

Transformadores de Estado Sólido (SST)

Innovación tecnológica en control de tensión

Tu Nombre

16 de febrero de 2026

ADCE

1. Introducción
2. Conceptos Previos
3. Transformadores de Estado Sólido
4. Características Principales
5. Arquitectura del SST
6. Ventajas y Desafíos
7. Conclusiones

Introducción

¿Qué vamos a ver hoy?

- Una tendencia tecnológica **emergente** en el campo del control de tensión.
- Los **Transformadores de Estado Sólido (SST)**.
- Conocidos como *Solid State Transformers* en inglés.

Objetivo

Entender cómo esta tecnología revoluciona la distribución eléctrica.



Conceptos Previos

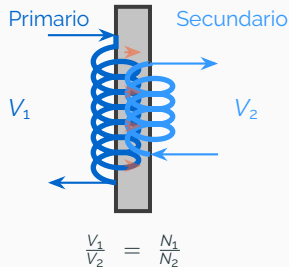
Recordatorio 1: Transformador Convencional

¿Qué hace?

- Transforma niveles de tensión en CA.
- Utiliza campos electromagnéticos.
- Dos devanados acoplados magnéticamente.

Importancia:

- Razón principal del uso de corriente alterna.
- Eficiencia energética en transmisión.

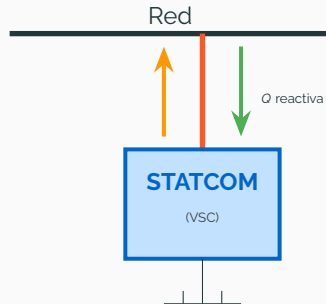


Función principal:

- Control de tensión en la red.
- Mejora calidad del suministro.
- Intercambio de potencia reactiva.

Características:

- Conexión en **paralelo**.
- Basado en VSC (*Voltage Source Converters*).
- Consume solo potencia activa para pérdidas.



Clave

Conexión en **derivación**

Transformadores de Estado Sólido

¿Qué son los SST?

Definición

Los SST son equipos de paso que se conectan **en serie** al flujo de potencia, similar a los transformadores convencionales, pero usando electrónica de potencia.



STATCOM → Paralelo (Derivación) vs. SST → Serie (Paso)



Como Transformador

- ✓ Transforma tensión.
- ✓ Transfiere potencia activa.
- ✓ Aislamiento galvánico.

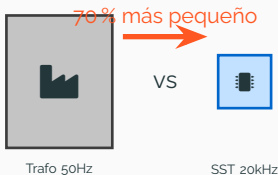
Como Compensador

- ✓ Control de factor de potencia.
- ✓ Regulación dinámica.
- ✓ Eliminación de armónicos.

Características Principales

Características Esenciales de los SST

1. **Transformación de tensión** con transmisión de potencia activa.
2. **Control de factor de potencia** activo.
3. **Regulación dinámica de tensión:**
 - Si entrada baja 10 % → salida mantiene 230V exactos.
 - (Un trafo convencional no puede hacer esto sin tap-changers lentos).
4. **Reducción drástica de peso y volumen:**
 - Opera a ~20 000 Hz (vs 50 Hz convencional).
 - Transformador físico mucho más pequeño.



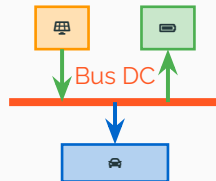
5. Bus de corriente continua (DC):

- Conexión directa de paneles solares.
- Carga directa de VE sin rectificador externo.

6. Eliminación de armónicos.

7. Clave para SmartGrids:

- Control total del flujo (bidireccional).

