

# Equipos shunt: Reactores y Bancos de Capacitores

## Protecciones, fallas típicas y comisionamiento

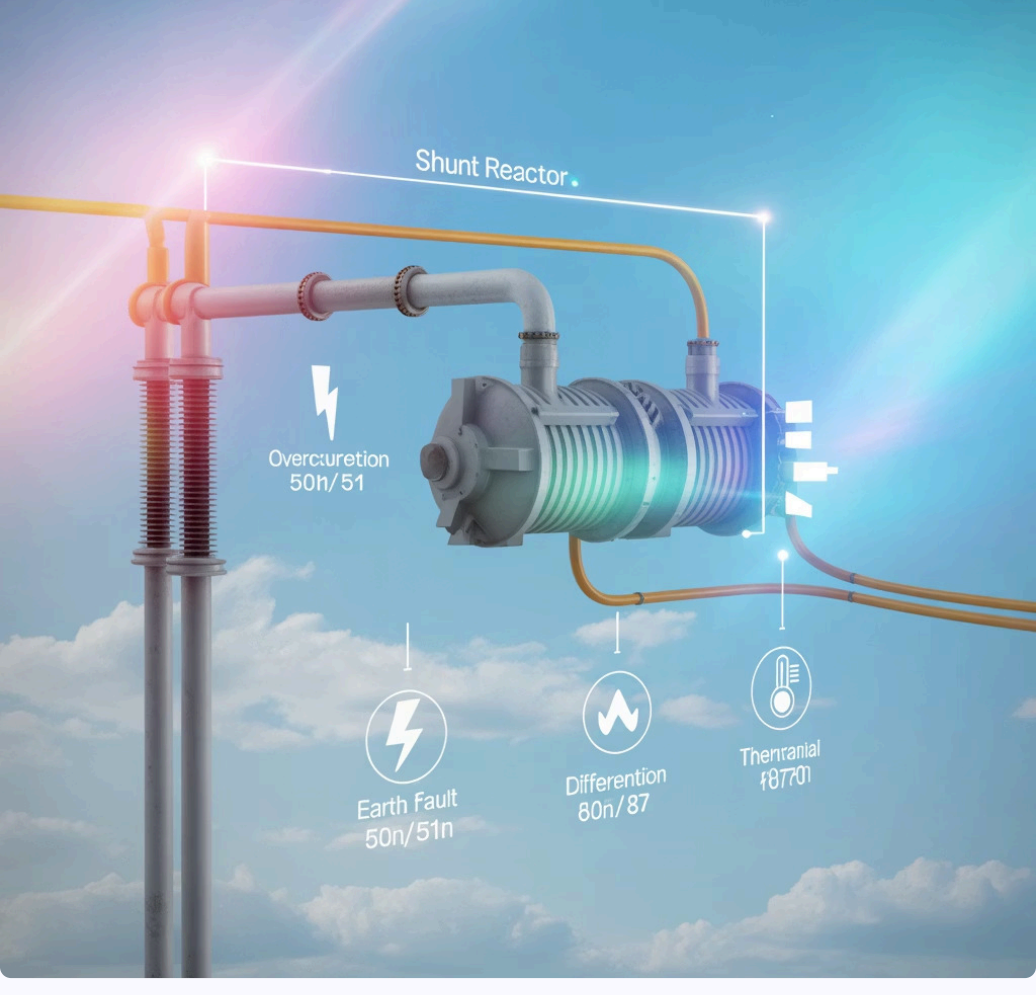
**Apertura:** "Hoy leemos eventos de equipos shunt. Dos familias: reactores (absorben VAR) y bancos de capacitores (inyectan VAR). Tu objetivo es distinguir falla eléctrica real de condición operativa (sobrevoltaje, fusible abierto, desbalance) y escribir una frase técnica que incluya qué operó, por qué y qué acción corresponde."

