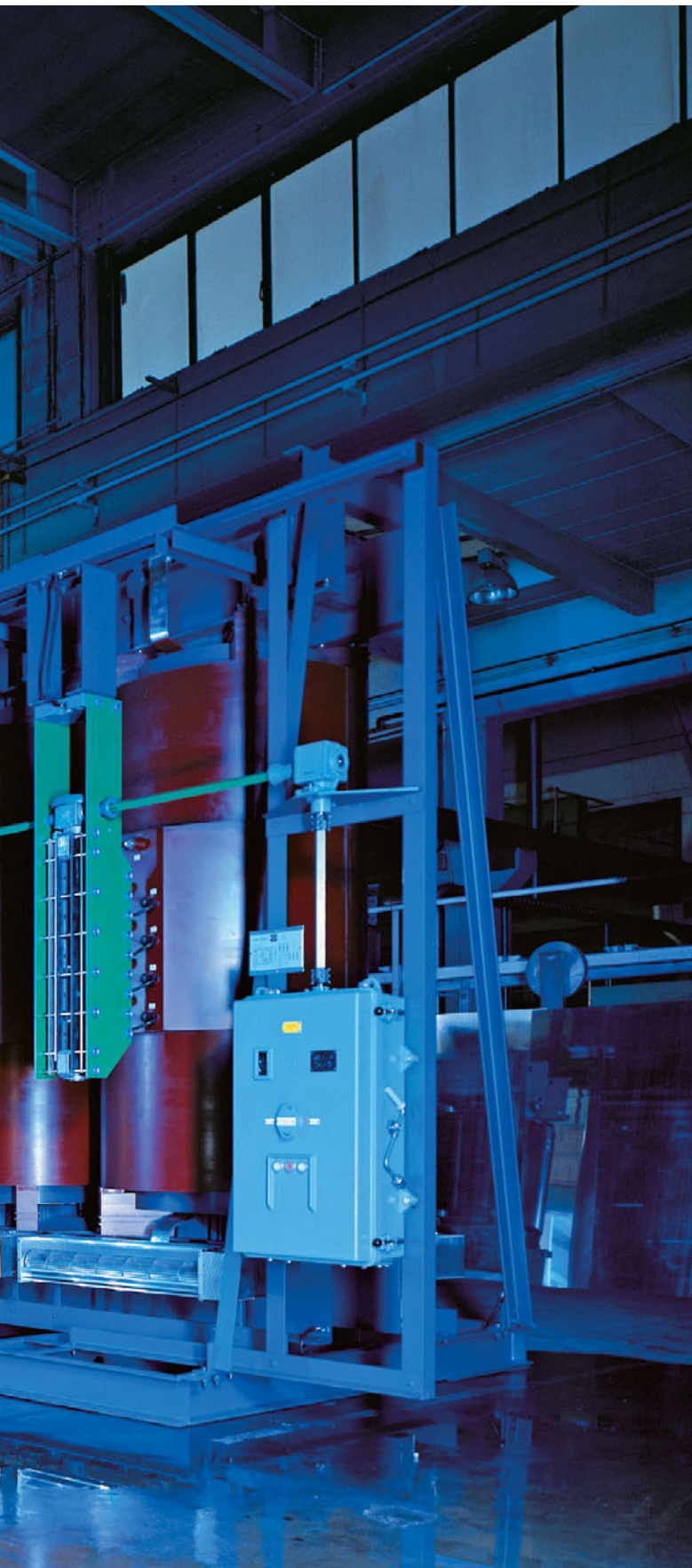






5.1 Introducción	234
5.1.1 Introducción	234
5.2 Confiabilidad y Desempeño del Proyecto	236
5.3 Evaluación de pérdidas del transformador	238
5.4 Transformadores de potencia	240
5.4.1 Grandes Transformadores de Potencia	240
5.4.2 Transformadores de media potencia	241
5.4.3 Pequeños Transformadores de Potencia	241
5.5 Reactores	242
5.6 Transformadores especiales para aplicaciones industriales	243
5.7 Transformadores de cambio de fase	245
5.8 Transformadores HVDC	246
5.9 Transformadores de Distribución	247
5.9.1 Transformadores de distribución sumergidos en líquido para el estándar europeo/estadounidense/canadiense	247
5.9.2 Reguladores de voltaje	248
5.9.3 Transformadores de resina colada GEAFOL	249
5.9.4 Transformadores especiales GEAFOL	254
5.10 Transformadores de tracción	256
5.11 Gestión del ciclo de vida del transformador	257

5 transformadores

5.1 Introducción

5.1.1 Resumen

Ya sea en los sistemas de infraestructura, la industria o los hogares, los transformadores siempre juegan un papel clave en la transmisión y distribución confiable de energía. La construcción, la potencia nominal, el nivel de voltaje y el alcance de la aplicación son factores clave que determinan el diseño del transformador.

Siemens proporciona el transformador adecuado para cada necesidad, desde transformadores de distribución compactos hasta grandes transformadores de potencia con valores nominales muy superiores a 1000 MVA. La gama de productos de Siemens cubre todos los requisitos principales, como aplicaciones UHV DC, baja emisión de ruido y productos ecológicos con líquidos de aislamiento alternativos, también integrados en un sistema de energía completo desde la generación hasta la transmisión y las redes de distribución. La confiabilidad a largo plazo de un transformador comienza con su alta calidad inicial. Luego, las medidas de gestión del ciclo de vida del transformador mantienen esa calidad durante toda la vida útil del transformador.

La figura 5.1-1 y la tabla 5.1-1 son una descripción general de cómo se pueden usar varios transformadores en una red.

Huella global

Los países emergentes no son simplemente “bancos de trabajo extendidos” para producir bienes. En primer lugar, son importantes mercados de futuro. A través de sus propias ubicaciones locales de producción y ventas, Siemens brinda servicio a los clientes en los mercados globales más importantes. La presencia local de Siemens en muchos países también asegura que los clientes tengan un mejor acceso a los servicios de Siemens y que se beneficien de una distribución eficiente y efectiva de los recursos de Siemens como parte de una red global. A medida que las fábricas de Siemens en todo el mundo desarrollan y producen sus productos, Siemens también las alienta a compartir su experiencia.

Siemens satisface la creciente demanda global de transformadores de varias maneras: mediante una mayor optimización de los pasos de valor agregado en la red mundial, mediante el uso de enfoques como la integración vertical y mediante la búsqueda de programas para aumentar la productividad.

Para mayor información:
www.siemens.com/energy/transformers



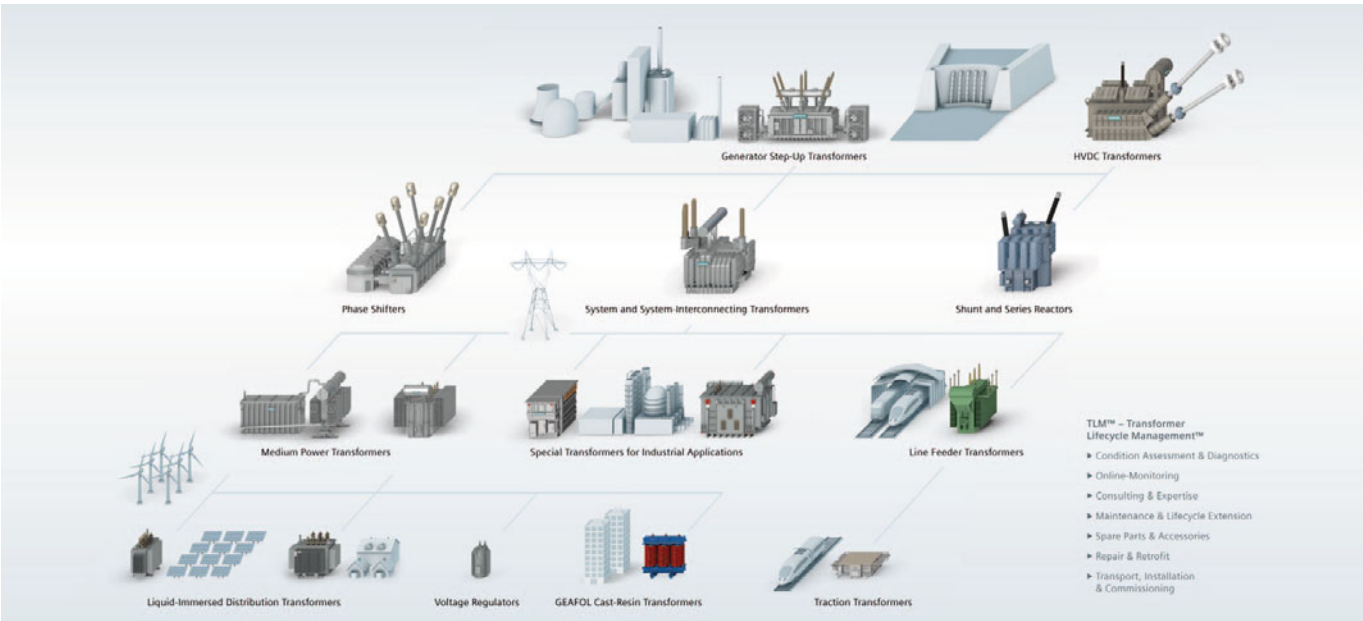


Figura 5.1-1: Gama de productos de transformadores Siemens

	Generador y Sistema Transformadores	Por encima de 2,5 MVA hasta más de 1.000 MVA, por encima de 30 kV hasta 1.500 kV (sistema y transformadores de interconexión de sistemas, con devanados separados o autoconectados), con cambiadores de tomas en carga o cambiadores de tomas sin tensión, de 3 fases o diseño monofásico
	Cambiadores de fase	Para controlar la cantidad de potencia activa cambiando el desplazamiento de fase efectivo
	reactores	Reactores shunt y limitadores de corriente sumergidos en líquido hasta las potencias nominales más altas Reactores para sistemas de transmisión HVDC
	Transformadores HVDC	Transformadores y reactores de filtrado para sistemas de transmisión de energía a granel de hasta 800 kV de CC Transformadores para el acoplamiento de CC de diferentes redes de CA
	Transformadores de potencia y distribución de resina colada GEAFOLE	100 kVA a más de 40 MVA, máxima tensión para equipos hasta 36 kV, de diseño trifásico o monofásico, subestaciones GEAFOLE-SL
	Transformadores de distribución sumergidos en líquido	50 a 2.500 kVA, máxima tensión para equipos hasta 36 kV, con devanados de cobre o aluminio, sellados herméticamente o con conservador de diseño trifásico o monofásico transformadores montados en poste y transformadores de distribución acc. a IEC con núcleos amorfos
	Transformadores Especiales para Industria	Transformadores de horno de arco eléctrico Reactores en serie de horno de arco eléctrico Transformadores de horno de arco eléctrico de CC Transformadores rectificadores Transformadores convertidores para accionamientos grandes
	Transformadores de tracción	Transformadores de tracción montados en material rodante
	Ciclo de vida del transformador Gestión	Evaluación de condición y diagnóstico Monitoreo en línea Consultoría y experiencia Mantenimiento y extensión del ciclo de vida Repuestos y accesorios Reparación y modernización Transporte, instalación y puesta en marcha

Tabla 5.1-1: Gama de productos de transformadores Siemens

5.2 Confiabilidad y Desempeño del Proyecto

La estrategia de calidad en el negocio de transformadores se basa en los tres pilares de la calidad del producto, las personas y el proceso (fig. 5.2-1). El objetivo es lograr la mayor satisfacción del cliente con procesos rentables. Esto solo es posible si todos los empleados involucrados en los procesos tienen un conocimiento profundo de las necesidades del cliente y los requisitos específicos en el negocio de transformadores.

La estrategia se implementa en forma de elementos obligatorios. Estos elementos abarcan la calidad de los productos y servicios, que es visible para los clientes; la calidad del personal, que se logra mediante la capacitación y educación permanente; y calidad de proceso en todos los procesos utilizados. Se deben utilizar indicadores específicos del negocio y del proceso para garantizar que cada elemento individual sea medible y transparente.

Se definen nueve elementos obligatorios:

- Integración de clientes
- Calidad integrada en procesos y proyectos
- Gestión de proveedores consecuente
- Planificación de la calidad impulsada por el negocio
- Informes de calidad enfocados
- Cualificación de los empleados en temas de calidad
- Mejora continua
- Compromiso de gestión
- Función de control y apoyo del director de calidad.

Elementos de calidad (elementos obligatorios)

Integración de clientes

La integración del cliente depende del uso consistente de:

- Herramientas de análisis de requerimientos de clientes y estudios de mercado
- Análisis de satisfacción de clientes
- Gestión profesional del feedback desde y hacia el cliente
- Gestión de reclamaciones

Los requisitos del cliente deben definirse con precisión en una especificación. Y la especificación debe actualizarse continuamente a lo largo de la fase de definición de un proyecto de transformador. Los requisitos reales también deben estar disponibles para todos los empleados responsables.

Los bucles de retroalimentación rápidos, en ambas direcciones, son esenciales para aumentar la confianza y la satisfacción del cliente.

Siemens resuelve las quejas de los clientes a satisfacción del cliente de manera oportuna a través de su sistema de gestión de quejas.

