Fig. 5).



Figura 5

Como los condensadores MKP tienen un valor de acoplamiento inferior al de los condensadores All-Film, esto limita su empleo y en particular en los grupos de acoplamiento de baterías de condensadores de gran tamaño.

SUSTITUCIÓN DE LOS CONDENSADORES CON PCB

Los policlorobifenilos han sido desarrollados a partir de los años 1930 y su utilización más tarde se extendió constantemente.

La razón hay que buscarla en sus propiedades químicas y físicas principales, porque son por ejemplo difícilmente inflamables, poseen un alto punto de ebullición, una gran viscosidad y son estables térmica y químicamente.

Además, y que es muy importante para los condensadores de alta intensidad, tienen desde el punto de vista eléctrico una alta seguridad de explotación.

Aproximadamente 210 tipos diferentes de PCB fueron desarrollados. Más de 1,5 millones de Tm. (sin contar con la ex URSS) han sido producidos en el mundo y utilizados hasta el presente.

Los materiales conteniendo PCB representan una cantidad mucho más grande que la citada bajo el nombre de PCB porque la mayor parte de ellos son compuestos formados por diferentes mezclas: por ejemplo de PCB y de PCT (policloroterfenilos) para el pyraleno y de PCB y de TCB (Triclorobenceno) para el askarel y para el pyraleno.

A finales de los años 1960, se constata que los policlorobifenilos son difícilmente degradables y presentan un peligro para el ecosistema.

Después, a finales de los años 1970 se descubre que el PCB se descompone a altas temperaturas que pueden producirse, por ejemplo, durante los incendios en las instalaciones de potencia y en los transformadores.

A temperaturas comprendidas entre 600°C y 900°C se puede producir la formación de policlorobenzodioxinas (PCD) y de policlordibenzofuranos (PCDF) que se liberan y presentar un nivel de toxicidad muy alto.

Las directrices del Consejo de la Comunidad Europea y su traducción en las legislaciones nacionales han prohibido la utilización del PCB como líquido impregnante y de refrigeración en las nuevas instalaciones eléctricas.

Primero fue para los sistemas abiertos y después para los sistemas cerrados, como por ejemplo los condensadores y los transformadores:

en España es obligatorio poner una etiqueta amarilla con un texto adecuado a este respecto.

En la RFA todos los aparatos nuevos están prácticamente exentos de PCB desde 1985.

Se puede desde luego partir del principio de que en Alemania no hay condensadores ni transformadores en servicio conteniendo PCB.

Los materiales conteniendo PCB están señalados en las etiquetas de los condensadores por combinaciones específicas de letras y por lo mismo normalmente son fácilmente identificables.

En lo que concierne por ejemplo a los condensadores fabricados por Otto Junker, esencialmente las siguientes designaciones:

Condensador (1ª letra): "C", frecuentemente como CD, CE, CF, CP, CW

Líquido impregnante: A50, A40, A30, 5CD, 4CD, 3C, CP50, CP40, CP30

Diferentes regímenes nacionales transitorios son aplicables a los condensadores todavía en servicio conteniendo PCB.

Esta directiva indica los plazos a respetar para eliminar o descontaminar los grupos de aparellaje (como los condensadores y los transformadores) con un contenido superior a 5 l y con un contenido de PCB/PCT superior a 500 ppm.

Por el contrario todos los aparatos conteniendo menos de 500 ppm de PCB pueden ser eliminados al final de su vida.

Todos los aparatos no estancos deben ser puestos fuera de servicio inmediatamente y eliminados por las empresas autorizadas.

En el caso de que la identificación de los condensadores y de su fecha de fabricación no pueda ser hecha rápida o completamente, se recomienda al utilizador pedir consejo al fabricante de la instalación del horno.

Los fabricantes con certificados ISO que fabrican estos condensadores ellos mismos están en mejor posición para ayudar a clarificar la situación. Ellos son también los más cualificados para diseñar, fabricar e instalar de forma profesional, una unidad para sustituir los existentes, hecha con condensadores modernos y compactos exentos de PCB.

Como los plazos indicados son imperativos, la sustitución de los condensadores debe ser planificada y realizada con tiempo.

La puesta en servicio de condensadores más modernos permite también reducir las pérdidas aprox. un 1%, así como aumentar la seguridad/fiabilidad de funcionamiento, contribuye a reducir los costos de explotación y asegura igualmente la disponibilidad a largo plazo (10 a 15 años) de repuestos.