



Curso Profesional Especializado

ESTABILIDAD Y CONTROL DE SISTEMAS MODERNOS DE POTENCIA

MODALIDAD VIRTUAL
7 SESIONES EN VIVO

SEGUNDA EDICIÓN

2, 5, 9, 12, 16,
19 Y 23 JUNIO

HORARIO:
MARTES Y VIERNES
7 A.M. A 11:15AM HORA CENTROAMERICANA

CURSO PROFESIONAL ESPECIALIZADO Estabilidad y Control de Sistemas Modernos de Potencia

Este curso forma parte del Programa de Educación Continua de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica en alianza con CECACIER y el Programa 4E de la Cooperación Alemana GIZ.

Modalidad: Virtual (7 sesiones en vivo)

Fechas:

Segunda Edición

2, 5, 9, 12, 16, 19 y 23 junio

Horario:

Martes y viernes

7 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.





Curso Profesional Especializado

ESTABILIDAD Y CONTROL DE SISTEMAS MODERNOS DE POTENCIA

MODALIDAD VIRTUAL
7 SESIONES EN VIVO

SEGUNDA EDICIÓN

2, 5, 9, 12, 16,
19 Y 23 JUNIO

HORARIO:
MARTES Y VIERNES
7 A. M. A 11:15AM HORA CENTROAMERICANA

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. Por otra parte, como el sector centroamericano está muy familiarizado con el *PSS/e*, el curso hace referencia a este software en múltiples ocasiones.

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 analiza detalladamente 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 DE SESIONES VIRTUALES

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 <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo de transformador con tap fuera de posición nominal</i> • 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 síncrona (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de la máquina síncrona en variables a, b, c. • Transformación de Park y modelo en variables d, q, 0. • Par eléctrico de la máquina síncrona • Dinámica del movimiento del rotor y ecuación de oscilación • Modelo completo de máquina síncrona para estudios de estabilidad
9:00 am	Receso	
9:15 am	Modelado y simulación de la máquina síncrona (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> • Inductancias y constantes de tiempo transitoria y subtransitoria <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 síncrona durante cortocircuito</i> • Saturación de la máquina síncrona <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Cálculo de parámetros de saturación de generador por método de 2 puntos</i> • Comparación de modelos GENROU, GENROE, GENSAL, GENSAE, GENTPJ. • Curvas de capacidad de generadores síncronos
11:15 am	Cierre	



Curso Profesional Especializado

ESTABILIDAD Y CONTROL DE SISTEMAS MODERNOS DE POTENCIA

MODALIDAD VIRTUAL
7 SESIONES EN VIVO

SEGUNDA EDICIÓN

2, 5, 9, 12, 16,
19 Y 23 JUNIO

HORARIO:
MARTES Y VIERNES
7 A. M. A 11:15AM HORA CENTROAMERICANA

SESIÓN VIRTUAL 2

Tiempo	Actividad	Descripción
7:00 am	Modelado y simulación de sistemas de excitación de generadores (1/2)	<ul style="list-style-type: none">• Funciones de AVR y excitadores• Resumen de tipos de sistema de excitación<ul style="list-style-type: none">- DC- AC- ST• Estabilizadores de sistemas de potencia (PSS)• Limitadores de sobreexcitación• Limitadores de subexcitación (OEL)
9:00 am	Receso	
9:15 am	Modelado y simulación de sistemas de excitación de generadores (2/2)	<ul style="list-style-type: none">• Modelos genéricos y simplificados de sistemas de excitación <i>Ejemplos de simulación de AVR y OEL</i>
10:15 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 <i>Ejemplo de simulación de reguladores de velocidad de unidades hidro</i>
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 3.

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Estabilidad de pequeña señal (1/3)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto de estabilidad de pequeña señal • 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> • Análisis de máquina conectada a barra de potencia infinita <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ejemplo de cálculo y análisis de las variaciones de valores propios</i> ▪ <i>Simulación de inestabilidad de pequeña señal de máquina contra barra infinita</i> • Análisis de pequeña señal en sistemas multi-máquina
9:00 am	Receso	
9:15 am	Estabilidad de pequeña señal (2/3)	<ul style="list-style-type: none"> • 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> • 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>
11:15 am	Cierre	



