

► Laminados: aislantes eléctricos clase F

Nomex, de DuPont

Clases térmicas

Las normas definen clases térmicas y las respectivas temperaturas relativas a ellas. Podemos encontrar pequeñas diferencias entre las normas IEC y UL cuando se refieren a esta propiedad.

Temperatura	Clase térmica IEC	Clase térmica UL
90 °C	Y	-
105 °C	A	-
120 °C	E	120 (E)
130 °C	B	130 (B)
155 °C	F	155 (F)
180 °C	H	180 (H)
200 °C	200	200 (N)
220 °C	220	220 (R)
240 °C	-	240 (S)
250 °C	250	Superior a 240, C

Tabla 2. Clasificación térmica (IEC y UL)

Las normas especifican que en un equipamiento electromecánico, la clase térmica representa la temperatura máxima que el equipamiento puede alcanzar, no su punto más caliente, operando en carga nominal.

El aislamiento sometido a esta temperatura máxima debe tener por lo menos una capacidad térmica del producto. Debe destacarse que la vida de un aislante depende directamente del nivel de ausencia de todos los otros elementos, por ejemplo, oxígeno, humedad, polvo u otros productos químicos.

De esta forma, a una temperatura dada, la vida útil del material aislante puede ser superior si estuviera protegido adecuadamente en vez de permanecer expuesto al ambiente típico de una industria. Tales condiciones deberían ser tomadas en cuenta al momento de seleccionar el aislante apropiado.

Materiales compuestos

El índice de temperatura se utiliza para evaluar la resistencia térmica de los aislamientos eléctricos o combinaciones simples de tales materiales siempre cuando sean uniformes en el sentido macrofísico del término. La degradación térmica debería producirse como un proceso uniforme y el mecanismo debería ser una reacción química de primer orden, al igual que una rotura química de los constituyentes despolimerización, etc. y el proceso de envejecimiento debería ser esencialmente irreversible.

Los materiales compuestos flexibles consisten en dos o más materiales aislantes distintos laminados conjuntamente.

El DMD es una combinación de tejido no tejido de poliéster o mat. (D) que recubre por ambos lados un material de poliéster (M). El material resultante puede impregnarse con un barniz o resina para producir un DMD saturado.

El NM y el NMN son respectivamente combinaciones de dos y tres capas de papel Nomex (N) que recubren por una o ambas caras un film de poliéster (M). El

NKN es una combinación de tres capas formada por papel Nomex (N) que recubre ambas caras de un film de Kapton (K).

El estándar del IEC 626 traza las líneas generales que, basadas en la experiencia del rendimiento del producto, indican la posibilidad de utilizar el DMD para operar en las clases 130 155, y el NMN para las clases 155C y 180C.

NMN versus DMD

Tal y como viene parcialmente reflejado en el estándar IEC 626, la experiencia ha demostrado el rendimiento superior del NMN frente al DMD y el mercado, esencialmente en Europa, ha aceptado los laminados basados en Nomex como el aislamiento eléctrico preferido para los equipos de clase térmica F155.

Esta situación es el resultado de varias consideraciones tanto técnicas como económicas: en caso del fallo del film de poliéster en un laminado NMN, por ejemplo por sobrecalentamiento, el componente meta-aramida del Nomex permanece esencialmente sin afectar y continúa actuando como separador y aislamiento eléctrico, lo cual puede evitar en fallo total del sistema.

El DMD no ofrece el mismo comportamiento debido a su naturaleza basada en poliéster y la destrucción del material es generalmente rápida con el incremento de la temperatura.

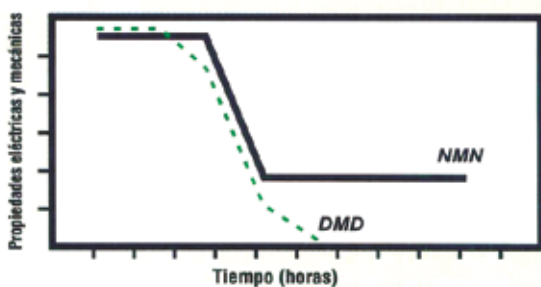


Diagrama 1. Comportamiento típico de los laminados durante el envejecimiento. Evolución de las propiedades eléctricas y mecánicas en función del tiempo (temperatura de envejecimiento).