Calidad embebida en procesos y proyectos

La calidad de los procesos utilizados para producir un producto tiene un impacto significativo en la calidad del producto que realmente se produce. La disciplina del proceso y la estabilidad del proceso pueden ser

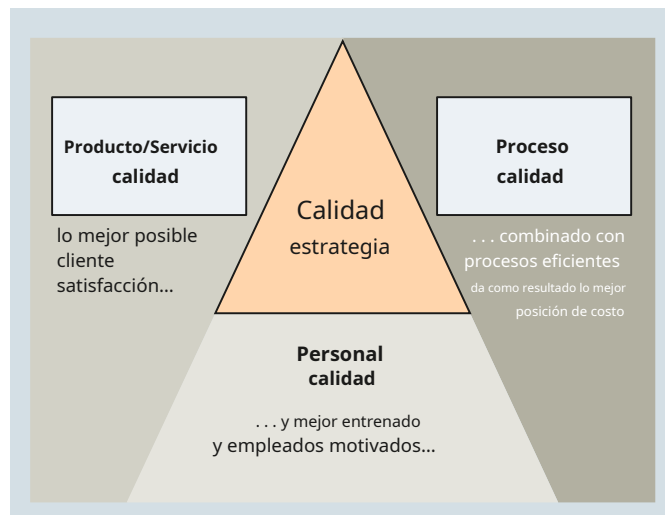


Figura 5.2-1: Pilares de la estrategia de calidad

logrado por un alto grado de estandarización del proceso. Todos los procesos deben estar estandarizados para todos los empleados en base a procedimientos simples. Si se cumple esta condición, es posible implementar instrucciones de trabajo claramente definidas (fig. 5.2-2).

Las puertas de calidad se colocan en puntos del proceso en los que son necesarias decisiones relevantes para la calidad. Las siguientes puertas de calidad son obligatorias para el negocio de transformadores de potencia.

- Aprobación de ofertas
- Orden de entrada aclarado
- Lanzamiento de diseño
- Liberación de transformador completamente ensamblado
- Evaluación de proyecto

Para cada puerta de calidad, hay una definición clara de los participantes, las condiciones previas, los resultados (semáforo) y el proceso de escalado, si es necesario. Si el resultado no es aceptable, el proceso debe detenerse hasta que se cumplan todos los requisitos.

Administración de suministros

La calidad del producto depende no solo de la calidad de los procesos propios sino también de la de los proveedores. Los problemas y costos causados por la calidad inadecuada de los proveedores solo pueden reducirse mediante un proceso sistemático de gestión de proveedores que incluya:

- Selección
- Evaluación
- Clasificación
- Desarrollo
- Eliminación de proveedores así como el proceso de soporte
- Calificación de proveedores

Otra condición para un alto nivel de calidad de los proveedores es una estrecha cooperación con los proveedores. El desarrollo conjunto de requisitos para proveedores y procesos conduce a mejoras continuas en la calidad. En este contexto, el conocimiento de los proveedores también se puede utilizar para crear innovaciones. Este aspecto de la relación con los proveedores es cada vez más importante, especialmente en el negocio de transformadores.

Planificación de la calidad impulsada por el negocio

La calidad de la planificación significa analizar los posibles escenarios futuros y los problemas previstos y tomar medidas preventivas para resolver esos problemas. Es crucial que en la planificación se consideren los factores comerciales críticos actuales y futuros. Eso significa que la calidad se basa en la planificación impulsada por el negocio y en objetivos, actividades e indicadores cuantitativos específicos.

Informes de calidad enfocados

- Los informes se basan en:
- Indicadores clave de rendimiento enfocados, como costos de incumplimiento, tasa de fallas externas, tasa de fallas internas y entrega a tiempo
 - Incidentes de calidad del hormigón
 - Análisis de la causa raíz de los problemas de calidad, incluida la definición de medidas correctivas y preventivas.

Para los clientes, la fiabilidad de los transformadores es de especial importancia. ANSI C57.117 ha intentado definir fallas. Con base en esta definición, se pueden derivar estadísticas sobre fallas en servicio y valores de confiabilidad. Un ejemplo de transformadores de potencia aparece en la tabla 5.2-1.

Cualificación de los empleados en temas de calidad.

Las personas son el factor decisivo que influye en la calidad. Por lo tanto, todos los empleados involucrados en los procesos deben tener las habilidades y destrezas adecuadas a los aspectos de calidad de los pasos del proceso que realizan. Las medidas de calificación que sean necesarias deberán determinarse sobre la base de un análisis cuidadoso de los déficits existentes.

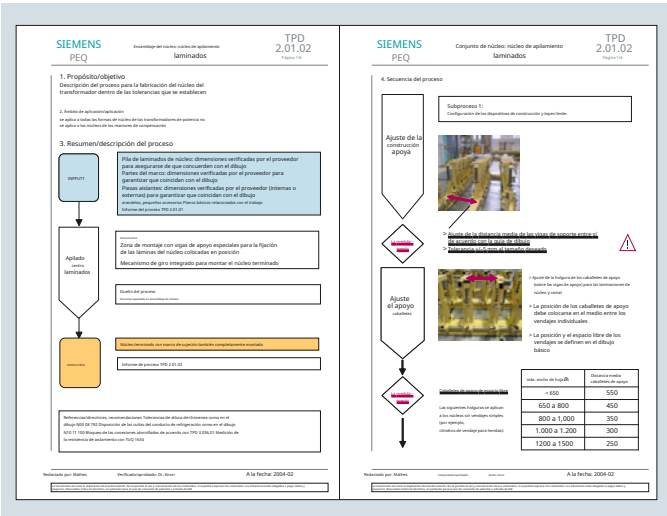


Figura 5.2-2: Ejemplo de instrucción de trabajo estandarizada

Mejora continua

Porque “no hay nada que no se pueda mejorar”, la mejora continua debe ser parte integral de todos los procesos.

El objetivo es seguir optimizando cada paso del proceso. Este es también el propósito de los equipos de mejora. El entrenamiento adecuado de estos equipos debería permitir llegar a casi todos los empleados.

Estadística de fallas en servicio ET TR 2000 – 2009 para transformadores de potencia																
basado en ANSI C 57.117																
	ET TR	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	Planta 6	Planta 7*	Planta 8	Planta 9	Planta 10	Planta 11	Planta 12	Planta 13*	Planta 14**	Planta 15
norte	11,278	572	1,704	755	793	774	534	–	735	1,076	705	649	994	–	1007	980
SY	51,429	2,358	7,479	3,858	3	4,326	1,996	–	3,341	4,561	4,17	2,889	4,899	–	3,781	4,771
norte	91	9	7	10	11	1	11	–	3	6	2	7	8	–	3	13
FR (%)	0.18	0.38	0.09	0.26	0.37	0.02	0.55	–	0.09	0.13	0.05	0.24	0.16	–	0.08	0.27
MTBF (años)	565	262	1068	386	273	4,326	181	–	1,114	760	2,085	413	612	–	1,26	367
* Planta 7 y 13: nuevas plantas; ** Planta 14: 9 años 2001 – 2009																
N = No. de unidades en servicio SY = No. de años de servicio nF = No. de unidades fallidas FRe (%) = Tasa de fallas = nF x 100/AÑO MTBF (años) = Tiempo medio entre fallos = 100/FRe									FR ≤ 0,5 % excelente 0,5 % < FR ≤ 1,0 % 1,0 bien < FR ≤ 1,5 % satisfactorio 1,5 % < FR ≤ 2,0 % FR aceptable > 2,0 % inaceptable							

Tabla 5.2-1: Estadística de fallas en servicio

Métodos como Kaizen, 5S y métodos y herramientas de Six Sigma, por ejemplo, círculo DMAIC, FMEA, IPO, son útiles para respaldar este proceso de mejora continua (fig. 5.2-3).

Compromiso de gestión

Todos los gerentes de una empresa también son responsables de la calidad. Por lo tanto, las acciones de cada gerente deben caracterizarse por un alto nivel de conciencia de calidad.

El nivel de compromiso mostrado por todos los niveles de gestión en caso de problemas de calidad, el establecimiento de demandas de calidad y la creación de controles de calidad específicos en el trabajo diario en conjunto producen una cultura en la que existe un alto nivel de calidad.

Rol de control y apoyo del responsable de calidad.

El papel del director de calidad es de fundamental importancia para el buen funcionamiento de los procesos. El director de calidad combina un papel de apoyo con el de un controlador neutral. La gestión de la calidad debe estar directamente involucrada en los procesos y proyectos. La independencia del departamento de calidad y de los responsables de calidad individuales en los procesos y proyectos debe ser garantizada y acordada por la alta dirección.

Conclusión

La calidad de un transformador se basa en la calidad de todos los procesos que son necesarios, desde la adquisición del proyecto hasta el cierre del mismo. La calidad de los procesos depende esencialmente de las personas. Solo empleados bien capacitados y motivados pueden garantizar que un proceso se realizará con un alto grado de calidad.

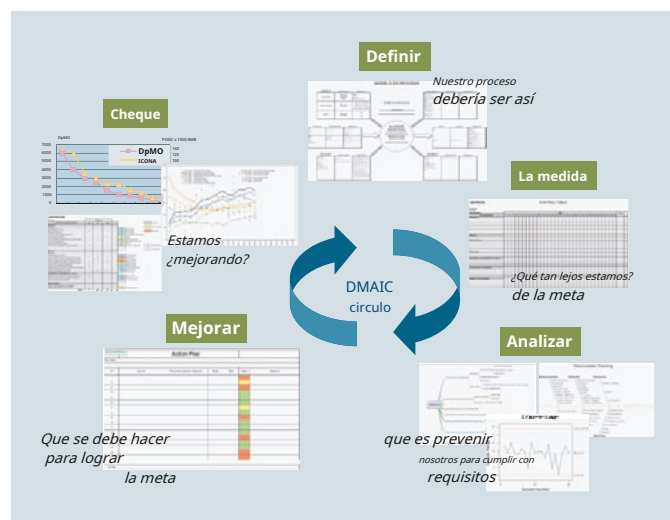


Figura 5.2-3: Círculo DMAIC

Norma ANSI C57.117, 1986,
Guía para informar datos de fallas para transformadores de potencia y reactores
de derivación en sistemas de energía de servicios públicos eléctricos.

5.3 Pérdida del transformador Evaluación

El fuerte aumento del costo de la energía eléctrica ha hecho casi obligatorio que los compradores de maquinaria eléctrica evalúen cuidadosamente las pérdidas inherentes a estos artículos. Para los transformadores de distribución y potencia, que operan continuamente y con mayor frecuencia en condiciones de carga, esta consideración es especialmente importante. Como ejemplo, el costo adicional de los transformadores optimizados para pérdidas puede recuperarse en la mayoría de los casos a través de ahorros en el uso de energía en menos de tres años.

Los transformadores de bajas pérdidas utilizan más y mejores materiales para su construcción y, por tanto, son inicialmente más caros que los transformadores de bajo costo. Al estipular cifras de evaluación de pérdidas en la consulta del transformador, el fabricante recibe el incentivo necesario para proporcionar un transformador optimizado para pérdidas en lugar del modelo de bajo costo. Se han desarrollado métodos detallados de evaluación de pérdidas para transformadores y se describen con precisión en la literatura. Estos métodos tienen en cuenta los factores de evaluación específicos del proyecto de un cliente determinado.

Un método simplificado para una evaluación rápida de las diferentes pérdidas de transformadores cotizadas hace las siguientes suposiciones:

- Los transformadores funcionan de forma continua.
- Los transformadores operan a carga parcial, pero esta carga parcial es constante.
- No se consideran costos adicionales ni factores de inflación. Los cargos por demanda se basan en el 100 % de la carga.

El costo total de propiedad y operación de un transformador por un año se define así como sigue:

Costo capital (C_c), teniendo en cuenta el precio de compra (C_{pags}), la tasa de interés ($pags$) y el período de amortización ($norte$) Costo de pérdida sin carga (C_{p0}) basado en la pérdida sin carga ($PAGS_0$) y costo de la energía (C_m)

Costo de pérdida de carga ($C_{Paquete}$) basado en la pérdida de carga ($PAGS_k$), el factor de carga anual equivalente (a) y costo de la energía (C_m) Costo resultante de los cargos por demanda (C_D) en base a la cantidad establecida por la empresa de servicios públicos y el total de kW de carga conectada (fig. 5.3-1)

Los siguientes ejemplos muestran la diferencia entre un transformador de bajo costo y un transformador con pérdida optimizada (fig. 5.3-2).

Tenga en cuenta que el precio de compra más bajo es diferente al costo total de propiedad.