Curso Profesional Especializado

ESTABILIDAD Y CONTROL DE SISTEMAS MODERNOS DE POTENCIA

MODALIDAD VIRTUAL
7 SESIONES EN VIVO

SEGUNDA EDICIÓN

2, 5, 9, 12, 16,
19 Y 23 JUNIO

HORARIO:
MARTES Y VIERNES
7 A. M. A 11:15AM HORA CENTROAMERICANA

SESIÓN VIRTUAL 4

Hora	Actividad	Descripción
7:00 am	Estabilidad de pequeña señal (3/3)	<ul style="list-style-type: none">• 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</i>
9:00 am		Receso
9:15 am	Estabilidad transitoria de ángulo (1/2)	<ul style="list-style-type: none">• Concepto de estabilidad transitoria• Simplificación del modelo del generador sincrónico 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 5

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> ✓ <i>Tiempos críticos de liberación de fallas</i> <i>Ejemplo de cálculo de ángulo crítico para asegurar estabilidad</i> ✓ <i>Efecto de fallas asimétricas, distancia de la falla, efecto del AVR</i> <i>Simulación de máquina síncrona durante falla trifásica sólida a tierra</i> <i>Ejemplo de simulación del efecto de AVR y PSS en estabilidad transitoria</i> ✓ <i>Extensión del concepto de tiempos críticos a sistemas multi-máquina</i> <i>Simulación de sistema multi-máquina sujeto a grandes perturbaciones para evaluación de tiempos críticos.</i> ✓ <i>Medidas para mejorar estabilidad transitoria de ángulo</i>
9:00 am		Receso
9:15 am	Estabilidad y control de tensión (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Control de tensión en sistemas de potencia</i> ✓ <i>Curvas PV y QV</i> ✓ <i>Fundamentos de inestabilidad de tensión</i> ✓ <i>Efecto de cargas y generación distribuida en estabilidad de tensión</i> <i>Ejemplos de simulación de escenarios de estabilidad/inestabilidad de tensión</i>
11:15 am		Cierre



Curso Profesional Especializado

ESTABILIDAD Y CONTROL DE SISTEMAS MODERNOS DE POTENCIA

MODALIDAD VIRTUAL
7 SESIONES EN VIVO

SEGUNDA EDICIÓN

2, 5, 9, 12, 16,
19 Y 23 JUNIO

HORARIO:
MARTES Y VIERNES
7 A. M. A 11:15AM HORA CENTROAMERICANA

SESIÓN VIRTUAL 6

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 <i>Ejemplos de aporte de generadores durante control primario de frecuencia</i>
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) <i>Ejemplos de control primario y secundario de frecuencia</i> <i>Simulación de respuesta de gobernadores durante control primario de frecuencia</i>✓ Medidas para mejorar y asegurar estabilidad de frecuencia
11:15 am	Cierre	

SESIÓN VIRTUAL 7

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	



Curso Profesional Especializado

ESTABILIDAD Y CONTROL DE SISTEMAS MODERNOS DE POTENCIA

MODALIDAD VIRTUAL
7 SESIONES EN VIVO

SEGUNDA EDICIÓN

2, 5, 9, 12, 16,
19 Y 23 JUNIO

HORARIO:
MARTES Y VIERNES
7 A.M. A 11:15AM HORA CENTROAMERICANA

Instructor



Dr. Gustavo Valverde Mora (email: gustavo.valverde@ucr.ac.cr): es Profesor Catedrático del Departamento de Sistemas de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica (UCR) <https://eie.ucr.ac.cr/profesores/gustavo.valverde/>. El Dr. Valverde es ingeniero graduado de la UCR con énfasis en sistemas de energía. 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. Formó parte del IEEE PES Task Force on Voltage Control of Smart Grids durante 2018-2019 y recientemente ingresó al Comité Editorial del *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*. El Dr. Valverde tiene experiencia dictando cursos de actualización profesional para ingenieros de Costa Rica, Panamá, Guatemala y República Dominicana, así como a estudiantes de posgrado de Inglaterra, Suiza y Costa Rica.

COSTO DE INVERSIÓN

Miembros CIER: **\$425.00**

No Miembros CIER: **\$625.00**

INSCRIPCIÓN:

Larissa Estévez Larissa.estevez@cecacier.org

Cindy Álvarez Cindy.alvarez@cecacier.org

Whatsapp Atención Eventos: +506 7243 8598

