

Contenido de la formación

Análisis del amortiguamiento de oscilaciones según la NTS

Análisis modal y simulación en el dominio del tiempo para la verificación de la conformidad de los módulos de generación con PowerFactory 2026

Introducción

Este curso profundiza en el análisis del amortiguamiento de oscilaciones, orientado principalmente a las plantas eólicas y a las plantas fotovoltaicas. Se desarrollan ejemplos prácticos basados en los códigos de red españoles, empleando tanto la metodología de análisis modal como la de simulaciones dinámicas definidas en la Norma Técnica de Supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631 (NTS), publicada por Red Eléctrica de España. El curso proporciona un método sistematizado para realizar estudios de cumplimiento que abarca los dos métodos descritos en la NTS: el análisis modal y la simulación en el dominio del tiempo. Cada tema se trata desde dos puntos de vista, uno teórico y otro práctico, de modo que los participantes adquieren experiencia en el manejo del programa de simulación de sistemas eléctricos de potencia DlgSILENT PowerFactory a lo largo de las tres jornadas. El proyecto de formación se construye desde cero: el sistema de prueba y sus modelos dinámicos, el módulo de parque eléctrico y, por último, la verificación del amortiguamiento por los dos métodos.

¿A quién va dirigido este curso?

A ingenieros de desarrollo, de diseño y de puesta en servicio de plantas eólicas y fotovoltaicas, así como a ingenieros de planificación y de operación, cuyas tareas incluyen la preparación o la revisión de los estudios de conformidad exigidos por el operador del sistema. Para garantizar un mejor aprovechamiento del curso se recomienda a los participantes estar ya familiarizados con el entorno de DlgSILENT PowerFactory y disponer de experiencia previa en el programa en cálculos similares; para adquirirla siempre es posible asistir previamente al curso de Introducción a DlgSILENT PowerFactory, disponible también en nuestra oferta de cursos.

JORNADA 1

MÓDULO 1: Estabilidad de pequeña señal y marco normativo

Presentación: El requisito de amortiguamiento de oscilaciones en la NTS 45 min

Situación del requisito dentro de la Norma Técnica de Supervisión de la conformidad de los módulos de generación de electricidad según el Reglamento UE 2016/631, y su relación con los procedimientos de operación españoles. Alcance de la verificación según el tipo de módulo de generación y particularidades de las plantas eólicas y fotovoltaicas. Los dos métodos admitidos, análisis modal y simulación en el dominio del tiempo: qué demuestra cada uno, en qué condiciones se aplica y qué documentación se entrega al operador del sistema.

Presentación: Estabilidad de los sistemas eléctricos y simulación RMS 45 min

Clasificación de los fenómenos de estabilidad y ubicación del amortiguamiento de oscilaciones entre ellos. Oscilaciones locales y entre áreas, oscilaciones asociadas a los lazos de control y oscilaciones subsíncronas ligadas a la electrónica de potencia. Hipótesis de la simulación RMS de fasores frente a la simulación EMT, banda de frecuencia en la que cada una es válida y consecuencias sobre la interpretación de los resultados del estudio.

MÓDULO 2: Modelos dinámicos en PowerFactory

Presentación: Modelos compuestos, modelos comunes, definición de bloque y marco 45 min

Organización de los modelos dinámicos en PowerFactory: definición de bloque, marco, modelo compuesto y modelo común. Ranuras, señales de entrada y de salida y conexión entre modelos dentro del marco. Recorrido por la biblioteca global de modelos estándar y por las plantillas disponibles, y criterios para elegir entre un modelo estándar, un modelo del fabricante y un modelo propio escrito en DSL.

Presentación: Condiciones iniciales, variables de resultado y presentación de resultados 45 min

Cálculo de las condiciones iniciales a partir del flujo de cargas: qué resuelve el paso de inicialización, qué significa un arranque plano y cómo se localiza el bloque responsable cuando no se alcanza. Selección de las variables que se monitorizan y de los ficheros de resultados, definición de los no-eventos y preparación de los gráficos con los que se presentan las simulaciones.

MÓDULO 3: Montaje del sistema de prueba**Ejercicio: Equivalente de red y modelos dinámicos de los generadores síncronos****1 h 30 min**

Introducción de los datos de los nudos y de los elementos pasivos del equivalente de red del sistema de prueba. Definición de los modelos dinámicos de los generadores síncronos y asignación de los modelos del sistema de excitación y de regulación de tensión y del sistema de regulación de velocidad. Comprobación de la coherencia de las bases por unidad y de los parámetros del rotor antes de dar por buenos los modelos.

Ejercicio: Variaciones, flujo de cargas e inicialización de la simulación**1 h 30 min**

Definición de las variaciones que modifican la reactancia de la línea que une el sistema de prueba con la red, y de los casos de estudio asociados. Ejecución del flujo de cargas inicial, definición de los no-eventos y de las variables de resultados de simulación, e inicialización de la simulación dinámica con verificación del arranque plano, que es la condición que debe cumplirse antes de abordar cualquiera de los dos métodos de la NTS.

JORNADA 2

MÓDULO 4: Análisis modal en PowerFactory

Presentación: Teoría del análisis modal

1 h

Linealización del sistema en torno al punto de operación y obtención de la matriz de estado. Valores propios, frecuencia y amortiguamiento de cada modo, y relación entre la parte real, la constante de tiempo y la razón de amortiguamiento. Vectores propios por la derecha y por la izquierda, factores de participación y su empleo para identificar qué equipos intervienen en cada modo. Modos críticos y lectura del mapa de modos en el plano complejo.