Costo capital

teniendo en cuenta el precio de compra C_{pags} , la tasa de interés $pags$, y el período de depreciación $norte$

$CC = C_{pags} \cdot r / 100$ [cantidad/año]

C_{pags} = precio de compra

$r = pág. q_{norte} / (q_{norte} - 1)$ = factor de depreciación = $p / 100 + 1$ = factor de interés

$pags$ = tasa de interés en % anual $norte$ = período de amortización en años

Costo de la pérdida sin carga

basado en la pérdida sin carga $PAGS_0$ y costo de energía C_{mi}

$CP_0 = C_{mi} \cdot 8.760 \text{ h/año} \cdot PAGS_0$

C_{mi} = cargos de energía [cantidad / kWh]

$PAGS_0$ = pérdida sin carga [kW]

Costo de pérdida de carga

basado en la pérdida de carga $PAGS_k$, el factor de carga anual equivalente a y costo de energía C_{mi}

$CP_{paquete} = C_{mi} \cdot 8.760 \text{ h/año} \cdot a \cdot PAGS_k$

a = carga de operación constante / carga nominal $PAGS$

k = pérdida de cobre [kW]

Costo resultante de los cargos por demanda

basado en la pérdida sin carga $PAGS_0$ y costo de energía C_{mi}

$CD = CD (PAGS_0 + pagk)$

CD = cargos por demanda [cantidad / (kW . año)]

Figura 5.3-1: Cálculo del costo de operación individual de un transformador en un año

Ejemplo: transformador de distribución

Período de depreciación	$norte = 20 \text{ años}$	Depreciación factor $r = 13.39$
Tasa de interés	$pags = 2 \text{ % anual}$	
Carga de energía	$C_{mi} = 0,25 \text{ €/kWh}$	
Cargo por demanda	$C_D = 350 \text{ €/ (kW . año)}$	
Factor de carga anual equivalente	$= 0,8$	

A. Transformador de bajo costo

$PAGS_0 = 19 \text{ kilovatios}$	pérdida sin carga	$PAGS_0 = 16 \text{ kilovatios}$	pérdida sin carga
$PAGS_k = 167 \text{ kilovatios}$	pérdida de carga	$Paquete = 124 \text{ kilovatios}$	pérdida de carga
$C_{pags} = 521.000 \text{ €}$	precio de compra	$C_{pags} = 585.000 \text{ €}$	precio de compra

$C_C = \frac{521.000 \cdot 13.39}{100}$
 $= 69.762 \text{ €/ año}$

$CP_0 = 0,2 \cdot 8.760 \cdot 19$
 $= 33.288 \text{ €/ año}$

$CP_{paquete} = 0,2 \cdot 8.760 \cdot 0,64 \cdot 167$
 $= 187.254 \text{ €/ año}$

$CD = 350 \cdot (19 + 167)$
 $= 65.100 \text{ €/ año}$

El costo total de poseer y operar este transformador es por lo tanto:
355€,404/ año

B. Transformador optimizado para pérdidas

$PAGS_0 = 16 \text{ kilovatios}$	pérdida sin carga	$PAGS_0 = 16 \text{ kilovatios}$	pérdida sin carga
$Paquete = 124 \text{ kilovatios}$	pérdida de carga	$Paquete = 124 \text{ kilovatios}$	pérdida de carga
$C_{pags} = 585.000 \text{ €}$	precio de compra	$C_{pags} = 585.000 \text{ €}$	precio de compra

$C_C = \frac{585.000 \cdot 13.39}{100}$
 $= 78.332 \text{ €/ año}$

$CP_0 = 0,2 \cdot 8.760 \cdot 16$
 $= 28.032 \text{ €/ año}$

$CP_{paquete} = 0,2 \cdot 8.760 \cdot 0,64 \cdot 124$
 $= 139.039 \text{ €/ año}$

$CD = 350 \cdot (16 + 124)$
 $= 49.000 \text{ €/ año}$

El costo total de poseer y operar este transformador es por lo tanto:
294 €,403/ año

El ahorro energético del transformador de distribución optimizado de 61.001 € al año paga el aumento del precio de compra en menos de un año.

Figura 5.3-2: Ejemplo de ahorro de costes con distribución optimizada transformador

5.4 Transformadores de potencia

5.4.1 Grandes Transformadores de Potencia

En el rango de potencia por encima de 250 MVA, se recomiendan transformadores de interconexión de red y generador con cambiadores de tomas con o sin carga, o una combinación de ambos. Dependiendo de los requisitos del sitio, pueden diseñarse como transformadores de devanados múltiples o autotransformadores, en versiones trifásicas o monofásicas. Incluso con valores nominales de más de 1000 MVA y tensiones de hasta 1200 kV (800 kV), aún no se han alcanzado los límites de viabilidad. Fabricamos estas unidades de acuerdo con IEC 60076, así como con otras normas internacionales y nacionales (p. ej., ANSI/IEEE), (fig. 5.4-1).

Transformadores elevadores de generador (GSU)

Las unidades GSU transforman el voltaje desde el nivel de voltaje del generador hasta el nivel de voltaje de transmisión, que puede ser tan alto como el voltaje del sistema de 1200 kV. Dichos transformadores suelen estar conectados en YNd.

Transformadores reductores

Los transformadores reductores transforman el voltaje desde el nivel de voltaje de transmisión a un nivel de voltaje de distribución apropiado. La potencia nominal de los transformadores reductores puede variar hasta la potencia nominal de la línea de transmisión.

Transformadores de interconexión del sistema

Los transformadores de interconexión del sistema conectan los sistemas de transmisión con diferentes voltajes para que la potencia activa y reactiva se pueda intercambiar entre los sistemas.

Datos de especificación principal

Estándar

Instalación: interior/exterior Máx.

temperatura del aire ambiente

Frecuencia nominal f

grupo de vectores

Potencia nominal S

Tensión nominal primaria tu_{HVR}

Rango de golpeteo/golpes

Regulación de voltaje

Tensión nominal secundaria tu_{VIR}

Impedancia tuk en S y tur

máx. nivel de potencia de sonido $L_{Washington}$

Nivel de aislamiento HV-Ph – $tu_{metro/AC/LI}$

Nivel de aislamiento HV-N – $tu_{metro/AC/LI}$

Nivel de aislamiento BT-Ph – $tu_{metro/AC/LI}$

Tipo de refrigeración

Técnica de conexión AT

Técnica de conexión BT

Medio de transporte

Pérdidas



Figura 5.4-1: Transformador de potencia grande

5.4.2 Transformadores de media potencia

Los transformadores de media potencia con un rango de potencia de 30 a 250 MVA y una tensión superior a 72,5 kV se utilizan como transformadores elevadores de red y generadores (fig. 5.4-2).

Artículos específicos

Diseño de transformadores según normas nacionales e internacionales (IEC/ANSI) con o sin regulación de tensión trifásico o monofásico

Radiadores conectados al tanque o bancos de radiadores separados

Datos de especificación principal

Número de sistemas (HV, LV, TV)

Clasificación de voltaje y MVA

Rango de regulación y tipo

Grupo vectorial

Frecuencia

Pérdidas o capitalización

Impedancias

Tipo de refrigeración

Sistemas de conexión (bujes, cables)

Requisitos de ruido (sin carga, con carga y/o con ruido total)

Líquido aislante especial

Aplicación de funcionamiento a alta temperatura/tamaño extrapequeño



Figura 5.4-2: Transformador de media potencia con base de aceite natural fluido aislante

5.4.3 Pequeños Transformadores de Potencia

Los pequeños transformadores de potencia son transformadores de distribución de 5 a 30 MVA con una tensión máxima de servicio de 145 kV. Se utilizan como transformadores de red en redes de distribución (fig. 5.4-3).

Este tipo de transformador es normalmente una aplicación trifásica y está diseñado de acuerdo con las normas nacionales e internacionales. Los devanados de baja tensión deben diseñarse como devanados de lámina o capa. Los devanados de alta tensión deben utilizar una ejecución de capa o disco, incluidos los conductores transpuestos. Normalmente, el tipo de refrigeración es ONAN (aceite-natural, aire-natural) u ONAF (aceite-natural, aire forzado). La toma se puede diseñar con cambiadores de tomas fuera de circuito o bajo carga (OCTC u OLTC).

Datos de especificación principal

Clasificación de voltaje y MVA

Frecuencia

Rango de regulación y tipo

Grupo vectorial

Pérdidas o capitalización

Impedancias

Requisitos de ruido

Sistemas de conexión (bujes, cables)

Límites de peso

Dimensiones

Información sobre el lugar de instalación

Líquido aislante especial

Aplicación de funcionamiento a alta temperatura/tamaño extrapequeño Tipo de refrigeración



Figura 5.4-3: Pequeño transformador de potencia

5.5 Reactores

En las redes de CA, los reactores en derivación y los reactores en serie se utilizan ampliamente en el sistema para limitar la sobretensión o para limitar la corriente de cortocircuito. Con más líneas aéreas de alto voltaje con largas distancias de transmisión y una capacidad de red cada vez mayor, ambos tipos de reactores juegan un papel importante en el sistema de red moderno.

Hecho para todos los requisitos

Los reactores llenos de aceite se fabrican en dos versiones:

Con un núcleo de hierro dividido por espacios de aire

Sin núcleo de hierro, con circuito de retorno magnético

Los reactores llenos de aceite ofrecen soluciones individuales: satisfacen todos los requisitos especificados en cuanto a voltaje, clasificación, tipo de operación, bajo nivel de ruido y baja pérdida y tipo de enfriamiento, así como transporte e instalación.

Los devanados, los dispositivos de monitoreo del tanque de aislamiento y el método de conexión son prácticamente los mismos que se encuentran en la construcción de transformadores.

Reactores de derivación

Para las líneas de transmisión de voltaje extra alto (EHV), debido a la larga distancia, el espacio entre la línea aérea y el suelo forma naturalmente un capacitor paralelo a la línea de transmisión, lo que provoca un aumento de voltaje a lo largo de la distancia. Según la distancia, el perfil de la línea y la potencia que se transmite, se necesita una bobina de derivación en los terminales de la línea o en el medio. Un reactor de derivación sumergido en líquido es una solución. El diseño avanzado y la tecnología de producción garantizarán que el producto tenga pocas pérdidas y un bajo nivel de ruido.

Los reactores de derivación también se pueden construir como reactores de derivación ajustables. Esto ofrece la posibilidad de afinar la tensión del sistema y también la reducción de equipos de alta tensión mediante la sustitución de varios reactores no regulados por uno regulado.

Reactores en serie

Cuando la red se vuelve más grande, a veces la corriente de cortocircuito en una línea de transmisión excederá la clasificación de corriente de cortocircuito del equipo. La actualización del voltaje del sistema, la actualización de la clasificación del equipo o el empleo de transformadores de alta impedancia son mucho más costosos que instalar reactores en serie sumergidos en líquido en la línea. El diseño sumergido en líquido también puede ahorrar significativamente espacio en la subestación.

Especificación

Por lo general, los reactores monofásicos o trifásicos deben considerarse en primer lugar. Además del nivel de aislamiento del reactor, el grupo vectorial, el nivel de pérdida total, el nivel de ruido y el aumento de temperatura deben considerarse como datos principales para el reactor de derivación.

Aunque los datos anteriores también son necesarios para los reactores en serie, también se debe especificar la corriente nominal, la impedancia y la corriente de estabilidad térmica/dinámica.



Figura 5.5-1: Reactor

5.6 Transformadores especiales para aplicaciones industriales

Varias aplicaciones industriales requieren transformadores industriales específicos debido al uso de energía (corriente) como recurso principal para la producción. Los hornos de arco eléctrico (EAF), los hornos cuchara (LF) y los rectificadores de alta corriente necesitan un diseño específico para suministrar la potencia necesaria a un nivel de tensión bajo. Estos tipos de transformadores, así como los transformadores con conexión directa a un rectificador, se denominan transformadores industriales o de propósito especial, cuyo diseño está hecho a medida para soluciones de alta corriente para aplicaciones industriales.

Transformadores de horno de arco eléctrico

Los transformadores EAF y LF son necesarios para muchos procesos y aplicaciones de hornos diferentes. Están contruidos para hornos de acero, hornos de cuchara y hornos de ferroaleaciones, y son similares a los transformadores de hornos cortos o de arco sumergido (fig. 5.6-1).

Los transformadores EAF operan en condiciones muy severas con respecto a las frecuentes sobrecorrientes y sobretensiones generadas por el cortocircuito en el horno y la operación del interruptor automático HV. La carga es cíclica. Para la operación de hornos de acero de arco largo, normalmente se requiere reactancia en serie adicional para estabilizar el arco y optimizar la operación del proceso de aplicación del horno.

Artículos específicos

Los transformadores EAF están diseñados rígidamente para resistir condiciones repetidas de cortocircuito y alto estrés térmico, y para estar protegidos contra sobretensiones operativas resultantes de los procesos de arco. Los reactores EAF de Siemens se construyen como de tipo trifásico con núcleo de hierro, con o sin circuitos de retorno magnético.

Opciones de diseño

- Regulación directa o indirecta
- Cambiador de tomas con carga o sin carga (OLTC/NLTC)
- Reactor incorporado para estabilidad de arco largo
- Arreglos y diseños de bujes secundarios
- Enfriado por aire o agua
- Cierre de fase secundaria interna (delta interna)

Datos de especificación principal

- Potencia nominal, frecuencia y tensión nominal
- Rango de regulación y corriente secundaria máxima
- Impedancia y grupo vectorial
- Tipo de refrigeración y temperatura del medio refrigerante
- Reactor serie y rango de regulación y tipo (OLTC/NLTC)

Transformadores de horno de arco eléctrico de CC

Se requieren transformadores de horno de arco eléctrico de corriente continua (DC EAF) para muchos procesos y aplicaciones de horno diferentes. Están contruidos para hornos de acero con rectificador de Tiristores. Los transformadores EAF de CC funcionan en condiciones muy severas, como los transformadores rectificadores en general, pero utilizan transformadores rectificadores para el funcionamiento del horno. La carga es cíclica.



Figura 5.6-1: Transformador de horno de arco eléctrico

Transformadores rectificadores

Los transformadores rectificadores se combinan con un rectificador de diodo o tiristor. Las aplicaciones van desde la electrólisis de aluminio muy grande hasta varias operaciones de tamaño mediano. Los transformadores pueden tener una unidad de regulación de voltaje incorporada o separada. Debido a una gran variedad de aplicaciones, pueden tener varios diseños hasta una combinación de regulación de voltaje, transformadores rectificadores en configuración de doble pila, desfases, reactores de interfase, transductores y devanados de filtro (fig. 5.6-2).

