

CALIFICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS CLASE 1E PARA EL SUMINISTRO DE MOTORES ALTERNATIVOS A LOS ORIGINALES Y SU REPARACIÓN

E. PÉREZ - J.J. GONZÁLEZ - A. FERNÁNDEZ - D. GARCÍA

La evolución del mercado nuclear a lo largo de los últimos años ha derivado en la aparición de una problemática asociada al acopio y mantenimiento de los equipos de clase nuclear. Esta situación proviene, entre otras causas, del parcial abandono de las líneas de producción de estos equipos por parte de muchos fabricantes, lo que ocasiona la aparición de escenarios de obsolescencia, donde el acopio de repuestos y el mantenimiento y reparación de estos equipos se hace cada vez más difícil.

Un ejemplo de dicha situación se da en los motores eléctricos para aplicaciones de seguridad (Clase 1E).

Ante esta situación, las empresas Tecnatom y Cantarey han desarrollado una nueva línea de motores calificados que aporta soluciones a los problemas de acopio de motores originales, así como al mantenimiento y reparación de estos.

Different original suppliers of nuclear grade equipment have either disappeared or discontinued the manufacture of this kind of equipment. Under this situation nuclear plants are experiencing difficulties when dealing with the substitution or maintenance of these equipment.

Tecnatom and Cantarey have developed a new line of Class 1E qualified electric low voltage motors which can be used as an alternative to originally installed safety-related motors or for its repair and maintenance.

ANTECEDENTES

Dentro de los diversos ejemplos que pueden darse, los motores eléctricos son un caso claro, de la necesidad de cubrir los repuestos de equipos que con el tiempo pueden quedar obsoletos o bien que hayan dejado de fabricarse, problemática esta aparecida en los últimos años.

En base a estas necesidades Tecnatom y Cantarey han desarrollado una nueva línea de motores eléctricos calificados Clase 1E de baja tensión (hasta 1 KV). Un aspecto relevante de este desarrollo es que puede ser aplicado a

su vez para el mantenimiento y la reparación de motores de otros fabricantes con problemas de obsolescencia.

A lo largo de estas líneas se describirán las actuaciones ya iniciadas para el desarrollo de dicha nueva línea de motores.

ALCANCE DEL PROYECTO

La nueva línea de motores calificados Clase 1E de baja tensión tiene las siguientes características:

- Tamaño DIN/IEC: De 90 a 400
- Tensión nominal hasta 1 KV
- Clase Térmica F con sistema de aislamiento epoxy resistente a la radiación
- Materiales degradables de altas prestaciones (en la mayoría de los casos ya calificados previamente)

Esta gama de características se completa con una gran versatilidad en el diseño de los motores, lo que permite ajustarse en todos los casos a las necesidades y aplicaciones específicas requeridas por el usuario. El desarrollo, asimismo, permite garantizar en el tiempo el suministro de repuestos para estos u otros motores así como su reparación.

Para el desarrollo del Programa de Calificación, se selecciona un motor representativo de la nueva gama, el cual se somete a los parámetros de calificación, tanto ambiental como sísmica, envolventes de las Centrales Nucleares Españolas (tanto para tecnología PWR como BWR).

PARTICIPANTES

El desarrollo de esta nueva línea de trabajo en común, por parte de Tecnatom y Cantarey se basa en la complementareidad en las experiencias de cada una de las dos organizaciones; Cantarey en el campo de la fabricación y reparación de motores de baja y media tensión y Tecnatom en el campo de la calificación sísmica y ambiental de equipos para las centrales nucleares españolas.

PROGRAMA DE CALIFICACIÓN

El programa de calificación se realiza en base a las normas de calificación IEEE 323 (Calificación ambiental general), IEEE 344 (Calificación sísmica) e IEEE 334 (Calificación de motores).

Las distintas etapas del Programa de Calificación ambiental y sísmica son las siguientes:



Figura 1. Motor típico representativo

Identificación de requisitos de calificación

Los parámetros de calificación ambiental y sísmica que se establecen como requisitos para la calificación son los envoltorios de las centrales nucleares españolas, resumidos a continuación:

- Vida calificada: 40 años
- Dosis acumulada total de irradiación gamma, en operación normal y accidente: 64 Mrads

- Ensayos de vibración y sísmico: hasta 15 g's de aceleración máxima y 3.5 g's de ZPA, con el motor a ensayar en funcionamiento.

