

CONTENIDO

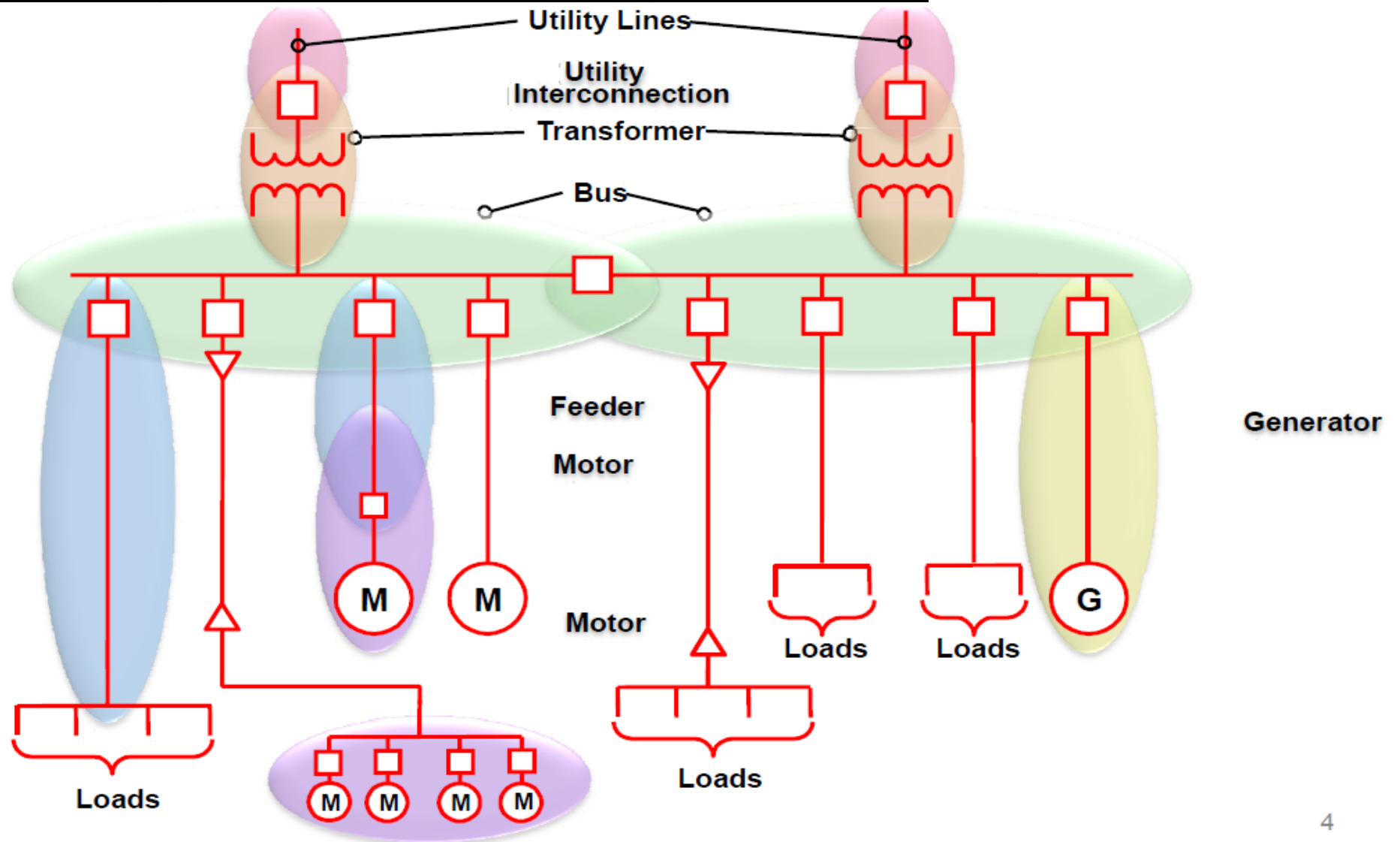
Esta presentación cubrirá los siguientes temas:

- Análisis de registros capturados de DFRs y relés en diferentes lugares incluyendo generación, transmisión, distribución y sistemas industriales.
- Ventajas de la tecnología de software como herramienta para el análisis de registros perturbaciones utilizando formas de onda, fasores, componentes simétricas, espectro armónico, Plano de impedancia R-X., plano diferencial del relé y otros.

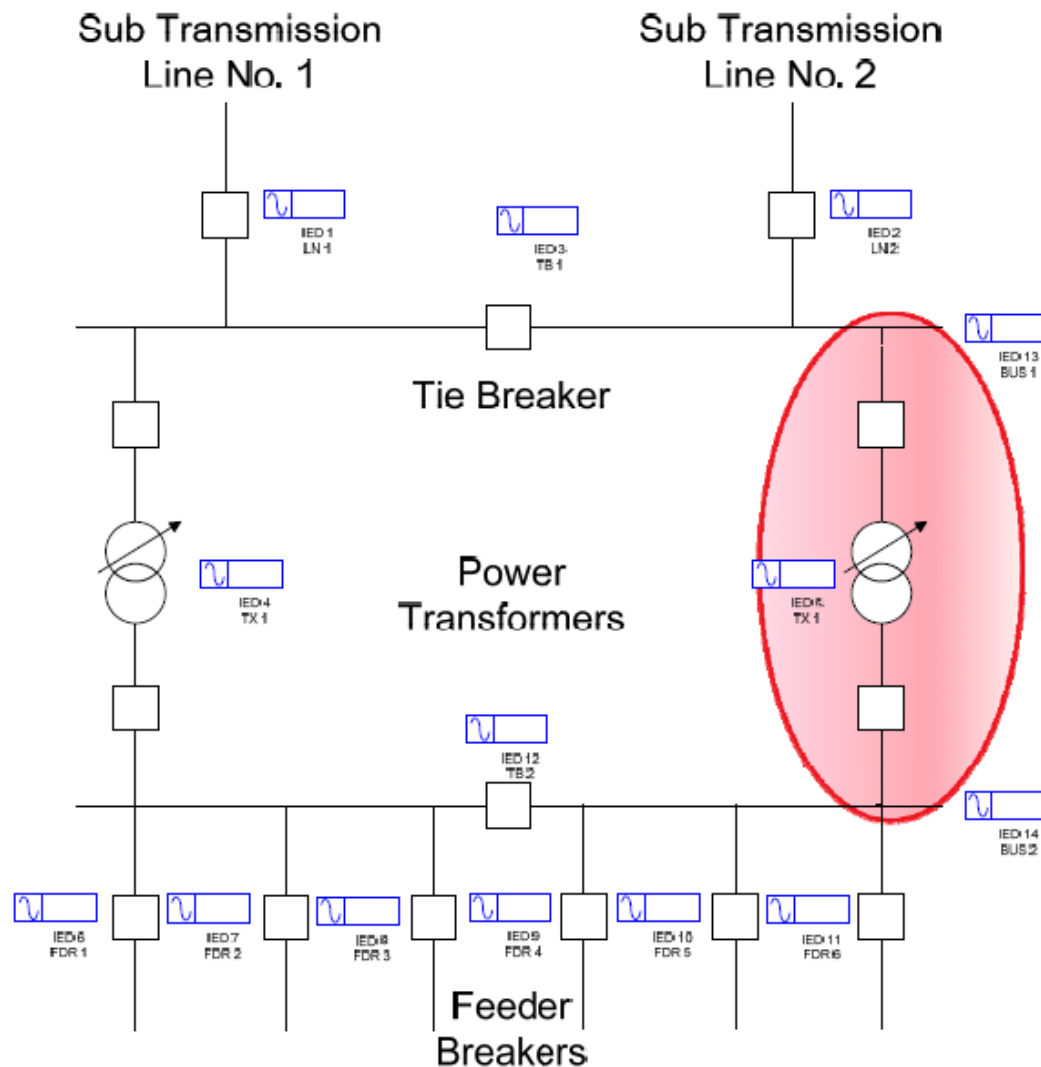
INTRODUCCIÓN

- Registradores digitales de fallas (DFR) y relés basados en microprocesadores ofrecen capacidades de grabación en forma de ondas y secuencias de eventos
- Las principales diferencias son:
 - Frecuencia de muestreo
 - Poder de procesamiento
 - Tipo de registro que pueden capturar.
 - Longitudes de registros.
 - Posibilidad de grabar respuesta de sistemas amplios.
- Es importante conocer las características que ambos, DFR y los relés, ofrecen y determinar cuál ofrece la mejor Información para el análisis de eventos.

Zonas de protección cubiertas por los relés



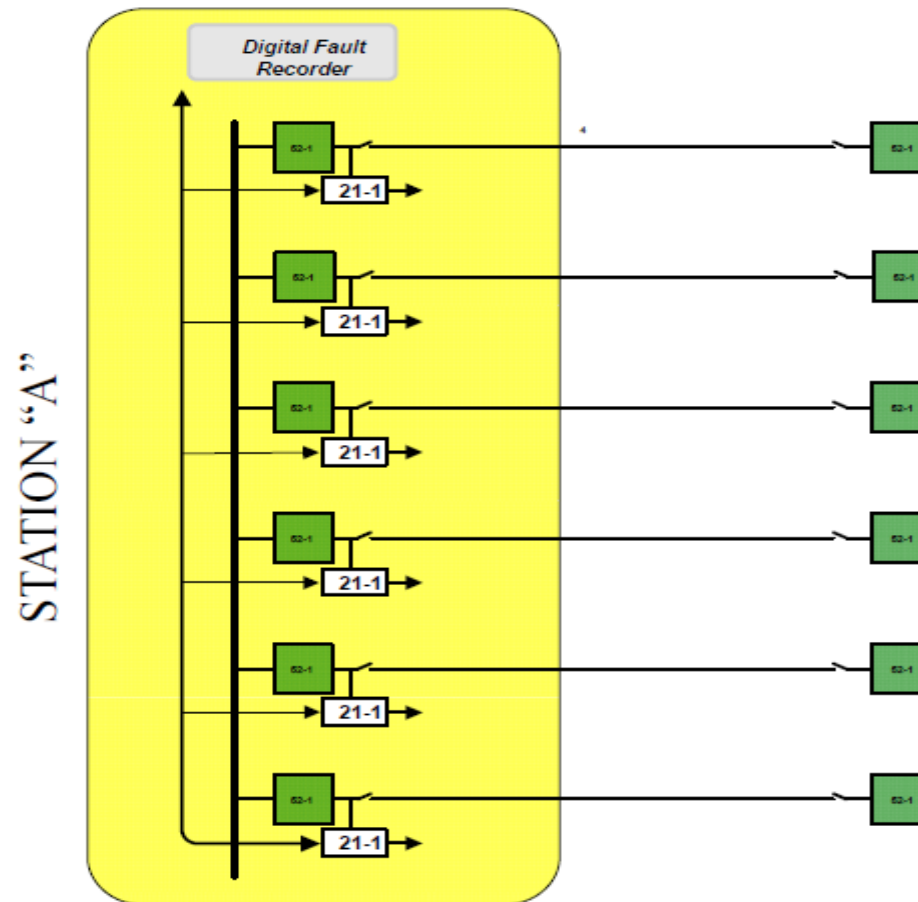
IEDs de Transformadores



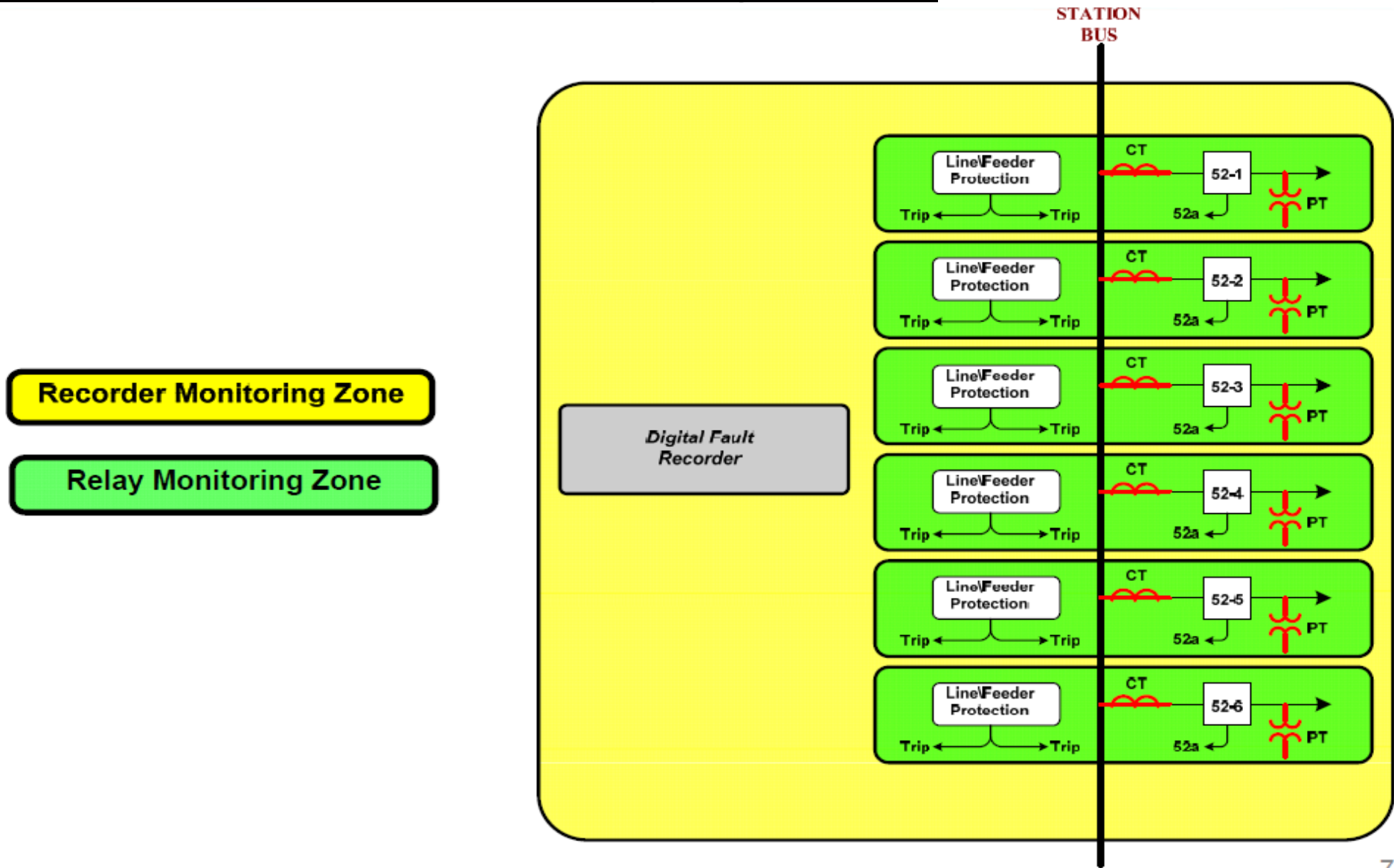
- Information requested by the Control Center Computer via communication channels - Automatically:
 - Metering
 - Alarm Status
 - Breaker Status
 - Commands to Operate Breakers
 - Tap Changer Position
 - Lockout Status
- Information requested from Engineering or Maintenance - By authorized personnel on demand:
 - Protection & Control Status
 - Oscillography Files
 - Sequence of Event Reports
 - Access to view or change setpoints
- New Requirements as a result of IEC61850:
 - Peer to Peer Messages (GOOSE)
 - Direct I/O or Mirrored Bits
 - Transfer Trips

Sistema de Registro Moderno

- El Registrado Digital de fallas monitorea todo el conjunto estación - muchos elementos de potencia
- Los relés protegen y registran un elemento de potencia



Cobertura de la zona de relé y registrador



Propósito del Registro de Fallas

- Enfoque principal:
 - Registro de eventos del sistema.
 - Monitoreo del funcionamiento del sistema de protección.