Artículos específicos

Los rectificadores de tiristores requieren regulación de voltaje con un cambiador de tomas sin carga, si lo hay. En comparación, un rectificador de diodo tendrá un rango más largo y una mayor cantidad de pequeños pasos de voltaje que un cambiador de tomas bajo carga. Además, se puede construir un transformador de regulación autoconectado en el mismo tanque (dependiendo de las limitaciones del lugar y el transporte).

Opciones de diseño

- Rectificador de tiristores o diodos
- Cambiador de tomas con carga o sin carga (OLTC/NLTC)/devanado de filtro
- Numerosos grupos de vectores diferentes y cambios de fase posibles
- Reactancia de interfase, transductores
- Arreglos y diseños de bujes secundarios
- Enfriado por aire o agua

Datos de especificación principal

- Potencia nominal, frecuencia y tensión nominal
- Rango de regulación y número de pasos Impedancia y grupo vectorial, ángulo de desplazamiento
- Tipo de refrigeración y temperatura del medio refrigerante
- Puente o conexión de interfase
- Número de pulsos del transformador y del sistema Espectro de armónicos o ángulo de control del rectificador
- Disposición de aisladores secundarios

Transformadores convertidores

Los transformadores convertidores se utilizan para aplicaciones de accionamiento grandes, compensación de tensión estática (SVC) y cambio de frecuencia estática (SFC).

Artículos específicos

Los transformadores convertidores se construyen en su mayoría como de doble nivel, con dos devanados secundarios, lo que permite una operación de rectificador de 12 pulsos. Dichos transformadores normalmente tienen un devanado adicional como filtro para eliminar los armónicos. Son posibles diferentes grupos de vectores y cambios de fase.

Datos de especificación principal

- Potencia nominal, frecuencia y tensión nominal
- Impedancia y grupo vectorial, ángulo de desplazamiento
- Tipo de refrigeración y temperatura del medio refrigerante
- Número de pulsos del transformador y del sistema Espectro de armónicos o ángulo de control del rectificador



Figura 5.6-2: Transformador rectificador para una planta de aluminio

Alimentador de línea

Este tipo de transformador realiza la conexión entre la red eléctrica y la fuente de alimentación del tren. El transformador está operando en condiciones críticas específicas de cortocircuito y sobrecarga en frecuencias muy altas por año, se requiere una mayor confiabilidad para garantizar que el tren funcione con seguridad.

Datos de especificación principal

- Potencia nominal, frecuencia y tensión nominal
- Impedancia y grupo vectorial
- Condiciones de sobrecarga
- Tipo de refrigeración y temperatura del medio refrigerante
- Espectro de armónicos o ángulo de control del rectificador

Opciones de diseño

- Conexión directa entre la red de transporte y la línea aérea de contacto ferroviaria
- Cambio de frecuencia mediante transformación de CC (p. ej., 50 Hz – 16,67 Hz)
- Rectificador de tiristores o diodos
- Cambiador de tomas con carga o sin carga (OLTC/NLTC)/bobinado de filtro
- Arreglos y diseños de bujes secundarios
- Refrigerado por aire o agua

5.7 Cambio de fase

Transformadores

Un transformador de cambio de fase es un dispositivo para controlar el flujo de energía a través de líneas específicas en una red de transmisión de energía compleja. La función básica de un transformador de cambio de fase es cambiar el desplazamiento de fase efectivo entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida de una transmisión. línea, controlando así la cantidad de potencia activa que puede fluir en la línea.

Orientación sobre la información necesaria

Además de la información general para transformadores, son de interés los siguientes datos específicos (fig. 5.7-1):

MVA nominal

La potencia aparente a la tensión nominal para la que está diseñado el transformador desfasador.

Tensión nominal

La tensión de fase a fase a la que se refieren las características de funcionamiento y rendimiento, sin carga.

Ángulo de fase nominal

Ángulo de fase alcanzado cuando el transformador de cambio de fase funciona sin carga, o si se establece a plena carga, a qué factor de potencia.

Dirección de cambio de fase

En una o ambas direcciones. Conmutación de y a bajo carga o sin carga.

Toque posiciones

Número mínimo y/o máximo de posiciones de toma.

Impedancia

Impedancia nominal a tensión nominal, MVA nominal y conexión de cambio de fase cero, así como cambio permisible en impedancia con regulación de ángulo de fase y voltaje.

Capacidad de cortocircuito del sistema

Cuando el nivel de cortocircuito del sistema es crítico para el diseño de transformadores de cambio de fase, se debe especificar el nivel máximo de falla por cortocircuito.

BIL

Nivel de impulso básico (BIL) de los terminales de fuente, carga y neutro. Pruebas especiales de diseño

Además de las pruebas estándar de impulso tipo rayo en todos los terminales, debe tenerse en cuenta que el impulso tipo rayo puede ocurrir simultáneamente en la fuente y en el terminal de carga en caso de interruptor de derivación cerrado. Si tal condición es probable que aparezca durante la operación normal, una prueba de BIL con terminales de fuente y carga conectados podría ser útil para garantizar que el transformador de cambio de fase pueda resistir las tensiones de los rayos en esta situación.

Condición de sobrecarga especial

La condición de sobrecarga requerida y el tipo de operación (ángulo de fase de avance o retardo) deben indicarse claramente. Especialmente para la operación de ángulo de fase retardado, los requisitos de sobrecarga pueden influir en gran medida en el costo del transformador de cambio de fase.

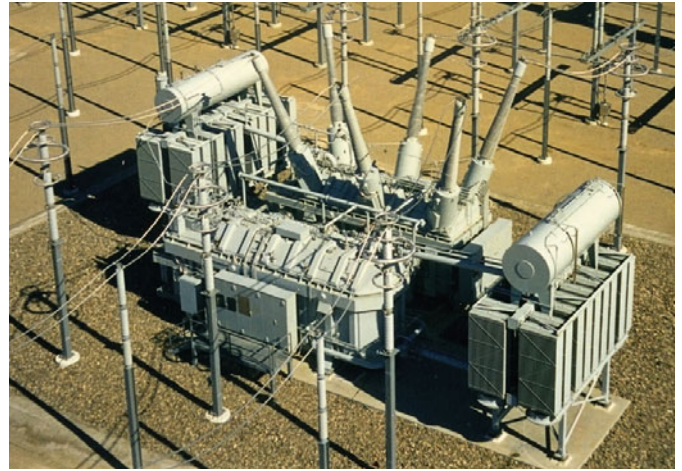


Figura 5.7-1: Transformador de cambio de fase

Operación del transformador de cambio de fase

Funcionamiento con otros transformadores desfasadores en paralelo o en serie.

Diseño de tanque simple o doble

En la mayoría de los casos, un diseño de doble núcleo también requiere un diseño de doble tanque.

Tipo simétrico o no simétrico

Simétrico significa que, en condiciones sin carga, la magnitud del voltaje en el lado de la carga es igual a la del lado de la fuente. Para transformadores desfasadores no simétricos, debe indicarse la variación permisible en porcentaje de la tensión nominal en el ángulo de fase máximo.

Tipo de cuadratura o no cuadratura

Un transformador de cambio de fase de tipo cuadratura es una unidad en la que el voltaje de refuerzo, que crea el cambio de fase entre los terminales de fuente y carga, es perpendicular al voltaje de línea en un terminal.

Varistores internos

Debe aclararse si los varistores internos de óxido de metal están permitidos o no.

5.8 Transformadores HVDC

Los transformadores HVDC son componentes clave de las estaciones HVDC. Las estaciones convertidoras e inversoras de HVDC terminan las líneas de transmisión de CC de larga distancia o los cables marítimos de CC. Este tipo de transformador proporciona la interfaz entre las redes de CA y los rectificadores de alta potencia y se utiliza para controlar el flujo de carga en las líneas de transmisión de CC. Estos actores adaptan el voltaje de la red de CA a un nivel adecuado que es adecuado para alimentar el sistema de válvulas del convertidor e inversor de CC.

Opciones de diseño

El concepto de diseño de los transformadores HVDC está influenciado principalmente por la tensión nominal, la potencia nominal y los requisitos de transporte, como las dimensiones, el peso y el modo de transporte. Muchas estaciones convertidoras de HVDC de gran potencia están ubicadas en áreas rurales con poca infraestructura. Con frecuencia, se deben cumplir perfiles geométricos especiales para mover tales transformadores por ferrocarril.

Por lo general, los transformadores HVDC son unidades monofásicas que contienen 2 ramas de devanado. Este concepto puede incluir 2 devanados de válvulas paralelos (dos para sistema delta o dos para sistema en estrella, fig. 5.8-1) o dos devanados de válvulas diferentes (uno para triángulo y otro para estrella, fig. 5.8-2). Con el fin de reducir la altura total de transporte, con frecuencia el conjunto central incluye 2 brazos de retorno. Debido a los requisitos de redundancia en las estaciones HVDC, las unidades trifásicas son bastante poco comunes.

Los devanados de la válvula están expuestos a tensiones dieléctricas de CA y CC y, por lo tanto, es necesario un conjunto de aislamiento especial. Además, se deben instalar sistemas de cables especiales que conectan las torretas y los devanados para soportar el voltaje de CC del rectificador. Además, la corriente de carga contiene componentes armónicos de energía considerable que generan mayores pérdidas y un mayor ruido. Sobre todo, se necesitan casquillos especiales para que el lado de la válvula acceda a los terminales de devanado superior e inferior de cada sistema desde el exterior. En conclusión, se instalan dos casquillos idénticos para el sistema estrella o triángulo.

Para aprobar el diseño adecuado y la calidad de fabricación, se deben realizar pruebas especiales de inversión de polaridad de CC y CC aplicadas. El banco de pruebas debe estar equipado con aparatos de prueba de CC en consecuencia y debe proporcionar una geometría adecuada para soportar el voltaje de prueba de CC.

Artículos técnicos

Además de los parámetros estándar de los transformadores de potencia, se deben conocer requisitos de rendimiento especiales para el diseño de transformadores HVDC. Estos parámetros son definidos conjuntamente por los diseñadores de la estación HVDC y los ingenieros de diseño del transformador para lograr un diseño rentable para todo el equipo.

Los parámetros especiales son:

Niveles de prueba: La CC aplicada, la inversión de polaridad de CC y la CA de larga duración definen el conjunto de aislamiento del transformador. **Espectro armónico** de la corriente de carga y la relación de fase

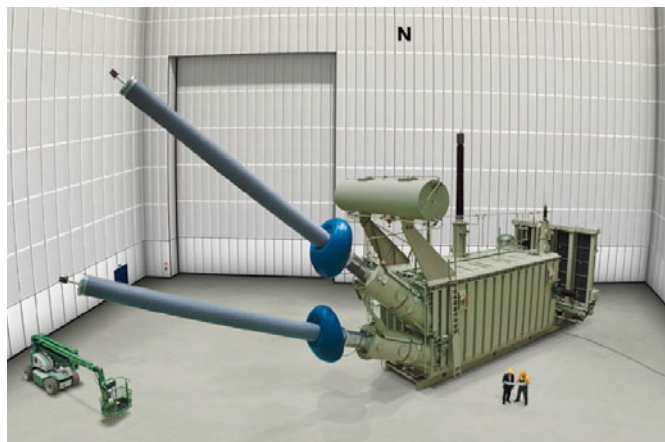


Figura 5.8-1: Transformador convertidor para transmisión bipolar UHVDC
sistema ± 800 kV CC, 6400 MW; 2.071 km: monofásico; 550 kV CA, 816 kV CC; 321 MVA; sistema de alimentación en estrella de alto pulso



Figura 5.8-2: Transformador convertidor para transmisión bipolar HVDC
sistema ± 500 kV CC; 2.500 MW: monofásico; 420 kV CA; 515 kVCC; 397 MVA; sistema en estrella (lado izquierdo de la figura) y sistema delta (lado derecho de la figura)

generar pérdidas adicionales, que tienen que ser compensadas por el circuito de refrigeración

Impedancia de voltaje afectando las dimensiones de los devanados y la altura total del transformador

sesgo de CC en carga e intensidad y neutro del transformador deben tenerse en cuenta para el ruido sin carga y las pérdidas sin carga

Derivada de la corriente de carga (di/dt) es un parámetro clave para el cambiador de tomas bajo carga

Requisitos de sobrecarga deben tenerse en cuenta para el circuito de refrigeración y la capacidad de los refrigeradores

Rango de regulación y numero de pasos influir en el voltaje por vuelta, que es un parámetro de diseño clave

Requisitos sísmicos deben tenerse en cuenta para la resistencia mecánica de las torretas, las salidas y los bujes

5.9 Distribución

Transformadores

5.9.1 Transformadores de distribución sumergidos en líquido para Estándar europeo/estadounidense/canadiense

En el último paso de transformación de la central eléctrica al consumidor, los transformadores de distribución (DT) proporcionan la energía necesaria para los sistemas y edificios. Por tanto, su funcionamiento debe ser fiable, eficiente y, al mismo tiempo, silencioso.

Los transformadores de distribución se utilizan para convertir energía eléctrica de mayor voltaje, generalmente hasta 36 kV, a un voltaje menor, generalmente de 250 a 435 V, con una frecuencia idéntica antes y después de la transformación. La aplicación del producto es principalmente en áreas suburbanas, autoridades de suministro público y clientes industriales. Los transformadores de distribución suelen ser el último elemento de la cadena de suministro de energía eléctrica a los hogares y las empresas industriales.

