

Contenido de la formación

Análisis de estabilidad basado en impedancias (IBSA)

Estabilidad de convertidores en el dominio de la frecuencia con PowerFactory 2026

JORNADA 1

SESIÓN 1: Por qué IBSA: oscilaciones de convertidores y análisis en el dominio de la frecuencia

Presentación: Estabilidad de sistemas con convertidores y el método IBSA 45 min

Oscilaciones sub- y supersíncronas en redes con convertidores y su encuadre como estabilidad de pequeña señal. Las tres vías hacia la impedancia en función de la frecuencia: analítica, barrido EMT y barrido en frecuencia. El lazo $Z_g \cdot Y_a$, el criterio de Nyquist simplificado y los márgenes de fase y de ganancia. Módulo de PowerFactory y presentación del modelo del curso.

Ejercicio: El modelo y el barrido en frecuencia de la red 45 min

Importación del proyecto de partida, reconocimiento de los dos parques y de su control, flujo de cargas y primer barrido en frecuencia de la red vista desde el convertidor: resonancias paralelo y serie en representación equilibrada y desequilibrada.

SESIÓN 2: La impedancia del convertidor: barrido EMT y características ChaOpfreq

Presentación: Caracterización del convertidor en el dominio de la frecuencia 45 min

Caracterización del convertidor como caja negra por barrido EMT y la plantilla de barrido del ejemplo. Impedancias de secuencia y de transferencia entre secuencias. Dependencia del punto de operación y organización en matrices $P \times Q \times U$ (ChaOpfreq, ChaVec, TriFreq). Asignación y comprobación en el elemento.

Ejercicio: Asignación de las características de impedancia a los convertidores 45 min

Inspección de la librería de características, asignación de las ocho curvas a cada parque según su modo de control y verificación por barrido en frecuencia en el terminal del convertidor.

SESIÓN 3: Evaluación de conexión única (SCA): fronteras, comando y márgenes**Presentación: El comando de análisis y la lectura de sus resultados** 30 min

Definición de fronteras y sus reglas. Opciones del comando: representación de red, inicialización, modo, rango y paso, acoplamiento, contingencias, umbrales de clasificación. Lectura de cruces de fase y de ganancia, informes tabulares y diagramas de Bode y de Nyquist.

Ejercicio: Construcción del caso 01: SCA de los dos parques 1 h

Construcción del caso 01 del ejemplo: fronteras de los dos parques, configuración y ejecución de la evaluación de conexión única, informes y gráficos, veredicto y márgenes por secuencia.

SESIÓN 4: Evaluación multiconexión (MCA): estabilidad MIMO de varios convertidores**Presentación: Del sistema SISO al sistema MIMO** 30 min

Cuándo no basta el criterio simplificado. Sistema interior estable y convertidores como subsistemas exteriores; matriz de impedancias de red y matriz diagonal de admitancias; determinante de lazo abierto y rodeos del origen. Implementación en PowerFactory y límites actuales.

Ejercicio: Construcción del caso 02: MCA y comparación con la SCA 1 h

Construcción del caso 02: evaluación multiconexión, registro de la matriz de impedancias, creación del segundo escenario de explotación y comparación de veredictos SCA y MCA.

JORNADA 2

SESIÓN 5: Dependencia del punto de operación

Presentación: Punto de operación: qué cambia y cómo se barre 30 min

Efecto de P, Q y U sobre la impedancia del convertidor según el artículo de CIGRE 2025. Inicialización por flujo de cargas frente a estado actual; escenarios y variaciones; comprobación de que el punto de operación cae dentro de la matriz. Resultados del caso 03.

Ejercicio: Construcción del caso 03: barrido del punto de operación 1 h

Construcción del caso 03: barrido de potencia activa y de reactiva del parque 1, superposición de diagramas de Nyquist, matriz fina frente a estándar y comportamiento fuera de la matriz.

SESIÓN 6: Acoplamiento en frecuencia entre secuencias

Presentación: El efecto de acoplamiento y su cálculo iterativo 30 min

Mecanismo del acoplamiento a través del enlace de continua, admitancias de transferencia y admitancia equivalente iterativa. Requisitos y opciones en PowerFactory: representación ABC, orden máximo, paso, iteraciones y tolerancia. Resultados del caso 04.

Ejercicio: Construcción del caso 04: con y sin acoplamiento 1 h

Construcción del caso 04: análisis con y sin acoplamiento, lectura de la convergencia en la ventana de salida y sensibilidad al orden máximo, a las características de transferencia y a la tolerancia.

SESIÓN 7: Contingencias, modos de control y automatización

Presentación: Contingencias y variaciones en el IBSA 30 min

Contingencias estáticas dentro del análisis y su tratamiento en SCA y MCA. Cambio de modo de control mediante variaciones de red. Resultados del caso 05 y por qué la N-1 no siempre es el caso peor.

Ejercicio: Construcción del caso 05: N-1 y variación de control**1 h**

Construcción del caso 05: definición de contingencias, análisis N-1, variación de control del parque 2 y encadenamiento de casos con la automatización de tareas.

SESIÓN 8: Validación EMT y flujo de trabajo de un estudio**Presentación: IBSA frente a EMT: qué comprueba cada uno****45 min**

Qué aporta la simulación EMT y qué no. Resultados de los casos 06 y 07 y su comparación con el IBSA: frecuencia de oscilación e imágenes de acoplamiento. Flujo de trabajo completo de un estudio, entregables, límites del método y trampas habituales.

Ejercicio: Construcción de los casos 06 y 07: validación EMT**45 min**

Construcción de los casos 06 y 07: simulación EMT de los dos escenarios, FFT de las intensidades, comparación con los cruces del IBSA y tabla resumen del curso.

Horario (hora peninsular)

Jornada	Hora
Sesión 1 (90 min)	9:00
Sesión 2 (90 min)	10:30
Sesión 3 (90 min)	12:00
Sesión 4 (90 min)	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