### Principio en 30 s — mapa mental rápido:

#### Reactores: Función y Protecciones

Los reactores absorben potencia reactiva (VAR), esencial para el control de voltaje. Sus protecciones típicas incluyen:

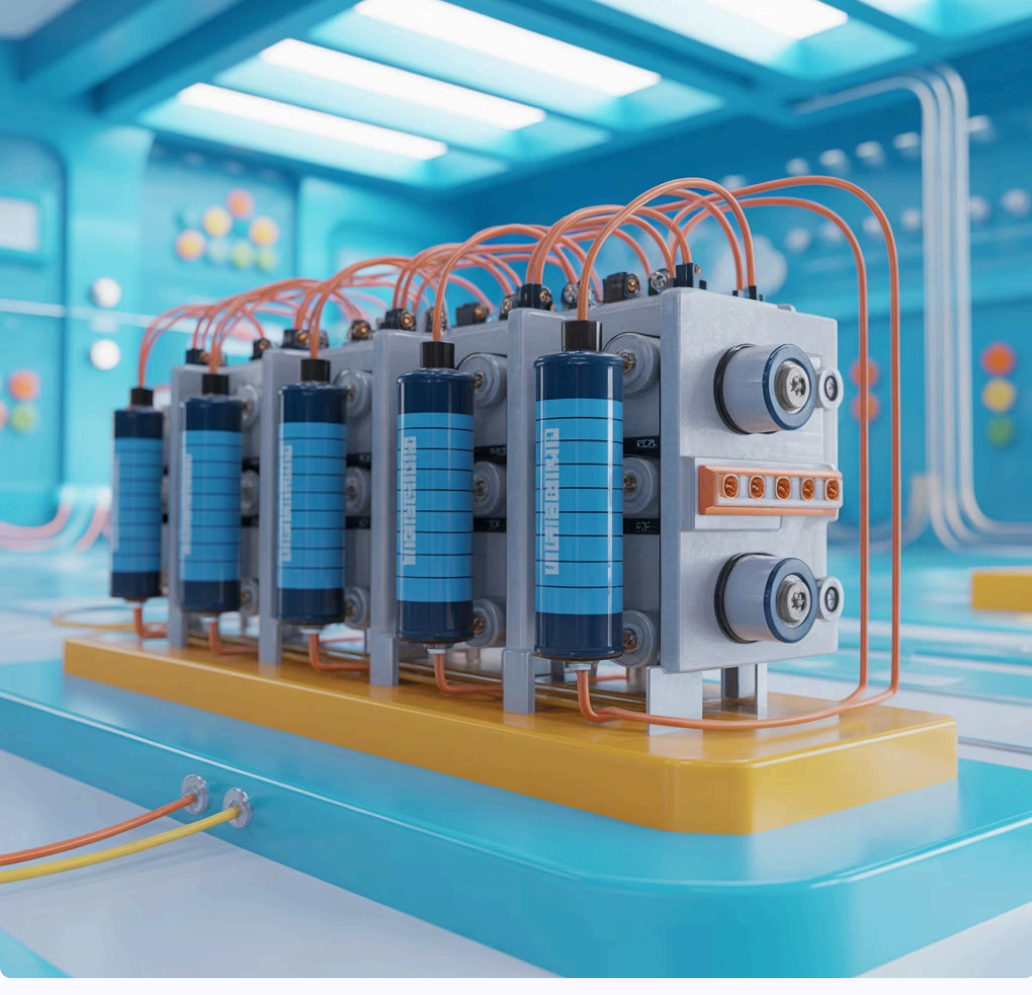
- **51/50 (fase):** Detecta sobrecorriente.
- **51N/50N (tierra):** Protege contra fallas a tierra.
- **87/87N (diferencial):** Para fallas internas de devanado (si aplica).
- **49 (térmica):** Supervisa la temperatura para evitar sobrecargas prolongadas.









#### Bancos de Capacitores: Función y Protecciones

Los bancos de capacitores inyectan VAR, mejorando el factor de potencia. Sus protecciones son más complejas debido a su configuración por etapas:

- **59 (sobrevoltaje):** Protege contra tensiones excesivas.
- **51C/50C (sobrecorriente):** Detecta corrientes elevadas.
- **59N/59U o 51N (desbalance):** Identifica asimetrías por fusibles abiertos o elementos degradados.
- **Fusibles:** Elementos individuales protegen cada condensador.



### Esquemas de medición y qué significan (traducción a operación):

- **59 fase-fase/fase-tierra (Sobrevoltaje)**  
Se activa por tensión excedida. Atención a sobretensiones por conmutación o desenganche brusco de carga.
- **51/50 (Sobrecorriente de fase)**  
Indica corriente elevada sostenida. En reactores, puede señalar falta interna o sobresaturación transitoria.
- **51N/50N (Corriente residual o CT de neutro)**  
Detecta falta a tierra. En bancos doble Y aterrados, a menudo indica la operación de un elemento o fusible.
- **59N/59U (Desbalance de tensión)**  
Señala un desequilibrio causado por un fusible abierto o la degradación de un elemento capacitivo.
- **87/87N (Protección diferencial, si aplica)**  
Detecta fallas internas. Usa restricción para evitar operar por fallas externas o errores de CT.
- **49 (Protección térmica en reactor)**  
Actúa por sobrettemperatura, sea por ventilación deficiente o corriente reactiva alta prolongada.