Registradores del Sistema de Potencia - Transitorios rápidos

- Capaces de grabar eventos rápidos del sistema, generalmente de corta duración y rápidos.
- Muy útil para grabar eventos que se producen en cascada y en múltiples elementos del sistema o fallas que se caracterizan por permanecer en el sistema más tiempo que lo normal, y que requieren registros del transitorio más largo.
- Estos tipos de registros permiten al analista recopilar información tales como el tiempo y magnitudes de tensión y corriente, para buscar posibles problemas.

Registro de perturbaciones u Oscilaciones

- Ayuda para determinar qué tan bien está diseñado el sistema
- Se utiliza para capturar:
 - Oscilaciones de potencia en líneas de transmisión.
 - Variaciones de carga causadas por fluctuaciones de tensión y frecuencia
 - Cambios transitorios de ángulo de fase.
 - Fluctuaciones de frecuencia.
- Se muestrean a frecuencias muy lentas en comparación con las frecuencia de muestreo para transitorios

- Los DFR tienen registro de oscilaciones como parte de su diseño y pueden capturar registros increíblemente largos.

Propósito del Registro de Fallas

- Grabación de eventos del sistema de potencia.
 - ✓ Fallas en el sistema de energía incluyendo el tiempo de falla.
 - ✓ Alteraciones o columpios del sistema eléctrico.
 - ✓ Comportamiento anormal de transformadores de medición.
 - Saturación de TC
 - DC offset (inductancia del sistema)

- Respuesta de los CCVT
- Re-encendido de Interruptores
- Ferrorresonancia

Propósito del Registro de Fallas

- Monitoreo del funcionamiento del sistema de protección.
 - ✓ Falla de un relé para operar correctamente
 - ✓ Disparo incorrecto para fallas externas.
 - ✓ Determinación del retardo óptimo de recierre de línea.

- ✓ Falla de los dispositivos de interrupción de fallas.

Propósito del Registro de fallas

- Determinar la desviación de los valores reales de falla vs. valores calculados obtenidos por simulación para verificar posibles inconsistencias
- Medir magnitudes de componentes simétricas durante estado estable y condiciones de falla para afinar los ajustes de los relés

- Algunas condiciones requieren registros más largos para capturar el desarrollo temprano del eventos y son mejor manejados por los DFRs debido a sus capacidades de longitud de registro.

Ventajas de los registradores de fallas

- Monitoreo independiente con capacidades de disparo.
- No filtrar señales analógicas
- Más capacidad de memoria, permitiendo registros más largos
- Frecuencias de muestreo más rápidas
- Respuesta de frecuencia más amplia
- Más opciones de activación
- Monitorear muchos componentes del sistema de energía simultáneamente

- Se utiliza para controlar problemas de calidad de energía
- Útil en el estudio de problemas asociados con la irrupción actual
- Ofrecen un amplio espectro de respuestas del sistema durante fallas

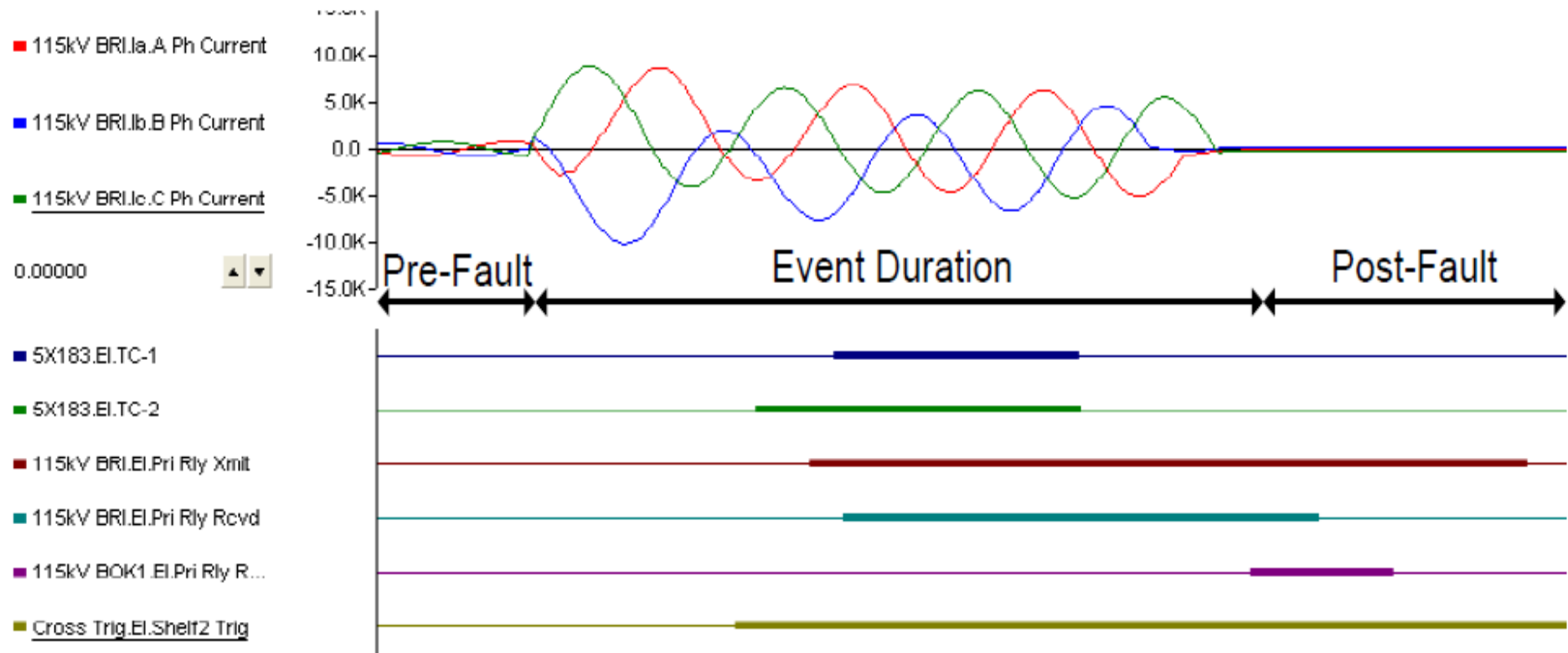


Componentes de la oscilografía

- Largo de Registro
 - Registros transitorios
 - Diseñado para capturar eventos muy rápidos.
 - La caída de rayos
 - Fallas
 - Eventos de maniobras
- Corta vida

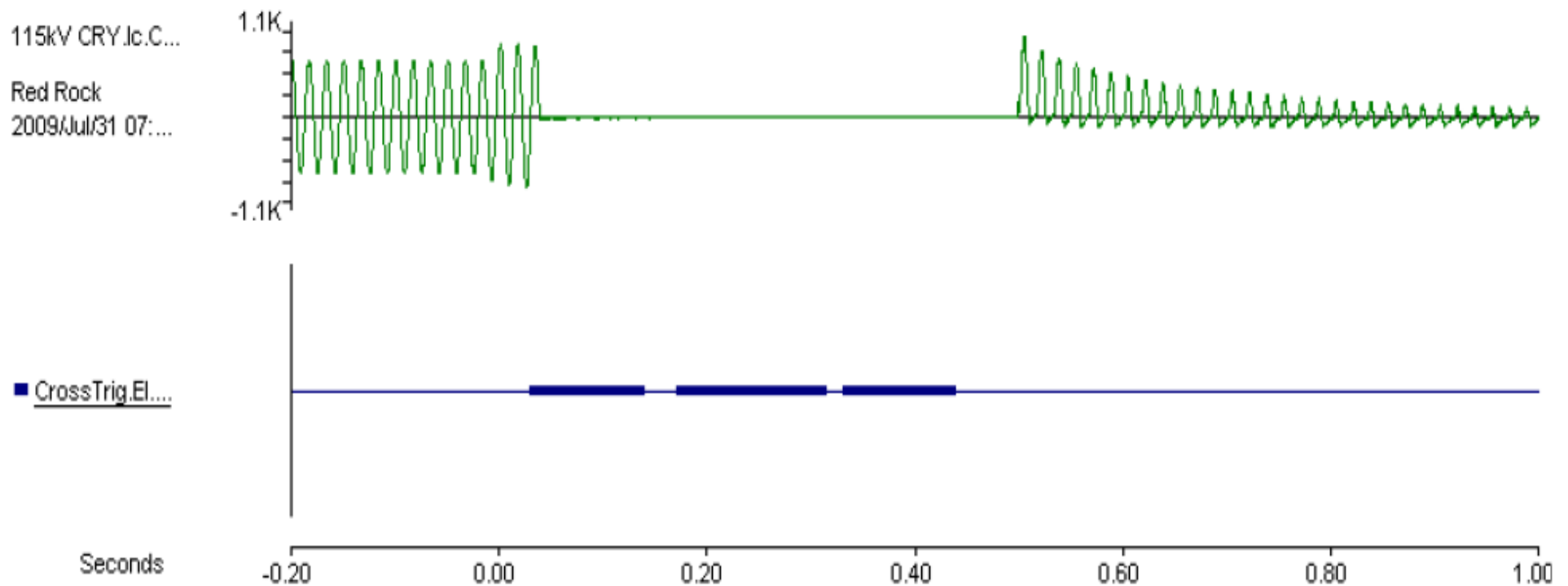
Transient Records	Pre-Trigger Time (Cycles)	Post-Trigger Time (Cycles)
Microprocessor Relays	10	120
Digital Fault Recorders	60	1800 (30 sec)

Características de un registro oscilográfico

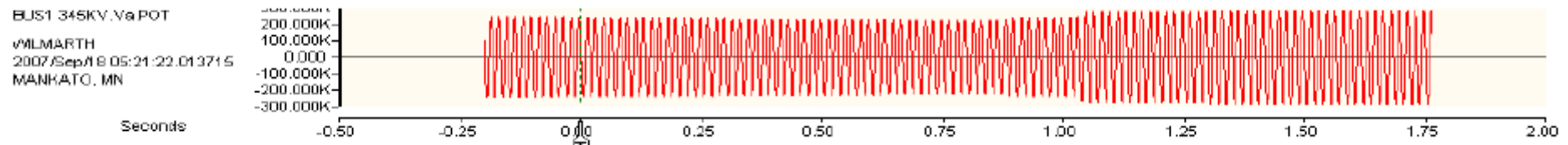


Evento de Recierre

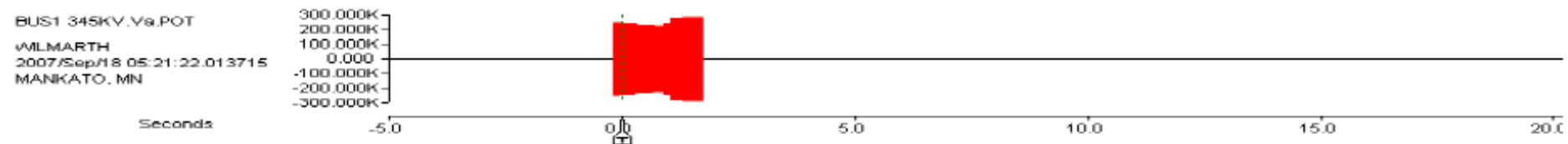
Registros Largos en DFRs y relés microprocesados son ventajosos para capturar y comprobar eventos de recierre.



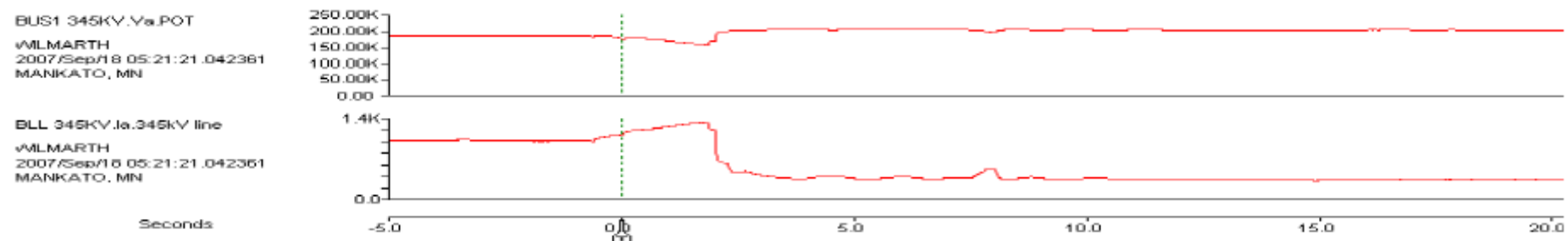
Registros de DFRs de Transitorios y Oscilaciones



Transient record for Va Phase sample at very fast rates on a time scale of only 2.5 seconds



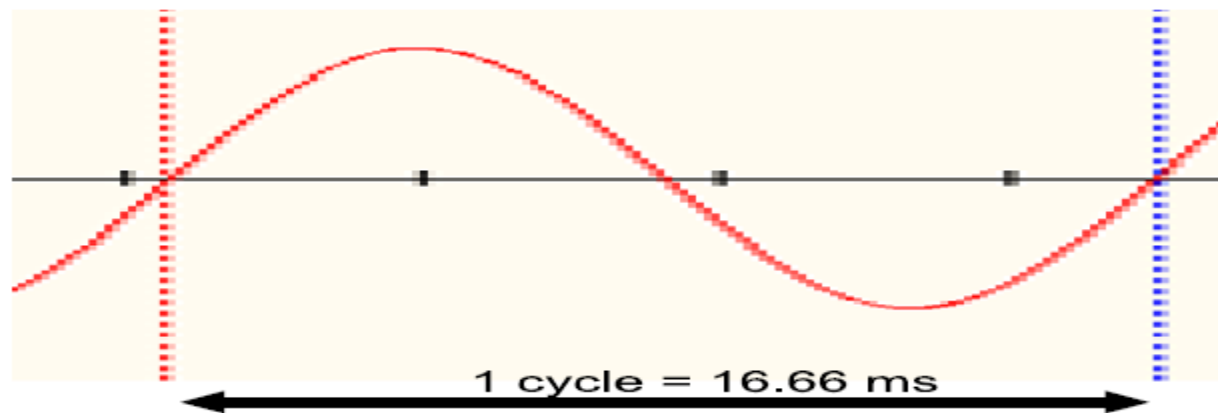
Transient record for Va Phase sample at very fast rates on a larger time scale of 20 sec



Voltage and current RMS values sampled at 1 sample per cycle

Ventanas de tiempo

- Trabajar con información oscilográfica suele requerir analizar ventanas de tiempo que podrían estar en forma de ciclos, microsegundos, milisegundos, segundos, minutos, o a veces en horas y días
- Cada ventana de tiempo se utiliza diferentemente durante un análisis, y es usualmente una función de la aplicación
- Durante el análisis de fallas, los ciclos eléctricos son las ventanas de tiempo mayormente utilizadas.



