

Aislamiento termoplástico en transformadores de potencia

ABB ha desarrollado y probado el aislamiento termoplástico de espaciadores radiales para transformadores llenos de aceite, aplicando la técnica de moldeo por inyección y una nueva herramienta de moldeo flexible

ABB
www.abb.com.ar

En respuesta a las cambiantes condiciones del mercado, ABB ha ampliado su familia de transformadores. En la actualidad, la empresa está estudiando la idoneidad de nuevos materiales para componentes de transformadores, y redefiniendo los procesos de fabricación para desarrollar los mejores productos posibles.

Espaciador radial: pequeño pero importante

Uno de los componentes claves del aislamiento del típico transformador de tipo disco, lleno de aceite, es un espaciador radial. Este elemento, relativamente pequeño, se coloca en el núcleo de los devanados del transformador y garantiza la distancia correcta entre cada uno de los discos de devanado apilados del transformador. El espaciador debe ser capaz de soportar una carga mecánica constante,

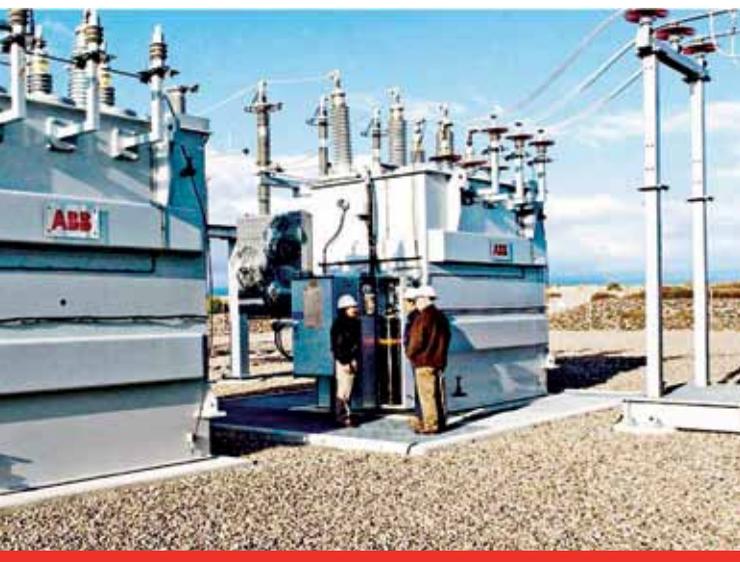


Instalaciones típicas de producción de transformadores de potencia

que procede de las fuerzas de sujeción y, en caso de cortocircuito, una gran carga adicional causada por fuerzas electrodinámicas. Además, el espaciador debe poder soportar temperaturas de trabajo de entre 98 y 110 grados centígrados, así como aumentos rápidos de temperatura de corta duración debidos a posibles sobrecargas. Por otra parte, estas estructuras deben resistir la interacción con el aceite del transformador.

En 2011, los centros de investigación corporativos de ABB iniciaron un proyecto de colaboración con el fin de identificar nuevos materiales para su uso en la fabricación de espaciadores de transformadores.

El cartón prensado ha sido el producto preferido para los espaciadores y los componentes de aislamiento del transformador. Desarrollado en la



