

INTERNAL

HITACHI
Inspire the Next

Protección de Voltaje Transitorio – TVP™ para asegura la confiabilidad en transformadores de distribución

2021-11-17

© Hitachi ABB Power Grids 2020. All rights reserved

 **Hitachi Energy**

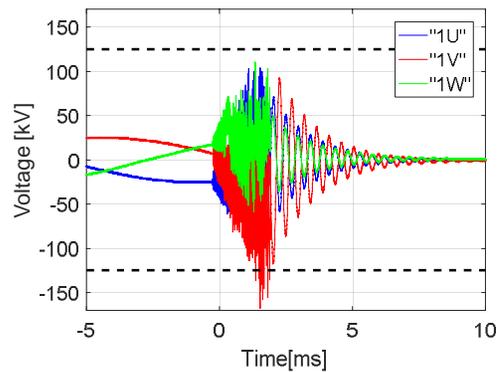
Confiabilidad máxima

Transient Voltage Protection™ (TVP™) para transformadores de distribución

Lo que se sabía ...



Los Circuit breakers en Vacío (VCB's) tienen increíbles capacidades de extinción de arco que brindan mayor seguridad y eficiencia a los sistemas eléctricos



Sin embargo, la conmutación de los VCB (SF6) puede producir sobretensiones transitorias rápidas dentro de los devanados del transformador; algunos conducen a fallas

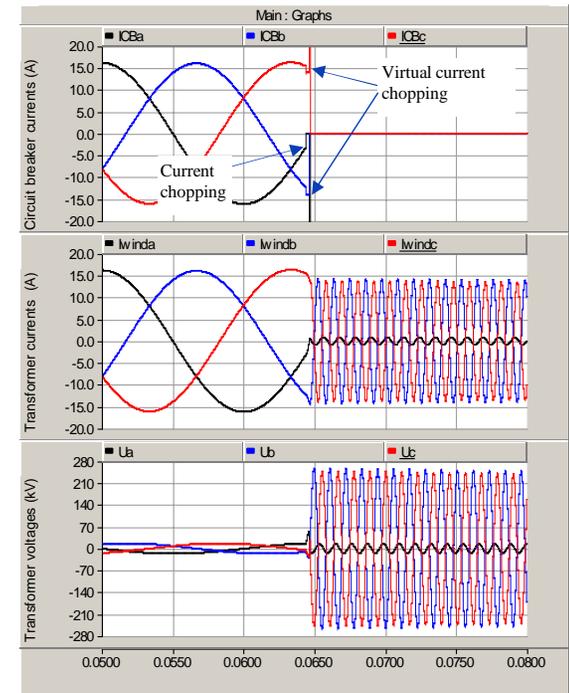
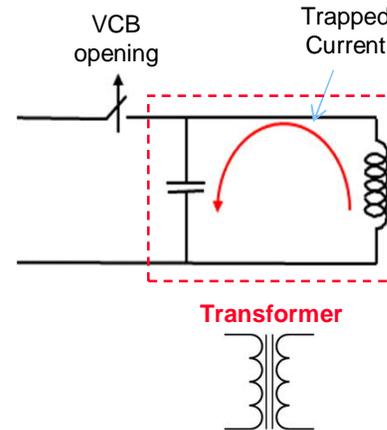


Estas fallas dan como resultado tiempo de inactividad del sistema y equipos irreparables; ambos increíblemente costosos para los administradores de red

Entendiendo el problema

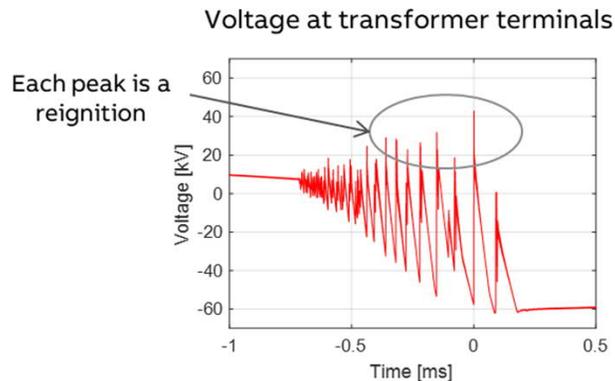
Corrientes atrapadas; corte de corriente virtual

- Todos los circuit breakers interrumpen la corriente un poco antes de un cruce por cero de corriente natural. A medida que se corta la corriente, la energía magnética quedará atrapada en las inductancias del lado de carga del circuit breakers.
- Una corriente atrapada inducida circulará entre las capacitancias e inductancias del transformador; causando una sobretensión en el interruptor que puede causar un reencendido
- Este reencendido enviará corrientes de frecuencia rápida a través de los otros dos polos del interruptor, extinguendo los arcos restantes (corte de corriente virtual)
- El corte de corriente virtual puede ocurrir cerca de la corriente máxima del sistema debido a la capacidad de un VCB para interrumpir altas frecuencias