Ventana de tiempo

Time Period	Event	Application
Microseconds	Switching Surges	Breaker Restrikes
Milliseconds	Harmonics	Variable Frequency Drives
Cycles	Faults	Relays
Seconds	Load Flow Changes	Governor, Exciter Response
Minutes	System Stability	Power Swings
Hours	Load Variations	Generation Schedules
Days	Continuous Data Recording CDR	NERC Requirements

Valores RMS de la fundamental vs. valores reales RMS

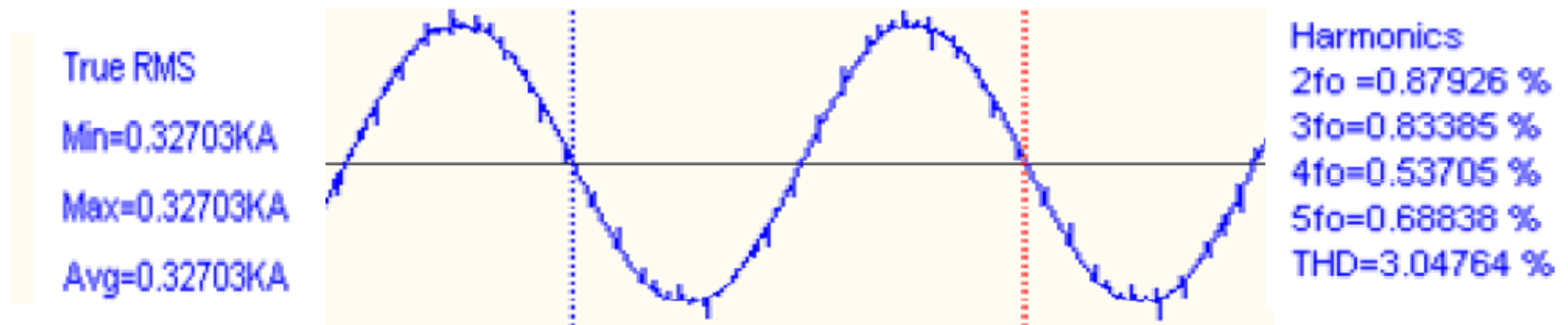
- El análisis de las formas de onda a veces involucra analizar corrientes y tensiones basadas en los valores RMS verdaderos o fundamental.
- Comprender los conceptos, las diferencias y las aplicaciones. de estas dos magnitudes RMS puede ayudar a explicar el comportamiento de relés de protección.

RMS verdadero

- El verdadero RMS se puede definir simplemente como los valores medición RMS de las formas de onda que contienen todos las componentes armónica sumadas en la forma de onda
- El número de armónicos disponibles depende de frecuencia de muestreo del relé o DFR
- Si cada valor RMS armónico individual está disponible, el total el verdadero valor RMS total se puede obtener usando la siguiente ecuación:

$$I_{rms} = \sqrt{(I_{1rms})^2 + (I_{2rms})^2 + \dots + (I_{nrms})^2}$$

Valor RMS verdadero de la forma de onda incluyendo contenido de armónicas



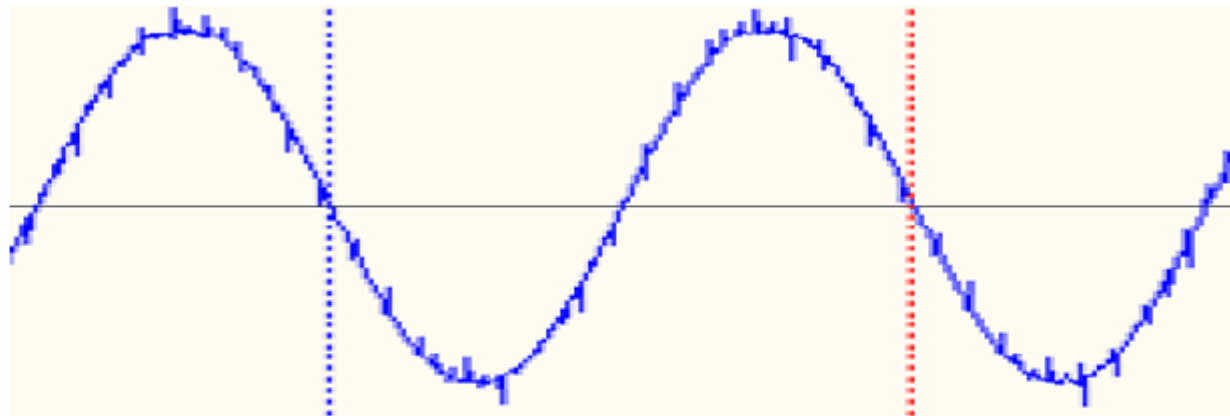
RMS fundamental

- La frecuencia del sistema de alimentación es de 60Hz, ya que esta es la frecuencia a la cual la tensión y la corriente son generadas
- Debido a la existencia de cargas no lineales, se inyectan armónicos en el sistema de potencia
- Las señales de tensión y corriente medidas por la protección y el equipo de registro incluyen este contenido armónico.
- Con la nueva tecnología de microprocesador, es posible extraer la forma de onda de frecuencia fundamental
- La forma de onda RMS fundamental se basa únicamente en la frecuencia fundamental de 60 Hz o 50Hz.
- Los relés microprocesados operan con la forma de onda RMS fundamental.

Valores RMS fundamentales

RMS (60Hz)
Min=0.32668kA
Max=0.32668kA
Avg=0.32668kA

Fundamental RMS
Values



Original Waveform

Frecuencia de muestreo

- Los relés de microprocesador y los DFR miden señales continuas de corriente y tensión del sistema de potencia y las convierten luego en señales de tiempo discretas a través de un proceso llamado muestreo.
- La frecuencia de muestreo de los datos capturados afecta la precisión de la forma de onda que se replica y la armónica más alta que se puede obtener.
- La siguiente tabla muestra la frecuencia de muestreo, rangos de frecuencia de muestreo, y el armónico más alto para un DFR típico.

Frecuencias de muestreo

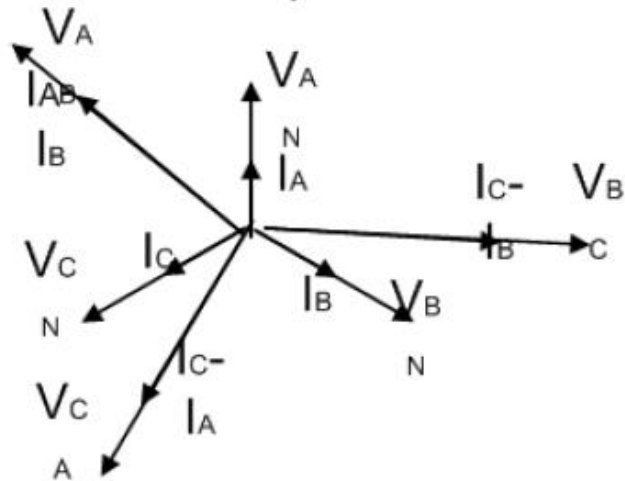
Sample per cycle	Sample Frequency (60 Hz)	Highest Harmonic
32	1920	8
64	3840	16
96	5760	25
128	7680	33
256	15360	66
384	23040	100

Tipos de fallas

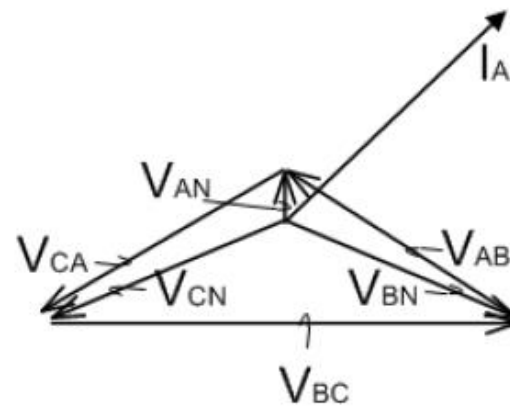
Type of Fault	Symbol	Type
Single Line-to-Ground	SLG	Unsymmetrical
Line-to-Line	LL	Unsymmetrical
Double Line-to-ground	LLG	Unsymmetrical
Three Phase	3P	Symmetrical