Los transformadores de distribución son a prueba de fallas, económicos y tienen una larga expectativa de vida. Estos transformadores sumergidos en líquido pueden ser monofásicos o trifásicos. Durante el funcionamiento, los devanados pueden estar expuestos a un alto esfuerzo eléctrico por sobrecargas externas y un alto esfuerzo mecánico por cortocircuitos. Están hechos de cobre o aluminio. Los devanados de bajo voltaje se fabrican con alambre plano o tira, y los devanados de alto voltaje se fabrican con alambre redondo o plano.

Están disponibles tres clases de productos (estándar, especial y renovable), de la siguiente manera:

Transformadores de distribución estándar:

- Transformador de distribución de tecnología de núcleo arrollado o de núcleo apilado montado en poste (fig. 5.9-1) (≤ 2.500 kVA, $t_{Umro} \leq 36$ kV)
- Transformador de distribución medio de tecnología de núcleo bobinado o de núcleo apilado ($> 2.500 \leq 6.300$ kVA, $t_{Umro} \leq 36$ kV)
- Transformador de distribución grande ($> 6,3 - 30,0$ MVA, $t_{Umro} \leq 72,5$ kV)
- Regulador de tensión (fig. 5.9-2)

Transformadores de distribución especiales:

- Aplicación especial: DT autoprotegido, DT de regulación (OLTC), DT de regulación electrónica, DT de bajas emisiones u otros (autotransformador, transformador para convertidores, transformador de dos niveles, de devanados múltiples, transformador de puesta a tierra)
- Enfoque ambiental: DT de núcleo amorfo con pérdidas significativamente bajas sin carga, DT con diseño especial de baja pérdida de carga, DT de baja emisión en cuanto a ruido y/o emisiones de campo electromagnético, DT con éster natural o sintético donde mayor resistencia al fuego y/o se requiere

biodegradabilidad Transformadores de distribución renovables:

- Utilizado en plantas de energía eólica, plantas de energía solar o plantas de energía de flujo marino/generador



Figura 5.9-1: Montado en poste, Canadá



Figura 5.9-2: Transformador de distribución sumergido en líquido

5.9.2 Reguladores de voltaje

Siemens inventó el regulador de voltaje en 1932 y fue pionero en su uso en los Estados Unidos. Los reguladores de voltaje son autotransformadores de paso con tomas que se utilizan para garantizar que se mantenga el nivel deseado de voltaje en todo momento. Un regulador de voltaje consta de un autotransformador con tomas y un cambiador de tomas. El regulador de voltaje estándar proporciona un ajuste de $\pm 10\%$ en treinta y dos pasos de 0,625 %. Los reguladores de voltaje con regulación de $\pm 15\%$ y $\pm 20\%$ están disponibles para algunos diseños.

Los reguladores de voltaje están sumergidos en líquido y pueden ser monofásicos o trifásicos. Pueden ser autoenfriados o enfriados por aire forzado. Disponibles en 50 o 60 Hz y con aumento de temperatura de 55 o 65 °C, pueden utilizarse en cualquier sistema eléctrico para mejorar la calidad de la tensión.

Los valores nominales del regulador de voltaje se basan en el porcentaje de regulación (es decir, 10 %). Por ejemplo, un conjunto de tres reguladores monofásicos de 333 kVA se usaría con un transformador de 10 MVA (p. ej., 10 MVA 0,10/3 = 333 kVA). Los reguladores de voltaje monofásicos están disponibles en clasificaciones que van desde 2,5 kV a 19,9 kV y desde 38,1 kVA a 889 kVA (fig. 5.9-3). Los reguladores de tensión trifásicos están disponibles en 13,2 kV o 34,5 kV y desde 500 kVA hasta 4.000 kVA.

Los reguladores de voltaje se pueden desarmar parcial o completamente para su inspección y mantenimiento sin desconectar ninguna conexión eléctrica o mecánica interna. Después de que la unidad esté desarmada, es posible operar el mecanismo del regulador de voltaje y probar el panel de control desde una fuente de voltaje externa sin necesidad de reconexiones entre el control y el regulador.

Accesorios externos estándar Los accesorios estándar son los siguientes:

- Descargador de derivación de varistor de óxido de metal externo (MOV)
- Bloque de terminales montado en la cubierta con una cubierta con junta extraíble. Permite reconexiones de transformadores de potencial fáciles para operación a diferentes voltajes
- Válvula de muestreo de aceite
- Dos placas de identificación grabadas con láser
- Mirilla de aceite externa que indica el nivel de aceite a una temperatura ambiente de 25 °C y el color del aceite
- Indicador de posición externo que muestra la posición del cambiador de tomas
- Casquillos de montaje para añadir pararrayos a los bushings de fuente (S), carga (L) y fuente-carga (SL). Deberán estar completamente soldados alrededor de su circunferencia.

Accesorios y opciones Kit de montaje remoto

Se debe proporcionar un cable de control extralargo para el montaje remoto del gabinete de control en la base del poste.

Sub-bases

Eleva el regulador de voltaje para cumplir con las distancias operativas seguras desde el suelo hasta la parte activa más baja.

TE auxiliar

Funcionamiento a diferentes voltajes.

Pruebas

Todos los reguladores de voltaje se probarán de acuerdo con las últimas normas ANSI C57.15.

Las pruebas estándar incluyen:

Mediciones de resistencia de todos los devanados Pruebas de relación en todas las ubicaciones de las derivaciones

Prueba de polaridad

Pérdida sin carga a tensión nominal y frecuencia nominal Corriente de excitación a tensión nominal y frecuencia nominal Impedancia y pérdida con carga a corriente nominal y frecuencia nominal Potencial aplicado

potencial inducido

Prueba de factor de potencia de aislamiento

Prueba de impulso

Resistencia de aislamiento



Figura 5.9-3: tensión monofásica regulador, JFR

5.9.3 Transformadores de resina colada GEAFOLE

Los transformadores GEAFOLE han estado en servicio con éxito desde 1965. Desde entonces, se han otorgado muchas licencias a los principales fabricantes en todo el mundo. Más de 100 000 unidades han demostrado su eficacia en la distribución de energía o en la operación de convertidores en todo el mundo.

Ventajas y aplicaciones

Los transformadores de potencia y distribución de GEAFOLE en clasificaciones de 100 a aproximadamente 50 000 kVA y valores de impulso de rayo (LI) de hasta 250 kV son sustitutos completos de los transformadores sumergidos en líquido con datos eléctricos y mecánicos comparables. Están diseñados para su instalación en interiores cerca de su punto de uso en el centro de los principales consumidores de carga. El uso exclusivo de materiales aislantes ignífugos libera a estos transformadores de todas las restricciones que se aplican a los equipos eléctricos llenos de aceite, como la necesidad de pozos de recolección de aceite, paredes cortafuegos, equipos de extinción de incendios. Para uso en exteriores, hay disponibles cajas de chapa especialmente diseñadas.

Los transformadores GEAFOLE se instalan donde no se pueden usar unidades llenas de aceite o donde el uso de transformadores sumergidos en líquido requeriría grandes esfuerzos constructivos, como en el interior de edificios, túneles, barcos, grúas y plataformas marinas, dentro de turbinas eólicas, en áreas de captación de aguas subterráneas y en plantas de procesamiento de alimentos. Para uso en exteriores, hay disponibles cajas de chapa especialmente diseñadas.

A menudo, estos transformadores se combinan con sus tableros de distribución y aparataje primaria y secundaria en subestaciones compactas que se instalan directamente en su punto de uso.

Cuando se utilizan como transformadores convertidores estáticos para variadores de velocidad, se pueden instalar junto con los convertidores en la ubicación del variador. Esto reduce los requisitos de construcción, los costos de cableado, las pérdidas de transmisión y los costos de instalación.

Los transformadores GEAFOLE tienen clasificación LI completa. Sus niveles de ruido son comparables a los de los transformadores llenos de aceite. Teniendo en cuenta las reducciones de costos indirectos que acabamos de mencionar, también son en su mayoría

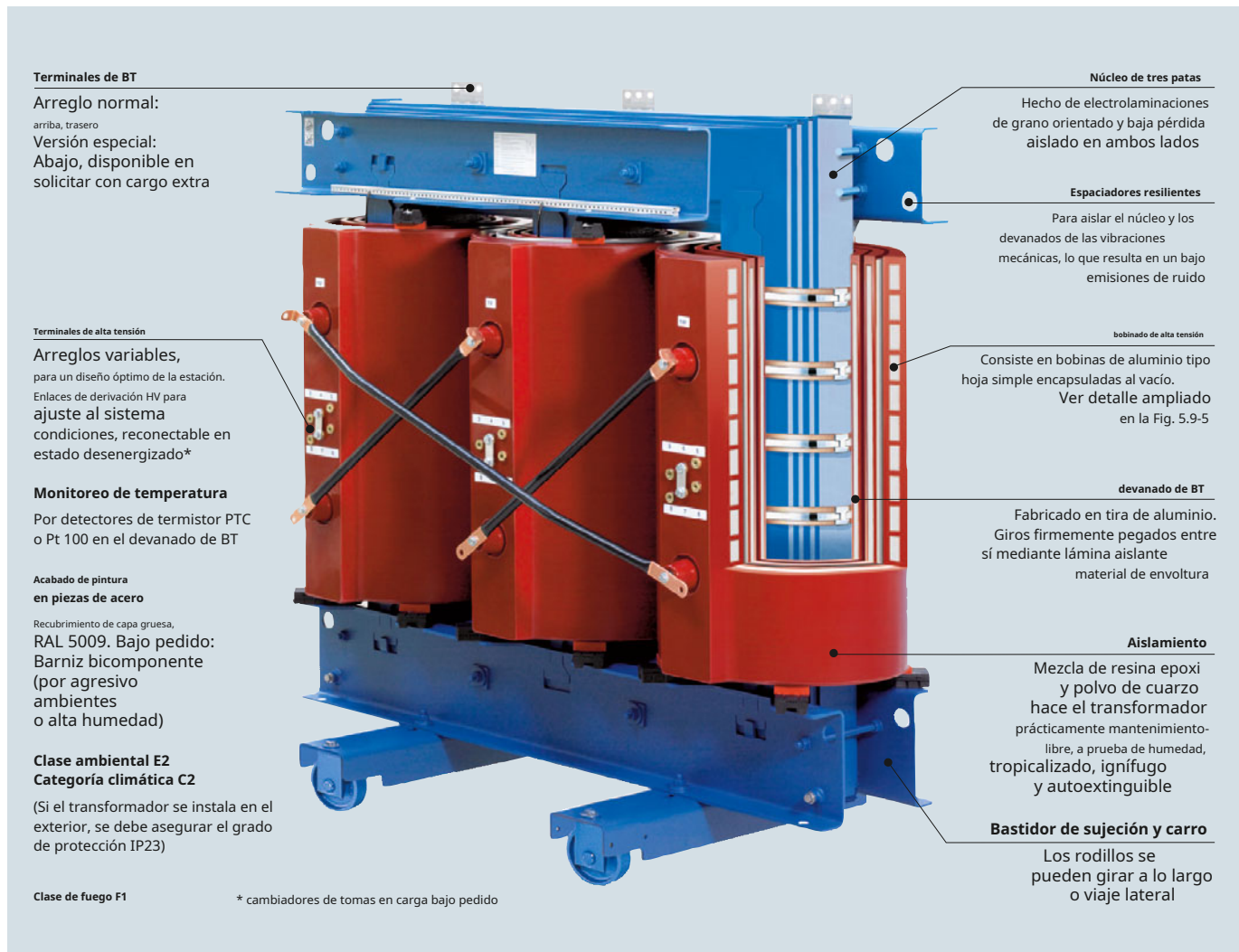


Figura 5.9-4: Propiedades del transformador de tipo seco de resina colada GEAFOLE

Transformadores

5.9 Transformadores de Distribución

costo competitivo. En virtud de su diseño, los transformadores GEAFOl prácticamente no requieren mantenimiento.

Normas y reglamentos

Los transformadores tipo seco de resina colada GEAFOl cumplen con las normas IEC 60076-11, EN 60076-11 y EN 50541-1.

Propiedades características (figramo. 5.9-4)

bobinado de alta tensión

Los devanados de alto voltaje están enrollados con papel de aluminio intercalado con láminas aislantes de alta calidad. Las bobinas individuales ensambladas y conectadas se colocan en un molde calentado y se encapsulan en un horno de vacío con una mezcla de sílice pura (arena de cuarzo) y resinas epoxi especialmente mezcladas. Las únicas conexiones con el exterior son tuercas de latón fundido que están unidas internamente a las conexiones de bobinado de aluminio.

Las conexiones delta externas están hechas de conectores aislados de cobre o aluminio para garantizar un diseño de instalación óptimo. Los devanados de alta tensión resultantes son resistentes al fuego, a la humedad ya la corrosión, y muestran excelentes propiedades de envejecimiento en todas las condiciones de funcionamiento.

Los bobinados de lámina combinan una técnica de bobinado simple con un alto grado de seguridad eléctrica. El aislamiento está sometido a menos tensión eléctrica que en otros tipos de devanados. En un devanado de alambre redondo convencional, los voltajes entre espiras pueden sumar hasta el doble del voltaje entre capas. En un devanado de lámina, nunca excede el voltaje por vuelta, porque una capa consta de solo una vuelta de devanado. Esto da como resultado una alta capacidad de resistencia a la tensión de CA y a la tensión de impulso.

Se utiliza aluminio porque los coeficientes de expansión térmica del aluminio y la resina fundida son tan similares que las tensiones térmicas resultantes de los cambios de carga se mantienen al mínimo (fig. 5.9-5).

