

Curso de Actualización Profesional en Ingeniería Eléctrica

1. Nombre de la asignatura: Estabilidad de los Sistemas Eléctricos de Potencia

2. Objetivos

El curso brinda herramientas que posibilitan la comprensión del comportamiento dinámico de los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP). En particular el alumno quedará facultado para modelar la red de potencia y los principales componentes, simular computacionalmente la conducta dinámica del sistema, analizar diferentes fenómenos dinámicos (estabilidad transitoria, estabilidad en pequeña señal, etc.) y estudiar acciones correctivas.

3. Metodología de enseñanza

El curso consta de 54 horas de sesiones expositivas en que se cubrirán tanto aspectos teóricos como aplicaciones y ejercicios.

En 14 horas aula se cubrirán los ejercicios de simulación digital. En estas se presentarán las herramientas computacionales a ser empleadas y se introducirán los ejercicios a ser desarrollados por los alumnos.

4. Temario

1. Conceptos básicos.
2. Fundamentos de Análisis y Simulación de SEP en régimen permanente
3. Modelado de componentes de SEP para estudios de estabilidad
4. Estabilidad de sistemas dinámicos
5. Estabilidad Transitoria
6. Estabilidad frente a pequeñas perturbaciones
7. Estabilidad de tensión
8. Tópicos de control de SEP

5. Bibliografía

Power System Stability & Control, Prabha Kundur, Mc. Graw Hill, ISBN 0-07-035958-X, 1993.

Representación de la Máquina Síncrona Trifásica en Sistemas de Potencia, A.C. Alvarez, Dirección de la Energía de la Provincia de Buenos Aires, 1977.

Voltage collapse and transient energy function analyses of AC/DC systems, Claudio Canizares. PhD Thesis, University of Wisconsin-Madison, 1991

Power System Analysis, Hadi Saadat, Mc. Graw Hill, ISBN 0-07-561634-3, 1999.

Manuales y/o uso de los helpdesk del Matlab, Simulink y Control System Toolbox.

Material del curso disponible en el sitio web: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ese/>

6. Conocimientos previos exigidos y recomendados

Modelado y análisis en régimen permanente de redes de potencia y máquinas eléctricas, flujo de carga, ecuaciones diferenciales, uso de herramientas computacionales de simulación.

ANEXO

Temario detallado

Entre paréntesis se detallan las horas de aula teórico-práctica en primer término y las de ejercicios de simulación por cada tema.

1. Conceptos básicos.	(2,0)
1.1 Características básicas de los SEP. Estructura. Control de sistemas de potencia Criterios de diseño y operación de sistemas de potencia	1
1.2 Introducción a la estabilidad de sistemas de potencia. Conceptos básicos y definiciones Tipos de estudio de estabilidad	1
2. Fundamentos de Análisis y Simulación de SEPs en régimen permanente	(4,3)
2.1 - Modelo del Transformador Parámetros y circuito equivalente Determinación de los parámetros	(0,5 , 0)
2.2- Modelo de las líneas Parámetros de las líneas Modelo de líneas	(0,5, 0)
2.3- Análisis de flujo de carga Presentación del problema de flujo de carga Solución del flujo de carga Estudio del Software y aplicaciones	(3 , 3)
3. Modelado de componentes de SEP para estudios de estabilidad	(13,3)
3.1 Máquina sincrónica Teoría y modelado de máquinas sincrónicas Parámetros de la máquina sincrónica Diagrama de capacidad Representación de la máquina sincrónica en estudios de estabilidad	(9,2)
3.2 Cargas Modelos estáticos y dinámicos	1
3.3 Sistemas de excitación Requerimientos, elementos y tipos. Comportamiento dinámico. Funciones de control y protección. Modelos.	(2,1)
3.4 Suministradores primarios de energía. Turbinas hidráulicas y térmicas. Reguladores de velocidad	1