Tipos de fallas

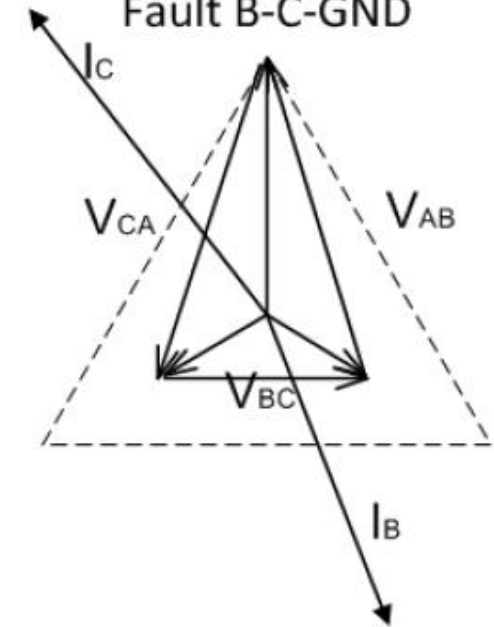
Open System of Phasor
Balance System



Phase to Ground Fault
A-GND

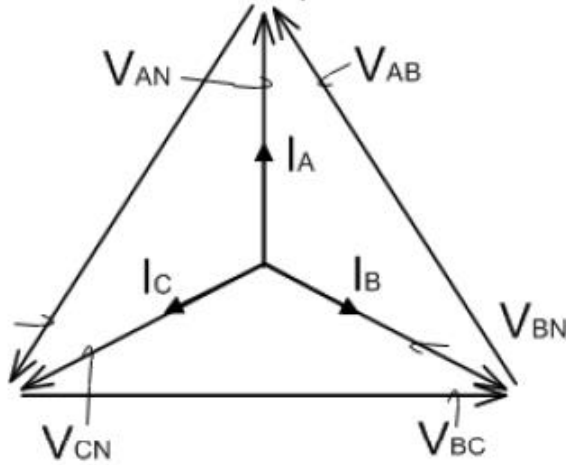


Phase-to-Phase-Ground
Fault B-C-GND

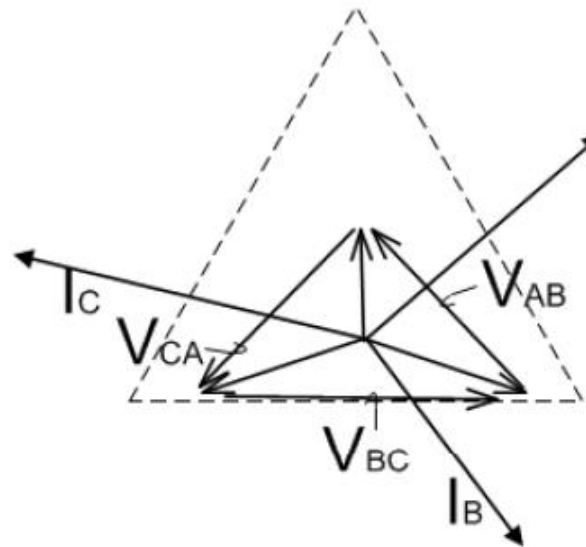


Tipos de fallas

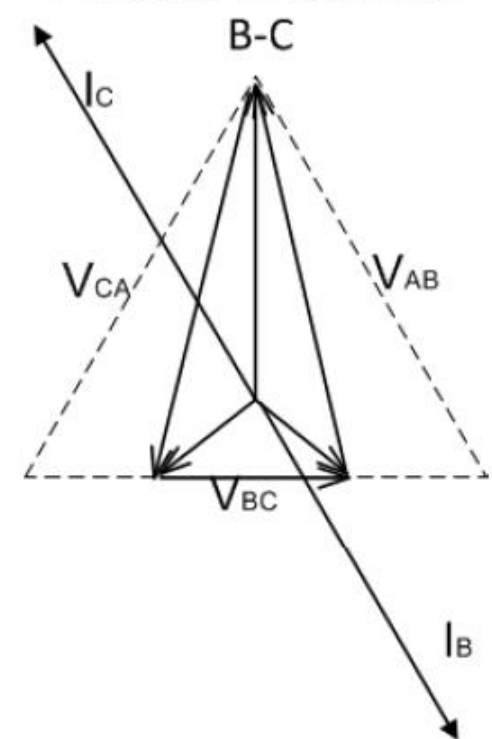
Close System of Phasor
Balance System



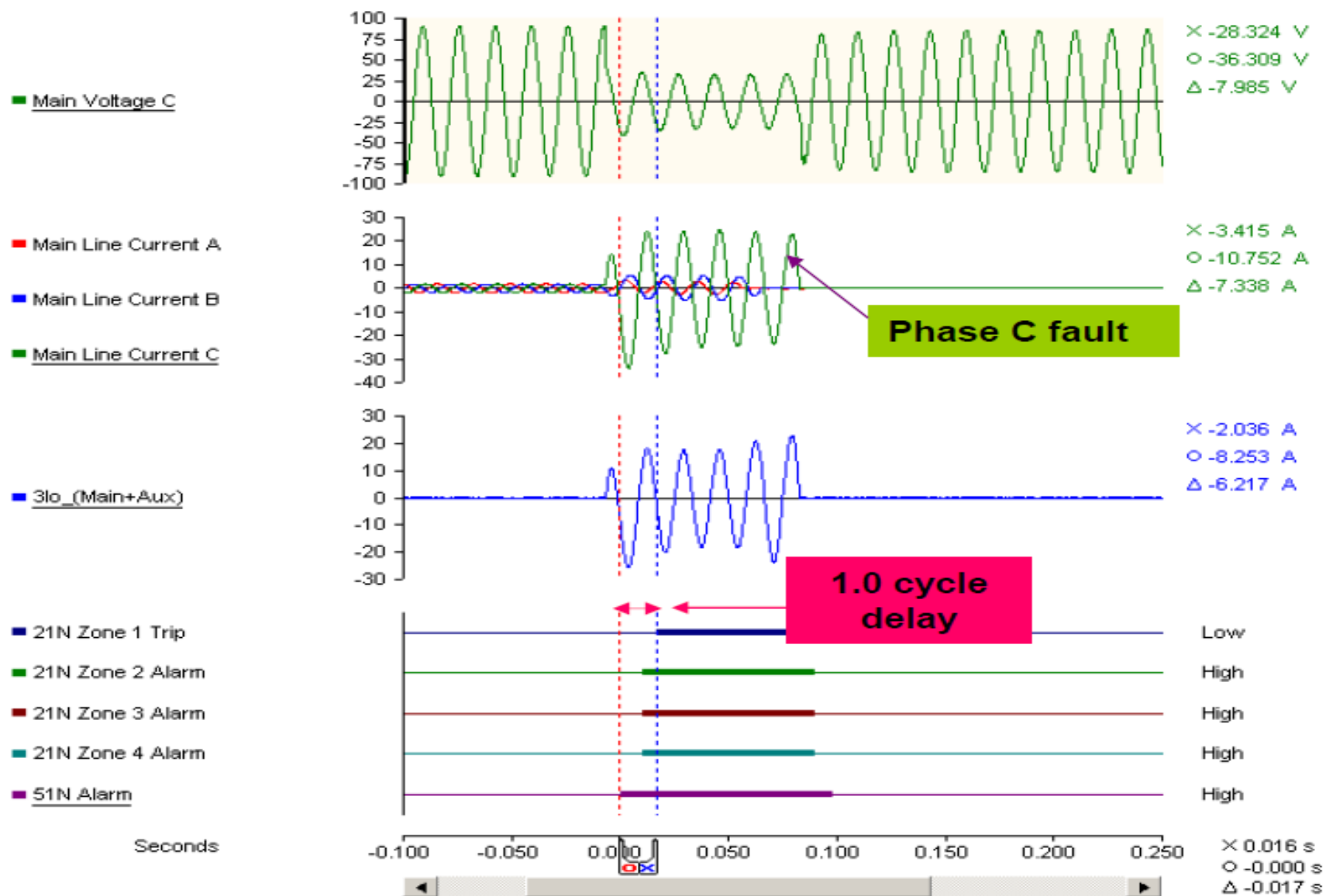
Three Phase Fault
A-B-C



Phase to Phase Fault
B-C

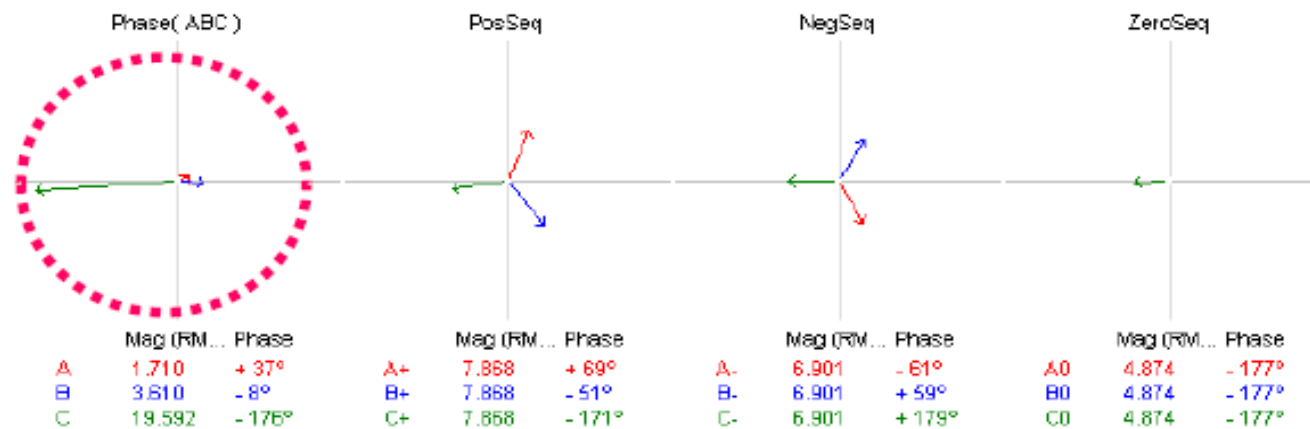
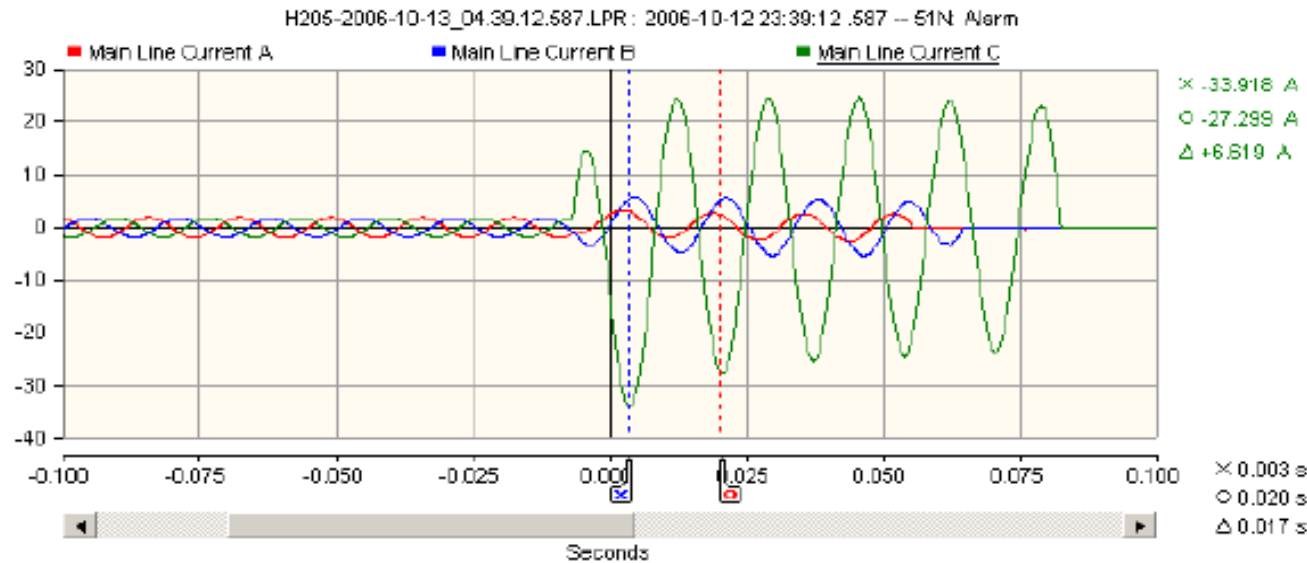


Monofásica a tierra (Φ -g)



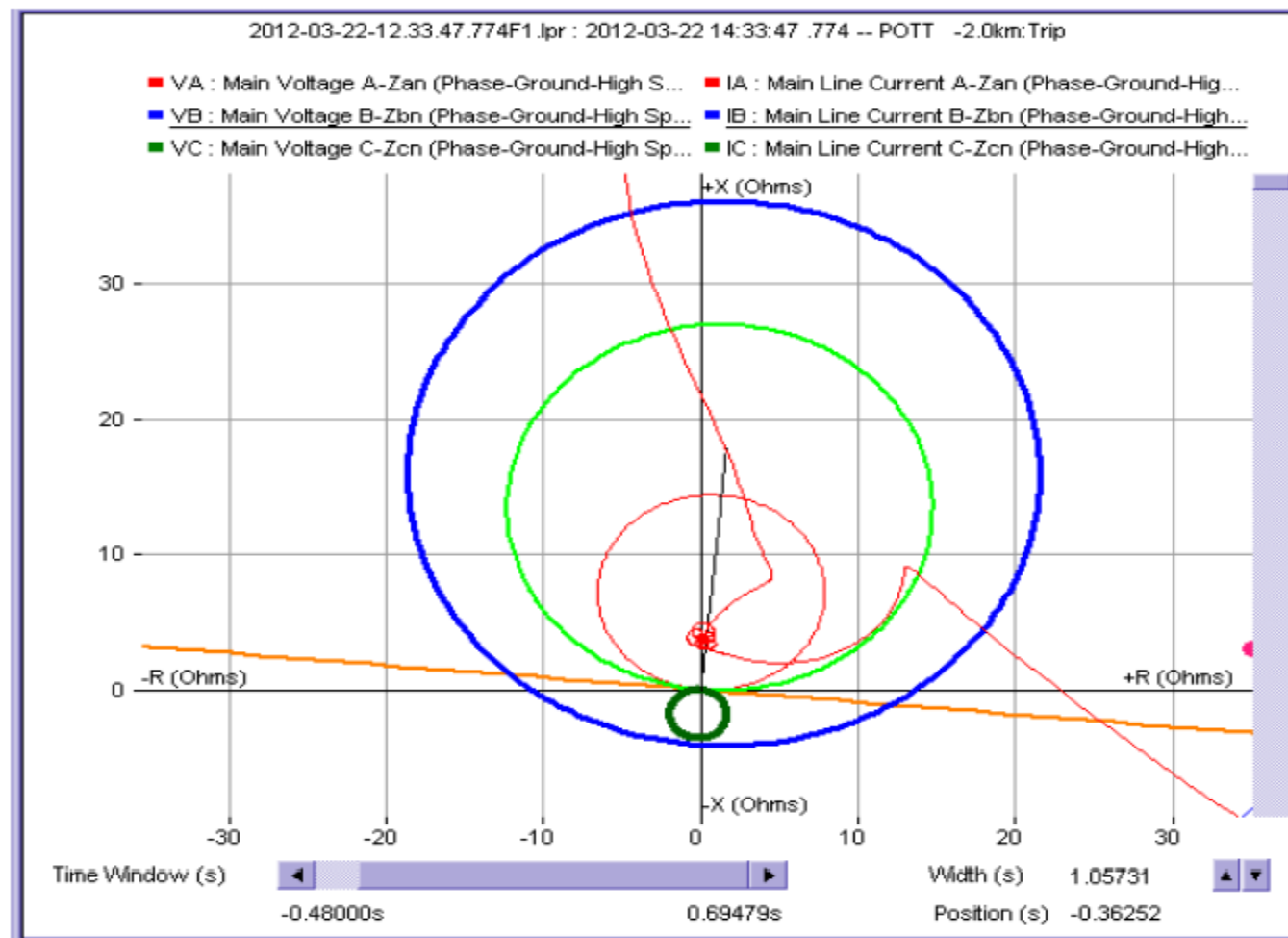
Monofásica a tierra (Φ -g)

- Componentes simétricas de una falla de fase a tierra



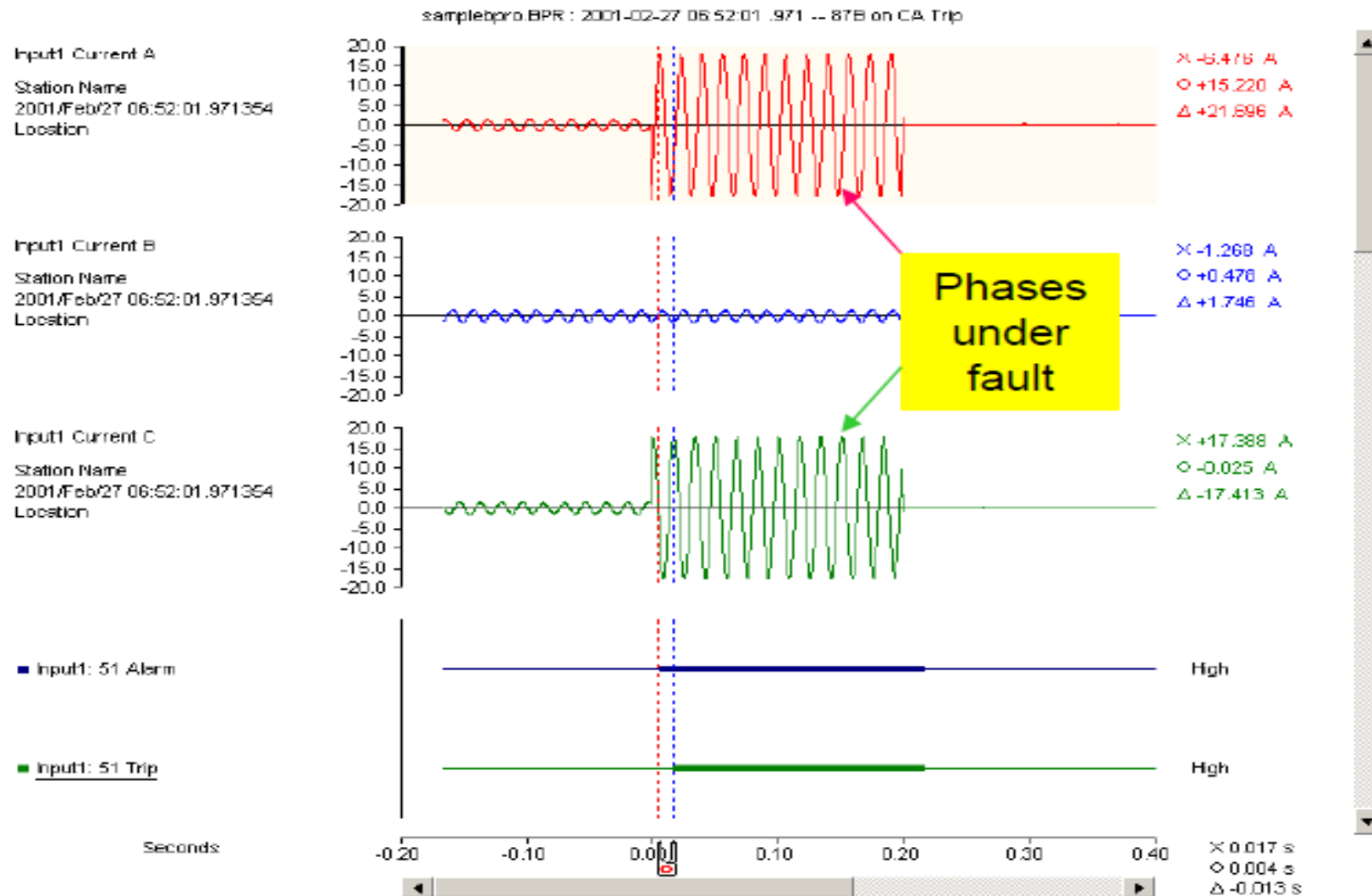
Monofásico a tierra (Φ -g)

- Plano de impedancia R-X que muestra la trayectoria de una falla a tierra en la zona de operación de un relé



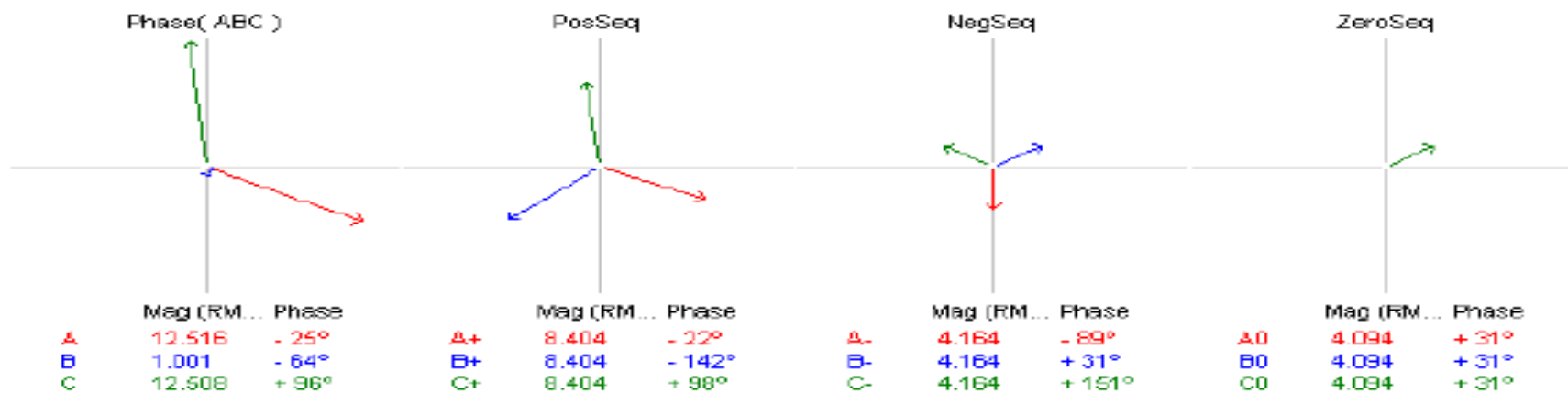
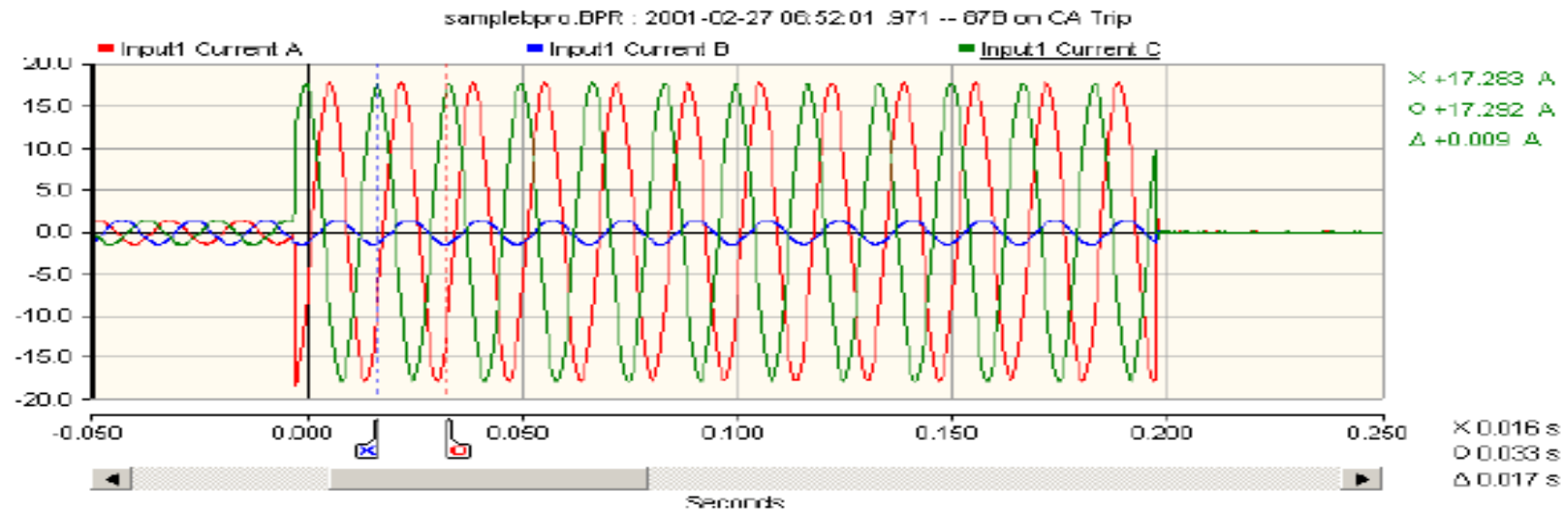
Falla fase-fase (F-F)