- Perfil de accidente (envolvente de accidentes LOCA, HELB y MSLB):

- Vapor
- Temperatura máxima: 204 °C
- Presión máxima: 8 bar
- Aspersión química
- Funcionamiento del motor durante el ensayo

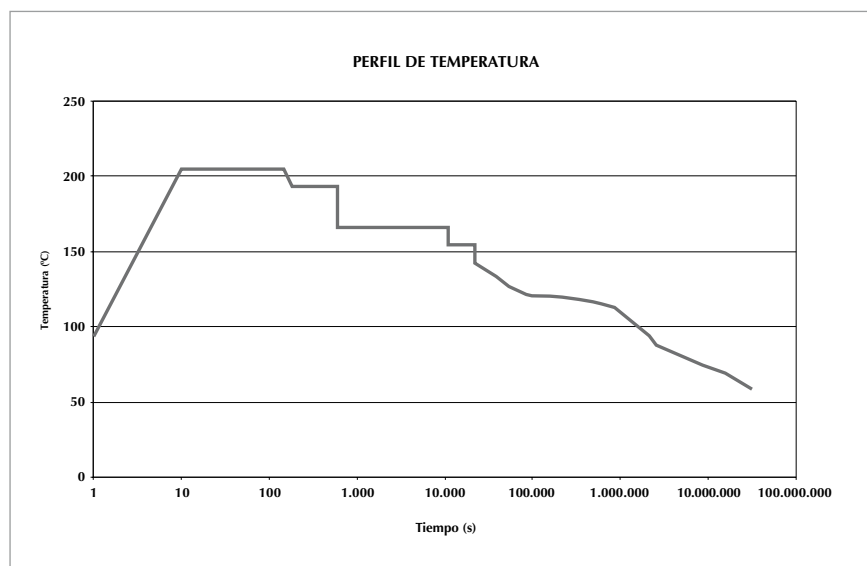


Figura 2 Perfil envolvente de temperaturas de accidente de las CCNN españolas

Identificación de materiales

En esta fase del proceso se identifican los materiales degradables relevantes del motor. Los materiales que formarán parte de este, deberán resistir los parámetros envolventes de calificación anteriormente descritos.

Basándose en experiencias previas, se identificaron los materiales idóneos para garantizar los requisitos necesarios para conseguir el correcto funcionamiento del motor durante todo el programa de calificación.

Resolución de los aspectos críticos de diseño

Se lleva a cabo una evaluación de los aspectos más críticos en el diseño y funcionamiento de los motores de cara a los ensayos previos de calificación. Esta evaluación cubre aspectos tales como:

- Sellado entre el devanado y la caja de bornas. Se desarrolla un diseño especial con un sello de silicona de altas prestaciones, previamente calificado en temperatura y radiación por Tecnatom.

- Sellado de la caja de bornas. Este sellado mejora sus propiedades mediante juntas elastoméricas de EPDM y Vitón ya calificadas por Tecnatom.

- Conexión entre bornas y devanado. Se utiliza un cable de aislamiento de silicona, previamente calificado por Tecnatom.

- Cojinetes del eje. Se incluyen rodamientos adecuados para soportar los esfuerzos dinámicos previstos en los ensayos sísmicos. En estos rozamientos se instala grasa ya calificada.

Motor representativo para ensayo

Una vez identificados los materiales componentes del motor y resueltos los aspectos más críticos de su diseño, se fabrica un motor representativo de la familia, con las siguientes características:

- Motor asíncrono trifásico de Baja Tensión
- Aislamiento clase F
- Protección IP54
- Potencia nominal: 15 Kw
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión nominal: 380 V
- Velocidad: 2.867 rpm



Figura 3. Fabricación de motor en Cantarey Reinososa

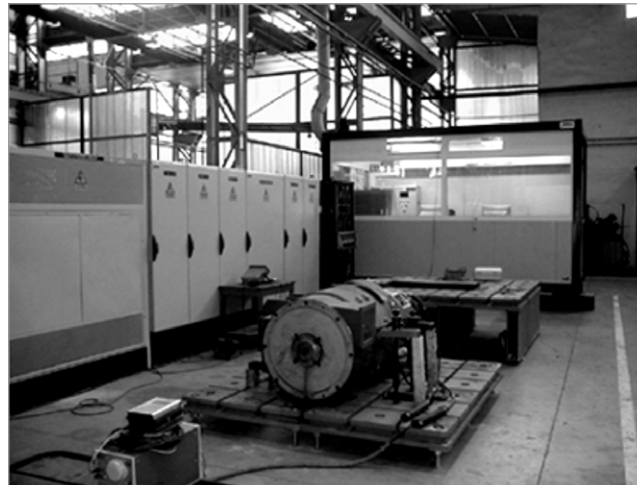


Figura 4. Banco de pruebas de motores

Para la fabricación de estos motores se establece un Sistema de Calidad específico, el cual cumple con los requisitos de calidad aplicables a los equipos de seguridad nuclear. La fabricación de cada motor se controla individualmente mediante un Programa de Puntos de Inspección (PPI) específico.