#### Detección de Desbalance con VT Delta Abierta

Un método común para detectar desbalance en bancos de capacitores es mediante un transformador de tensión (VT) conectado en delta abierta. Este esquema permite medir la tensión de desequilibrio que aparece cuando un fusible se abre o un elemento falla.



#### Configuración de CT de Neutro en Doble Y Aterrada

En bancos de capacitores configurados en doble estrella (Y) aterrada, un transformador de corriente (CT) en el neutro es crucial para detectar pequeñas corrientes de falla a tierra. Cualquier asimetría en la red puede generar una corriente residual que será captada por este CT, indicando una falla.



☐ Plantilla — 'frase técnica' para shunt (20 s):

"[Equipo y tensión]: [evento] en [fase(s)/neutro] [interna/externa/condición operativa]. Función [59/51/50/51N/59N/59U/64/87N...] [trip/alarma] con magnitudes (V, A, tiempo). Contexto (conmutación/etapa/fusible). Coordinación [conforme/revisar]. Acción (aislar etapa, patrullar fusibles, ensayos, ajustar setpoint)."

### Casos de estudio

**Caso 1 — Banco de capacitores con fusible abierto**

**Caso 2 — Reactor shunt con falta a tierra**

**Caso 3 — Sobrevoltaje de banco por maniobra**



**Datos:** C B2 66 kV, 3 etapas; 13:41:12,220 conmutación de Etapa 2 → 59U (delta abierta) alarma 2 s y luego trip; 59 fase normal; 51C normal; 51N en CT de neutro 0,8 A sostenido; indicador de fusible operado en celda 2 B.

**Lectura:** desequilibrio típico por elemento fuera; tensión de etapa dentro de banda; corriente total normal.

**Frase técnica:** "Banco C B2 66 kV (Etapa 2): desbalance por fusible abierto; 59U trip tras 2 s; 51N neutro = 0,8 A; 59 fase normal. Acción: aislar Etapa 2, patrullar y reponer fusible/elemento; prueba de aislamiento, luego reconectar y observar."



**Datos:** R SE Norte 220 kV; 21:05:33,040 arranque 51N con 2,6 A residual; 50N instantáneo no alcanzó; 51 fase moderada; 87N no operó (restricción alta por CT); 49 normal; despeje del reactor por 51N en 220 ms.

**Lectura:** corriente residual clara con magnitud sostenida; diferencial estable por contribuciones asimétricas/CT.

**Frase técnica:** "Reactor 220 kV: falta a tierra detectada por 51N (2,6 A, 220 ms); 87N sin operación (restricción); 49 normal. Coordinación conforme. Acción: retirar reactor, pruebas de aislamiento/inducción, inspección de bushings y puesta a tierra."



**Datos:** C SE Sur 110 kV; descarga de carga importante; 59 fase fase sube a 1,12 pu 400 ms; 59U no alerta; 51C sin aumento; trip 59 tras retardo.

**Lectura:** sobrevoltaje global sin desbalance → condición operativa por maniobra, no falla de elemento.

**Frase técnica:** "Banco C 110 kV: sobrevoltaje por maniobra (59 = 1,12 pu, 0,4 s); 59U sin alarma; 51C normal. Acción: aumentar retardo/histeresis de 59 si política lo permite, revisar secuencia de conmutación y etapas para mitigar picos."

### Checklist de 20 s (antes de dictar la frase):

01	02	03
¿Etapa y topología (doble Y, H, delta) identificadas?	¿Fue conmutación o condición de red?	Función que decidió (59, 51C, 51N/59U, 64/87N) y tiempos.
04	05	06
¿Unbalance (59U/59N/51N) o sobrevoltaje global (59)?	Fusibles/indicadores actuados.	¿Reactor: 51N y 87N coherentes?
07	Acción: aislar etapa, patrullar, ensayar, ajustar.	