- Vista gráfica de una falla fase-fase, en las fases A-C



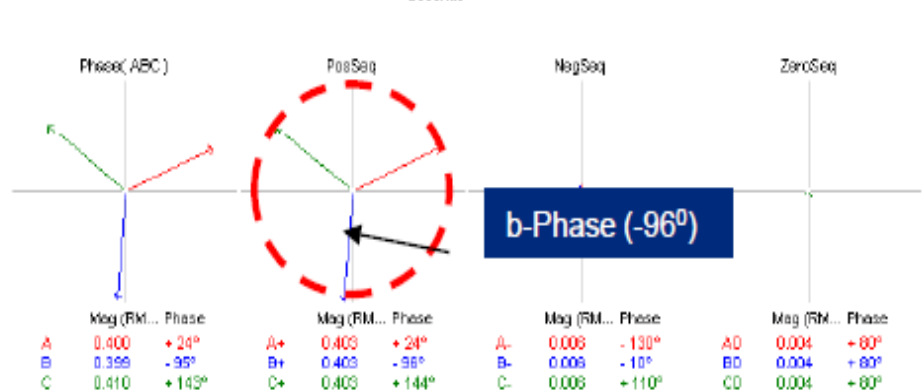
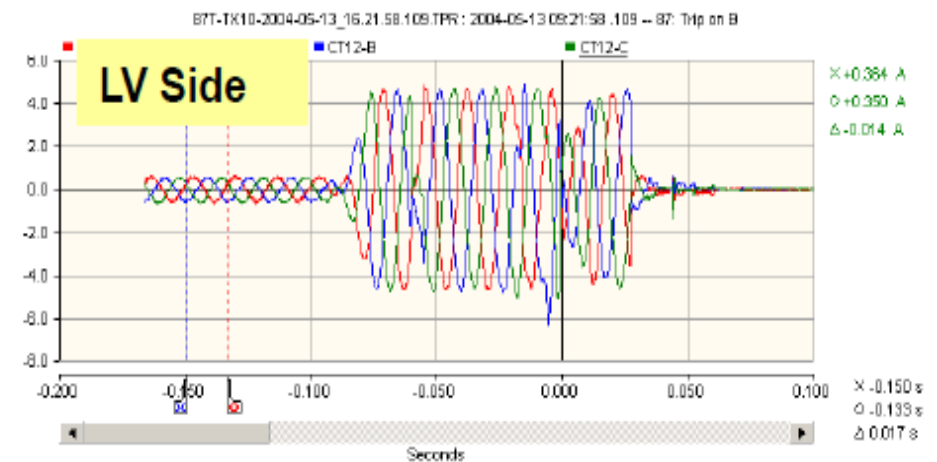
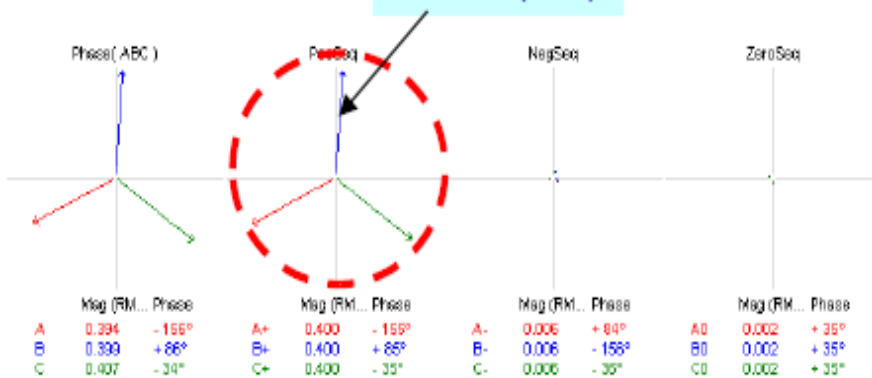
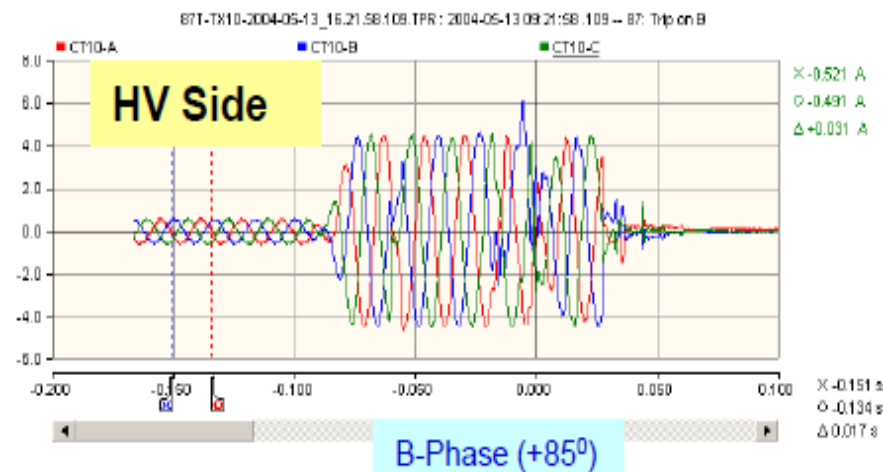
Falla fase-fase (F-F)

- Componentes simétricas de una falla de fase-fase



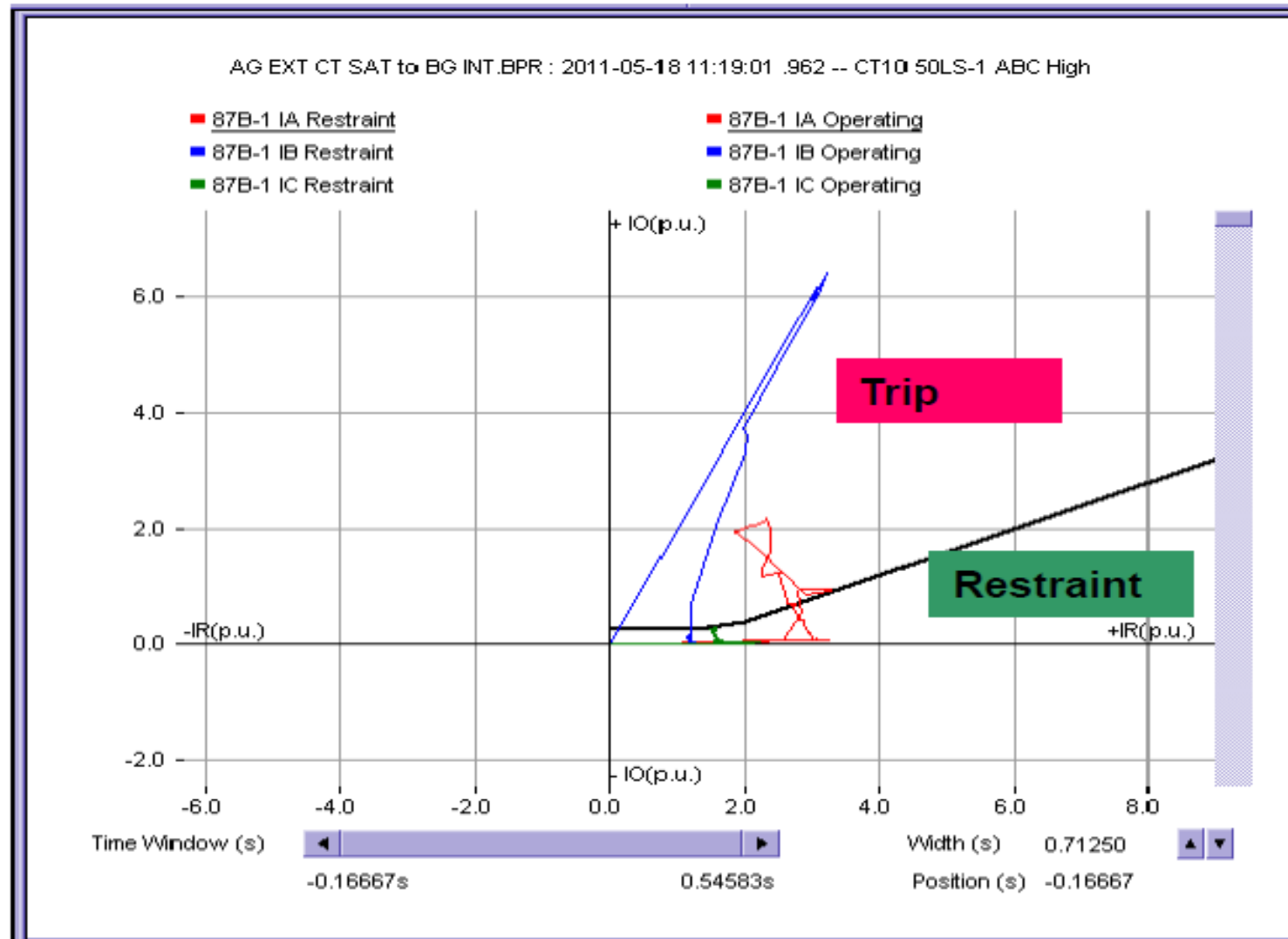
Falla trifásica (3Φ)

- Medición del desplazamiento de fase entre corrientes primaria y secundaria en el lado de alta y baja de un transformador de potencia.



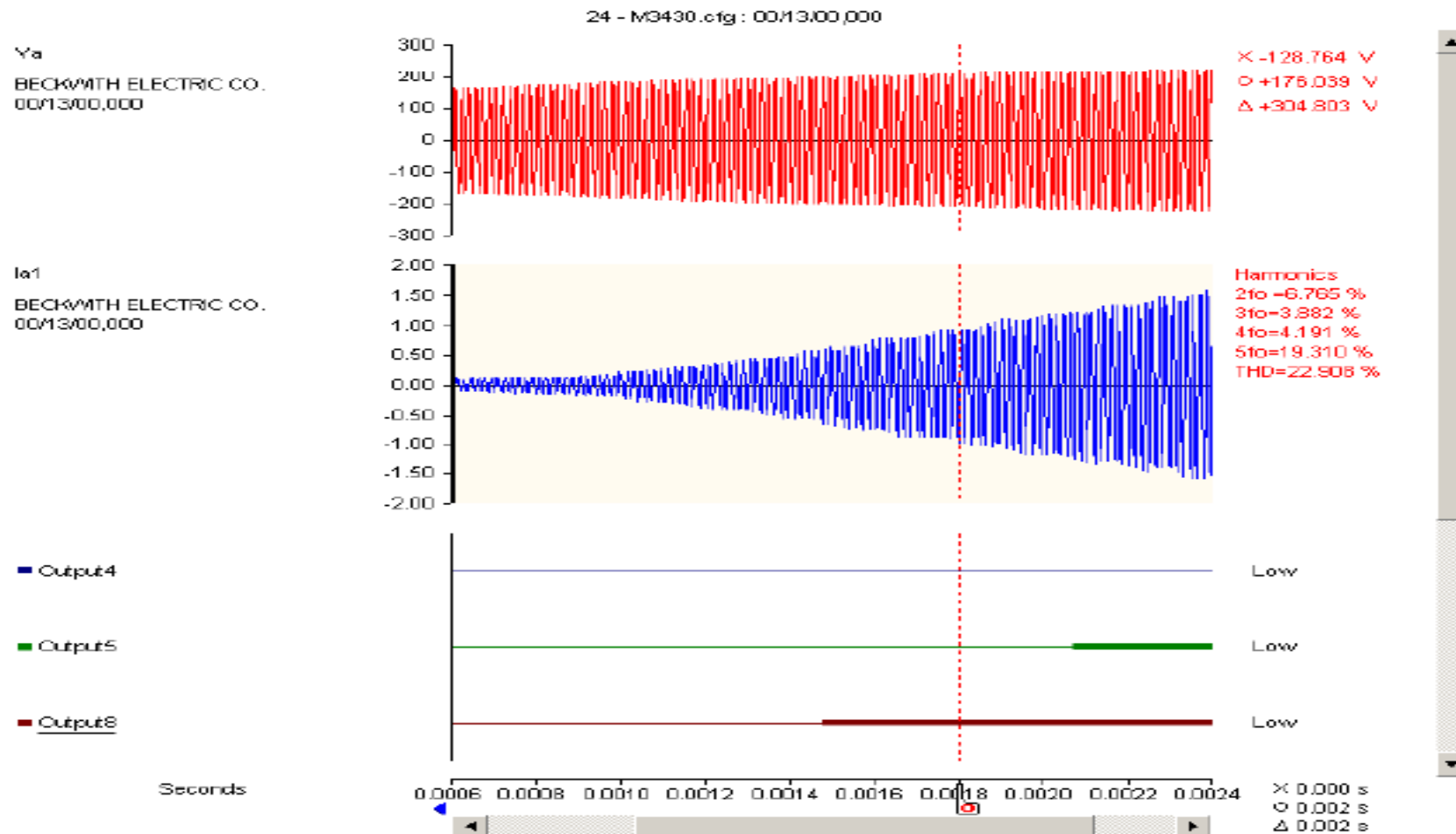
Falla trifásica (3 Φ)

