

Guías de Aplicación: Información Técnica de Cummins Generator Technologies

AGN 040 – Sistema de Aislamiento de Devanado

El objetivo de la siguiente información es ayudar a garantizar que el alternador de Cummins Generator Technologies, incorporado en un grupo electrógeno bien diseñado, cumpla con las expectativas de rendimiento y servicio para las diversas aplicaciones del grupo electrógeno.

PROTECCIÓN DE DEVANADO EN ALTERNADORES STAMFORD

En el pasado, Cummins Generator Technologies ofrecía un proceso de impregnación de "doble inmersión" en los devanados del estator principal para alternadores destinados a entornos severos. Desde entonces, Cummins Generator Technologies ha realizado análisis de los materiales de aislamiento disponibles, junto con procesos de impregnación avanzados, para determinar el sistema de aislamiento de devanado óptimo para cada modelo de alternador. Esto provocó cambios en los procesos de impregnación para varios modelos de la gama STAMFORD.

Se analizaron las fortalezas y debilidades de las diferentes opciones de impregnación para procesos que ofrecieran una solución rentable para la mejor expectativa de vida del alternador. Al considerar el muy venerado "Dip & Bake" hasta la impregnación a presión al vacío (VPI) y los materiales de impregnación asociados.

Definiciones.

Inmersión (Dip).

El método tradicional de conseguir un buen relleno. Este método consiste en colocar el componente enrollado verticalmente en el "tanque de inmersión" y luego permitir que el

impregnante inunde lentamente el tanque y así empujar naturalmente el aire hacia arriba y fuera de la ranura del bobinado a medida que aumenta el nivel de inundación. Este es un ejercicio largo de aproximadamente 1 hora para inundar y luego alrededor de 45 minutos para drenar, antes de colocar el componente enrollado, ahora con la ranura de enrollado horizontal, en el horno para “el horneado” ('The Bake').

Impregnación a Presión al Vacío.

La impregnación a presión al vacío (VPI) es un proceso que se introdujo para garantizar una buena penetración de la resina/barniz de impregnación en toda la longitud del área de la ranura de bobinado del paquete de laminación. El moderno sistema VPI de alta tecnología se lleva a cabo en un autoclave. El vacío elimina todo el aire de la ranura de bobinado. La inundación lenta de la cámara combinada con el vacío de la cámara y el vacío en el devanado y el área de la ranura asegura que las ranuras se llenen completamente con impregnante. Luego, cuando ocurre la parte final del proceso, que es la presión aplicada a la superficie del impregnante en el que el componente enrollado ahora está completamente sumergido, el impregnante es forzado a entrar en cualquier esquina/grieta del área de bobinado que no haya sido completamente llenada por el vacío inicial en conjunto con la inundación lenta.

Horneado.

Después del arduo proceso para introducir el impregnante en la ranura, lo más importante es realizar el proceso de horneado con todo el impregnante todavía llenando la ranura. Con un moderno impregnante de resina de dos partes, la química de este material significa que incluye polímeros de materiales con 'púas' que se expanden de tal manera que no permiten que la resina se salga de la ranura. Aun así, el proceso de fabricación más avanzado de conducción de VPI y luego horneado/curado debe controlarse en torno a un manejo cuidadoso y en una escala de tiempo que funcione en conjunto con la química diseñada para las resinas.

Goteo.

Este proceso ofrece algunos beneficios sobre los dos anteriores, pero luego introduce variaciones relacionadas con el nivel alcanzado de llenado de ranuras si el proceso no se controla de forma estricta. El material utilizado es una resina moderna químicamente avanzada, pero probablemente no una resina epoxi como la que se utiliza normalmente para el proceso VPI. El proceso de goteo involucra un proceso de hacer girar continuamente el componente enrollado para que el impregnante no se escurra. De calentar el componente enrollado para ayudar a que el impregnante aplicado se diluya y, por lo tanto, corra hacia el área de la ranura de bobinado. De inclinar el componente enrollado de manera que la gravedad trabaje con el efecto Venturi de atraer naturalmente el impregnante hacia la ranura. Finalmente, cuando se ha aplicado suficiente impregnante, se inicia el proceso de calor/curado. Todo lo anterior con el componente enrollado aun girando para garantizar un drenaje y escurrido absolutamente mínimos y una acumulación uniforme en la superficie.

Análisis de los beneficios del proceso.

Para la fabricación en volumen de un producto, el control de proceso (CP) más estricto posible dará como resultado el rendimiento del producto más uniforme y, si se utiliza el proceso correcto, proporcionará una buena esperanza de vida constante. Los procesos de goteo o VPI tienen beneficios distintivos sobre el antiguo esquema de inmersión y horneado realizado bajo el control de operadores 'experimentados'.