### Comisionamiento — Checklist crítico

#### Bancos de Capacitores:

1. **Topología:** Confirmar configuración (doble Y aterrada, H, delta) y etapas.
2. **VT delta abierta:** Verificar relación/polaridad. Medir unbalance estable con banco desconectado (≈0).
3. **Setpoints y retardos:** Ajustar 59 (sobrevoltaje) con histeresis; 59U/59N en banda para detectar fusible abierto sin cazar transitorios de conmutación.
4. **CT de neutro (si aplica):** Revisar relación, burden y sensibilidad de 51N/50N.
5. **Fusibles:** Inspeccionar indicadores y repuestos. Probar señalización en HMI/SCADA.
6. **Secuencia de conmutación:** Verificar tiempos de pre-inserción (si existen) y orden de etapas. Confirmar picos de V e inrush aceptables.
7. **Pruebas funcionales:** Simular desbalance (ej. sacar un fusible controlado) para confirmar alarma/trip.
8. **Documentación:** Generar hoja de prueba con capturas de 59/59U/51C/51N y estados de etapa.



#### Reactores:

1. **CTs:** Verificar relación/clase, punto de rodilla, polaridades y burden. Cableado del CT de neutro (si aplica).
2. **51N/50N:** Ajustar pickups/tiempos con inyección. Probar no operación en condiciones normales.
3. **87/87N (si existe):** Evaluar balance, pendientes/restricción y estabilidad ante fallas externas (replay/simulación).
4. **49 térmica:** Calibrar sensores y curvas. Probar alarmas/trips y verificar ventilación/temperatura base.
5. **Puesta a tierra:** Inspeccionar bastidor y conexiones, incluyendo bushings.
6. **Prueba de energización:** Registrar inrush esperado (duración/forma). Verificar que 51/59 no operen por transitorios.
7. **Documentación:** Crear hoja de prueba con valores de 51N/87N/49 y registros de energización.

### Síntomas típicos en comisionamiento → diagnóstico → corrección:

- **59U dispara al conmutar:** Umbral/ganancia sensibles o retardo corto. **Corrección:** Subir retardo/histeresis y validar VT delta abierta.
- **51N 'respira' sin falla:** CT neutro mal cableado o fuga de referencia. **Corrección:** Corregir cableado/shielding; revisar filtros.
- **Ferro resonancia sospechada:** 59 y 59U oscilan con VT delta abierta. **Corrección:** Revisar topología (alimentadores abiertos + banco), secuencia y, si aplica, resistencias de damping.
- **49 térmica muy reactiva:** Curva mal elegida o sensor fuera de rango. **Corrección:** Recalibrar y verificar ventilación.

#### Errores frecuentes que evitaremos:

"Confundir desbalance con sobrevoltaje global; reinstalar un banco con fusible aún abierto; culpar a 87N cuando 51N ya dio evidencia sólida; no etiquetar etapa exacta; ignorar la secuencia de conmutación y el contexto de red."

### Plantilla de Reporte 1 página — Shunt (para copiar/pegar):

[Equipo y tensión] — [Etapa/Devanado] — [Fecha/Hora] — [Modo de operación]

Titular (1 línea): [desbalance/sobrevoltaje/falta a tierra/condición operativa] en [fase(s)/neutro/etapa]; función decisora [59/51C/51N/59U/64/87N] [trip/alarma] en \_ ms; veredicto de coordinación [conforme/revisar].

Evidencia objetiva: 59 = \_ pu/ \_ ms; 59U/59N = \_ % / \_ ms; 51C = \_ A / \_ s; 51N/50N = \_ A / \_ ms; 87/87N [estado]; 49 [°C/estado]; estado de conmutación (etapas ON/OFF, secuencia) y señales (fusible operado, indicadores).

Diagnóstico: [desbalance por fusible/elemento, sobrevoltaje por maniobra, ferro resonancia, falta a tierra, etc.] y por qué (datos).

Acción ejecutada: [aislar etapa, patrullar celda, reponer fusible, ajustar setpoint/retardo, retirar reactor].

Plan 24–72 h: [ensayos de aislamiento, revisión VT delta abierta, CT de neutro, trending de V/Temperatura, prueba de secuencia].

Trazas: oscilografías/COMTRADE, logs, fotos de fusibles.

**Cierre:** "Con el 1 página y el checklist de comisionamiento, dejas bancos y reactores bien defendidos: ni disparan por transitorios, ni dejan pasar fallas reales. A partir de aquí, cada evento shunt termina en un reporte claro y acciones trazables."