

Transformadores de Estado Sólido (SST)

~~Innovación tecnológica en control de tensión~~

Regulación de Tensión
y resiliencia mediante
desacople activo

Tu Nombre

Felipe Agustín Guevels García

19 16 de febrero de 2026

ADCE

Análisis Dinámico y Control de Sistemas Eléctricos de Potencia

⇒ UC3M - Máster habilitante Ingeniería Industrial

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

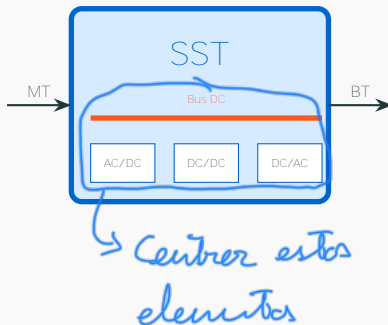
Introducción

¿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.



Logo UCM
PIB DE PÁGINA en los dispositivos → ⑧ - Análisis Dinámicos y Control de SST Elec d Pot

Conceptos Previos

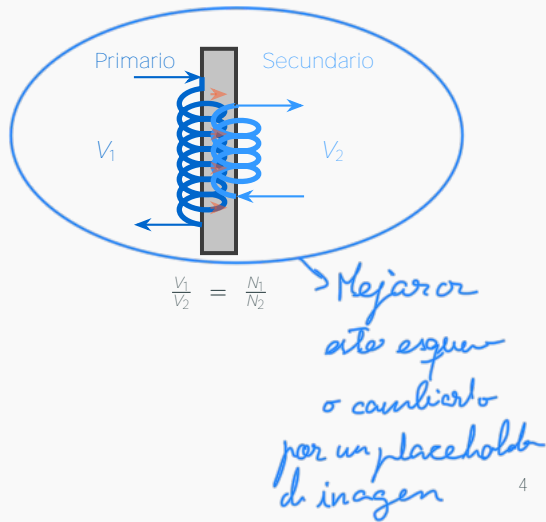
Recordatorio 1: Transformador Convencional

¿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.



Recordatorio 2: STATCOM

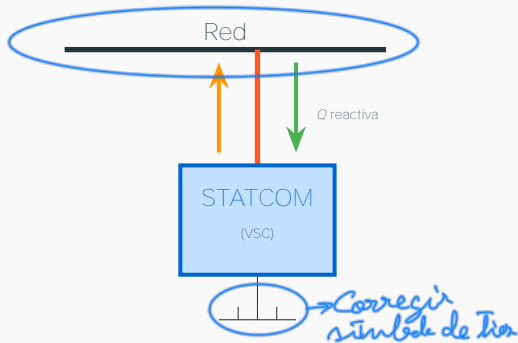
Función principal:

- 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.

“Nudo”



Clave

Conexión en derivación

Transformadores de Estado Sólido

¿Qué son los SST?

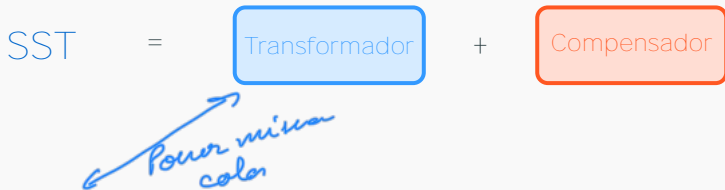
Definición

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)

Todo en una línea



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

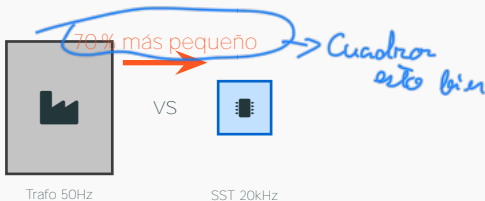
1. Transformación de tensión con transmisión de potencia activa.
2. Control de factor de potencia activo.
3. Regulación dinámica de tensión:

- 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.

entre 12 000 - 20 000 Hz



*configuración de cambio de
Tomas o de "autotransformador
regulador".*

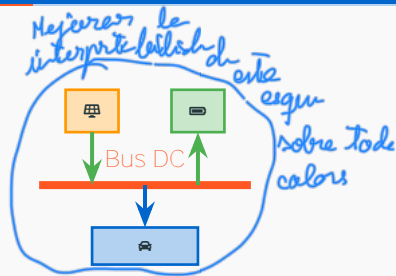
5. Bus de corriente continua (DC):

- 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).