Presentación: Configuración del cálculo y visualización de los resultados

45 min

Ejecución de un análisis modal en PowerFactory: opciones básicas, elección del algoritmo según el tamaño del sistema, referencia de los ángulos y variables de salida. Visualización de los resultados de forma gráfica en el plano complejo, sobre el diagrama unifilar, en la ventana de salida y en el explorador de datos, y lectura de los factores de participación asociados a cada valor propio.

MÓDULO 5: Análisis modal del sistema de prueba sin módulo de parque eléctrico

Ejercicio: Variación de la reactancia y análisis de los valores propios

1 h 15 min

Ejecución del análisis modal sobre el caso base sin módulo de parque eléctrico para cada valor de la reactancia de línea definido en las variaciones. Identificación de los modos electromecánicos, seguimiento de su desplazamiento en el plano complejo a medida que la red se debilita y localización de los modos críticos mediante los factores de participación.

Ejercicio: Criterio de aceptación de la NTS y automatización con DPL

30 min

Aplicación del criterio de aceptación de la NTS sobre el amortiguamiento obtenido y verificación del caso base sin módulo de parque eléctrico. Importación del ejemplo resuelto y empleo de un script DPL para recorrer automáticamente las variaciones, ejecutar el cálculo y recoger los valores propios en una tabla de resultados apta para el informe.

MÓDULO 6: El módulo de parque eléctrico en el sistema de prueba

Ejercicio: Conexión de un modelo de módulo de parque eléctrico

1 h

Empleo de una plantilla para modelar el módulo de parque eléctrico: implementación del modelo del inversor y de su modelo de control centralizado de planta. Conexión eléctrica al sistema de prueba, ajuste de la potencia instalada y del punto de operación, y revisión del marco que une el inversor, el controlador de planta y los puntos de medida.

Ejercicio: Verificación de los datos de entrada e inicialización 1 h 30 min

Comprobación de los datos de entrada del modelo: curva PQ del inversor, puntos de medida, lazos de control de potencia activa y reactiva y funciones de protección. Ejecución del flujo de cargas inicial, definición de los no-eventos y de las variables de resultados de simulación e inicialización de la simulación dinámica con verificación del arranque plano del sistema completo.

JORNADA 3

MÓDULO 7: Análisis modal del sistema de prueba con módulo de parque eléctrico

Ejercicio: Variación de la reactancia y valores propios con el módulo conectado 1 h 15 min

Repetición del barrido de la reactancia de línea con el módulo de parque eléctrico en servicio. Identificación de los modos aportados por los lazos de control del inversor y del controlador de planta y de los modos electromecánicos preexistentes, y verificación del amortiguamiento de cada uno de ellos frente al criterio de aceptación de la NTS.

Ejercicio: Comparación de los resultados sin y con módulo de parque eléctrico 45 min

Comparación sistemática de los valores propios obtenidos en las dos configuraciones, apoyada en el script DPL, y elaboración de las tablas y de las figuras que sustentan la conclusión del estudio. Interpretación de los casos en los que el amortiguamiento exigido no se alcanza y parámetros del control que conviene revisar antes de repetir el análisis.

MÓDULO 8: Método de simulación en el dominio del tiempo de la NTS

Presentación: Criterios del modelo certificado y sistema de prueba 30 min

Requisitos que la NTS impone al modelo empleado en el estudio y qué se entiende por modelo certificado y validado frente a los ensayos del fabricante. Descripción del sistema de prueba definido para el método de simulación en el dominio del tiempo, con su equivalente de red, su relación de cortocircuito y las condiciones de operación que se deben reproducir.

Presentación: Eventos, monitorización y criterios de aceptación 30 min

Análisis de los eventos que se deben realizar y de las condiciones de operación en las que se aplican. Magnitudes que se monitorizan, con atención a la potencia activa y a la frecuencia en el punto de conexión. Criterios de aceptación de las simulaciones en el dominio del tiempo y forma de obtener el amortiguamiento a partir de la envolvente de la respuesta.

MÓDULO 9: Verificación del amortiguamiento por simulación en el dominio del tiempo

Ejercicio: Preparación de los casos, escenarios y eventos 1 h

Preparación de los casos de estudio, de los escenarios de operación y de las variaciones necesarias para cubrir la matriz de ensayos exigida. Flujo de cargas inicial y cálculo de las condiciones iniciales, definición de las variables de resultado de simulación y definición de los eventos, junto con la preparación de los gráficos de presentación de los resultados.

Ejercicio: Automatización de las simulaciones y cálculo del amortiguamiento**1 h 30 min**

Configuración de la automatización de tareas para recorrer la matriz de casos y ejecutar de forma automática las simulaciones dinámicas en el dominio del tiempo. Recogida ordenada de los ficheros de resultados y cálculo del amortiguamiento de la oscilación a partir de la respuesta de potencia activa, con comprobación frente al criterio de aceptación de la NTS.

Ejercicio: Informe de cumplimiento y cierre de la formación**30 min**

Reunión de los resultados de los dos métodos en el formato que espera el operador del sistema: tablas de valores propios, figuras de la respuesta temporal y valores de amortiguamiento calculados, con las hipótesis y las limitaciones del modelo declaradas de forma explícita. Resumen de la formación y espacio para preguntas abiertas.

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