

Revisión de Diseño

El estudio de revisión de diseño consiste en hacer una simulación general del prototipo para estudiar las características básicas como lo son las potencias, perdidas, voltajes, impedancias, capacitancias, etc. Posteriormente se realizan cuatro estudios especializados para estudiar el comportamiento del equipo en los siguientes aspectos.

- 1. Estudio de corto circuito:** Los bobinados y todos los elementos aislantes y estructurales de la parte activa del transformador deben ser diseñados para soportar las fuerzas de cortocircuito a las cuales va a estar expuesto el transformador. Este estudio consiste en revisar las estructuras mecánicas y simular su comportamiento a las fuerzas generadas durante la falla y la deformación que estos tendrán. El diseño es exitoso si las estructuras soportan los esfuerzos aplicados por dichas corrientes de falla sin que exista una deformación mecánica inadmisibles.
- 2. Estudio dieléctrico:** Los transformadores en operación van a estar expuestos a sobretensiones de rayo y de maniobra, por tanto el fabricante debe garantizar que las estructuras dieléctricas están en la capacidad de soportar dichas sobretensiones sin que exista un daño en los aislamientos sólidos o ruptura de los dieléctricos. El estudio parte y tiene como base los ensayos dieléctricos que recomiendan las normas internacionales y este se considera exitoso cuando la magnitud de los campos eléctricos encontrados por las simulaciones es inferior a los necesarios para excitar la inserción de descargas parciales en los ensayos dieléctricos en los materiales aislantes.
- 3. Estudio Térmico:** Uno de los causantes más importantes del envejecimiento de los materiales aislantes y por tanto de la reducción de la vida útil del transformador, es la temperatura de operación del transformador. Es por esto que es de suma importancia revisar que el transformador en operación nominal y a plena carga no exceda en ningún punto, las temperaturas recomendadas para los diferentes tipos de materiales aislantes. Simular el comportamiento térmico del transformador nos da la seguridad que no va a tener un envejecimiento prematuro. Cabe resaltar que el estudio es exitoso cuando en las simulaciones térmicas el

transformador en ningún punto de sus devanados, aceite o hot spot supera los límites máximos establecidos por las normas.

- 4. Estudio Mecánico:** El diseño mecánico del tanque del transformador y todos sus elementos estructurales debe ser capaz de soportar la sobrepresión y el vacío especificado por las normas, permitir las maniobras de transporte del transformador, soportar sin rotura el arco interno y las exigencias sísmicas que correspondan al lugar de instalación

Una vez culminado el estudio se tiene la certeza que el prototipo presentado por el fabricante cumple a cabalidad con los requisitos planteados en el documento de las especificaciones técnicas y en las normas aplicables y por tanto el fabricante puede comenzar el proceso de fabricación.

La revisión de diseño se llevará a cabo en base a los lineamientos del Technical Brochure N°529 del CIGRE: "Guidelines for conducting design reviews for power transformers", publicado en April 2013 por el Working Group A2.36.

Es necesario suministrar a toda la información del diseño y memorias de cálculo requeridas por el Technical Brochure N°529 del CIGRE para poder comenzar con la revisión de diseño.

Los objetivos de la revisión del diseño son:

1. Asegurarse de que hay un entendimiento claro y mutuo de los requisitos técnicos del transformador de acuerdo con la especificación técnica del comprador y las normas vigentes en la industria
2. Entender la aplicación requerida y verificar los requisitos del sistema y de los transformadores
3. Identificar las áreas donde se puede requerir atención especial
4. Verificar que el diseño cumple con todos los requisitos técnicos
5. Identificar las características del prototipo y evaluar su fiabilidad y sus posibles riesgos

6. Intercambiar experiencias que puedan ser utilizadas para identificar eventuales mejoras en el diseño y mejoras o cambios en la especificación técnica
7. Comprender mejor las capacidades técnicas del fabricante
8. Fortalecer la relación técnica entre el comprador y el fabricante y con el tiempo mejorar y profundizar el conocimiento en el diseño de transformadores por el lado de los compradores

La revisión del diseño incluye el análisis detallado de los tipos constructivos utilizados para el núcleo, bobinas y partes mecánicas, así como el diseño eléctrico, térmico y mecánico completo de los transformadores.

El proyecto del transformador es lo que requiere la mayor parte de la atención durante la revisión del diseño.

El fabricante debe demostrar que su proyecto funcionará de forma fiable dentro de los requisitos operativos, incluyendo las condiciones transitorias (sobretensiones, cortocircuitos, sobrecargas, etc.) y que además cumple con las garantías de rendimiento (pérdidas, impedancias, etc.).