- Característica de un Relé diferencial



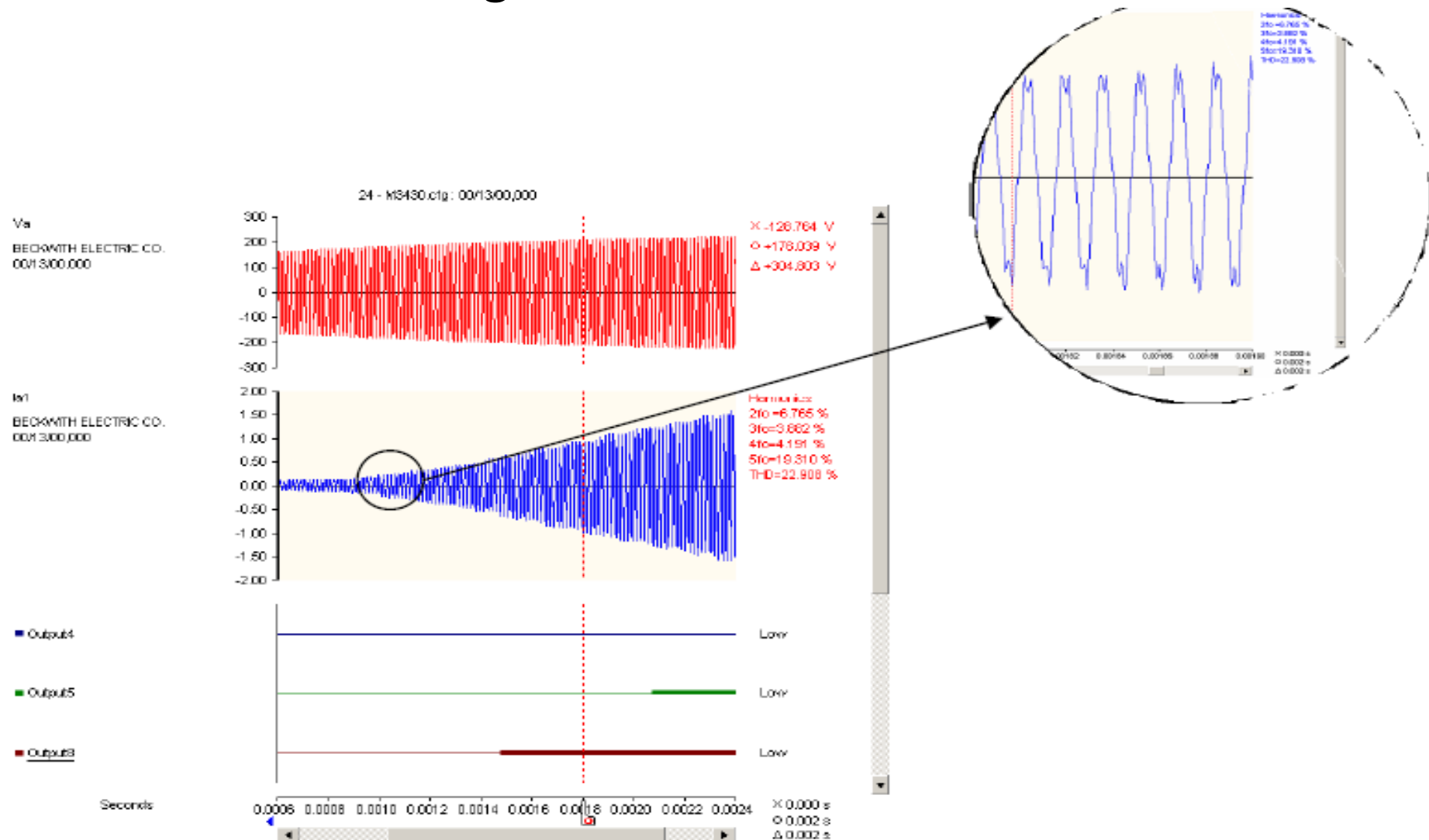
Sobreexcitación de un transformador (V/Hz)

- Registro capturado en una planta térmica grande, mostrando una típica perturbación de sobreexcitación

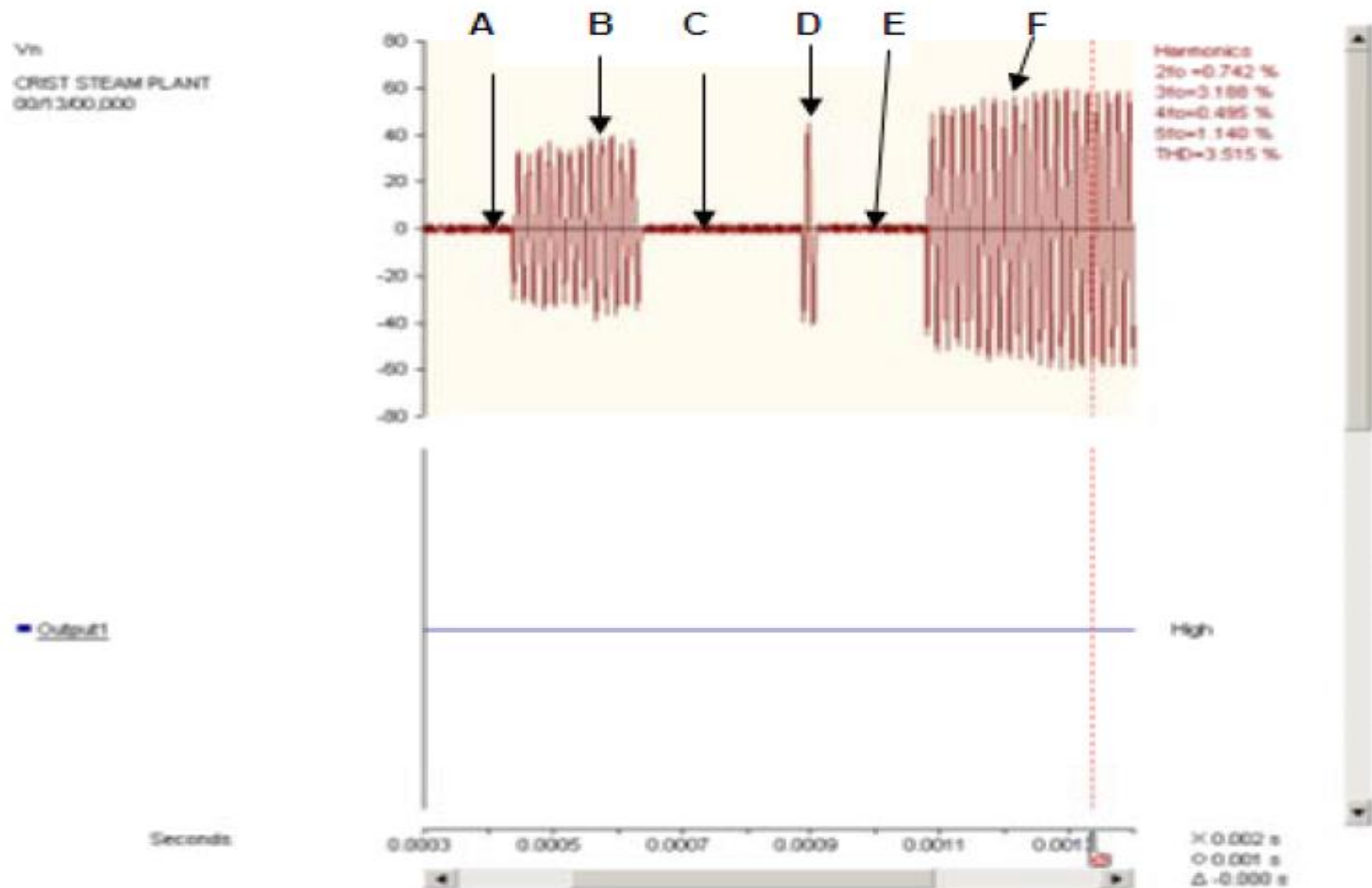


Sobreexcitación de un transformador (V/Hz)

- Vista de zoom del registro de la corriente

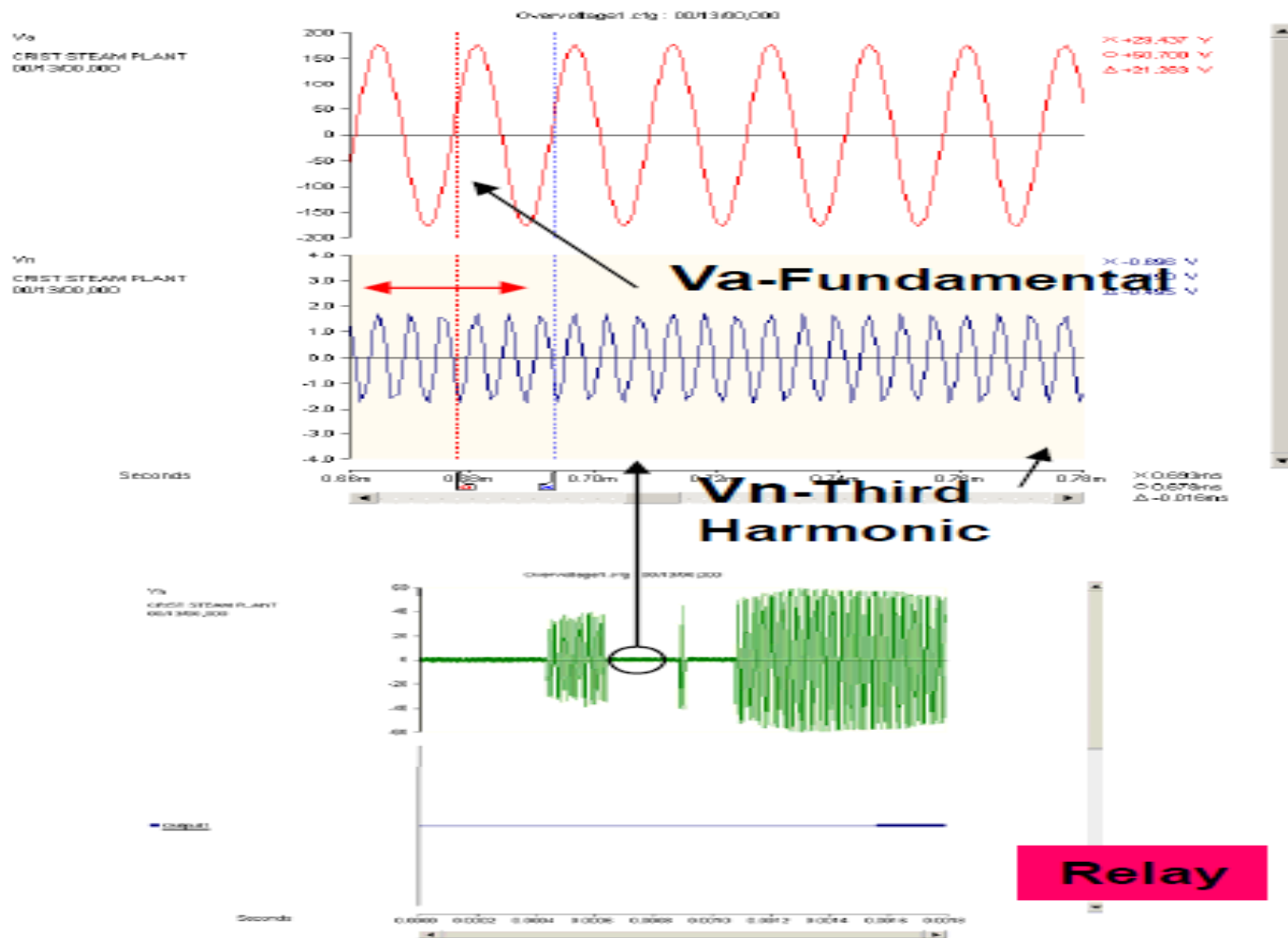


Falla de tierra del estator



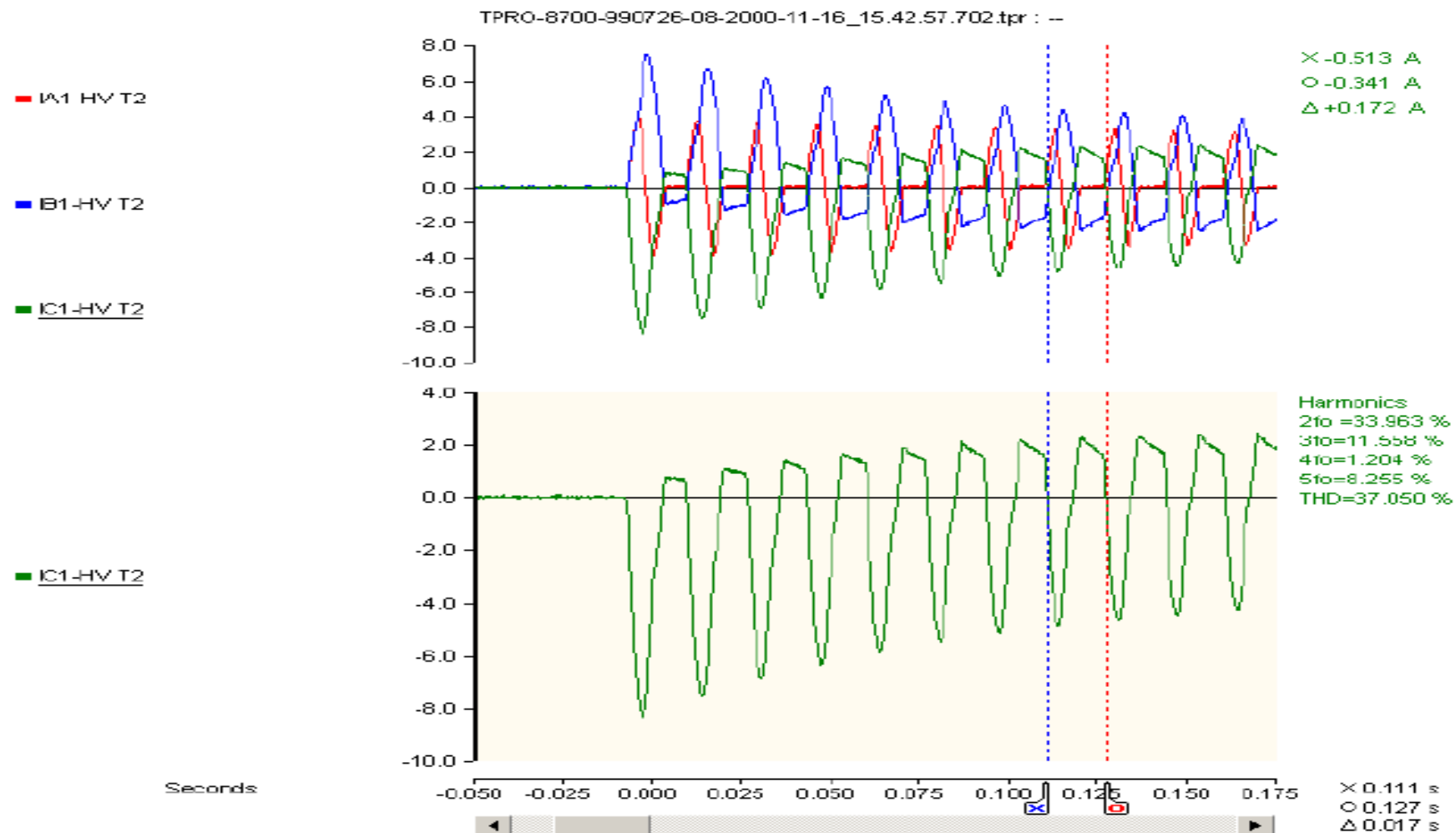
Falla de tierra del estator

- Vista de zoom del registro anterior en Etapa A (inicio) mostrando una falla prematura a tierra



