

Consideraciones básicas sobre transformadores eléctricos

Los transformadores eléctricos son clave en la infraestructura energética moderna. Este artículo analiza su evolución tecnológica, aplicaciones críticas en minería y biomasa, y cómo las nuevas exigencias de eficiencia, monitoreo inteligente y sostenibilidad están redefiniendo el mercado chileno.



Un transformador eléctrico es un dispositivo estático que transfiere energía entre circuitos mediante inducción electromagnética, modificando los niveles de tensión sin alterar la frecuencia. Hoy en día, constituyen un pilar fundamental en los sistemas de transmisión y distribución de energía, así como en aplicaciones industriales de gran escala. Por ejemplo, la minería exige transformadores robustos capaces de operar en ambientes con polvo abrasivo, humedad extrema y vibraciones constantes.

Los modelos secos tipo VPI (Vacuum Pressure Impregnated) dominan este sector debido a su resistencia a cortocircuitos y capacidad de funcionar en pendientes de hasta 30°. Un caso destacado es su uso en excavadoras eléctricas de 800 toneladas, donde transformadores de 2,5 MVA con clase F de aislamiento soportan temperaturas ambientales de 50°C. En tanto, en plantas de procesamiento de biomasa, los transformadores deben compatibilizar alta eficiencia con capacidad para alimentar motores de

alta inercia (por ejemplo, chipeadoras de 500 HP). La tendencia hacia la electrificación sostenible ha impulsado el uso de transformadores híbridos aceite-aire en centrales de cogeneración forestal, logrando eficiencias del 98,5% incluso con cargas variables. A juicio de Ignacio Leyton E., Jefe de Proyecto de Transformadores Pailamilla, el mercado chileno de transformadores se caracteriza por fabricar y desarrollar soluciones a medida del requerimiento de cada industria. "A lo largo de nuestro país tenemos diversas distribuidoras de energía y todas con sus respectivas normas y niveles de tensión. Es por esto que no nos podemos centrar en un solo producto si no debemos diversificar y estar siempre pendientes de nuevos desarrollos para satisfacer la demanda de cualquier área industrial que requiera nuestros productos", explica. Al elegir un proveedor de transformadores eléctricos, el ejecutivo recomienda evaluar la calidad de los materiales, la rigurosidad de los procedimientos de armado y la batería de pruebas que se le realizó al transformador antes de su liberación de fábrica. "También es importante, al momento de optar por un proveedor de transformadores, verificar en qué consisten sus garantías y en el respaldo que te puedan brindar después de adquirido el transformador", sostiene.

Tendencias en diseño y fabricación de transformadores eléctricos

Núcleos amorfos y materiales avanzados: Los núcleos de aleaciones amorfas

(Continúa en página 8)

(Viene de página 6)

(Fe-Si-B) están revolucionando la eficiencia de transformadores de distribución. Su estructura desordenada reduce las pérdidas en vacío a 0,2 W/kg frente a los 0,7 W/kg de los núcleos convencionales. Algunos países, incluyendo Chile, ya exigen esta tecnología en licitaciones públicas para redes urbanas, proyectando un ahorro nacional de 450 GWh anuales para 2026.

Monitoreo inteligente y IoT: La integración de sensores de fibra óptica y sistemas SCADA permite:

- Detección temprana de hotspots mediante termografía embebida.
- Análisis predictivo de degradación de aceite dieléctrico usando espectroscopía Raman.
- Autobalanceo de carga en tiempo real mediante actuadores piezoeléctricos.

Estas capacidades han reducido un 40% los tiempos de inactividad en subestaciones críticas.

Sostenibilidad y economía circular: Alrededor del mundo, fabricantes están implementando:

- Aceites biodegradables a base de ésteres vegetales con punto de ignición superior a 350°C.
- Reciclaje de 95% del cobre de devanados mediante procesos hidrometalúrgicos.
- Uso de resinas epoxi con 70% contenido reciclado en transformadores secos.

Estas innovaciones alinean la industria con los objetivos de descarbonización del Acuerdo de París.

Conclusión

La evolución de los transformadores eléctricos responde a una doble exigencia: mayor eficiencia energética y adaptación a entornos industriales cada vez más exigentes. El uso de núcleos amorfos, sistemas de monitoreo inteligente e iniciativas de economía circular está redefiniendo su diseño y funcionalidad. Para 2025, se espera que el 60% de los nuevos transformadores industriales incorporen capacidades de autodiagnóstico y control, y que hasta el 40% de sus componentes sean reciclables. Este avance tecnológico, junto con normativas más estrictas en sostenibilidad, consolida a los transformadores como piezas clave en la transición hacia redes eléctricas más resilientes, automatizadas y bajas en carbono. ■