

Curso Profesional Especializado

Estabilidad y Control de Sistemas Modernos de Potencia

Modalidad: Virtual (6 sesiones en vivo)

Fechas: 08, 10, 12, 17, 19 y 23 de agosto 2022

Horario: 07 a.m. a 11:15am (horario UTC-6)

Descripción del curso

En este curso se analizará la dinámica de los sistemas de potencia interconectados y los diferentes tipos de estabilidad según la clasificación convenida a nivel internacional. Para esto, se revisarán los modelos matemáticos de los elementos que rigen la dinámica de los sistemas ante perturbaciones de pequeña y gran magnitud, así como los sistemas de control asociados. Además, se estudiarán los métodos de análisis de estabilidad y las medidas de mitigación contra escenarios de inestabilidad transitoria, de pequeña señal, de tensión y frecuencia. Finalmente, se realizarán simulaciones de generación renovable variable (integrados a la red por medio de electrónica de potencia) y sistemas de almacenamiento por baterías para estudios de estabilidad de sistemas de potencia.

El curso está dirigido a profesionales graduados en ingeniería eléctrica o electromecánica que deseen profundizar sus conocimientos en estabilidad de sistemas eléctricos de potencia, dando énfasis al modelado matemático y la simulación de los elementos y sistemas de control que conforman la red. El curso utiliza ejemplos de simulación de sistemas de potencia en régimen dinámico y no se enfoca en el uso de un software comercial particular. El software a utilizar no requiere licenciamiento por parte de los participantes. Sin embargo, el curso provee bases teóricas que ayudan a entender los parámetros de entrada y la salida de las simulaciones de software como *PSS/e*, *ETAP*, *PowerFactory*, *PowerWorld*, entre otros.

Objetivo General

Entender el concepto de estabilidad de sistemas eléctricos de potencia incluyendo los métodos para el análisis de estos. Al finalizar el curso, las y los participantes estarán en capacidad de modelar el comportamiento de los elementos que rigen la dinámica de los sistemas de potencia, así como entender la participación de cada elemento en los diferentes tipos de estabilidad de sistemas eléctricos interconectados.

Metodología

El curso se divide en sesiones virtuales. Primero se repasa el modelado del sistema de potencia y sus componentes, seguido del estudio de la estabilidad del sistema de potencia y la integración de las energías renovables eólica, solar y almacenamiento. El proceso de aprendizaje se complementa a partir de la experiencia de las y los participantes con ejemplos numéricos, scripts de Python y simulaciones por computadora.

PROGRAMA

SESIÓN VIRTUAL 1

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Modelado de líneas, transformadores y cargas no rotativas	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo Pi de línea corta, mediana y larga • Modelado de transformadores de 2 y 3 devanados • Modelo de cambiadores de derivación bajo carga (LTC) • Modelado y simulación de cargas estáticas (exponencial y ZIP) <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de demanda de cargas dependientes de tensión</i>
8:00 am	Modelado y simulación de la máquina sincrónica	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de máquina sincrónica para estudios de estabilidad. <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de inductancias y constantes de tiempo (estándar) de generador</i> • Modelos utilizados en software comercial <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de simulación de máquina sincrónica durante cortocircuito</i> • Curvas de capacidad de generadores síncronos
9:00 am	Receso	
9:15 am	Modelado y simulación de sistemas de excitación de generadores	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones de AVR y excitadores • Tipos de sistema de excitación • Estabilizadores de sistemas de potencia (PSS) • Limitadores de sobreexcitación • Limitadores de subexcitación (OEL) <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplos de simulación de AVR y OEL</i> • Modelos genéricos y simplificados de sistemas de excitación
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 2

Tiempo	Actividad	Descripción
7:00 am	Modelado y simulación de turbinas y reguladores de velocidad	<ul style="list-style-type: none"> • Modelado de turbinas térmicas • Modelado de reguladores de velocidad de unidades térmicas • Modelado de turbinas hidráulicas <p><i>Ejemplo de simulación de reguladores de velocidad de unidades hidro</i></p>
8:00 am	Estabilidad de Sistemas de Potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de estabilidad de sistemas de potencia en presencia de electrónica de potencia • Conceptos de estabilidad
9:00 am	Receso	
9:15 am	Estabilidad de pequeña señal (1/3)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de par sincronizante y par de amortiguamiento • Clasificación de modos de oscilación • Amortiguamiento y frecuencias de modos de oscilación <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de amortiguamiento y frecuencias de modos</i> • Cálculo de autovalores y autovectores • Análisis de máquina conectada a barra de potencia infinita <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Simulación de inestabilidad de pequeña señal de máquina contra barra infinita</i> • Análisis de pequeña señal en sistemas multi-máquina • Determinación y uso de autovectores derechos e izquierdos • Factores de participación e interpretación <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de factores de participación en Python</i>
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 3