4. Estabilidad de sistemas dinámicos	(6,2)
Modelos en el espacio de estados	
Estabilidad. Lyapunov	
Herramientas de análisis	
Linealización	
Teorema de Hartmann-Grobman (sin demostrar)-Definición de bifurcaciones y tipos genéricos de bifurcación.	
Ejemplo simple de bifurcación silla-nodo.	
Caracterización de las bifurcaciones silla-nodo:Teorema de Sotomayor (sin demostrar)	
5. Estabilidad Transitoria	(11,4)
5.1 Introducción	0.5
5.2 Ejemplo máquina - bus infinito	(4.5,2)
trayectorias	
criterio de igual área	
formulación Lyapunov	
respuestas a CC	
Ejercicios	
5.3. Sistema de varias máquinas. Estudio de caso	(3,2)
Influencia de factores	
Presentación del programa de simulación	
Presentación de un paquete comercial	
Ejercicios	
5.4 Métodos directos	1
5.5 Faltas no balanceadas. Protecciones	2
6. Estabilidad frente a pequeñas perturbaciones	(8,2)
6.1 Introducción	0.5
6.2 Ejemplo máquina-bus infinito	3
modelo elemental	
modelos incluyendo	
circuitos de campo	
sistema de excitación	
amortiguadores	
Ejercicios	
6.3 Estudio de caso. Sistema de varias máquinas	(1,2)
6.4 Análisis de autoestructura	2
6.5 Estudio de caso. Sistema de varias máquinas	1.5
Ejercicios	
7. Estabilidad de tensión	(6,0)
7.1 Introducción	(1 hora)
-Definición de estabilidad de tensión.	
-Ejemplo simple de línea radial.Influencia del modelo de carga y de la compensación de reactiva.	
-Descripción de casos reales de colapso de tensión	
-Descripción cualitativa de los elementos fundamentales del sistema de potencia(modelos de carga,tipo de compensación,límites de reactiva de los generadores,etc.) que determinan el fenómeno.	

- 7.2 Bases matemáticas del análisis de la estabilidad de tensión (1,5 horas)
 -Modelo matemático del sistema de potencia.
 -Relación cualitativa entre la bifurcación silla-nodo y el colapso de tensión.
- 7.3 Métodos de análisis de la estabilidad de tensión (1,5 horas)
 -Descripción cualitativa de métodos estáticos y dinámicos
 -Validación de los métodos estáticos clásicos.
 -Método directo
 -Método de continuación
- 7.4 Índices y márgenes de estabilidad de tensión (1,5 horas)
 -Curvas P-V y Q-V
 -Índices derivados del análisis modal
- 7.5 Medidas correctivas (0,5 horas)
 -Descripción cualitativa de métodos correctivos
 -Aplicación del cálculo de vectores propios a la selección de barras críticas
 -Cálculo de refuerzos de reactiva mediante curvas Q-V

8. Tópicos de control de SEP (4,0)

Reguladores de tensión (AVR) y de frecuencia (AGC)
 Estabilizadores (PSS)
 Control de potencia reactiva
 Ejemplos de aplicación.

Forma de evaluación

Los alumnos deberán entregar una serie de ejercicios resueltos para los que se establecerán plazos de entrega de dos semanas. Serán cinco o seis entregas; una de ellas podrá comprender la exposición de un artículo o un estudio de caso.

La evaluación del curso se hará exclusivamente mediante las entregas.

Se entregará certificado de asistencia a aquellos participantes que asistan al menos al 80 % de las aulas teórico-prácticas

Estimación de la dedicación esperada del alumno

Asistencia a aulas teórico-prácticas:	54 horas
Asistencia a clases de simulación	14 horas
Estudio individual o grupal	24 horas
Preparación de entregas	48 horas
Total	140 horas

Cupo mínimo: 6 alumnos egresados

Cupo reservado para alumnos de grado: 4

Los egresados tendrán prioridad a la hora de coordinar horarios y días de clase

Las clases no se suspenderán en la semana de parciales

Docentes:

Michel Artenstein, Profesor Adjunto

Alvaro Giusto, Profesor Adjunto

Rafael Hirsch, Asistente

Pablo Monzón, Profesor Adjunto

Alejandro Segade, Asistente