Fabricación del motor representativo

Se fabrica el motor a ensayar de acuerdo a las características anteriormente indicadas y detalladas.

Este prototipo se fabrica y prueba mediante la realización de una serie de pruebas de aceptación exhaustivas. Estas pruebas son las siguientes:

- Medida de resistencia
- Equilibrado de fases
- Determinación del calentamiento de los cojinetes
- Ensayo de vacío

- Ensayo de sobretensión
- Ensayo de cortocircuito
- Medida de la rigidez dieléctrica
- Comprobación de los elementos auxiliares
- Ensayo de calentamiento por el método de bifrecuencia
- Medida del nivel de ruidos
- Ensayo de sobrevelocidad

Ejecución del programa de calificación

Las distintas fases de este programa son las siguientes:

- Ensayos funcionales iniciales. Fase inicial de comprobación del funcionamiento del motor. Se realizan las siguientes comprobaciones y ensayos:

- Nivel de aislamiento
- Verificación del funcionamiento a tensión nominal

- Envejecimiento térmico acelerado. Este envejecimiento se realiza de acuerdo a la metodología de Arrhenius para el objetivo de una vida calificada de 40 años en las condiciones de servicio establecidas. Tras la realización de esta prueba se verifica de nuevo la funcionalidad del motor.

- Ensayo de irradiación. Se lleva a cabo esta prueba bajo los siguientes parámetros de ensayo:

- Dosis total (operación normal + accidente): 64 Mrads (Irradiación gamma)
- Dosis horaria máxima: 1 Mrad/h

- Envejecimiento operacional. Una vez comprobado el correcto funcionamiento del motor tras la irradiación, se llevan a cabo 500 ciclos operacionales en vacío y en carga simulando los efectos dinámicos asociados a los ciclos de parada-arranque del motor.