El diagrama 1 ilustra el comportamiento típico de los laminados durante el envejecimiento: incluso a 155 °C (correspondiente a la clase F) el componente de poliéster se volverá frágil y fallará. En caso del NMN el componente Nomex permanece esencialmente sin ser afectado y continúa ejerciendo su función mecánica eléctrica.

En el caso del DMD, el barniz de impregnación puede retrasar la degradación de los componentes de poliéster durante algún tiempo (en función de la naturaleza química del barniz), sin embargo, el fallo del material se producirá irremisiblemente tras algunas horas de funcionamiento.

Debe resaltarse que gracias a las propiedades autoextinguibles del componente Nomex, el NMN proporciona características adicionales de seguridad respecto a la resistencia de la llama. El índice IOL (índice de oxígeno límite) es el método más común de medir las propiedades de autoextinguibilidad del material. Un material con un índice por encima de 21 (la concentración de oxígeno en el aire) será autoextinguible en condiciones normales. El IOL a temperatura ambiente de las muestras de DMD se encuentra típicamente entre el 18 y el 24% en función de la naturaleza del barniz de impregnación. Sin embargo, el IOL del NMN es el 27 al 34%, que es prácticamente igual que el del Nomex puro.

Las propiedades típicas del NMN están uniformemente aseguradas por la presencia homogénea del componente meta-aramida del Nomex. En el caso del DMD, las prestaciones son función de las propiedades técnicas y mecánicas de las resinas de impregnación y de su habilidad para prevenir la oxidación del componente poliéster. El comportamiento del DMD depende, por lo tanto, de la uniformidad del proceso de impregnación durante su producción, un aspecto muy difícil de verificar durante el control de calidad final.

Finalmente se está convirtiendo en un hecho ampliamente aceptado que cualquier reconstrucción durante

su producción o la necesidad de reparaciones poco después de la venta del equipo es el aspecto más negativo en cuanto a la economía e imagen de cualquier compañía de fabricación de equipos.

El NMN proporciona en este aspecto un incremento de la seguridad tal que, en Europa, el incremento marginal en donde existía, es considerado una inversión rentable que garantiza calidad constante, mínimas reconstrucciones y un margen de seguridad extra en caso de abuso por parte de los usuarios. Este ahorro global se ve incrementado a menudo por una reducción en el número de productos en almacén, eliminando los materiales de más baja clase térmica y estandarizando toda la producción en base a los materiales del Nomex, lo cual evita asimismo la posibilidad de mezcla de aislamiento durante la producción.

Laminados

Un laminado es un aislante eléctrico flexible clase 155/180 °C compuesto por dos capas de Nomex adheridas al poliéster mediante adhesivo sintético de cura térmica.

Consigue aliar las calidades existentes en los diferentes materiales aplicados, resultando un producto ampliamente utilizado en motores y generadores eléctricos.

Entre las principales características del laminado, se pueden citar:

- » Alta rigidez dieléctrica.
- » Óptima adhesión del barniz de impregnación o resina de goteamiento al laminado.
- » Baja absorción de humedad, buena resistencia térmica y química.
- » Superficie lisa.
- » Buena procesabilidad.
- » Alta resistencia al desgaste.
- » Buena aplicación en procesos de inserción automática

Se trata de un producto compuesto, altamente beneficiado por las óptimas propiedades de ambos materiales aplicados en su fabricación, donde podemos destacar los siguientes puntos:

- » Como característica básica, Nomex proporciona una buena barrera térmica al laminado, protegiendo el film de poliéster Mylar contra pérdida de vida útil y proveyendo una superficie lisa y resistente al desgaste promovido por la abrasión en el momento de la operación de inserción.
- » El film de poliéster Mylar proveer al laminado una óptima rigidez y propiedades mecánicas necesarias para los procesos de inserción, además de mantener la aislación de ranura en la posición correcta durante toda la vida útil del motor, evitando estrés mecánico debido a la vibración, dilatación, variación de humedad, choques y demás problemas.
- » Además de esto, el film garantiza una mejora sensible de la rigidez dieléctrica del laminado, siendo muchas veces superior a la actual necesidad de la industria de motores de media tensión. Teóricamente, apenas una o dos capas de Nomex son suficientes para proveer