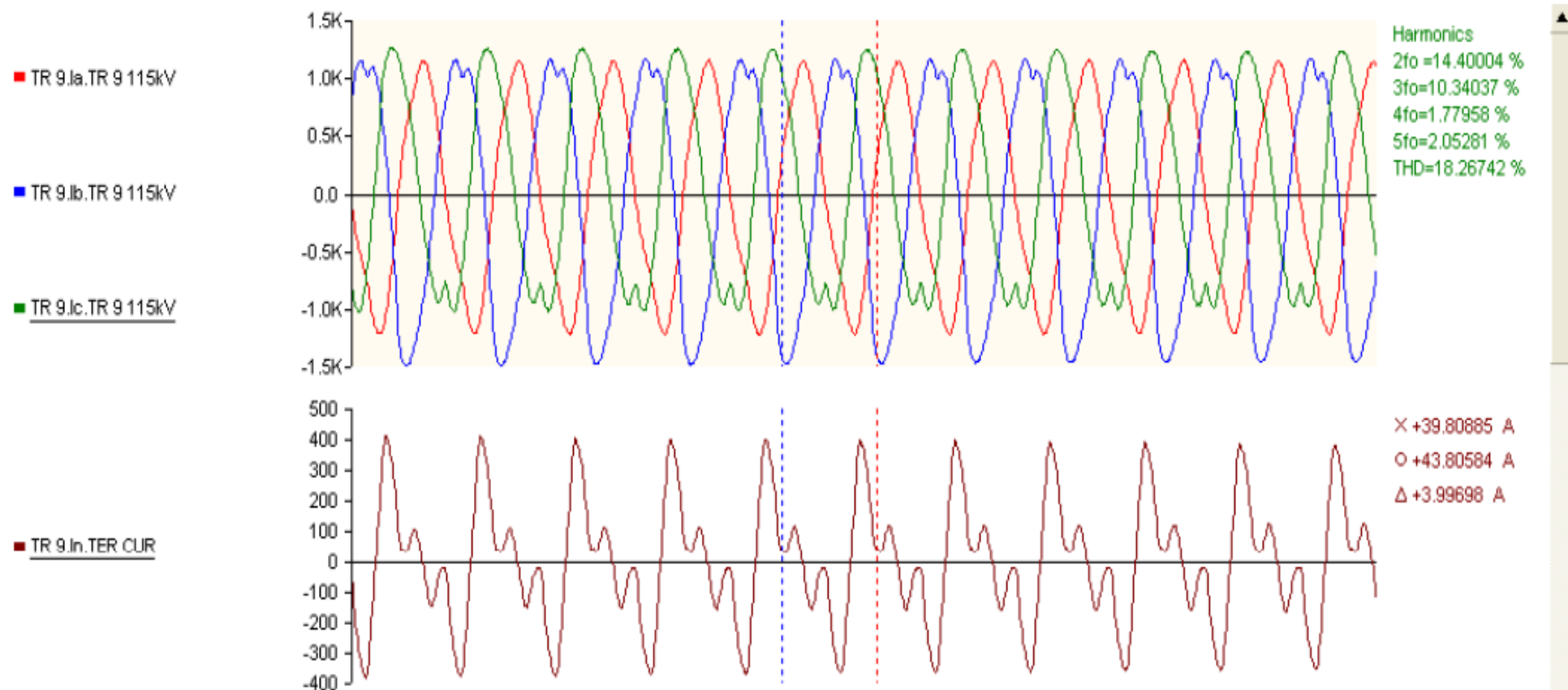
Corriente inrush

- Comportamiento típico de una corriente inrush en las tres fases



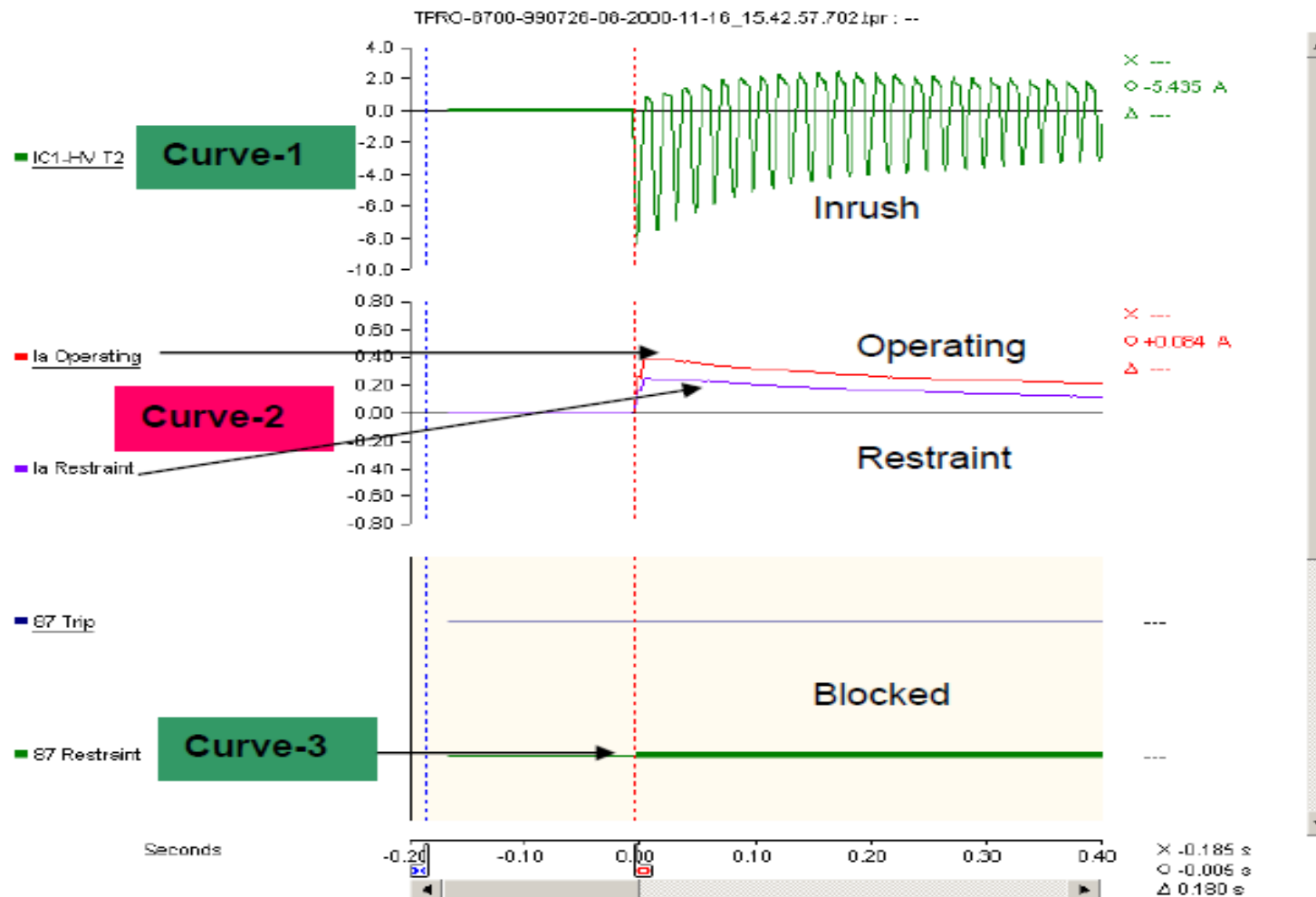
Corriente inrush

- Comportamiento de las corrientes durante el inrush de un transformador



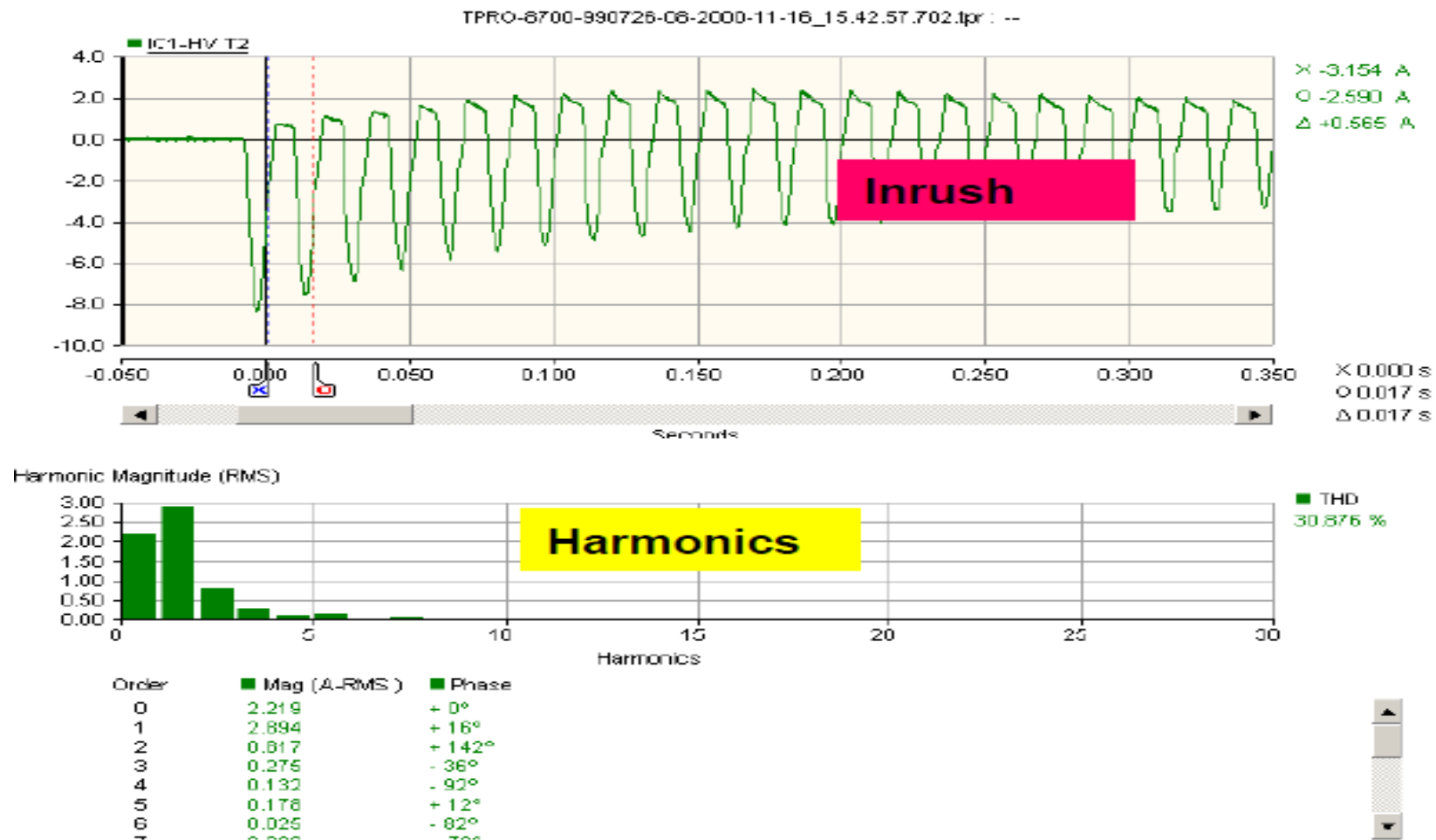
Corriente inrush

- Corriente inrush con activación correcta del relé diferencial vía contactos de salida (disparo y restricción diferencial)



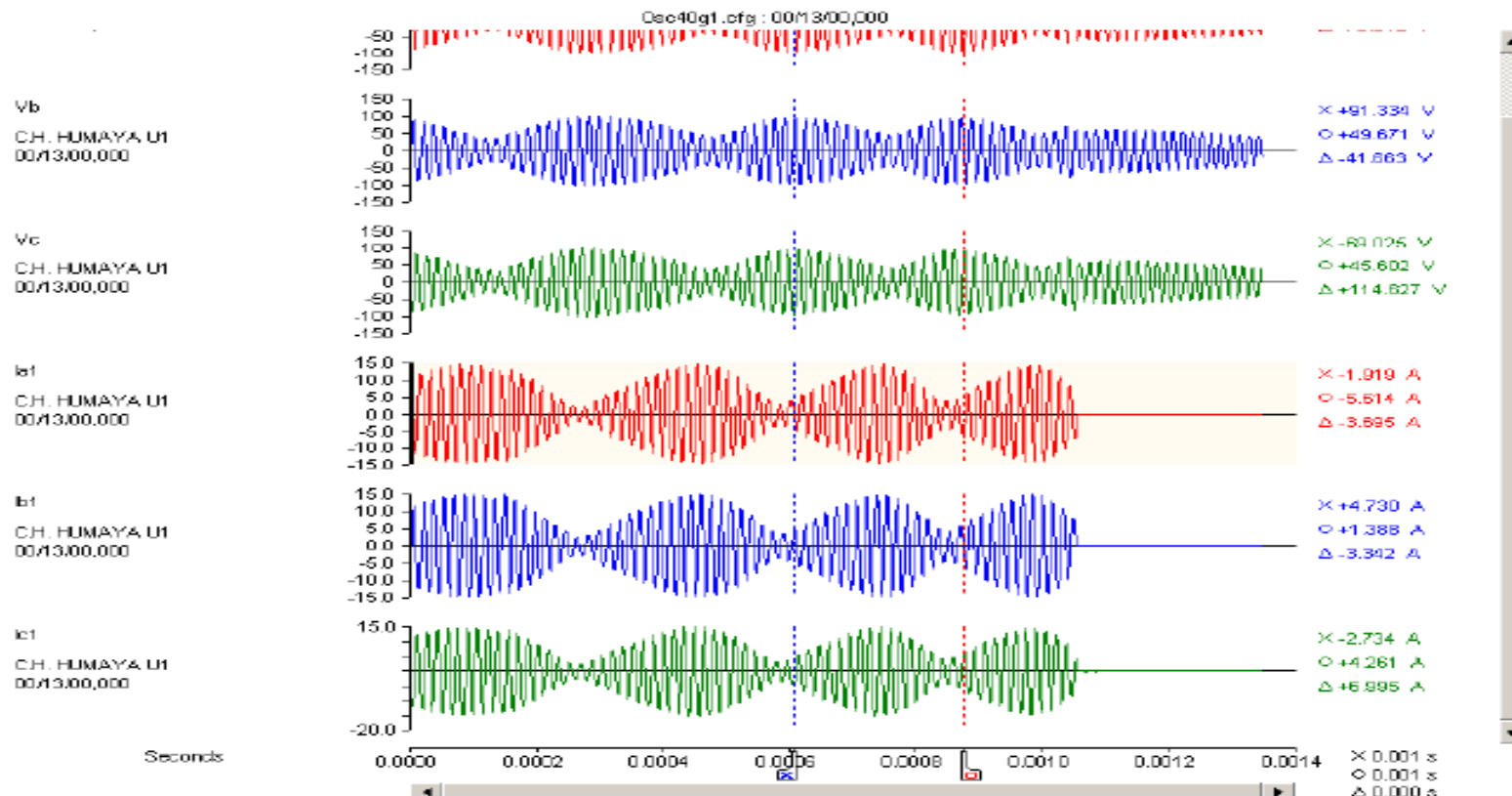
Corriente inrush

- Registro y espectro armónico de una corriente inrush típica en la fase C de un transformador



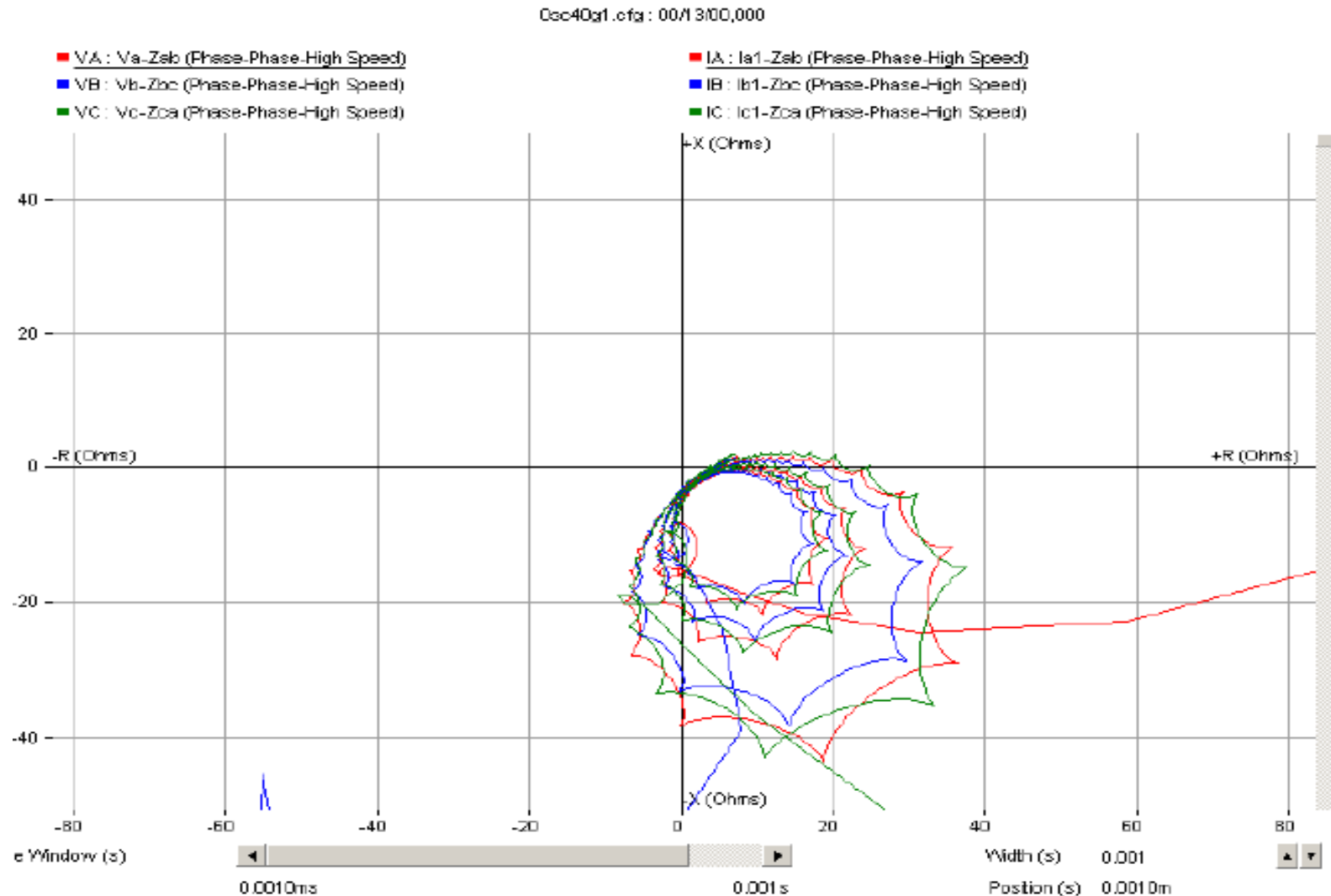
Oscilación de potencia

- Registro de fenómeno de oscilación (power swing) de una central hidráulica
- El alto nivel de estrés mecánico casi rompe el eje que une el generador y turbina