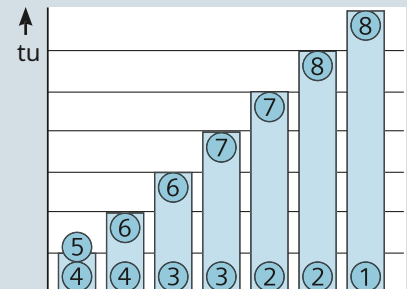
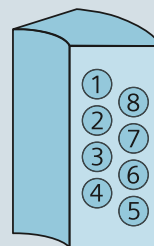
devanado de BT

El devanado estándar de baja tensión con tensiones dieléctricas considerablemente reducidas está devanado a partir de láminas de aluminio individuales con tejido de fibra de vidrio impregnado con resina fundida entrelazada (prepreg).

Las bobinas ensambladas luego se curan en horno para formar cilindros sólidos unidos uniformemente que son impermeables a la humedad. A través del diseño de bobinado de una sola hoja, se logra una excelente estabilidad dinámica en condiciones de cortocircuito. Las conexiones se sueldan por arco sumergido a las láminas de aluminio y se extienden como barras de aluminio o cobre hasta los terminales secundarios.

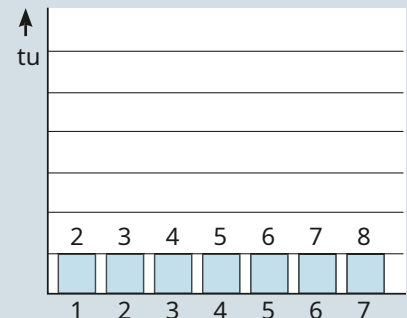
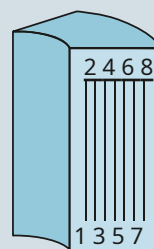
Seguridad contra incendios

Los transformadores GEAFOl utilizan únicamente materiales ignífugos y autoextinguibles en su construcción. No se utilizan sustancias adicionales, como el trihidrato de óxido de aluminio, que podrían influir negativamente en la estabilidad mecánica del material de moldeo de resina fundida. Los arcos internos por fallas eléctricas y las llamas aplicadas externamente no hacen que los transformadores



Bobinado de alambre redondo

Los voltajes entre vueltas pueden sumar hasta el doble del voltaje entre capas



Bobinado de láminas

El voltaje entre capas es igual al voltaje entre vueltas

Figura 5.9-5: Diseño de devanado encapsulado de alto voltaje de Transformador de resina colada GEAFOl y tensión de tensión de un devanado de alambre redondo convencional (arriba) y el devanado de lámina (abajo)

estallar o quemar. Una vez eliminada la fuente de ignición, el transformador es autoextinguible. Este diseño ha sido aprobado por los bomberos de muchos países para su instalación en edificios poblados y otras estructuras. La seguridad ambiental de los residuos de combustión ha sido probada en muchas pruebas (fig. 5.9-6).

Categorización de transformadores de resina colada

Los transformadores de tipo seco deben clasificarse en las categorías que se enumeran a continuación:

- Categoría ambiental
- Categoría climática
- Categoría de fuego

Estas categorías deben mostrarse en la placa de características de cada transformador de tipo seco.

Las propiedades establecidas en las normas para las calificaciones dentro de la categoría relativa al medio ambiente (humedad), el clima y el comportamiento al fuego deben demostrarse mediante pruebas.

Estas pruebas se describen para la categoría ambiental (números de código E0, E1 y E2) y para la categoría climática (números de código C1 y C2) en IEC 60076-11. De acuerdo con esta norma, las pruebas se realizarán en transformadores completos. Las pruebas de comportamiento frente al fuego (números de código de categoría de fuego F0 y F1) se limitan a pruebas en un duplicado de un transformador completo que consta de una rama central, un devanado de bajo voltaje y un devanado de alto voltaje.

Los transformadores de resina colada GEAFOF cumplen los requisitos de las clases de protección definidas más altas:

- Categoría ambiental E2 (opcional para GEAFOF-BASIC)
- Categoría climática C2
- Categoría de fuego F1

Clase de aislamiento y aumento de temperatura

El devanado de alta tensión y el devanado de baja tensión utilizan materiales aislantes de clase F con un aumento de temperatura promedio de 100 K (diseño estándar).

Capacidad de sobrecarga

Los transformadores GEAFOF se pueden sobrecargar de forma permanente hasta un 50 % (con el correspondiente aumento de la tensión de impedancia y las pérdidas de carga) si se instalan ventiladores de refrigeración radiales adicionales (las dimensiones pueden aumentar aproximadamente 100 mm en longitud y anchura). Las sobrecargas de corta duración no son críticas porque siempre que no se superen las temperaturas máximas del devanado durante períodos prolongados (dependiendo de la carga inicial y la temperatura del aire ambiente).

Monitoreo de temperatura

Cada transformador GEAFOF está equipado con tres sensores de temperatura instalados en el devanado de BT y un dispositivo de disparo de estado sólido con salida de relé. Los termistores PTC utilizados para la detección se seleccionan para la temperatura máxima aplicable del devanado del punto caliente.

Se pueden instalar conjuntos adicionales de sensores, por ejemplo, para fines de control de ventiladores. Como alternativa, están disponibles sensores Pt100, para operar



Figura 5.9-6: Prueba de inflamabilidad del transformador de resina colada

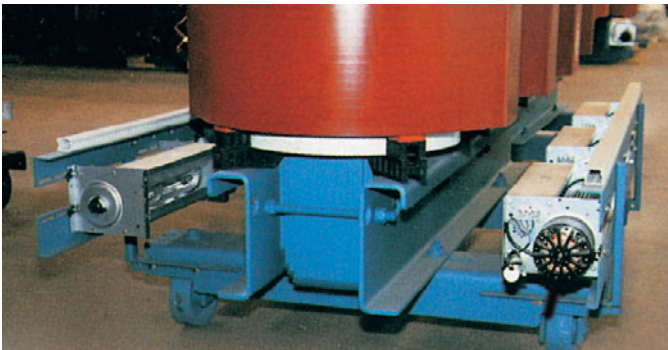


Figura 5.9-7: Ventiladores de refrigeración radiales en transformador GEAFOF para refrigeración AF

tUmetro (kV)	LI (kV)	C.A. (kV)
1.1	–	3
12	75	28
24	95*	50
36	145*	70
* otros niveles bajo pedido		

Tabla 5.9-1: Niveles de aislamiento estándar de GEAFOF

Con tensiones de alimentación del devanado de BT de 3,6 kV y superiores, se pueden proporcionar equipos especiales de medición de temperatura.

El cableado auxiliar se ejecuta en un conducto de protección y termina en una caja de terminales de BT central (opcional). Cada cable y terminal está identificado, y un diagrama de cableado está adherido permanentemente a la cubierta interior de esta caja de terminales.

Transformadores

5.9 Transformadores de Distribución

Instalación y cerramientos

La instalación interior en quirófanos eléctricos o en varios recintos de chapa metálica es el método de instalación preferido. Los transformadores deben protegerse únicamente contra el acceso a los terminales o las superficies de los devanados, contra la luz solar directa y contra el agua. A menos que el lugar de instalación o el recinto proporcionen suficiente ventilación, la refrigeración por aire forzado debe ser especificada o proporcionada por otros (fig. 5.9-7).

En lugar de los terminales abiertos estándar, se pueden suministrar conectores acodados tipo enchufe para el lado de alta tensión con clasificaciones LI de hasta 170 kV. Los cables primarios generalmente se alimentan al transformador desde zanjas debajo, pero también se pueden conectar desde arriba (fig. 5.9-8).

Las conexiones secundarias se pueden realizar mediante varios cables aislados o conectando barras desde abajo o desde arriba. Los terminales secundarios son de aluminio (cobre bajo pedido).

Hay disponible una variedad de gabinetes para interiores y exteriores en diferentes clases de protección para los transformadores solos o para subestaciones compactas para interiores junto con paneles de aparamenta de alta y baja tensión. También hay disponibles carcasas probadas por PEHLA (fig. 5.9-9).

Reciclaje rentable

Los transformadores de resina colada más antiguos de GEA FOL que entraron en producción a mediados de la década de 1960 se acercan al final de su vida útil. Se ha acumulado mucha experiencia a lo largo de los años con el procesamiento de bobinas defectuosas o dañadas de tales transformadores. Los materiales metálicos y la resina utilizados en los transformadores de resina colada GEA FOL, es decir, aproximadamente el 95 % de su masa total, son reciclables. El proceso utilizado es no contaminante. Dado el valor de las materias primas secundarias, el procedimiento suele ser rentable, incluso con las pequeñas cantidades que se procesan actualmente.

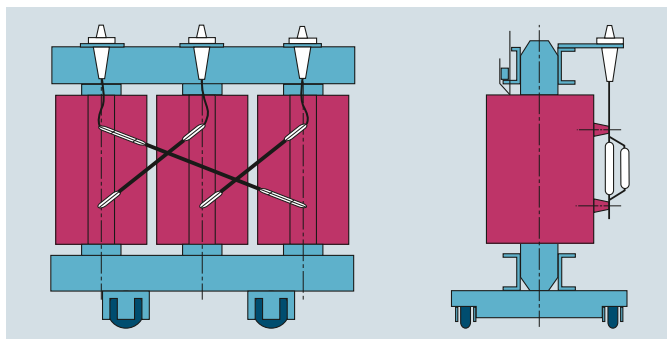


Figura 5.9-8: Transformador GEA FOL con conexiones de cable tipo enchufe



Figura 5.9-9: Transformador GEA FOL en caja de protección IP20/40

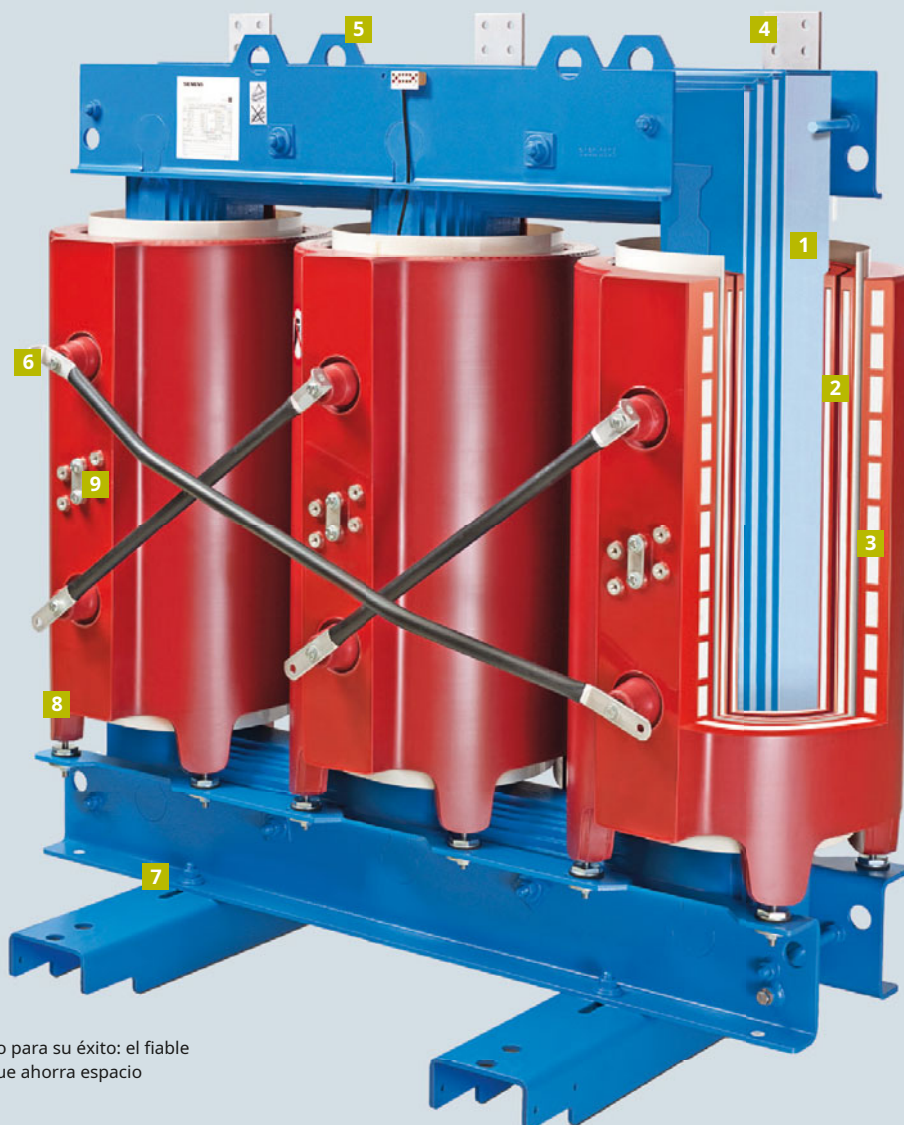
El GEA FOL Basic: un verdadero GEA FOL y más

El GEA FOL Basic se basa en más de 45 años de tecnología y calidad GEA FOL probadas, pero ofrece numerosas innovaciones que han permitido a Siemens dotarlo de varias características muy especiales. Por ejemplo, el transformador de distribución básico GEA FOL con una potencia nominal máxima de 3,15 MVA y una tensión media máxima de 36 kV es casi un diez por ciento más ligero que un modelo comparable de la serie GEA FOL probada. Y este “adelgazar” también afecta positivamente a las dimensiones. Esto podría lograrse mediante una disipación de calor considerablemente mejorada debido al nuevo diseño patentado.