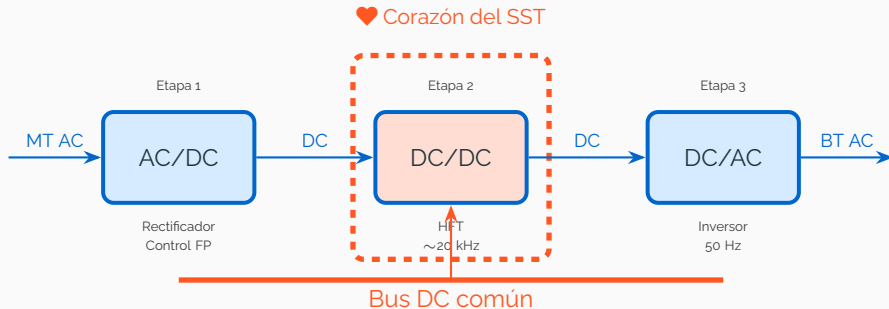


Aplicación

Principalmente en redes de **Media y Baja Tensión** (límites actuales de semiconductores).

Arquitectura del SST

Esquema Típico de un SST



Ventaja Clave

Las tres etapas conectadas en serie permiten **control total** y un **transformador físico miniaturizado**.

Etapa 2: El “Corazón” (DC/DC Alta Frecuencia)

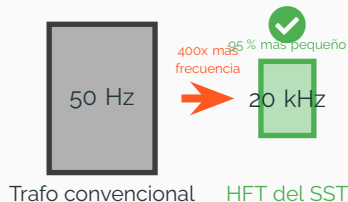
Componentes

- Inversor DC/AC (alta frecuencia).
- **Transformador de Alta Frecuencia (HFT).**
- Rectificador AC/DC.

Ventaja del HFT: Al operar a ~ 20 kHz, el núcleo magnético es **minúsculo** vs. uno de 50 Hz, manteniendo aislamiento galvánico.

La Física detrás

$$B = \frac{V}{4,44 \cdot f \cdot N \cdot A} \quad \text{Mayor } f \rightarrow \text{menor área.}$$



Proceso de Conversión Completo



La Clave

Pasar por **Alta Frecuencia** intermedia permite reducir el tamaño físico drásticamente manteniendo aislamiento galvánico.

Ventajas y Desafíos

Resumen: Pros y Contras

Ventajas 🍀

- ✓ Tamaño y peso reducidos (70-95 %).
- ✓ Control instantáneo de voltaje.
- ✓ Bus DC integrado (Renovables/VE).
- ✓ Bidireccionalidad total.
- ✓ Eliminación de armónicos.
- ✓ Ideal para SmartGrids.

Desafíos ⚠️

- ✗ **Coste elevado:** Semiconductores (SiC, GaN).
- ✗ **Pérdidas:** Ligeramente mayores (etapas múltiples).
- ✗ **Limitación de tensión:** Solo MT/BT actualmente.
- ✗ **Pérdida de inercia:** Sin masa rotatoria, menor estabilidad.



Comparativa: Trafo Convencional vs SST

Parámetro	Trafo Convencional	SST	
Peso	100 %	5-30 %	↑
Volumen	100 %	10-30 %	↑
Regulación	Tap manual	Instantánea	↑
Eficiencia	99,5 %	>97 %	↓
Coste	Bajo	Alto	↓

Conclusión Comparativa

El SST supera al transformador convencional en **compacidad, control y funcionalidad**, pero requiere reducción de costes para despliegue masivo.

Conclusiones



Hoja de ruta:

- 🧪 Tecnología probada pero cara.
- 🏢 Necesario reducir costes de SiC y GaN.
- 🏙️ Futuro estándar para las *Smart Cities*.
- 📶 Aplicaciones nicho: VE, renovables, microrredes.

Visión 2030–2040

Los SST serán el **estándar** en distribución urbana, integrando generación distribuida, almacenamiento y movilidad eléctrica.

Aplicaciones actuales:

- ⚡ Estaciones de carga ultrarrápida VE.
- 🏠 Microredes con renovables.
- 🏭 Industrias con calidad crítica.
- 🚂 Tracción naval/ferroviaria.

Futuro cercano:

- 🏙️ Distribución urbana inteligente.
- 🏢 Edificios con gestión energética.
- 📊 Centros de datos eficientes.
- ✈️ Aviación eléctrica (potencia).



¿Preguntas?

email@instituto.com

Gracias por vuestra atención