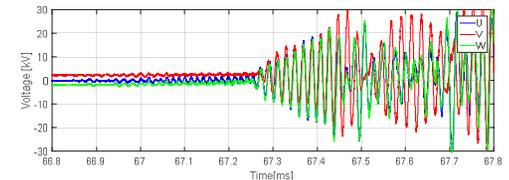
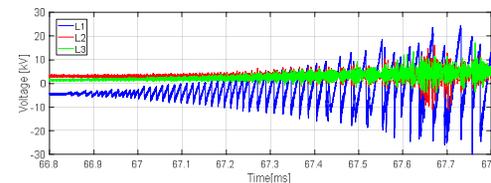
Comprensión del problema: dos tipos de estrés de tensión

Peak de voltaje debido a aperturas previas o repetidas en el interruptor



- Ocurre cuando el voltaje potencial a través de los polos del circuit breaker todavía es lo suficientemente alto como para causar una chispa en los terminales.
- Posibilidad de que ocurra durante cada evento de conmutación con corriente
- El tiempo de subida (Dt) es inferior a $0,1 \mu s$ y la velocidad de subida equivale a $600 \text{ kV} / \mu s$; 10 veces más rápido que la onda de impulso y ocurre más de 30 veces en $\sim 0.5 \text{ ms}$

Aumento de voltaje debido a la amplificación de resonancia

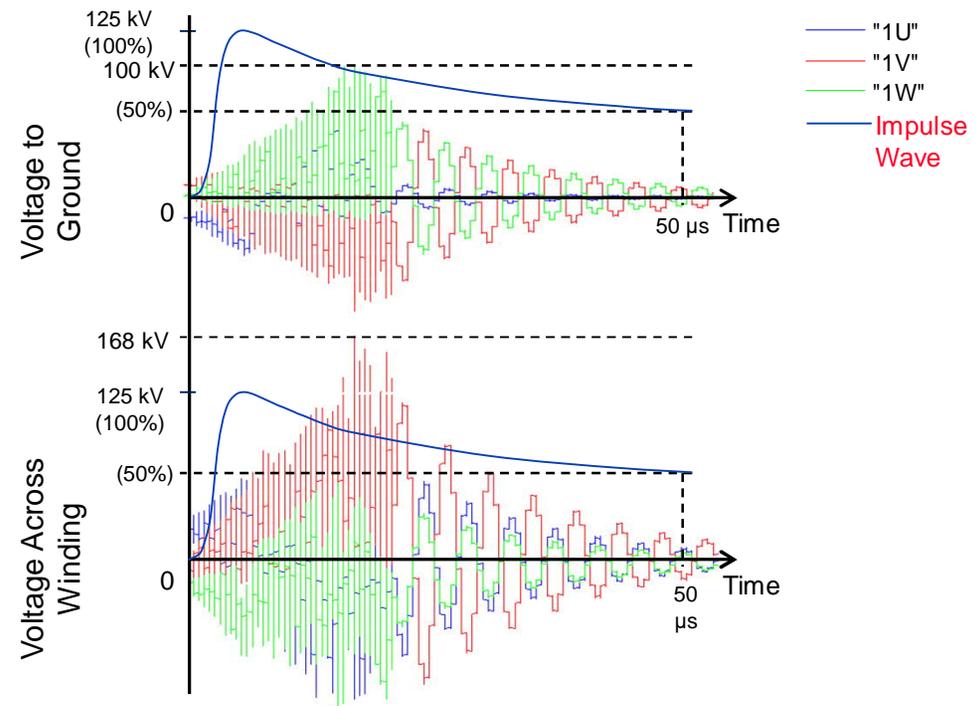


- Causado por una resonancia entre la inductancia de cortocircuito del transformador y las capacitancias del cable en el lado de carga del interruptor
- Depende en gran medida de las características del sistema.
- Caso menos capturado durante las pruebas de laboratorio

Enfoque tradicional: impulso tipo rayo frente a conmutación transitoria

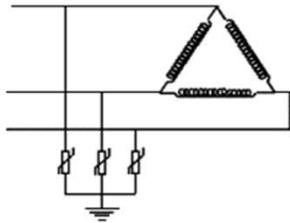
Diferencias principales

- La onda de impulso viaja hacia el devanado; Conmutación transitoria es producida dentro del devanado
- Diferentes amplitudes
- La conmutación tiene tiempos de subida mucho más rápidos
- Sobretensiones simples frente a múltiples por conmutación
- Estreses en diferentes partes del devanado.