Por supuesto, todos los transformadores de distribución básicos GEA FOL cumplen con las especificaciones de IEC 60076-11, EN 60076-11 y EN 50541-1. Cumplen con los requisitos más altos para una instalación segura en entornos residenciales y de trabajo con clase climática C2, clase ambiental E2 (el modelo estándar cumple con E1; E2 está disponible como opción a costos adicionales) y clasificación de incendios F1. Con menos superficies horizontales, se deposita menos polvo, lo que conduce a una reducción adicional del tiempo y esfuerzo necesarios para el mantenimiento, que ya son mínimos, y también aumenta la confiabilidad operativa.

Compromiso óptimo

El transformador de distribución GEA FOL Basic representa un compromiso óptimo entre rendimiento, seguridad y dimensiones reducidas. Además, el alto grado de estandarización asegura la mejor relación costo-beneficio posible. Gracias a su forma compacta y la certificación de seguridad integral, los transformadores de distribución GEA FOL Basic se pueden utilizar en casi todos los entornos.



Un nuevo diseño para su éxito: el fiable GEAFOL Basic que ahorra espacio

1 Núcleo de tres extremidades

Fabricado en chapa de acero eléctrico de grano orientado y bajas pérdidas, aislado por ambos lados

2 Devanado de baja tensión

Fabricado en tira de aluminio; las vueltas están unidas permanentemente con una lámina aislante

3 Devanado de alto voltaje

Hecho de bobinas de aluminio individuales utilizando tecnología de láminas y fundición al vacío.

4 Conectores de bajo voltaje (hacia arriba)

5 levantando los ojos

Integrado en el marco del núcleo superior para un transporte sencillo

6 Tubos de conexión delta con terminales HV

7 Bastidor de sujeción y carro

Rodillos convertibles para desplazamiento longitudinal y transversal (rodillos opcionales)

8 Aislamiento hecho de una mezcla de resina epoxi/polvo de cuarzo

Hace que el transformador sea ampliamente libre de mantenimiento, resistente a la humedad y adecuado para los trópicos, resistente al fuego y autoextinguible

9 Tomas de alta tensión $\pm 2 \times 2,5 \%$ (en el lado del conector de alta tensión) para adaptarse a las respectivas condiciones de la red; reconectable sin carga

Monitoreo de temperatura

Con detector de termistor PTC en la rama V del devanado de baja tensión (en las tres fases bajo pedido)

Pintura de piezas de acero Revestimiento de alto espesor, RAL 5015: revestimiento de dos componentes bajo pedido (para ambientes particularmente agresivos)

Estructura hecha de componentes individuales Por ejemplo, los devanados se pueden ensamblar individualmente y reemplazar en el sitio

5.9.4 Transformadores especiales GEAFOI

Transformadores GEAFOI de resina colada con cambiadores de tomas en carga sin aceite

Los transformadores de resina colada de regulación de tensión conectados en el lado de la carga del sistema de alimentación de media tensión alimentan los transformadores de distribución del lado de la planta. Los transformadores controlados por el cambiador de tomas en carga que se utilizan en estos sistemas de media tensión deben tener clasificaciones apropiadamente altas.

Siemens ofrece transformadores adecuados en su diseño GEAFOI (fig. 5.9-10), que ha demostrado su éxito durante muchos años y está disponible en clasificaciones de hasta 50 MVA. El rango de voltaje nominal se extiende a 36 kV, y el voltaje de impulso máximo es de 200 kV (250 kV). Las principales aplicaciones de este tipo de transformadores se encuentran en plantas industriales modernas, hospitales, bloques de oficinas y apartamentos y centros comerciales.

La unión de módulos de cambiador de tomas de 1 polo mediante ejes aislantes produce un cambiador de tomas bajo carga de 3 polos para regular la tensión de salida de los transformadores GEAFOI trifásicos. En sus nueve posiciones de funcionamiento, este tipo de conmutador tiene una corriente nominal de 500 A y una tensión nominal de 900 V por paso. Esto permite mantener fluctuaciones de tensión de hasta 7.200 V

bajo control. Sin embargo, el rango de control máximo utiliza solo el 20 % de la tensión nominal.

Transformadores para convertidores estáticos

Estos son transformadores de potencia especiales sumergidos en líquido o de resina fundida que están diseñados para las demandas especiales de operación de convertidores de tiristores o rectificadores de diodos.

Los efectos de dicho equipo de conversión sobre los transformadores y los requisitos de construcción adicionales son los siguientes:

- Aumento de carga por corrientes armónicas
- Equilibrio de corrientes de fase en sistemas de devanados múltiples (p. ej., sistemas de 12 pulsos)
- Capacidad de sobrecarga
- Tipos para sistemas de 12 pulsos, si es necesario

Siemens suministra transformadores convertidores llenos de aceite de todas las clasificaciones y configuraciones conocidas en la actualidad, y transformadores convertidores de resina fundida de tipo seco de hasta 50 MVA y 250 kV LI (fig. 5.9-11).

Para definir y cotizar dichos transformadores, es necesario conocer muchos detalles sobre el convertidor que se suministrará y



Figura 5.9-10: Transformador de resina colada GEAFOI de 16/22 MVA con cambiador de tomas en carga sin aceite

sobre los armónicos existentes. Estos transformadores se solicitan casi exclusivamente junto con el respectivo sistema de accionamiento o rectificador y siempre están diseñados a medida para la aplicación dada.

Transformadores de puesta a tierra de neutro

Cuando se requiere un reactor de puesta a tierra del neutro o un neutralizador de falla a tierra en un sistema trifásico y no se dispone de un neutro adecuado, se debe proporcionar una puesta a tierra del neutro mediante el uso de un transformador de puesta a tierra del neutro.

Los transformadores de puesta a tierra del neutro están disponibles para funcionamiento continuo o de corta duración. La impedancia cero es normalmente baja. Los grupos de vectores estándar son zigzag o estrella/triángulo. También son posibles algunos otros grupos de vectores.

Siemens puede construir transformadores de puesta a tierra neutros en todas las clasificaciones de potencia comunes en diseño sumergido en líquido y en diseño de resina fundida.

Transformadores para alimentación de reactores de silicio Estos transformadores especiales son un componente importante en las plantas de producción de silicio policristalino, que la industria solar necesita especialmente para la fabricación de colectores.

Lo especial de estos transformadores es que tienen que proporcionar cinco o más voltajes secundarios para el suministro de voltaje de los controladores de tiristores especiales. La carga está muy desequilibrada y está sujeta a los armónicos que generan los convertidores. Para este fin, se han desarrollado transformadores especiales de resina fundida de Geafol con circuito secundario abierto. La potencia nominal puede rondar los 10 MVA y la corriente puede superar los 5.000 amperios de intensidad según el tipo de reactor y el modo de funcionamiento. Dependiendo del sistema de control del reactor, se utilizarán transformadores de dos devanados o de devanados múltiples. (figura 5.9-12).



Figura 5.9-11: Transformador resina colada GEA FOL 23-MVA 10 kV/Dd0Dy11



Figura 5.9-12: Transformador convertidor GEA FOL de 4771 kVA con 5 tomas secundarias 10/0,33 - 2,4 kV

Para mayor información:

Fax: ++49 (0) 70 21-5 08-4 95
www.siemens.com/energy/transformers

5.10 Transformadores de tracción

Siemens produce transformadores para aplicaciones ferroviarias llamados transformadores de tracción. Estos transformadores se instalan en coches eléctricos como trenes de alta velocidad, unidades múltiples eléctricas (EMU) y locomotoras eléctricas. Su objetivo principal es transformar la tensión de la línea aérea de contacto, que oscila principalmente entre 15 kV y 25 kV, en tensiones adecuadas para convertidores de tracción (entre 0,7 kV y 1,5 kV) (fig. 5.10-1).

Siemens desarrolla y produce transformadores de tracción para aplicaciones de material rodante de todos los valores nominales relevantes, niveles de voltaje y requisitos específicos del cliente.

Todos los productos están optimizados con respecto a los requisitos individuales de los clientes, tales como:

- Frecuencia, clasificación y voltaje
- Dimensiones y pesos requeridos
- Pérdidas y características de voltaje de impedancia Ciclos operativos y comportamiento de respuesta de frecuencia
- Requisitos ambientales

Caracterización

Técnicamente, los transformadores de tracción se caracterizan en general de la siguiente manera:

- Transformadores monofásicos
- Valores nominales de hasta 10 MVA y superiores Frecuencias de funcionamiento de 16⅔ a 60 Hz Voltajes: 1,5 kV CC, 3 kV CC, 15 kV, 25 kV, 11,5 kV u otras soluciones específicas

- Peso: < 15 t
- Devanados auxiliares y/o devanados de calefacción según especificación del cliente
- Operación de uno o varios sistemas Montaje bajo piso, cuarto de máquinas o techo Devanados de tracción para ser usados como filtros de línea



Figura 5.10-1: Transformador de tracción para trenes de alta velocidad

- Reactores de circuito de absorción integrado
- Diversos medios de enfriamiento para todos los grados: aceite mineral, silicona o fluido de éster para la más alta compatibilidad ambiental

- En caso de solicitud del cliente:
 - Con planta de refrigeración: integrada en un marco junto con el transformador o solución independiente
 - Aislamiento Nomex para la más alta densidad de energía

Ejemplos

Los ejemplos que se muestran en la tabla son aplicaciones típicas donde se utilizaron transformadores de tracción de Siemens (tabla 5.10-1).

Tren de alta velocidad AVE S102 para RENFE España	Locomotora eléctrica para ÖBB Austria (serie 1216) para transporte transeuropeo	La locomotora de carga de producción en serie más potente del mundo para China
Operación: Madrid – Barcelona Tiempo de viaje: 2 h 30 min para 635 km Número de coches: 8 Sistema de alimentación: 25 kV/50 Hz Potencia máxima a la rueda: 8.800 kW Máx. velocidad: 350 km/h Número de asientos: 404	4 operación del sistema CA 15 kV: 16⅔ Hz CA 25 kV 50 Hz CC 3 kV CC 1,5 kV Velocidad: 200 – 230 km/h Peso 87 t	máquina de 6 ejes 9.600 kW sobre 6 ejes arrastre de trenes de 20.000 t
		

Tabla 5.10-1: Siemens desarrolla y produce transformadores de tracción para aplicaciones de material rodante de todas las clasificaciones y niveles de voltaje relevantes

5.11 Gestión del ciclo de vida del transformador

Introducción

Los transformadores de potencia suelen realizar su trabajo, tarareando silenciosamente durante décadas, sin interrupción alguna. Por lo tanto, los operadores han llegado a depender de su sólida capacidad de transformación, a menudo realizando solo un mantenimiento mínimo utilizando técnicas tradicionales (fig. 5.11-1).

En la actualidad, los requisitos de carga, las restricciones ambientales adicionales y los recientes objetivos corporativos de sostenibilidad para vigilar de cerca el valor operativo del equipo han llevado a Siemens a proporcionar un conjunto integral de soluciones para mantener el equipo al máximo nivel en cualquier circunstancia operativa. Una nueva generación de administradores de activos está interesada en el valor "operativo", incluido el costo de reposición, en lugar del valor en libros depreciado durante décadas, que a menudo es cercano a cero.

Los transformadores de potencia son bienes de inversión de capital duraderos. La compra y el reemplazo requieren largos períodos de ingeniería de planificación y adquisición. Cada concepción individual se adapta especialmente a los requisitos específicos. El alto valor de reemplazo correspondiente y el importante tiempo de entrega están en el centro de atención.

¿Qué es TLM™?

Siemens Transformer Lifecycle Management™ (TLM™) incluye expertos en transformadores altamente experimentados que brindan las soluciones de ciclo de vida más efectivas para transformadores de potencia de cualquier edad y cualquier marca.

Mantener los transformadores de potencia de los clientes al máximo nivel operativo es el principal objetivo del conjunto de soluciones TLM de Siemens. Siemens TLM se basa en la experiencia disponible en todas las fábricas de transformadores de Siemens, que son bien conocidas por su alta calidad y bajas tasas de falla. El alcance de los servicios de TLM se explica brevemente a continuación:

Evaluación y diagnóstico de condiciones (fig. 5.11-2)

Nivel 1: SITRAM® DIAG ESENCIAL

Nivel 2: SITRAM® DIAG AVANZADO

Nivel 3: PRUEBAS DE ALTA TENSIÓN SITRAM® DIAG

El programa SITRAM® DIAG consta de tres capas y proporciona módulos de diagnóstico para transformadores individuales y para la evaluación de flotas completas instaladas y poblaciones de transformadores.

SITRAM® DIAG ESENCIAL (Nivel 1)

Todos los módulos del diagnóstico Nivel 1 "ESENCIAL" son para ser aplicados en transformadores energizados. La caja de herramientas más poderosa para esta aplicación es el diagnóstico del líquido aislante. Hay módulos independientes adicionales disponibles para aplicar cuando las pruebas de aceite y/o el personal operativo indiquen deficiencias o cambios.