Oscilación de potencia

- Trayectoria de la impedancia en el plano R-X



Pérdida de generación

➤ Fenómenos

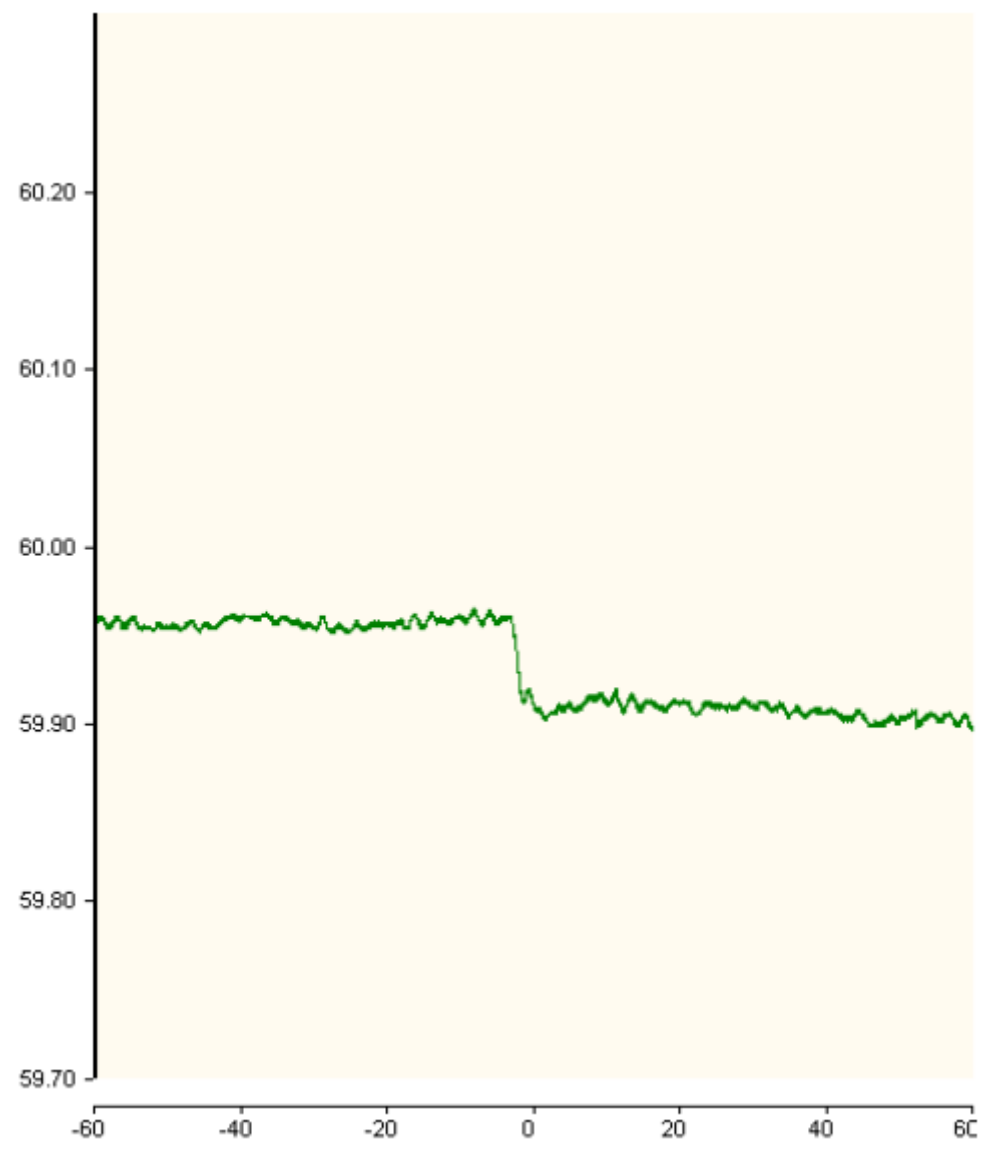
- Una pérdida significativa de generación puede impactar en el comportamiento del sistema de potencia completo. Perdiendo ya 1600 MW de generación se puede reducir la frecuencia de todo el sistema en $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ Hz.

➤ Objetivos

- Verificar el comportamiento de los esquemas de despeje de carga 81U.
- Verificar la estabilidad del sistema durante evento
- Verificar el desempeño del operador durante el evento

➤ Qué quieres hacer

- Documento de performance del sistema de protección y control durante la pérdida de generación



Pérdida de generación

➤ Desafíos

- Capturar todo el evento en un solo registro
- Análisis de la frecuencia del sistema, potencia, e impedancia aparente para un evento

➤ Solución con DFR:

- Datos fasoriales de tensión, corriente, potencia, frecuencia e impedancia
 - Los registros transitorios en general no son lo suficientemente largos, pérdida del inicio de evento y del final de evento
 - 1 fasor/ciclo es una resolución suficiente alta

- El registro debe contener datos adecuados previos al evento (en menos 30 segundos) y capturar todo el evento en un registro
 - Extender automáticamente para condiciones de disparo múltiples
- Disparo con la tasa de cambio de la frecuencia y cambios en la magnitud de la frecuencia.

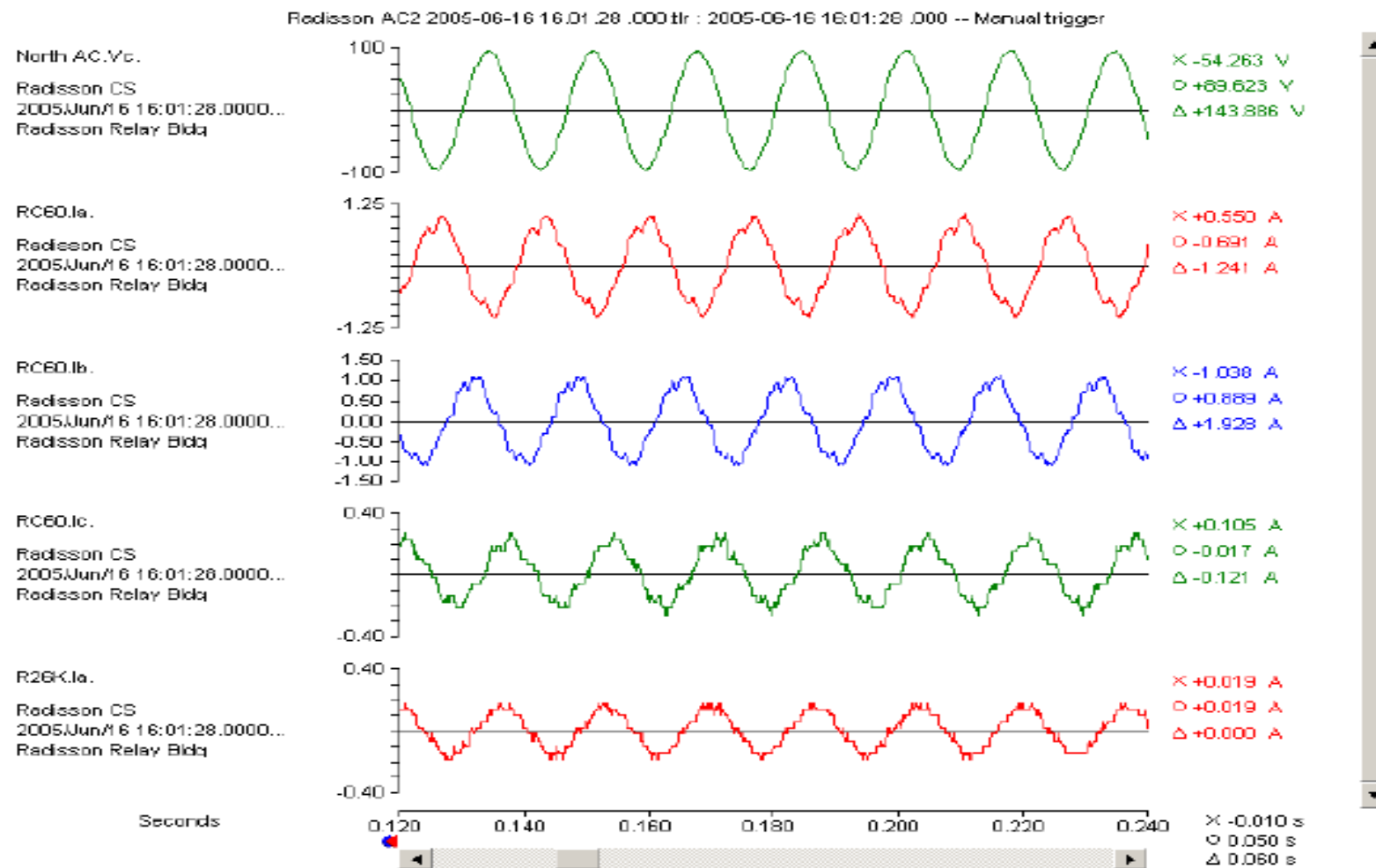
Pérdida de generación: respuesta de la frecuencia.

- Generador de 1600MW disparado el 1 de mayo de 2005
- Frecuencia del sistema impactada a lo largo del país
 - Este registro muestra una caída de 0.048Hz en la frecuencia en 1.70 segundos
 - Respuesta la frecuencia observada a 1000 millas del evento



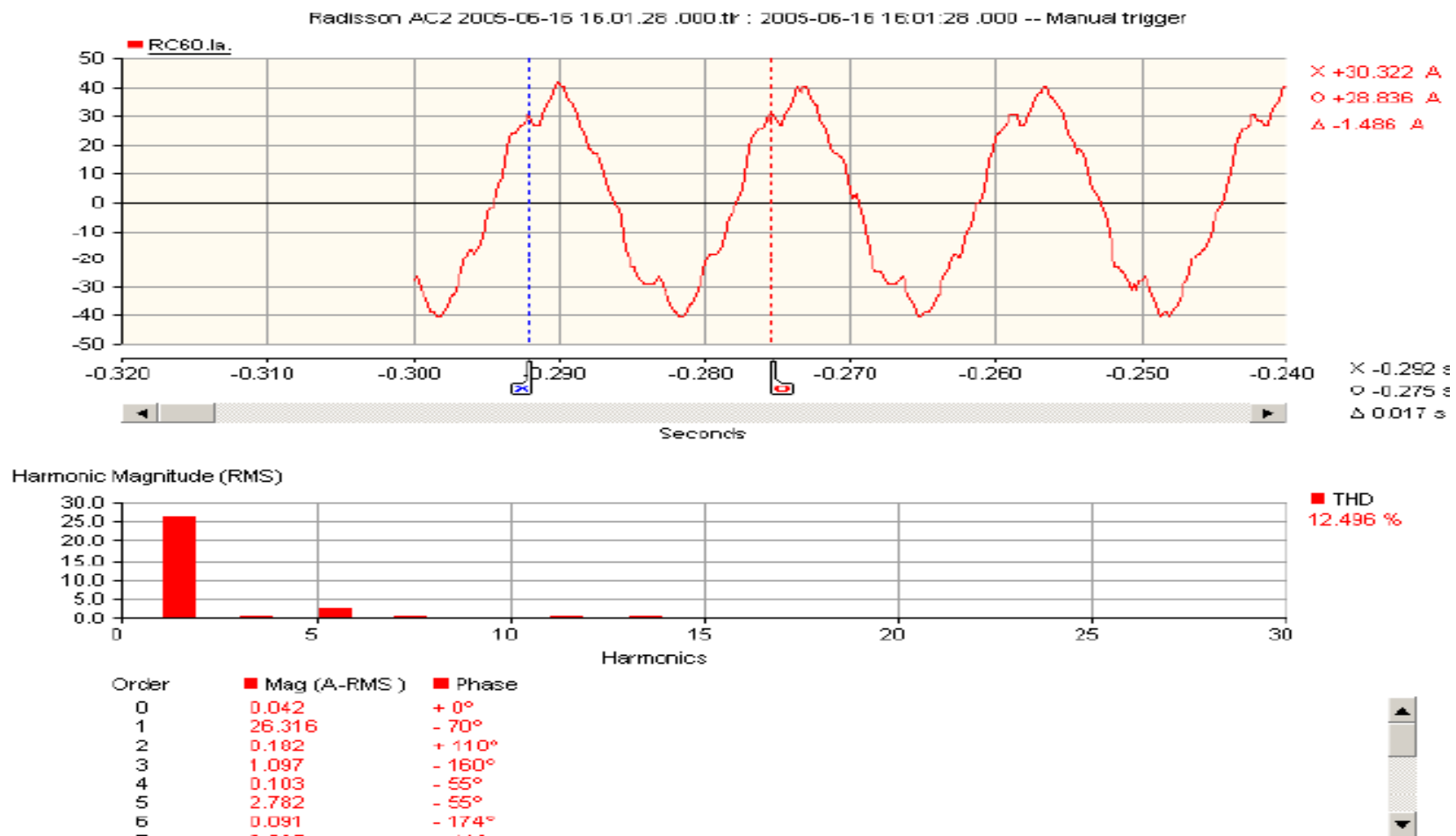
Aplicación industrial

- Distorsión de la forma de onda causada por cargas no lineales



Aplicación industrial

- Ejemplo de espectro armónico con alto nivel de distorsión armónica



Conclusión

- El uso de herramientas de software de análisis como las que se mencionan aquí, facilita la identificación de tipos de fallas y performance de los relés (por ejemplo, distancia, diferencial y otros).
- Los ingenieros y técnicos de protección pueden realizar análisis de fallas, configuración de relés, el ajuste de los relés y la puesta en marcha de relés más fácilmente y con mayor confiabilidad disponiendo de estas potentes herramientas de software.
- Estas herramientas de software permiten a los usuarios importar/exportar registros de fallas en formato COMTRADE

para un mejor análisis. Además, la configuración definida por el usuario permite a los operadores crear Informes detallados para casos individuales.

- Estas herramientas de software integrales ayudan a los ingenieros y técnicos de protección a mantener la performance y confiabilidad de sus sistemas de potencia.
- ***Muchos blackouts, pérdidas materiales y humanas pueden evitarse usando herramientas adecuadas de análisis de fallas de sistemas de potencia disponibles hoy.***