

Contenido de la formación

Análisis de transitorios electromagnéticos (EMT)

Transitorios de maniobra, de origen atmosférico y coordinación de aislamiento con PowerFactory 2026

Introducción

Este curso ofrece una visión general de los transitorios electromagnéticos en los sistemas eléctricos de potencia y de las técnicas disponibles en DIgSILENT PowerFactory para analizarlos. Proporciona al participante los antecedentes necesarios para comprender los mecanismos transitorios complejos de los sistemas eléctricos y detalla los modelos necesarios para las simulaciones de tipo EMT. Se recorren las distintas categorías de fenómenos transitorios, desde los de carácter más lento hasta los originados por maniobras en los elementos de la red o por descargas atmosféricas, tal y como exige un estudio de coordinación de aislamiento. Además de la revisión de los conceptos teóricos fundamentales, se realizan numerosos ejercicios prácticos para que el participante se familiarice con la simulación EMT en PowerFactory.

¿A quién va dirigido este curso?

A ingenieros de empresas eléctricas y de operación de sistemas eléctricos, así como a ingenieros de desarrollo de proyectos, fabricantes, consultores e ingenieros de sistemas eléctricos en general, interesados en el análisis de transitorios electromagnéticos. Para un mejor aprovechamiento se recomienda estar familiarizado con el entorno de DIgSILENT PowerFactory. No es necesaria experiencia previa en simulación en el dominio del tiempo: la primera jornada la introduce.

JORNADA 1

MÓDULO 1: Administración del modelo de red

Presentación: Conceptos fundamentales de PowerFactory 1 h

Funcionalidad, uso y terminología. Modelo de red, bibliotecas, casos de estudio, escenarios y variaciones. Tipos y elementos. Trabajo con el editor gráfico, el administrador de datos y el administrador del modelo de red. Páginas de elementos por función de cálculo: flujo de cargas, cortocircuito, simulación RMS y EMT.

Ejercicio: Administración del modelo de red 1 h

Modificación del modelo de red mediante el editor gráfico, el administrador de datos y el administrador del modelo de red. Introducción de datos por módulos de cálculo. Trabajo con las bibliotecas locales del proyecto y con la biblioteca global. Visualización de resultados en el diagrama unifilar y en el administrador del modelo de red. Cálculo de flujos de cargas equilibrados y desequilibrados.

MÓDULO 2: Introducción a las simulaciones en el dominio del tiempo

Presentación: Simulación RMS y EMT en PowerFactory 1 h

Cálculo de condiciones iniciales en sistemas equilibrados y desequilibrados. Simulación RMS frente a simulación EMT: representación de la red, paso de integración y alcance de cada una. Definición de variables de resultados y de eventos de simulación. Visualización de resultados y análisis.

Ejercicio: Uso de simulaciones RMS y EMT en el dominio del tiempo 1 h 30 min

Simulación de un cortocircuito próximo a los terminales de un generador empleando simulaciones RMS y EMT. Definición de variables de resultados y de eventos de simulación. Comparación de las magnitudes fasoriales con los valores instantáneos. Visualización de resultados y análisis.

MÓDULO 3: Uso avanzado de PowerFactory para simulaciones EMT

Presentación: FFT, ficheros de resultados, plantillas y modelos DSL 45 min

Transformada rápida de Fourier (FFT) a partir de los resultados de una simulación EMT. Ficheros de resultados y exportación. Plantillas de gráficos y de proyecto. Modelos DSL comunes y generales de la biblioteca global y su uso en simulaciones EMT.

Ejercicio: FFT y plantillas sobre los resultados del cortocircuito 45 min

Análisis de Fourier de las intensidades del ejercicio anterior, creación de una plantilla de gráficos reutilizable y exportación de los resultados a fichero.

JORNADA 2

MÓDULO 4: Fundamentos de los transitorios electromagnéticos

Presentación: Fenómenos transitorios en los sistemas eléctricos

1 h 30 min

Clasificación de las sobretensiones según la norma IEC 60071: temporales, de frente lento, de frente rápido y de frente muy rápido. Simulaciones RMS frente a simulaciones EMT. El motor de cálculo EMT de PowerFactory: método de integración, paso de tiempo y elementos no lineales. Definición de eventos de simulación y de variables de resultados. Visualización de resultados y análisis rápido de Fourier (FFT).

MÓDULO 5: Maniobra de conexión y desconexión de cargas inductivas

Presentación: Energización de transformadores

1 h

Intensidad de energización (inrush) de un transformador. Característica de saturación de la reactancia de magnetización. Flujo residual. Armónicos en las intensidades de energización. Sobretensiones causadas por resonancias excitadas por las intensidades de energización.

Ejercicio: Energización de un transformador

1 h 30 min

Energización de un transformador en una red débil. Determinación de la intensidad máxima de energización. Componente de continua decreciente. Caída de tensión durante la maniobra de puesta en tensión del transformador. Análisis típico de cumplimiento de los códigos de red. Atenuación de las intensidades de energización.

MÓDULO 6: Maniobra de conexión y desconexión de cargas capacitivas

Presentación: Conexión de baterías de condensadores y filtros

1 h

Intensidad de energización y sobretensiones de maniobra durante la conexión de una batería de condensadores. Conexión de una batería estando otra conectada (back-to-back). Frecuencias naturales de oscilación. Atenuación de las intensidades de energización: reactancias limitadoras y cierre sincronizado.