Cummins Generator Technologies cambió el antiguo proceso de impregnación de "inmersión y horneado" hace algún tiempo y lo reemplazó con un proceso de goteo para alternadores más pequeños y un proceso VPI para los alternadores más grandes.

Los materiales utilizados para el flujo de proceso de goteo son una resina de poliéster duradera con un sellador epoxi. El material utilizado en el proceso VPI es una moderna resina epoxi químicamente avanzada. Estos materiales de impregnación se pueden comparar con los avances químicos ahora disponibles con los aceites lubricantes de motor modernos, desde el aceite mineral tradicional = barnices, hasta un semisintético = resinas de dos partes, hasta el de alta especificación, aceite totalmente sintético = resinas epoxi.

Estos materiales de aislamiento y procesos de impregnación han sido diseñados por Cummins Generator Technologies para ofrecer a los componentes bobinados dentro del alternador la mejor protección posible contra los contaminantes cotidianos a los que puede estar sujeta una máquina eléctrica rotativa ventilada abierta. Los materiales modernos de impregnación eléctrica incorporan una resistencia química a la humedad, el aceite, el ácido y la abrasión leve, junto con una excelente tolerancia a los ciclos térmicos y la absorción de calor. Están diseñados para soportar condiciones ambientales adversas, incluidas las marinas, en alta mar y costeras, y condiciones con alta humedad relativa.

Sistemas de Aislamiento STAMFORD y Procedimiento de Impregnación.

S0/S1, P0/P1:

Estator: Inmersión y goteo (poliéster) o impregnación al vacío (VI) usando resina epoxi*

Rotor: Inmersión simple (poliéster) o inmersión en rollo en caliente (HRD) usando poliéster o resina epoxi*

Estator Excitador: Impregnación al vacío (VI) utilizando resina epoxi o Sumergir y hornear usando resina de poliéster*

Rotor Excitador: Impregnación al vacío (VI) utilizando resina epoxi o Sumergir y hornear usando resina de poliéster*

Estator de PMG: Proceso de inmersión y horneado utilizando una resina de poliéster.

UC 224 y UC 274:

Estator: inmersión y goteo, impregnación al vacío (VI) o impregnación a presión al vacío (VPI) usando resina epoxi*

Rotor: Inmersión simple (poliéster) o inmersión en rollo en caliente (HRD) usando poliéster o resina epoxi*

Estator Excitador: Impregnación al vacío (VI) utilizando resina epoxi o Sumergir y hornear usando resina de poliéster*

Rotor Excitador: Impregnación al vacío (VI) utilizando resina epoxi o Sumergir y hornear usando resina de poliéster*

Estator de PMG: Proceso de inmersión y horneado utilizando una resina de poliéster.

N200/N300

Estator: Proceso de impregnación al vacío (VI) con resina de poliéster.

Rotor: Proceso de inmersión en rotación en caliente (HRD) utilizando resina de poliéster.

Estator Excitador: Proceso de impregnación al vacío (VI) con resina de poliéster.

Rotor Excitador: Proceso de impregnación al vacío (VI) con resina de poliéster.

S4, S5, S6 (HC6) y S7 (P7):

Estator: Impregnación a presión al vacío (VPI) utilizando resina epoxi o poliéster*

Rotor: Inmersión en rollo en caliente (HRD) utilizando resina epoxi o poliéster*

Estator Excitador: Impregnación al vacío (VI) utilizando resina epoxi o Sumergir y hornear usando resina de poliéster*

Rotor Excitador: Impregnación al vacío (VI) utilizando resina epoxi o Sumergir y hornear usando resina de poliéster*

Estator de PMG: Proceso de inmersión y horneado utilizando una resina de poliéster.

S7 HV

Estator: Proceso de impregnación a presión al vacío, anhídrido epoxi.

Rotor : Proceso de impregnación HRD, resina epoxi.

Estator Excitador: Impregnación al vacío (VI), resina de poliéster.

Rotor Excitador: Impregnación al vacío (VI), resina de poliéster.

Estator de PMG: Impregnación al vacío (VI), resina de poliéster.

S9, P80:

Estator: Proceso de Impregnación a Presión al Vacío utilizando Resina Epoxi.

Es posible especificar un tratamiento extra del proceso VPI.

Rotor: Proceso de Impregnación a Presión al Vacío utilizando Resina Epoxi.

Es posible especificar un tratamiento extra del proceso VPI.

Estator Excitador: Proceso de inmersión y horneado con resina de poliéster.

Rotor Excitador: Proceso de inmersión y horneado con resina de poliéster.

Estator de PMG: Proceso de inmersión y horneado con resina de poliéster.