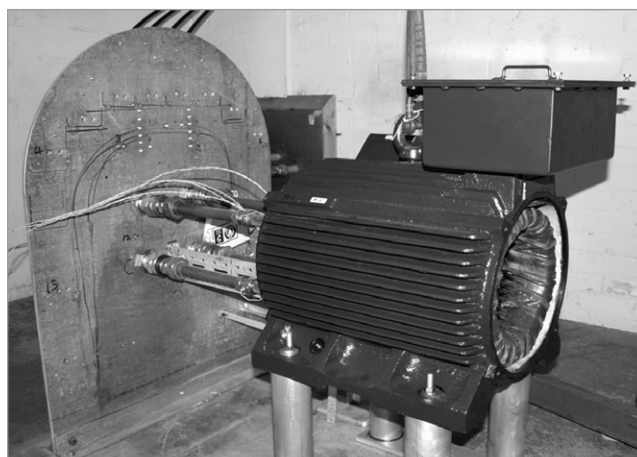


Figura 5. Ensayo de irradiación



Figura 6. Ensayo de vibración

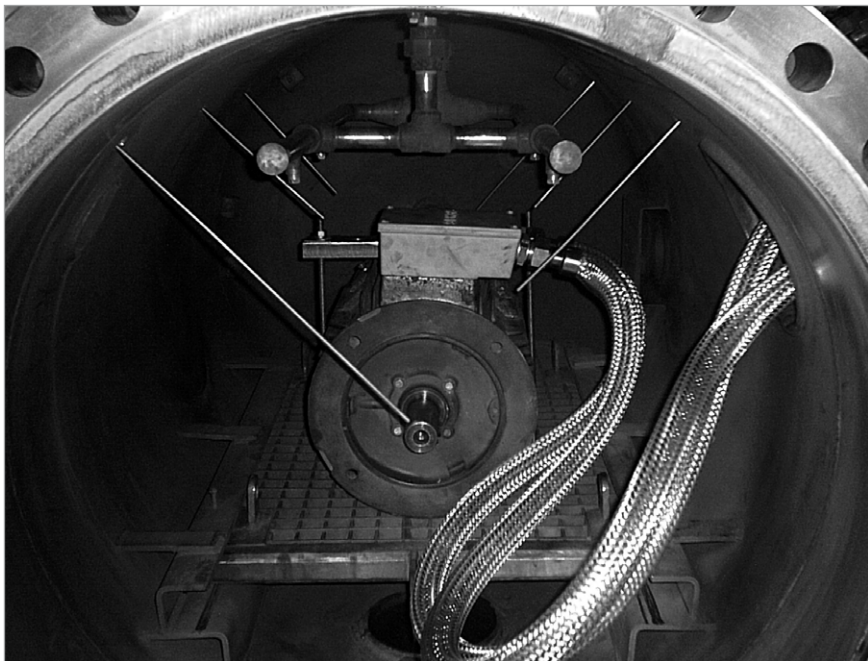


Figura 7. Ensayo de simulación de accidente

- Ensayos de vibración. Tras la verificación del correcto funcionamiento del motor después del envejecimiento operacional, se realizan ensayos de vibración sobre el motor en base a una excitación vibratoria senoidal: 50 Hz y 1.5 g's, durante 1 h.

- Ensayo sísmico. Tras la realización de los ensayos vibratorios previos, se somete el motor a 5 ensayos de nivel OBE, para a continuación someter el mismo a 1 ensayo de nivel SSE. Todos los ensayos se realizan sobre los tres ejes ortogonales. El nivel de vibración aplicado en estos ensayos sísmicos cubre conservativamente los aplicables de las Centrales Nucleares Españolas.

- Ensayo de simulación de accidente. Una vez verificado el correcto funcionamiento del motor después de los ensayos de vibración y sísmicos, el mismo se somete a un ensayo de simulación de accidente con los correspondientes perfiles de presión y temperatura de accidente envolventes de las Centrales Nucleares Españolas (Ver figura 2).

- Verificaciones finales. Como etapa última y una vez finalizados todos los ensayos y envejecimientos previos, se vuelve a inspeccionar y verificar la funcionalidad del motor con objeto de dar por finalizada la calificación del mismo.

CONCLUSIONES

El desarrollo descrito permite disponer de una gama de motores eléctricos Clase 1E calificados para ambiente severo fabricados en España. Este pro-

ducto de fabricación nacional, no existía hasta la fecha en nuestro país y resuelve una necesidad actual de nuestras centrales nucleares.

Tratándose de maquinaria diseñada específicamente para cada aplicación, con este desarrollo se pueden resolver tanto las necesidades de nuevas máquinas requeridas por modificación de diseño, como las de sustitución de máquinas ya no operativas.

Finalmente es de destacar como producto derivado de esta calificación, que los distintos materiales constitutivos del diseño (sistema de aislamiento, caja de bornas, rodamientos, etc...) puedan ser utilizados en diseños a medida para mantenimiento y repuestos de las máquinas de otros fabricantes.

NUEVAS ACTUACIONES

Como continuación del trabajo descrito se tiene previsto la realización de un proyecto con un alcance de ejecución similar con motores de media tensión (hasta 6.000 V).



Emilio PÉREZ MEDINA. Ingeniero Aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid. Ingresó en Tecnatom en 1982, siendo responsable del área de Ingeniería de Calificación, desarrollando actualmente sus actividades en la gestión de proyectos de Calificación y Dedicación de Componentes para diferentes centrales nucleares, así como labores relacionadas con la Calidad, como auditor y gestor de Sistemas de Calidad EOQ.



Jorge Juan GONZÁLEZ NIETO. Ingeniero de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Ingresó en Tecnatom en 1990, siendo responsable del Laboratorio de Calificación, desarrolla actualmente sus actividades dentro del área de Calificación y Dedicación de Equipos para diferentes centrales nucleares. Asimismo lleva a cabo labores como responsable de la Gestión y Optimización de Almacenes para distintas plantas de generación de energía.



Alfredo FERNÁNDEZ MASTRO. Ingeniero Industrial, Ingresó en Cantarey Reinososa en 1990 en el departamento de Ingeniería de Diseño y Diseño de máquinas eléctricas rotativas.



Daniel GARCÍA LÓPEZ. Técnico de ventas sector nuclear. Ingresó en Cantarey Reinososa en 1970, habiendo desarrollado sus actividades dentro del campo de la Ingeniería de Diseño. Actualmente desarrolla su trabajo en el sector nuclear dentro del campo comercial.