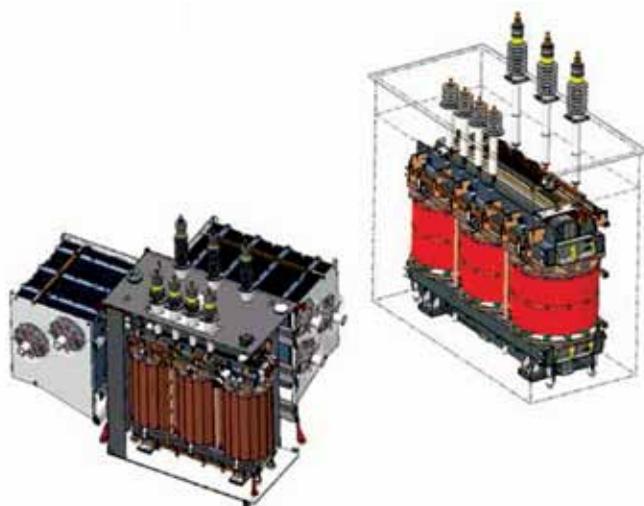
primera mitad del siglo XX, el cartón prensado es ligero y adecuado para las exigentes necesidades mecánicas y eléctricas de los transformadores. Por consiguiente, durante mucho tiempo no se realizaron trabajos de investigación y desarrollo sobre la utilidad de otros materiales porque no se consideraba económica ni técnicamente viable. Hoy en día se utiliza el cartón prensado como espaciador en la mayoría de los tipos de transformadores, que van desde pequeños transformadores de distribución hasta grandes transformadores de potencia. Las únicas excepciones a estas aplicaciones son los transformadores especiales, que requieren temperaturas de trabajo extremadamente altas o soluciones extremadamente seguras, como los transformadores de tracción. En tales casos se utilizan materiales sintéticos a base de aramida, de altas prestaciones, debido a su alta resistencia y ausencia de conductividad.

Los espaciadores termoplásticos tienen estabilidad dimensional y fiabilidad excelentes, lo que garantiza el comportamiento mecánico a largo plazo del devanado.

Alternativas de plástico

La disponibilidad y el rápido desarrollo de plásticos con propiedades exclusivas sugieren aplicaciones imposibles hasta entonces. Los plásticos modernos tienen propiedades mecánicas y térmicas mejoradas, como un elevado índice RTI, una alta temperatura de deflexión y una alta resistencia a la compresión; esto hace del plástico un posible candidato para actuar doblemente como material de soporte y de aislamiento en el campo de los transformadores. Además, los avances en los procesos de fabricación permiten una producción simple y energéticamente eficiente, lo que aumenta el atractivo de los plásticos.

Por lo general, los plásticos se caracterizan por bajos índices de absorción de agua de la humedad



Esquema de transformadores con devanados internos y aislamiento

ambiente, lo que es conveniente porque las moléculas de agua dentro del material aislante impactan negativamente en sus propiedades eléctricas y podrían afectar al espaciador y al conjunto del devanado. En consecuencia, los espaciadores de cartón prensado y otros componentes aislantes se secan: primero, tras la fase de montaje del devanado, y una segunda vez justo antes de su impregnación con aceite. La evacuación del agua que se ha absorbido en los elementos aislantes puede producir un cambio de dimensiones debido a la contracción. Por tanto, se aplica un procedimiento especial de dimensionamiento para conseguir el tamaño deseado del devanado montado después del proceso de secado. Los procesos de secado y dimensionamiento requieren tiempo, esfuerzo y una cantidad considerable de energía. El uso de materiales nuevos como el plástico podría eliminar o reducir la necesidad de estos pasos, lo cual ahorraría energía y aceleraría la eficiencia de la producción.

Los plásticos con características térmicas superiores y la capacidad de absorber cantidades insignificantes de agua serían idealmente adecuados como espaciadores radiales y permitirían un proceso de producción más limpio, en el que se podría

eliminar o reducir la necesidad del primer paso de secado y, posiblemente, el paso del dimensionamiento. La mejora de la eficiencia operativa y la reducción de los costos de fabricación resultantes podrían traducirse en ahorros reales para los clientes que desean espaciadores radiales alternativos.

El uso de materiales nuevos como el plástico podría eliminar o reducir la necesidad del secado o el dimensionamiento, lo cual ahorraría energía y aceleraría la eficiencia de producción.

Termoplásticos

Los termoplásticos se consideraron un material de aislamiento propicio para transformadores de potencia por su estructura molecular, que les permite fundirse y remodelarse repetidamente cuando se aplica calor y porque son fáciles de fabricar. Su uso es cada vez mayor en relación con diversos dispositivos eléctricos del segmento de los productos de baja tensión, y se han introducido recientemente en aplicaciones de media y alta tensión en las que se instalan como alojamiento de polos integrados, sustituyendo al epoxi convencional, para proporcionar soporte mecánico y aislamiento eléctrico.

