



MODELADO TÉRMICO DE TRANSFORMADORES

Objetivo:

Presentar los fundamentos del Diseño Térmico de Transformadores de Potencia, en líquido aislante y secos, detallando todas las etapas del mismo, el cumplimiento de la normalización internacional y de las especificaciones del cliente, y la descripción de las herramientas de cálculo necesarias.

El curso está dirigido a profesionales que trabajen en empresas eléctricas y que tengan a su cargo la especificación, la adquisición, la revisión del diseño y la recepción en fábrica de transformadores.

Se pondrá especial énfasis en los fundamentos de la transferencia de calor (conducción, convección y radiación) y en los fundamentos de la hidráulica para poder construir el modelado termo-hidráulico del transformador.

Programa:

1. Fundamentos de la Transferencia de Calor
 - 1.1. La Ley de Fourier
 - 1.2. La Ecuación del Calor
 - 1.3. Conducción del Calor
 - 1.4. Convección Natural del Calor
 - 1.5. Convección Forzada del Calor
 - 1.6. Radiación del Calor
 - 1.7. Influencia de la Altitud en la Transferencia de Calor
 - 1.8. Análisis de las transferencias de calor que se producen en las distintas partes del transformador en aceite
 - 1.9. Diferencias térmicas entre transformadores en líquido aislante y transformadores secos

2. Transformadores en Líquido Aislante
 - 2.1. Cálculo de los Gradientes entre los Bobinados y el Aceite Medio

- 2.1.1. Bobinas en Capas
- 2.1.2. Bobinas Tipo Disco o Hélice
- 2.1.3. Gradientes ON y Gradientes OD
- 2.2. Cálculo de Radiadores
 - 2.2.1. Regímenes ONAN, ONAF, OFAN, OFAF, ODAN, ODAF
 - 2.2.2. Cálculo aplicando las curvas características experimentales de los Radiadores
 - 2.2.3. Cálculo exacto aplicando el Circuito Térmico Equivalente de los Radiadores
- 2.3. Cálculo de Intercambiadores Compactos de Calor
 - 2.3.1. Teoría General
 - 2.3.2. Regímenes OFAN, OFAF, ODAN, ODAF
 - 2.3.3. Intercambiadores Aceite-Aire
 - 2.3.4. Intercambiadores Aceite-Agua
 - 2.3.5. Circuito Hidráulico y Selección de las Bombas
- 2.4. Cálculo de la Temperatura del Hot-Spot de los Bobinados
- 2.5. Cálculo de la Temperatura del Hot-Spot del Núcleo
- 2.6. Cálculo de la Temperatura de las Conexiones
- 2.7. Análisis del Cálculo para fluidos diferentes del Aceite Mineral
- 2.8. Análisis del dimensionado térmico de los transformadores en aceite aplicando el modelo termo-hidráulico. Requerimientos de la Norma IEEE Std 1538-2000
- 2.9. Transformadores de Alta Temperatura
 - 2.9.1. Materiales Aislantes de Alta Temperatura
 - 2.9.2. Norma IEEE Std C57.154-2012: "IEEE Standard for the Design, Testing, and Application of Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers Using High-Temperature Insulation Systems and Operating at Elevated Temperatures"
 - 2.9.3. Norma IEC 60076-14:2004: "Power transformers - Part 14: Design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials"
 - 2.9.4. Clase Térmica de los Sistemas Aislantes
 - 2.9.5. Sistemas de Aislamiento de las Bobinas:
 - 2.9.5.1. Sistema Aislante Convencional
 - 2.9.5.2. Sistema Aislante Híbrido Mixto
 - 2.9.5.3. Sistema Aislante Híbrido Total
 - 2.9.5.4. Sistema Aislante de Alta Temperatura

- 2.9.6. Aplicaciones: transformadores móviles, repotenciación, transformadores de tracción, instalación en dimensiones reducidas, etc.
- 2.10. Ventilación de Salas de Transformadores
- 3. Transformadores Secos
 - 3.1. Análisis de las transferencias de calor que se producen en las distintas partes del transformador seco
 - 3.2. Circuito Térmico del Transformador Secos
 - 3.3. Ventilación de Gabinetes Abiertos para Transformadores Secos
 - 3.4. Ventilación de Gabinetes Cerrados para Transformadores Secos
 - 3.5. Particularidades del Ensayo de Calentamiento de los Transformadores Secos
 - 3.6. Análisis del dimensionado térmico de los transformadores secos aplicando el modelo termo-hidráulico
- 4. Guías de Carga
 - 4.1. Materiales aislantes y sus leyes de envejecimiento con la temperatura de operación
 - 4.2. Modelado de la variación de la carga con el tiempo
 - 4.3. Modelado de la variación de temperatura ambiente con el tiempo
 - 4.4. Modelado del comportamiento térmico de los transformadores en aceite en régimen transitorio.
 - 4.5. Análisis de las Guías de Carga para transformadores en aceite
 - 4.5.1. IEC 60354:1991
 - 4.5.2. IEC 60076-7:2005
 - 4.5.3. IEEE Std C57.91-2011
 - 4.5.4. NBR 5416 (Julio/1997)
 - 4.6. Modelado del comportamiento térmico de los transformadores secos en régimen transitorio.
 - 4.7. Análisis de las Guías de Carga para transformadores secos
 - 4.7.1. IEC 60076-12:2008
 - 4.7.2. IEEE Std C57.96-2013
 - 4.8. Ejemplos de Aplicación
 - 4.9. Ensayo de Calentamiento – Medición de parámetros para aplicar las guías de carga



POWER TRANSFORMER ENGINEERING S.A.S.

Duración: 40 horas.

Sugerencia: Dictarlo en 10 clases de 4 horas cada una.

Antecedentes:

- El curso fue dictado entre Setiembre y Octubre de 2009 en Blumenau (Brasil), como docente invitado por la FURB (Universidad Regional de Blumenau), para Ingenieros de la WEG. en el marco del “Mestrado em Engenharia Elétrica”



POWER TRANSFORMER ENGINEERING