Soluciones tradicionales: protección insuficiente

Pararrayos



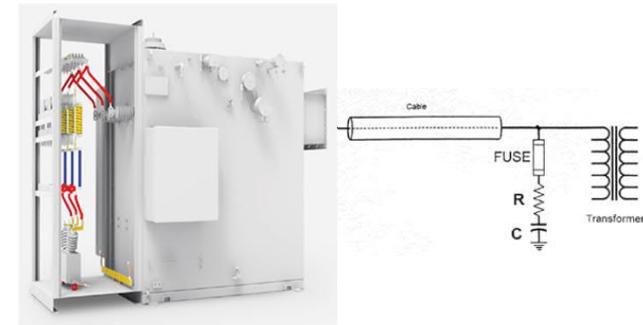
- Protege de las sobretensiones de la línea entrante, pero no de los transitorios rápidos generados dentro de los devanados
- No hay suficiente protección para todos los casos.

Transformadores “Reforzados”



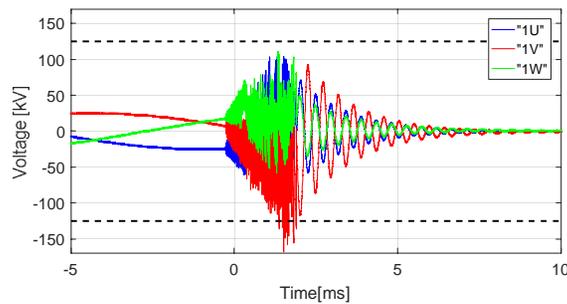
- Mayor capacitancia en el extremo de la línea, pero aún es susceptible en ciertas configuraciones del sistema.
- No limita las sobretensiones ni protege de la resonancia

Circuitos amortiguadores RC



- Aumenta el tamaño del transformador y puede costar más de 20 kUSD
- Única solución actual sin casos de fallas de campo conocidos

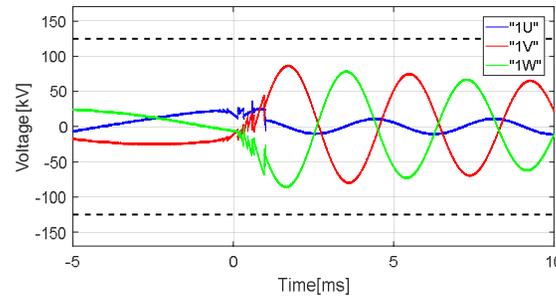
Sin protección



- Delta primary, dry-type transformer
- 168 kV peak voltages

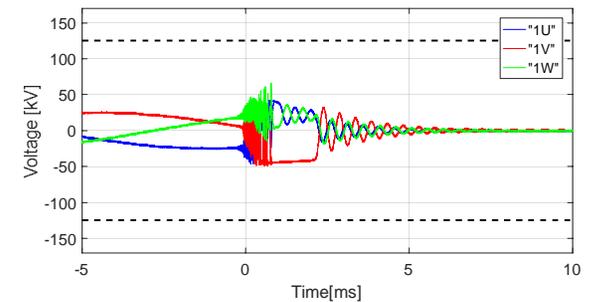
— — — BIL of test transformer

Circuitos amortiguadores RC



- Delta primary, dry-type transformer
- 250 Hz oscillation,
85 kV peak amplitude

Varistores en el bobinado



- Delta primary, dry-type transformer
- 40 – 45 kV (hf transients
up to \approx 65 kV)

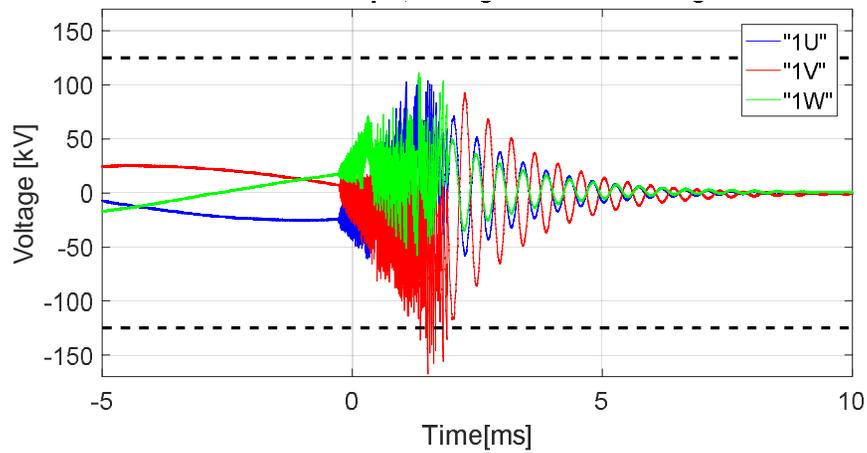
Transformadores de distribución con varistores en el bobinado

¿Cómo funcionan los varistores en el bobinado?