Las pruebas realizadas verificaron las excelentes propiedades de los termoplásticos:



La herramienta de moldeo permite ajustar la longitud del espaciador radial de acuerdo con las especificaciones del cliente

comportamiento mecánico estable en condiciones de carga, incluso durante la sobrecarga; compatibilidad química o resistencia a la degradación por la interacción con el aceite; baja absorción de la humedad y rigidez dieléctrica habitual. Los espaciadores termoplásticos se fabricaron e instalaron dentro de las pilas de devanado y se sometieron a pruebas. Se descubrió que tenían una excelente estabilidad dimensional y fiabilidad, lo que garantizaba un comportamiento mecánico a largo plazo del devanado.

El comportamiento térmico también se probó con éxito. La tolerancia de temperaturas elevadas significa que el riesgo de fallo térmico relacionado con el punto caliente del devanado se reduce en gran medida. El uso de termoplásticos como espaciadores hace, por tanto, que los transformadores sean resistentes y robustos.

Proceso eficiente

Se eligió la técnica de moldeo por inyección, usada convencionalmente para procesar termoplásticos, y resultó ser exigente desde el punto de vista técnico debido a la diversidad de tamaños de los espaciadores que se iban a producir. Esta técnica se ha utilizado principalmente para la producción en masa de objetos con una geometría fija. Durante el proceso, el polímero líquido se inyecta en la cavidad de moldeo con sus dimensiones específicas; solo se puede producir un tamaño de elemento concreto utilizando una sola herramienta de moldeo. Los transformadores diseñados y optimizados para pedidos y requisitos concretos precisan un proceso de fabricación flexible en términos de tamaño del devanado y los espaciadores. ABB ha desarrollado una herramienta especial de moldeo para resolver este problema.

La herramienta modular, equipada con paredes ajustables, permite cambiar la longitud del espaciador en una gama continua, cubriendo así completamente el rango de tamaños necesario para los transformadores de potencia. La herramienta está equipada con cavidades de moldeo múltiples que

permiten la producción simultánea de unos pocos espaciadores en menos de un minuto mediante un ciclo de inyección único.

Finalmente, tras la optimización de los parámetros del proceso, las tolerancias del espesor del espaciador pudieron reducirse con éxito a $\pm 0,015$ milímetros, garantizando la precisión de la producción, la reproducibilidad y la homogeneidad del prototipo.

Pruebas con espaciadores termoplásticos en transformadores de potencia

Estudios realizados con transformadores con componentes espaciadores termoplásticos dieron resultados ilustrativos. Hasta la fecha, los transformadores con espaciadores termoplásticos han superado todas las pruebas de rutina y tipo, incluyendo el aumento de temperatura con pruebas de sobrecarga y pruebas de dieléctrico. El comportamiento de los transformadores con espaciadores termoplásticos utilizados para separar las pilas de devanado se verificó con éxito en las condiciones de trabajo más exigentes, como casos de cortocircuito de red. Se realizaron pruebas de cortocircuito total y se repitieron satisfactoriamente, al igual que las inspecciones visuales de las partes activas de los componentes y los devanados individuales.

Perspectivas futuras

La incorporación de un espaciador radial termoplástico totalmente nuevo a la paleta de productos de aislamiento de transformadores de potencia garantiza que los clientes puedan acceder al espaciador adecuado para los exigentes requisitos del mercado actual de transformadores.

El proceso de producción se ha perfeccionado y simplificado; las herramientas nuevas y modificables ayudan a optimizar aún más el proceso de fabricación. La eliminación de algunos pasos de la producción, al tiempo que se mantiene la calidad del producto y se mejora la fiabilidad, se traduce en un producto mejor para los clientes.



Los espaciadores termoplásticos instalados proporcionan estabilidad

El significado del uso de termoplásticos para este nuevo producto se extiende más allá de su aplicación para espaciadores radiales. El éxito de este material, recientemente adoptado para espaciadores, ayuda a allanar el camino en el futuro para el uso de materiales avanzados en componentes aislantes. ■

Fuente: *ABB Review*. Adam Michalik, Renata Porębska, ABB Polonia