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Estabilidad de pequeña señal (2/3)	<ul style="list-style-type: none"> • Formas de modo para identificar oscilaciones entre unidades <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de formas de modo de sistema multiárea en Python</i> • Cálculo de Residuos asociados a modos de oscilación de interés <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de residuos en Python</i> • Sintonización de estabilizadores de sistemas de potencia por método de residuos <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de sintonización de PSS en Python para amortiguar modo local</i>
9:00 am	Receso	
9:15 am	Estabilidad de pequeña señal (3/3)	<ul style="list-style-type: none"> • Sintonización de estabilizadores de sistemas de potencia por método de residuos <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de sintonización de PSS en Python para amortiguar modo interárea</i>
10:15 am	Estabilidad transitoria de ángulo (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificación del modelo del generador síncrono y criterios de selección • Criterio de áreas iguales para análisis de estabilidad transitoria de generador contra barra de potencia infinita
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 4

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Estabilidad transitoria de ángulo (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo numérico de aplicación de método de áreas iguales</i> • Tiempos críticos de liberación de fallas ▪ <i>Ejemplo de cálculo de ángulo crítico para asegurar estabilidad</i> • Efecto de fallas asimétricas, distancia de la falla, efecto del AVR <ul style="list-style-type: none"> <i>Ejemplo de simulación del efecto de AVR y PSS en estabilidad transitoria</i> • Extensión del concepto de tiempos críticos a sistemas multi-máquina • Medidas para mejorar estabilidad transitoria de ángulo
9:00 am	Receso	
9:15 am	Estabilidad y control de tensión (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> • Control de tensión en sistemas de potencia • Curvas PV y QV • Fundamentos de inestabilidad de tensión • Efecto de cargas y generación distribuida en estabilidad de tensión <ul style="list-style-type: none"> <i>Ejemplos de simulación de escenarios de estabilidad/inestabilidad de tensión</i>
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 5

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Estabilidad y control de tensión (2/2)	Medidas para mejorar y asegurar estabilidad de tensión
8:00 am	Estabilidad y control de frecuencia (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control primario de frecuencia (estatismo y participación de unidades) ✓ Respuesta inercial y cálculo de ROCOF ✓ Estimación de desviación de frecuencia después de respuesta primaria <p><i>Ejemplos de aporte de generadores durante control primario de frecuencia</i></p>
9:00 am	Receso	
9:15 am	Estabilidad y control de frecuencia (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Control secundario de frecuencia (corrección de ACE y desviación de frecuencia) <p><i>Ejemplos de control primario y secundario de frecuencia</i></p> <p><i>Simulación de respuesta de gobernadores durante control primario de frecuencia</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Medidas para mejorar y asegurar estabilidad de frecuencia
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 6

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Modelado y simulación de sistemas de generación renovable y almacenamiento por baterías (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introducción a generación eólica y solar ✓ Modelado de generadores eólicos en estudios de estabilidad y sus opciones de control y servicios auxiliares según WECC y CIGRE <i>Ejemplos de simulación de generador eólico doblemente alimentado y con convertidor completo en sistema de potencia</i> ✓ Modelado de plantas fotovoltaicas en estudios de estabilidad y opciones de control y servicios auxiliares según WECC y CIGRE <i>Ejemplos de simulación de planta fotovoltaica conectada en sistema de potencia</i>
9:00 am	Receso	
9:15 am	Modelado y simulación de sistemas de generación renovable y almacenamiento por baterías (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelado de baterías en estudios de estabilidad y sus opciones de control y servicios auxiliares según WECC y CIGRE <i>Ejemplos de simulación de sistema de almacenamiento de gran escala en sistema de potencia</i>
11:15 am	Cierre	

Instructor



Dr. Gustavo Valverde Mora

Obtuvo los títulos de maestría y doctorado en sistemas eléctricos de Potencia de la Universidad de Manchester, Inglaterra. Trabajó en proyectos posdoctorales de redes inteligentes e integración de energías renovables en el Instituto Montefiore de la Universidad de Lieja, Bélgica, y en esquemas de coordinación TSO-DSO en el Instituto Federal Suizo de Tecnología de Zúrich, Suiza. El Dr. Valverde es experto en modelado y simulación, análisis de estabilidad, control y monitoreo de sistemas de potencia. Es consultor internacional y cuenta con publicaciones científicas internacionales en estabilidad y control de sistemas de potencia e integración de energía renovable a la red eléctrica, entre otros. Es editor asociado de las revistas *IEEE Transactions on Sustainable Energy* y del *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*. El Dr. Valverde tiene experiencia dictando cursos de actualización profesional para ingenieros de Latinoamérica y diversos cursos de grado y posgrado en Costa Rica.

Costo de inversión

Tarifa pronto pago (hasta el 01 de julio 2022)

Miembros CIER: **\$425.00**

No Miembros CIER: **\$625.00**

Tarifa regular (después del 01 de julio 2022)

Miembros CIER: **\$550.00**

No Miembros CIER: **\$750.00**

Descuento especial para empresas: por 3 inscripciones pagas participan 4 profesionales.

Inscripción:

Web: <https://www.cecacier.org/inscripciones/>

Cindy Álvarez Cindy.alvarez@cecacier.org

Whatsapp Atención Eventos: +506 7243 8598