

Introducción

Este curso ofrece una visión general de los transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia y de las técnicas existentes en *DIGSILENT* para poder realizar un análisis. Proporcionará además al participante, los antecedentes necesarios para comprender los mecanismos transitorios complejos de los sistemas eléctricos, al tiempo que se detallarán los modelos necesarios para las simulaciones de tipo EMT. El curso introduce las diferentes categorías de fenómenos transitorios, desde transitorios de carácter más lento hasta transitorios que podrían estar causados por rayos o maniobras en los elementos de la red, tal y como se requiere para realizar un estudio de coordinación de aislamiento. Además de la revisión de todos los conceptos teóricos fundamentales, se realizarán muchos ejercicios prácticos para poder ayudar al participante a familiarizarse con la simulación de tipo EMT en *PowerFactory*.

¿A quién va dirigido este curso?

Este curso está dirigido a ingenieros de empresas eléctricas, de operación de sistemas eléctricos, así como a ingenieros de desarrollo de proyectos, fabricantes, consultores e ingenieros de sistemas eléctricos en general, que estén interesados en el análisis de transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia.

Para garantizar un mejor aprovechamiento del curso, se recomienda a los participantes que ya estén familiarizados con el entorno de *DIGSILENT PowerFactory*. No es necesario que se disponga de experiencia previa en funciones de simulación en el dominio del tiempo en *PowerFactory* ya que se realizará una introducción en el curso.

Día 1

Administración del Modelo de Red

Introducción a los conceptos fundamentales de *PowerFactory*. Funcionalidad, uso y terminología. Modelo de red, bibliotecas, casos de estudio. Tipos y elementos. Trabajando con el editor gráfico, el administrador de datos y el administrador del modelo de red.

Ejercicio: Administración del Modelo de Red

Modificación del modelo de red mediante el editor gráfico, administrador de datos y del modelo de red. Introducir datos de acuerdo al concepto original de *PowerFactory* de trabajar por módulos: páginas de elementos para cálculo de flujo de cargas, cortocircuito, simulaciones RMS, EMT, etc. Trabajar con las bibliotecas de proyecto locales y con la biblioteca global. Visualizar los resultados en el diagrama unifilar y en el administrador del modelo de red. Cálculo de flujos de cargas equilibrados y desequilibrados.

Introducción a las Simulaciones en el Dominio del Tiempo

Cálculo de Condiciones Iniciales en sistemas eléctricos equilibrados y desequilibrados. Definir variables de resultados y eventos de simulación. Visualización de resultados y análisis.

Ejercicio: Uso de simulaciones RMS/EMT en el dominio del tiempo

Simulación de un evento de cortocircuito próximo a terminales de un generador empleando simulaciones en el dominio del tiempo de tipo RMS y EMT. Definir variables de resultados y eventos de simulación. Visualización de resultados y análisis.

Uso avanzado de *PowerFactory* Transformada rápida de Fourier (FFT) a partir de resultados de simulación EMT. Archivos de resultados. Plantillas. Modelos DSL comunes y generales.

Fin del primer día

Día 2

Fundamentos

Fenómenos transitorios en sistemas eléctricos. Clasificación de sobretensiones de acuerdo a la norma IEC60071: sobretensiones transitorias temporales, de frente lento, de frente rápido y de frente muy rápido. Simulaciones RMS frente a simulaciones EMT. El motor de cálculo EMT en *PowerFactory*. Definir eventos de simulación y variables de resultados. Visualizar resultados de simulación. Análisis rápido de Fourier (FFT).

Maniobra de conexión/desconexión de cargas inductivas

Fundamentos. Corriente de energización de un transformador. Características de saturación de la reactancia de magnetización. Flujo residual. Armónicos en las corrientes de energización. Sobretensiones causadas por resonancias causadas por corrientes de energización.

Ejercicio: Energización de un transformador

Energización de un transformador en una red débil. Determinar la corriente máxima de energización. Componente DC decreciente. Caída de tensión durante la maniobra de puesta en tensión del transformador. Análisis típico de cumplimiento de códigos de red. Atenuar corrientes de energización.

Maniobra de conexión/desconexión de cargas capacitivas

Fundamentos. Corriente de energización y sobretensiones de maniobra durante la conexión de un banco de condensadores. Conexión de un banco de condensadores estando otro conectado (back to back). Atenuar corrientes de energización.

Ejercicio: Maniobra de puesta en tensión de un condensador

Frecuencias naturales de oscilación. Simulación de corrientes de energización y sobretensiones máximas transitorias en un banco de filtros. Puesta en tensión del segundo filtro, estando el primero conectado (back to back).

Fin del segundo día

Día 3

Análisis de la tensión transitoria de restablecimiento (TRV)

Revisión de los fenómenos transitorios ocasionados por maniobras mal realizadas, energía atrapada y corte de corriente en un interruptor. Tensión Transitoria de Restablecimiento (TRV): rigidez dieléctrica, tensión entre electrodos una vez abiertos los contactos y apagado el arco eléctrico. Cebado y re-encendido del arco eléctrico. Extinción de la corriente en un circuito eléctrico.

Maniobra de desconexión de reactancias

Evaluación de sobretensiones de maniobra originadas por la desconexión de reactancias. Modelo de interruptor de potencia de vacío. Extinción de la corriente.

Modelos de Líneas para análisis de transitorios electromagnéticos

Modelos de líneas aéreas y conjuntos de cables subterráneos. Modelos de líneas de parámetros concentrados y distribuidos. Modelos de parámetros constantes y parámetros que dependen de la frecuencia. Ondas viajeras.

Ejercicio: Modelos de líneas aéreas y conjuntos de cables subterráneos

Definir líneas aéreas y conjuntos de cables subterráneos. Análisis de los modelos de líneas de parámetros concentrados o distribuidos. Comparación de modelos que usan parámetros constantes frente a modelos que usan parámetros que dependen de la frecuencia.

Maniobras en un sistema mixto, de líneas aéreas y cables subterráneos

Estudio de sobretensiones máximas transitorias debidas a la puesta en tensión y reconexión de una línea con energía atrapada. Análisis determinista y estocástico. Atenuación de sobretensiones: pararrayos y resistencias de pre-inserción. Protecciones. Ciclo de trabajo.

Ejercicio: Evaluación de sobretensiones de maniobra en un sistema mixto, de líneas aéreas y cables subterráneos

Estudio de sobretensiones máximas transitorias mediante análisis determinista y estocástico. Modelos de pararrayos y resistencias de pre-inserción. Estudio estocástico de apertura/cierre de contactos aleatorio.

Fin del tercer día