Es imperativo que el fabricante demuestre que se han incluido en el proyecto márgenes de seguridad adecuados, que cubren los requisitos de prueba y las condiciones de funcionamiento

Los objetivos mínimos de revisión de diseño son establecer los márgenes entre:

- los valores de proyecto calculados (pérdidas, impedancias, temperaturas, etc.) y los valores esperados en las pruebas
- los esfuerzos (dieléctricos, térmicos, mecánicos, etc.) calculados y los esfuerzos operativos que pueden ocurrir en el servicio

Para realizar la revisión de diseño se requiere un detallado relevamiento de la geometría y de las características principales del transformador:

- Núcleo:
 - Material y sus características magnéticas
 - Tipo de Núcleo
 - Tipo de juntas (step-lap o similar)

- Dimensiones: diámetro de núcleo, altura de la ventana, centro en columnas, etc.
 - Número de escalones y ancho de chapa de cada escalón
 - Ductos internos de refrigeración indicando material, su dimensión y ubicación
 - Sistema de prensado de los yugos y presión de prensado
 - Factor de apilado
 - Puesta a tierra del núcleo
 - etc.
- Bobinas:
 - Tipo: disco continuo, disco entrelazado, disco con Internal Shield, hélice, hélice múltiple, etc.
 - Sistema utilizado para el control de la capacidad serie: disco continuo, disco entrelazado, bobina tipo SMIT, Internal Shield, etc.
 - Material conductor indicando su Rp0.2
 - Dimensiones de los conductores y sus aislamientos
 - Número de espiras
 - Número de discos
 - Lista detallada con las dimensiones de todos los aislamientos entre discos para poder calcular con exactitud las capacitancias serie de la bobina
 - En caso de utilizar Internal Shield se deberá informar las dimensiones y aislamiento del conductor utilizado en el Internal Shield, la cantidad de espiras por disco con Internal Shield y su distribución a lo largo de la bobina
 - En caso de utilizar bobinas de compensación en la columna de retorno del núcleo de transformadores monofásicos para evitar los efectos del "Half-turn effect" se deberá informar las dimensiones de dichas bobinas, número de espiras, conexión entre las bobinas, dimensiones del conductor utilizado y su aislamiento, corriente que circula por las bobinas y pérdidas originadas en dichas bobinas
 - etc.
 - Dimensiones y aislamiento de las conexiones entre bobinas, al OLTC y/o DETC, a los aisladores pasantes, etc.
 - Eventuales Descargadores de Sobretensión Internos (ZnO)
 - Eventuales Reactores para limitar la corriente de cortocircuito

- Shunts Magnéticos en el Tanque y Prensayugos
 - Ubicación
 - Dimensiones
 - Inducción de trabajo a corriente nominal
- Eventual Conmutador Bajo Carga (Fabricante, Tipo, In, Vn, etc.)
Conmutación Lineal, con Inversor o Gruesa/Fina
- Eventual Conmutador sin Tensión (Fabricante, Tipo, In, Vn, etc.)
- Tanque
 - Tipo
 - Dimensiones internas (ancho, largo, alto)
 - Refuerzos: ubicación y dimensiones
- Radiadores
 - Fabricante y catálogo del fabricante
 - Dimensiones (ancho, largo, "goose-neck")
 - Número de elementos de cada radiador
 - Número de radiadores
 - Ubicación de los radiadores en el tanque
 - Diferencia de cotas entre el centro de los radiadores y el centro de la parte activa (Δh)
 - Características térmicas obtenidas de acuerdo con el numeral 6.2.1 de la Norma IEC 60076-22-2
- Ventiladores
 - Fabricante y catálogo del fabricante
 - Diámetro
 - Caudal
 - Velocidad
 - Nivel de Ruido
 - Cantidad de ventiladores
 - Ubicación de los ventiladores
 - Característica presión vs. Caudal (Norma EN 50216-12)
- Eventualmente información sobre Intercambiadores de Calor y Bombas
- Diagrama de Conexiones (claro, con todos los detalles)



POWER TRANSFORMER ENGINEERING S.A.S.

- Para la presentación de la información el fabricante tomará como base el ejemplo del capítulo 17 del Technical Brochure del CIGRE 529 “Guidelines for conducting design reviews for power Transformers”.

Ing. Álvaro Portillo Laurino



POWER TRANSFORMER ENGINEERING