Prueba de aceite estándar (8 –12 parámetros)



Figura 5.11-1: Gestión del ciclo de vida del transformador Siemens™
alcance de los servicios

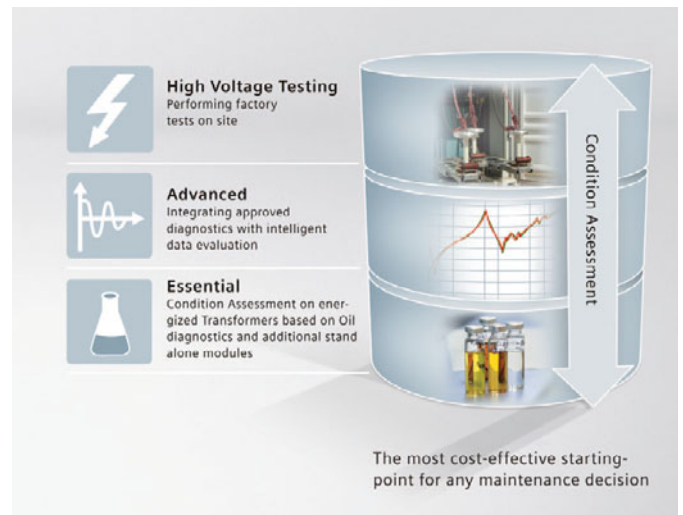


Figura 5.11-2: SITRAM® DIAG proporciona módulos de diagnóstico para transformadores individuales y para la evaluación de flotas completas

Análisis de gas disuelto en aceite (DGA)
Componentes furánicos
Humedad

Transformadores

5.11 Gestión del ciclo de vida del transformador

Módulos independientes adicionales

PD (UHF-, sensores acústicos, cámara corona)
Medición de ruido
Medición de vibraciones
Escaneos termográficos

SITRAM® DIAG AVANZADO (Nivel 2)

Los módulos extendidos se aplican en transformadores desenergizados y desconectados. La mayoría de las mediciones repiten las mediciones como se muestra en el informe de prueba del fabricante y, al comparar los resultados, se resaltarán cualquier diferencia. El nivel 2 proporciona información sobre el estado del aislamiento (dieléctrico), así como del estado mecánico (desplazamientos) de la parte activa de un transformador.

Relación y ángulo de fase
Resistencia del devanado
C-tan delta (devanados y bushings)
Resistencia de aislamiento y
Índice de polarización (PI)
Impedancia
Sin corriente de carga y pérdidas
A baja tensión
FDS/PDC
FRA

Aplican todos los módulos adicionales del Nivel 1

PRUEBAS DE ALTA TENSIÓN SITRAM® DIAG (Nivel 3) Las pruebas de alto voltaje en el sitio generalmente se requieren después de reparaciones en el sitio, reparaciones de fábrica, reacondicionamiento o reubicación y también se realizan para asegurar los resultados de las evaluaciones de nivel 1 y nivel 2. Los campos de prueba móviles de SITRAM DIAG proporcionan soluciones para todo tipo de pruebas de alta tensión y medición de pérdidas. Las corridas de calor o las pruebas de larga duración son factibles según el tamaño y el nivel de voltaje del transformador bajo prueba. La evaluación del nivel 3 se puede combinar con todos los módulos fuera del nivel 1 y el nivel 2.

Pérdidas de carga
Sin pérdidas de carga ni corrientes
Pruebas de sobretensión aplicada
Pruebas de sobretensión inducida
Pruebas de descarga parcial Pruebas de CC
carreras de calor
Pruebas de larga duración

Aplican adicionales todos los módulos de Nivel 1 y 2

Monitoreo en línea (figramo. 5.11-3)

PROTECCIONES SITRAM®
SITRAM® CM
SITRAM® iCMS

La nueva gama SITRAM® MONITORING de tercera generación de Siemens proporciona soluciones compatibles, modulares y personalizadas para transformadores de potencia individuales (nuevos y reacondicionados) y soluciones para flotas completas de transformadores.



Figura 5.11-3: Todos los niveles del concepto SITRAM® MONITORING

En general, estos sistemas permiten una monitorización continua de los transformadores de potencia, que van mucho más allá del método tradicional de toma de medidas offline. La experiencia demuestra claramente que con el monitoreo en línea se puede lograr una mayor eficiencia en la detección temprana de fallas. Para que las acciones de mantenimiento curativo y correctivo se puedan planificar y programar con mucha antelación. También es posible utilizar capacidades de repuesto hasta los límites. Esto da como resultado una mayor confiabilidad, eficiencia y una mayor vida útil de los transformadores de potencia.

Guardia de SITRAM:

Tecnologías de sensores estandarizadas y aprobadas como solución única para transformadores individuales.

GAS Guard (análisis de gas en aceite en línea) PD-Guard (monitoreo de descarga parcial) BUSHING Guard (monitoreo de bujes) TAPGUARD® (monitoreo de cambiador de tomas bajo carga)

Monitor de estado SITRAM (SITRAM CM):

El SITRAM Condition Monitor es un sistema modular y personalizado que integra información de sensores individuales y SITRAM Guard para cada transformador individualmente y puede proporcionar información sobre el estado de todos los componentes clave. Un módulo de almacenamiento de datos local y una interfaz de comunicación permiten al usuario acceder a la información de forma remota.

Sistema Integrado de Monitoreo de Condición SITRAM (SITRAM iCMS):

Esta solución de "Módulo de conocimiento" está monitoreando todos los transformadores en subestaciones de transmisión y distribución, plantas de generación de energía o en grandes industrias a un sistema de control y protección existente o de próxima generación. Además, es capaz de integrar los datos registrados de una flota completa de transformadores de una empresa de servicios públicos a un sistema superior. Se basa en la arquitectura de hardware modular del SITRAM CM.

Además del hardware y software de monitoreo, los expertos en transformadores TLM de Siemens están disponibles para soluciones de enfermería remota para transformadores cuestionables, análisis e interpretación de datos de monitoreo registrados.

Consultoría Experiencia y Capacitación

Servicio de ingeniería
Consejos y recomendaciones
Seminarios educativos
Talleres a medida

El conjunto de soluciones TLM de Siemens integra una amplia gama de servicios que están diseñados para extender considerablemente la vida útil de los transformadores del operador. El enfoque preferido de Siemens es integrar todos los transformadores, de cualquier edad y cualquier marca, en el plan que se prepara para los clientes para que puedan tomar la mejor decisión sobre el reemplazo/ampliación y cualquier asunto relacionado. Siemens TLM también ofrece una serie de capacitaciones estandarizadas para clientes. Estos programas están diseñados específicamente para ampliar el conocimiento del cliente sobre las diversas opciones de concepto y diseño. La gestión del ciclo de vida es, por supuesto, una parte integral de la formación.

Mantenimiento y extensión del ciclo de vida

Mantenimiento preventivo y correctivo Secado y
desgasificación de partes activas en el sitio
Regeneración de aceite
Productos de prolongación de la
vida Gestión del final de la vida

Haremos que sus transformadores vuelvan a estar en plena forma, y sin interrupciones del servicio. Nuestros productos TLM™ para prolongar la vida útil minimizan el inevitable, indetectable y continuo proceso de envejecimiento que tiene lugar dentro de los transformadores. Estas tecnologías reconocidas internacionalmente para la extensión de la vida se completan con una solución de actualización de eficiencia de enfriamiento.

SITRAM SECO (figamo. 5.11-4)

El SITRAM® DRY es una tecnología avanzada para el secado preventivo y continuo de transformadores en línea. El sistema elimina la humedad del aceite aislante alterando el equilibrio de la humedad, de modo que la humedad se difunde desde el papel aislante húmedo hasta el aceite aislante seco. Este proceso eliminará la humedad de manera suave y uniforme del aislamiento sólido y aumentará la fuerza dialéctica del aceite aislante.

Eliminación continua en línea de la humedad del aislamiento sólido y el aceite

Basado en una tecnología de tamiz molecular Fácil de
instalar en cualquier transformador en funcionamiento
Monitoreo de temperatura y humedad Servicio de
reemplazo y regeneración de cartuchos Versión de gabinete
(NEMA4)

Nuevo: SITRAM® DRY Smart, solución móvil para transformadores de
distribución muy pronto disponible

Experimente las funciones de SITRAM® DRY en sonido e imagen:
www.siemens.de/energy/sitram-dry-video

REGISTRO DE SITRAM

Siemens desarrolló la tecnología SITRAM® REG para limpiar el aceite contaminado y restaurar sus propiedades dieléctricas. SITRAM® REG es un proceso de recuperación modificado basado en la norma IEC 60422. El aceite circula continuamente a través de columnas de regeneración.



Figura 5.11-4: Versión de gabinete del SITRAM DRY equipado con un módulo de control

No es necesario un cambio de aceite

Mejora la calidad del aceite aislante a la del aceite nuevo Prolonga la vida útil y aumenta la confiabilidad de los transformadores antiguos

Acción preventiva contra el proceso de envejecimiento progresivo de los aislamientos

Mejora sostenible del estado del aislamiento Apto para todos los transformadores de potencia

Económicamente independiente del precio actual del aceite nuevo Sin interrupciones en el servicio

Gran y duradero efecto de limpieza.

SITRAM FRESCO

SITRAM COOL es una solución de actualización complementaria y consta de hardware y software para el control automático y optimizado del sistema de refrigeración del transformador:

Aumento de la eficiencia total del transformador

Reducción de pérdidas auxiliares

Reducción del nivel de ruido

Reducción del mantenimiento

Si es necesario y si corresponde -> actualización

Piezas de repuesto y accesorios

El suministro de repuestos es otro punto fuerte de Siemens TLM.

Si lo solicita, Siemens puede asesorar a los clientes sobre qué

Transformadores

5.11 Gestión del ciclo de vida del transformador

los accesorios se ajustarán mejor a sus necesidades. Los ejemplos incluyen relés Buchholz de varios tamaños, sensores de temperatura, alarmas de flujo de aceite e indicadores de nivel de aceite. Con el fin de proporcionar la mejor solución, Siemens TLM verificará los productos alternativos y se esforzará por realizar mejoras técnicas utilizando tecnologías de última generación, lo que es particularmente importante cuando las piezas de repuesto originales ya no estén disponibles.

Las piezas de repuesto de Siemens TLM™ le ofrecen (fig. 5.11-5):

Estándares estrictos de garantía de calidad para garantizar que las piezas de repuesto se fabriquen de acuerdo con las especificaciones OEM de Siemens

Mejora continua de la tecnología y los materiales Planificación y soporte de cortes basados en programas de repuestos personalizados

Servicio de repuestos para todos los transformadores de la familia Siemens (SIEMENS, TU, VA TECH, Ferranti-Packard, PEEPLES)

Reparación y modernización

¿Podemos hacer que su viejo transformador quede como nuevo? Podemos acercarnos mucho y, por lo general, mejorar sus viejos transformadores con las nuevas tecnologías de última generación de Siemens. Un aspecto destacado de TLM™ es la reparación, revisión y modernización de sus transformadores de potencia. Las reparaciones se realizan en uno de nuestros talleres de reparación exclusivos en todo el mundo, pero también se realizan in situ cuando nuestros talleres móviles llegan a sus instalaciones. Además, podemos adaptar o modernizar transformadores de varias maneras.

Ya sea que su transformador haya fallado o esté planeando un mantenimiento correctivo oportuno, nuestro equipo de expertos de TLM™ está disponible para reparaciones a corto plazo.

Con sus instalaciones de reparación dedicadas en nuestro centro tecnológico en Nuremberg, Alemania, y en otras partes del mundo, Siemens ha creado un entorno profesional para que sus transformadores vuelvan a estar en forma. Incluso los transformadores más grandes y pesados del mundo se pueden mover, inspeccionar y reparar fácilmente.

Las instalaciones de reparación manejan todos los problemas que surgen durante el ciclo de vida de un transformador, incluida la instalación de nuevos cambiadores de tomas bajo carga e interruptores de tomas, aumentando el rendimiento, así como el reemplazo completo de los devanados. Además, todos los componentes se pueden reacondicionar y adaptar con los últimos materiales según sea necesario. Para todo, desde el diseño hasta las últimas técnicas modernas de bobinado y la inspección y prueba final, los procesos de fabricación en nuestras famosas plantas de transformadores se mejoran continuamente. Estas mejoras respaldan el mantenimiento y la reparación de sus transformadores (fig. 5.11-6).

Transporte, Instalación y Puesta en Marcha

Los expertos técnicos e ingenieros de Siemens que trabajan en proyectos que incluyen la instalación de nuevos transformadores o el cambio de ubicación de transformadores antiguos tienen décadas de experiencia. Son expertos en el desmontaje y preparación para el transporte, almacenamiento y manipulación de componentes delicados. El montaje es el trabajo diario de estos expertos de Siemens, y Siemens ofrece su experiencia exhaustiva para soluciones completas para los clientes para que el valor de sus equipos se mantenga en su punto máximo durante mucho tiempo.

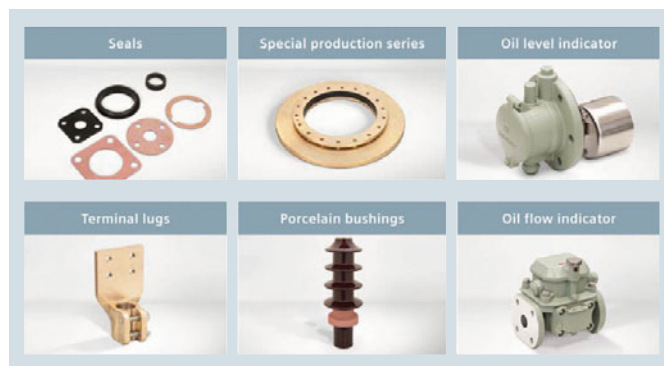


Figura 5.11-5: Maximice la disponibilidad de cada transformador con el programa de repuestos TLM™



Figura 5.11-6: Taller de reparación en Nuremberg, Alemania

Para obtener más información, comuníquese con su representante de ventas local de Siemens o comuníquese con:

Teléfono: +49 (180) 524 7000 Fax:
+49 (180) 524 2471 Correo
electrónico: tlm@siemens.com
www.siemens.com/energy/TLM