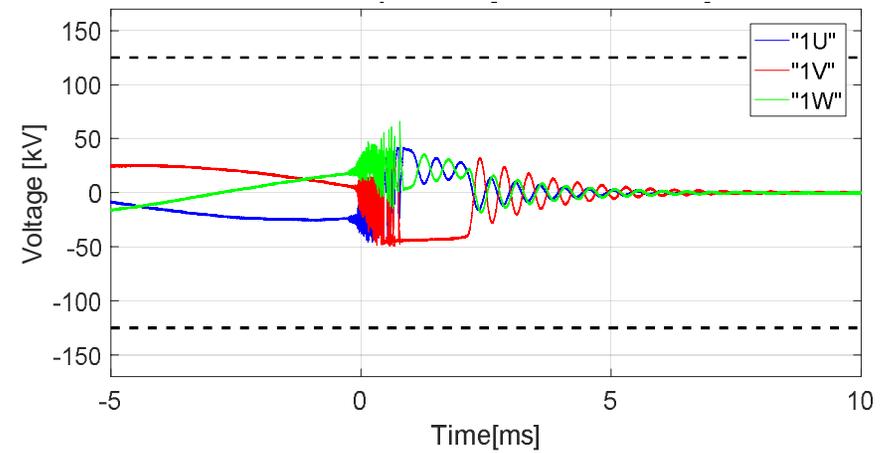
- Los varistores están estratégicamente integrados en los devanados del transformador para mejorar la tecnología de la bobina.
- Los varistores actúan como una válvula de alivio de presión, evitando que las sobretensiones dentro de la bobina crezcan más allá de los niveles conocidos.
- Su ubicación protege tanto de reencendido como de amplificación armónica durante eventos de conmutación.
- Esta solución funciona **en TODAS las configuraciones del sistema porque controla y previene el aumento de voltaje**



Sin protección

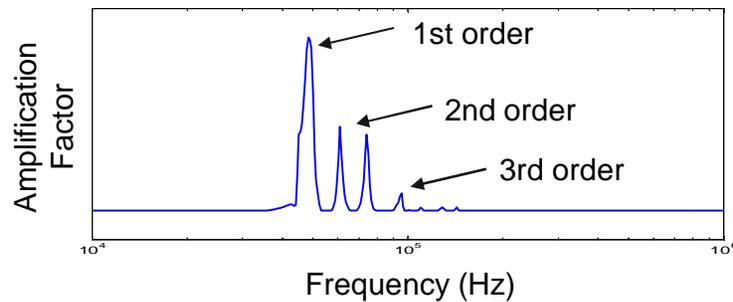


Varistores en el bobinado



La disposición del varistor muestra una clara reducción en los voltajes máximos y el número de reiniciaciones

Análisis de respuesta de frecuencia de bobinado sin varistores

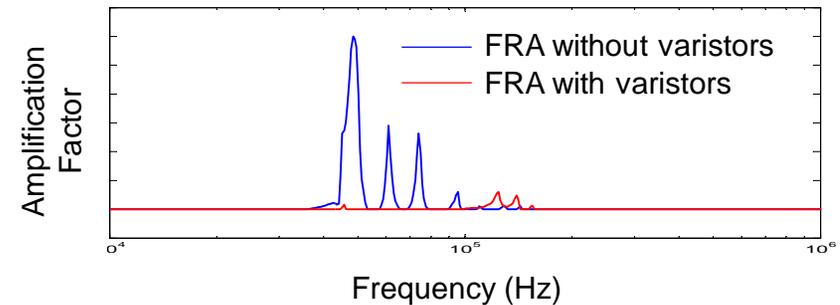


Muestra claramente frecuencias naturales de primer, segundo y tercer orden

El tercer orden es mínimo y no amenazante.

La amplificación de voltaje puede ocurrir en cada frecuencia natural durante la resonancia armónica (amplificación de hasta 10x)

Análisis de respuesta de frecuencia de bobinado con varistores



Muestra la eliminación de frecuencias naturales de primer y segundo orden.