Ejercicio: Maniobra de puesta en tensión de un condensador

1 h

Frecuencias naturales de oscilación. Simulación de las intensidades de energización y de las sobretensiones transitorias máximas en una batería de filtros. Puesta en tensión del segundo filtro estando el primero conectado (back-to-back).

JORNADA 3

MÓDULO 7: Tensión transitoria de restablecimiento (TRV) y desconexión de reactancias

Presentación: Análisis de la TRV e interrupción de intensidades inductivas 1 h

Transitorios ocasionados por maniobras, energía atrapada y corte de la intensidad en un interruptor. Tensión transitoria de restablecimiento: rigidez dieléctrica y tensión entre contactos tras la extinción del arco. Cebado y reencendido. Sobretensiones por desconexión de reactancias. Modelo de interruptor de vacío y corte prematuro de la intensidad (chopping).

Ejercicio: TRV y desconexión de una reactancia 1 h

Cálculo de la TRV en un interruptor tras el despeje de una falta y comparación con la envolvente normalizada. Desconexión de una reactancia con un interruptor de vacío: sobretensiones, reencendidos y medidas de atenuación.

MÓDULO 8: Modelos de líneas y cables para el análisis de transitorios

Presentación: Líneas aéreas y conjuntos de cables subterráneos 1 h

Modelos de líneas aéreas y de conjuntos de cables subterráneos. Parámetros concentrados frente a parámetros distribuidos; parámetros constantes frente a dependientes de la frecuencia. Ondas viajeras, impedancia característica y tiempo de propagación.

Ejercicio: Modelos de líneas aéreas y de conjuntos de cables subterráneos 1 h

Definición de líneas aéreas y de conjuntos de cables subterráneos a partir de la geometría. Análisis de los modelos de parámetros concentrados y distribuidos. Comparación de los modelos de parámetros constantes con los de parámetros dependientes de la frecuencia.

MÓDULO 9: Maniobras en un sistema mixto de líneas aéreas y cables subterráneos

Presentación: Sobretensiones de puesta en tensión y de reconexión 45 min

Sobretensiones máximas por puesta en tensión y por reconexión de una línea con energía atrapada. Análisis determinista y estocástico. Atenuación: pararrayos y resistencias de preinserción. Protecciones y ciclo de trabajo.

Ejercicio: Evaluación de sobretensiones de maniobra en un sistema mixto 1 h 15 min

Sobretensiones transitorias máximas mediante análisis determinista y estocástico. Modelos de pararrayos y de resistencias de preinserción. Estudio estocástico con apertura y cierre aleatorio de los contactos.

JORNADA 4

MÓDULO 10: Sobretensiones de origen atmosférico

Presentación: Descargas atmosféricas sobre líneas y subestaciones 1 h

Forma de onda, amplitud y estadística de la descarga. Impacto en el conductor de fase, en el cable de guarda y cebado inverso. Modelo del apoyo, de su puesta a tierra y del aislador. Pararrayos de óxido de zinc: característica U-I, energía y distancia de protección.

Ejercicio: Descarga atmosférica y protección de la subestación 1 h

Impacto de rayo en una línea de alta tensión con modelo dependiente de la frecuencia. Sobretensiones en la entrada de la subestación con y sin pararrayos. Influencia de la resistencia de puesta a tierra de los apoyos y de la ubicación del pararrayos.

MÓDULO 11: Coordinación de aislamiento según IEC 60071

Presentación: Procedimiento de coordinación de aislamiento 1 h

Tensiones representativas y tensiones soportadas de coordinación, especificadas y normalizadas. Factores de coordinación, de seguridad y de corrección atmosférica. Métodos determinista y estadístico. Selección de las tensiones soportadas normalizadas.

Ejercicio: Coordinación de aislamiento de una subestación 1 h

Sobretensiones representativas a partir de las simulaciones de maniobra y de rayo de las jornadas anteriores. Aplicación del procedimiento de la norma IEC 60071 y elección de los niveles de aislamiento normalizados.

MÓDULO 12: Ferrorresonancia

Presentación: Ferrorresonancia en transformadores de tensión 45 min

Mecanismo y configuraciones de riesgo: transformadores de tensión inductivos en redes con neutro aislado, apertura monofásica y capacidades de acoplamiento. Modos fundamental, subarmónico y caótico. Medidas de mitigación.

Ejercicio: Ferrorresonancia de un transformador de tensión 45 min

Apertura de un interruptor en una red con transformador de tensión inductivo. Identificación del modo de ferrorresonancia y eficacia de una resistencia de amortiguamiento.

MÓDULO 13: Metodología de un estudio EMT y cierre

Presentación: Buenas prácticas, límites del método y preguntas 30 min

Paso de integración y estabilidad numérica. Alcance del modelo, datos necesarios y validación. Estructura de un informe de estudio EMT. Resumen del curso y turno de preguntas.

Horario (hora peninsular)

Jornada	Hora
Primer bloque de 90 minutos	9:00
Segundo bloque de 90 minutos	10:30
Tercer bloque de 90 minutos	12:00
Cuarto bloque de 90 minutos	13:30
Fin de la jornada	15:00



DIGSILENT Ibérica, S.L.
Javier Ferrero 8 dup, Bajo A
28002 Madrid
España

T +34 91 125 33 79
info@digsilentiberica.es

www.digsilentiberica.es