** El proceso y los materiales pueden diferir ligeramente según la planta de origen.*

Opciones y Alternativas.

Está disponible una opción de estator de excitador con cinta para los alternadores UC, S4, S5, S6 y S7 (P7) fabricados en Europa. El diseño impregnado con resina epoxi tiene voladizos totalmente sellados y se rocía epoxi negro para brindar beneficios adicionales en entornos hostiles.

Se recomienda agregar persianas a prueba de goteo para alternadores destinados a uso en aplicaciones marinas y costeras.

En aplicaciones donde es probable que la humedad relativa supere el 60 %, se recomienda la opción de un calentador anti-condensación.

Más información sobre la Impregnación Ambiental Severa (SEI) está disponible en Ingeniería de Aplicaciones. Comuníquese con applications@cummins.com para obtener asesoramiento.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

La resistencia de aislamiento (IR) del alternador, junto con muchos otros factores críticos, se habrán medido durante los procesos de fabricación, ensamblaje y prueba en la fábrica de Cummins Generator Technologies. El alternador habrá sido transportado con un embalaje adecuado para el trayecto hasta la planta de montaje de los Grupos Electrógenos, donde se espera que sea almacenado dentro de un edificio de protección contra la intemperie. Sin embargo, no es posible tener la seguridad absoluta de que el alternador llegará a la línea de producción del fabricante del grupo electrógeno con valores IR aún en los niveles de prueba de fábrica superiores a 100 mega ohmios.

El alternador debe llegar a la fábrica del ensamblador del Grupo Generador en condiciones limpias y secas. Si se mantiene en condiciones de almacenamiento adecuadas, el valor IR del

alternador debe ser, por lo general, de 25 mega ohmios. Si los valores IR del alternador sin usar/nuevo caen por debajo de 10 mega ohmios, entonces se debe implementar un procedimiento de secado mediante uno de los procesos descritos a continuación antes de enviarlo al sitio del cliente, y se debe realizar una investigación sobre las condiciones de almacenamiento a las que se ha sometido el alternador.

Si bien se sabe que un alternador brindará un servicio confiable con un valor IR de solo 1 mega ohmio, para que un alternador nuevo sea tan bajo, debe haber estado sujeto a condiciones de almacenamiento inadecuadas.

Cualquier valor de IR reducido temporalmente se puede restaurar a los valores esperados siguiendo los siguientes procedimientos de secado explicados. Luego, la operación adicional con carga completará un calentamiento completo de los conjuntos de bobinado y secará completamente la humedad reductora de IR. Lo siguiente se ofrece como guía útil, pero debe leerse junto con el Manual del propietario del alternador.

Valor de Resistencia de Aislamiento.

El valor de IR cuando se mide en un componente bobinado nuevo tendrá valores superiores a 100 Mega Ohm. Cuando está en servicio, varios mecanismos contribuirán a los factores que afectarán el valor de IR, y las mediciones en el sitio de solo unos pocos mega ohmios se vuelven más típicas.

Los factores principales, que afectan y reducen el valor IR, comienzan con el saliente del devanado. La humedad de la superficie, a menudo presente junto con la contaminación de la superficie, suele ser el resultado de las condiciones predominantes del sitio. Cualquiera de los dos reducirá seriamente los valores de IR medidos, y si no se aborda la causa raíz que permite que este contaminante esté presente, entonces el MTBF esperado se reducirá considerablemente.

El Manual del Propietario que se entrega con cada alternador incluye una sección sobre Servicio y Mantenimiento, para brindar orientación sobre la medición del valor IR y los valores típicos esperados.

Si se considera que la medición de IR es baja y se requiere más orientación y comprensión sobre el riesgo de funcionamiento del sistema de aislamiento del alternador, la siguiente prueba sería una prueba de índice de Polarización - PI.

Manteniendo valores IR aceptables.

Básicamente, mantenga los arrollados limpios y secos, y se aseguran buenos valores de IR. Pero lograr el 'limpio y seco' tiene que ser una consideración en el diseño original del Grupo Generador, y luego mantenido por un 'régimen de cuidado' efectivo en el sitio.

Las consideraciones en la etapa de ingeniería deben incluir una forma de combatir la humedad y los contaminantes transportados por el aire con el aire de refrigeración, especialmente

cuando el grupo electrógeno está funcionando en condiciones de lluvia, niebla o niebla marina, etc.

Luego, también considere detenidamente las condiciones micro climáticas que ocurren dentro de una cubierta/carcasa típica de un grupo electrógeno, especialmente justo después de que la unidad caliente se pone fuera de servicio y se detiene. Dentro del dosel, el enfriamiento del Grupo Generador promueve altos niveles de humedad. Como resultado, las superficies se mojan y esto incluye los devanados del alternador.