El tercer orden permanece, pero es menos de un multiplicador de 1x para el voltaje de entrada

Los varistores en el bobinado eliminan las frecuencias naturales más peligrosas

Protección contra Sobretensiones (Tipo Rayo) TVP – (Transient Voltage Protection)

HITACHI ABB



Lanzado 2016 - transformador seco
Más de 1500 unidades instaladas, sin fallas

Lanzado 2021 – transformador en aceite



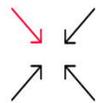
Reducción de Costos

- Protege de fallas durante conmutaciones del sistema
 - Elimina el riesgo de altos costos por interrupciones no planificadas
- Protege otros equipamientos magnéticos (motores, TC's, TP's, etc.)



Reducción de tiempo

- No requiere estudios del sistema (~ +6 semanas y +5kUSD)
- Los varistores son libres de mantenimiento



Reducción de espacio

- La protección no afecta el *footprint* del transformador
- Transformador seco no requiere protección contra incendio ni caja de contención de aceite



Condiciones ambientales

- Aumenta la confiabilidad del sistema frente a transitorios
- Mitiga la reducción de la rigidez del aire con un equipo de protección con potencial de reducir riesgos
- Un equipo para combatir el efecto de rayos en sitios de alto nivel cerámico

Transformadores con Transient Voltage Protection™ (TVP™)

HITACHI
Inspire the Next

Cuando es absolutamente necesario que funcione ...

Tecnología clave: varistores conectados a puntos medios de bobinado
Elimina fallas durante la conmutación
Elimina la necesidad de estudios del sistema.
Patente otorgada, protección global

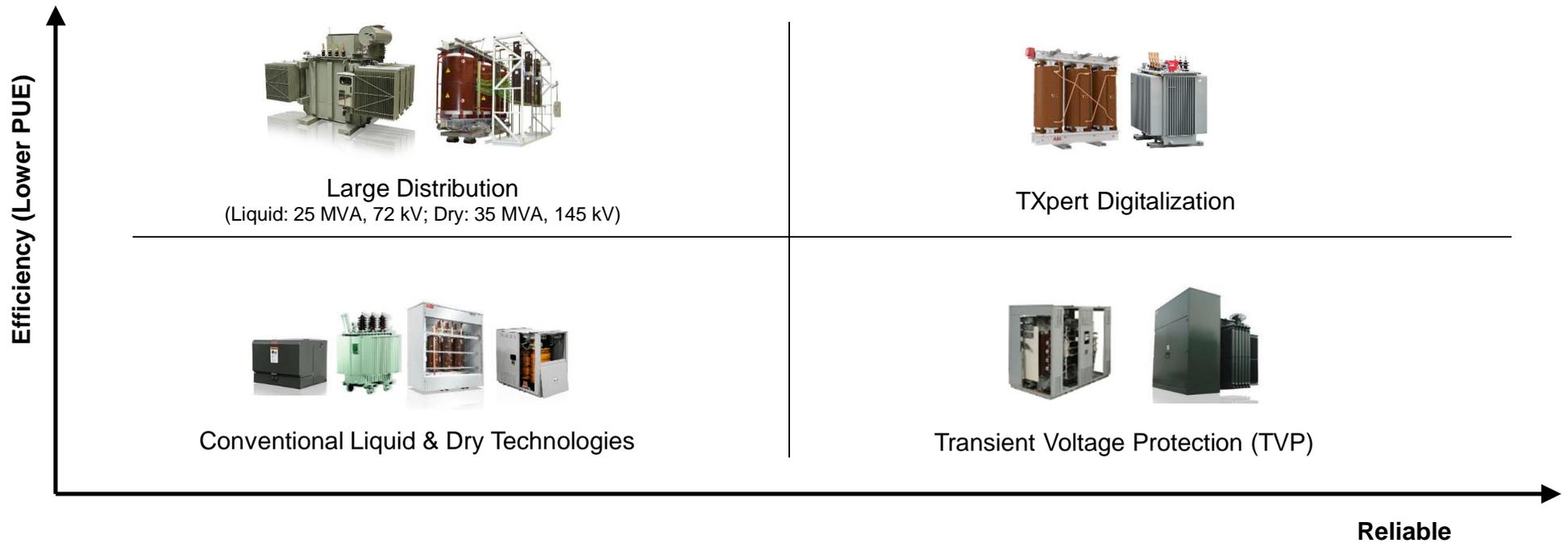
Adopción en el mercado:

más de 1400 unidades instaladas desde su lanzamiento en 2016

Instalaciones en todas las regiones del mundo.

Los centros de datos de hiperscala han estandarizado el TVP a nivel mundial







HITACHI
Inspire the Next 