Tabla 1. Características técnicas de los laminados NMN (IEC-636-3)

Espesor del laminado	mm	IEC 636-3	0,18	0,23	0,28	0,37	0,45
Espesor del film	µm	IEC 636-3	75	125	190	250	360
Peso base	g/m ²	IEC 636-3	250	270	360	450	590
Resistencia a la tracción	N / m m (MD)	IEC 636-3	170	220	270	330	400
Resistencia a la tracción	N / m m (XD)	IEC 636-3	105	150	200	300	350
Estiramiento	% (MD)	IEC 636-3	15	20	20	20	20
Estiramiento	% (XD)	IEC 636-3	20	25	25	25	25
Tensión disruptiva	KV mínimo	IEC 636-3	11	14	19	23	28

MD: dirección de la máquina. XD: dirección transversal.

tensión de ruptura de 380 a 500 V en un motor. Una capa de film de poliéster Mylar de 0,023 mm de espesor contribuye para incrementar la tensión de ruptura hasta 4,5 kV, un valor donde el peligro proporcionado por el efecto corona solo será evitado por otros tipos de aislación.

Aplicaciones principales

El cambio selectivo de otros materiales por laminado solamente donde sea necesario lleva a una mejora efectiva de costos debido a un aumento de confiabilidad y rendimiento.

Entre las principales aplicaciones están: aislación de motores eléctricos (ranuras, aislación entre fases, etc.), generadores, transformadores y todo material que necesite de aislantes clase F.

Fabricantes que adoptan el DMD generalmente utilizan la clasificación B para sus motores clase F, para garantizar alguna capacidad de sobrecarga. Como NMN actúa de 155 a 180 °C, el fabricante puede clasificar su motor como clase F y aún tener una capacidad de sobrecarga. El aumento de clase térmica permite además una reducción en la cantidad de cobre (y algunas veces de hierro) utilizados en el motor, resultando una reducción en los costos de fabricación.

Conclusiones

Cuando el ingeniero se enfrenta con material combinado no homogéneo (tal como laminados, DMD o NMN) debería recordar que la clasificación térmica indicada por los proveedores está basada en la experiencia. Debe recordarse que de acuerdo con los estándares IEC, el NMN es el único material clasificado como F (155 °C).

Los sistemas de aislamiento ofrecen un punto de partida excelente para su desarrollo en nuevos equipos. Los ingenieros deben recordar que para obtener la certificación UL deben adoptar sistemas aprobados en su totalidad, y los materiales sustitutos (incluso de

la misma naturaleza química aunque procedentes de otros proveedores) requieren pruebas adicionales por parte de UL.

Lamentablemente los proveedores desarrollan a veces productos donde sus propios materiales están altamente protegidos por otros componentes o donde su material no está sometido a un esfuerzo muy acusado. Los ingenieros, por lo tanto, deben estar informados para no confundir la clase térmica con el índice de temperatura y cuando consideren un sistema, deben ser conscientes del voltaje y de la criticidad del equipo al cual están destinados.

Los laminados de Nomex están disponibles comercialmente en versiones de dos y tres capas, utilizando Nomex de 0,05, 0,008 y 0,13 mm (calandrado y no calandrado) y poliéster Mylar en todas sus versiones o film de poliamida Kapton. La cantidad de aramida puede ser controlada para adaptarse a cada tipo de equipamiento para la obtención del equilibrio óptimo en la relación costo/beneficio.

El papel Nomex está reconocido por la UL como aislante clase térmica 220 °C. Los laminados de Nomex (NMN y NM) son reconocidos por la UL como la principal aislación de muchos sistemas, incluido equipos para operaciones hasta 180 °C. Su utilización para sistemas de clases de temperatura inferiores asegura un margen extra de seguridad y confiabilidad. ■

Vicente Zacchino

www.zacchino.com.ar