Es necesario encontrar una manera de combatir esto, y básicamente requiere una convección natural diseñada del flujo de aire a través del dosel, para contrarrestar la situación del punto de rocío y así mantener bajos los niveles de Humedad Relativa (HR).

Formas de mantener valores altos de IR.

Un 'régimen de atención' en sitio bien diseñado debe incluir:

- Calentador Anti-Condensación. Dotar al alternador de un calentador anti-condensaciones y asegurarse de que este se encienda automáticamente cuando el Grupo Electrónico esté en reposo. Esto mantendrá un alto valor de IR para los devanados que ya están limpios y secos.
- Calentador de espacio de cubierta/gabinete de grupo electrógeno. Un calentador o número de calentadores de una potencia nominal que sea capaz de mantener valores bajos de HR dentro del gabinete del grupo electrógeno en las condiciones ambientales del sitio.
- Uso regular como parte del mantenimiento planificado. La operación de rutina planificada del Grupo Generador a una clasificación que eleva la temperatura del estator a unos 100°C T-total, durante un período de, digamos, una hora expulsará cualquier humedad que de otro modo podría comenzar un proceso de degradación hacia el Sistema de Aislamiento.

Formas de mejorar los valores de IR.

Considere un alternador en buenas condiciones conocidas que no ha funcionado durante algún tiempo, pero durante ese tiempo ha estado parado en condiciones de alta HR. Es posible que el simple hecho de hacer funcionar el grupo electrógeno sin excitación durante un período de, digamos, 10 minutos seque lo suficiente la superficie de los devanados y, por lo tanto, eleve lo suficiente el IR, a > 1 mega ohmio, y así permita que la unidad se ponga en servicio.

Si el 'secado por soplado' no excitado anterior no aumenta el valor de IR lo suficiente, entonces considere excitar por separado el alternador con sus terminales de salida conectados mediante enlaces de cortocircuito de clasificación adecuada.

Excitando por separado a un nivel tal que alrededor del 80% de la corriente nominal fluya a través del enlace de cortocircuito, el devanado del estator del alternador comenzará a calentarse. Esto eliminará la humedad incrustada durante un período de funcionamiento que depende del tamaño del alternador. Como guía, considere los siguientes períodos de tiempo:

- 1 hora para alternadores S0/S1, P0/P1.
- 2 horas para alternadores UC 224, UC 274.
- 3 horas para Alternadores S4 (HC4), S5 (HC5), S6 (HC6), S7 (P7), S9 (P80).

Si el valor IR permanece por debajo de 1 mega ohmio, incluso después de que los métodos de secado anteriores se hayan realizado correctamente, se debe realizar una prueba de índice de polarización (PI). Esto ofrecerá alguna orientación sobre las características y el motivo de la 'corriente de fuga' que está provocando el bajo valor de IR.

Si la contaminación de la superficie es la causa y, por lo tanto, promueve la degradación de la superficie, entonces el alternador debe retirarse del motor y desmontarse para permitir que el devanado del estator se lave a presión a fondo, pero con cuidado, luego se hornee en un horno para que se seque por completo. Si ahora el valor de IR es aceptable, entonces el estator debe tratarse con una resina de revestimiento que sea compatible con la impregnación original de fábrica, antes de volver a montar el alternador en el grupo eléctrico.

Para obtener más información sobre las pruebas de IR y PI, consulte AGN015 Pruebas de sistemas de aislamiento de devanados.

RESUMEN:

La esperanza de vida de un sistema de aislamiento de devanados depende de su resistencia a la contaminación y, dado que la contaminación es un elemento muy variable en la ecuación de longevidad, la respuesta real de qué proceso de impregnación utilizar se convierte en un verdadero "ejercicio de evaluación de riesgos" en el que no todos los riesgos son conocidos.

Tal es la mejora en la durabilidad de la impregnación, que Cummins Generator Technologies ahora tiene solo un proceso estándar de impregnación de devanados para alternadores fabricados en el Reino Unido, porque confían en que los materiales modernos aplicados, utilizando métodos avanzados, ofrecen la protección óptima para los entornos en los que es probable que se instalen alternadores.

Las ofertas de soluciones validadas descritas anteriormente para la protección del aislamiento del devanado en alternadores fabricados por Cummins Generator Technologies son adecuadas para la instalación en entornos hostiles. Siempre hay consideraciones técnicas que deben iniciarse para abordar cualquier condición ambiental que pueda desafiar la capacidad de servicio continua del alternador. La guía de este AGN debe considerarse junto con la guía de AGN072 Condiciones Ambientales.