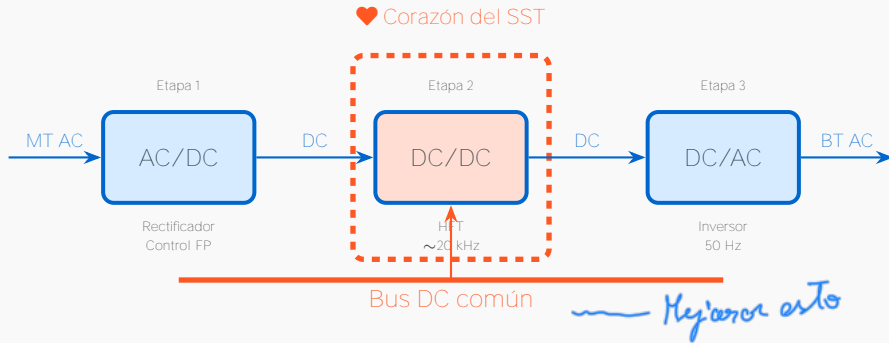
Aplicación

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

Analiza imagen Smart Grids

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

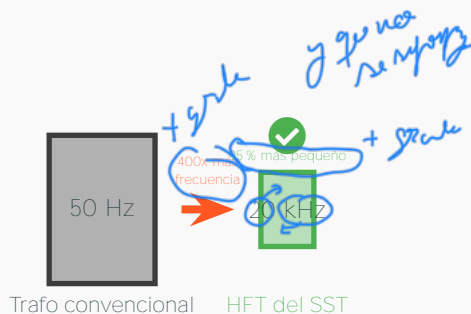
- Inversor DC/AC (alta frecuencia).
- Transformador de Alta Frecuencia (HFT).
- Rectificador AC/DC.

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

La Física detrás

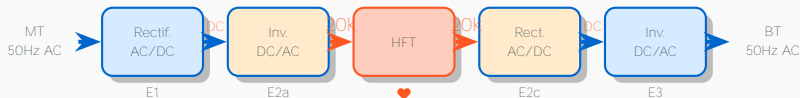
$$B = \frac{V}{4,44 \cdot f \cdot N \cdot A} \quad \text{Mayor } f \rightarrow \text{menor área. (o menor } N^{\circ} \text{ de espiras)}$$

Ecuación fundamental del transformador



Proceso de Conversión Completo

*Añadir el doble de espacio de del cctnd
Aumentar un 30% el tamaño de elctrc del orgun*



La Clave

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

Ventajas y Desafíos

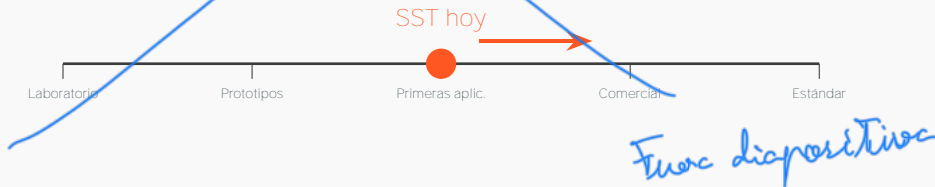
Resumen: Pros y Contras

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	↓

El peso es el "mejor" en ver

normas es "ligeramente peor"

mejor es "peor"

+ file: nivel de tensión
+ file: Tensión

compensación

Conclusión Comparativa

El SST supera al transformador convencional en capacidad, 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. *Semiconductors*
- 🏙️ 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 y Futuras

Aplicaciones actuales:

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

Verde

Futuro cercano:

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

¿Qué quiere decir data más rápida?

→ ¿What?



El punto azul

CUADRAR

¿Preguntas?

email@instituto.com

» Muchas gracias
por vuestra
atención «

~~Gracias por vuestra atención~~