

FACULTAD DE INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



Nombre de la materia: Modelado y análisis de sistemas eléctricos de potencia

Clave Facultad:

Clave U.A.S.L.P.:

Clave CACEI:

Nivel del Plan de Estudios: Maestría, primer semestre

No. de créditos: 6

Horas/Clase/Semana: 3

Horas totales/Semestre: 48

Horas/Práctica (y/o Laboratorio):

Prácticas complementarias:

Trabajo extra clase Horas/Semana: 3

Carrera/Tipo de materia: Obligatoria

No. de créditos aprobados:

Fecha última de Revisión Curricular: Abril de 2014

Materia y clave de la materia requisito:

JUSTIFICACIÓN DEL CURSO

Los sistemas de potencia modernos son de importancia fundamental en prácticamente todas las actividades de la sociedad actual; por lo que se hace necesario su análisis y modelado para propósitos de su operación, diseño y control. En este curso, se presentan y deducen los modelos matemáticos de los principales elementos eléctricos de un sistema de potencia, así como sus alcances y limitaciones. Por otro lado, se presentan también en detalle las formulaciones matemáticas de las principales técnicas de análisis para el estudio de sistemas de potencia en estado estacionario periódico.

OBJETIVO DEL CURSO

Que el alumno adquiera y aplique los conocimientos asociados al análisis y modelado matemático de los principales componentes de un sistema eléctrico de potencia ante condiciones transitorias y de estado estacionario. Este curso introduce a los estudiantes al modelado de los componentes básicos de un sistema de potencia y les muestra cómo estos componentes pueden combinarse para obtener el modelo completo de un sistema de potencia. Las clases están complementadas con análisis por computadora para darle a los estudiantes la oportunidad de desarrollar sus técnicas de modelado y de interpretación de resultados de simulación.

CONTENIDO TEMÁTICO

1. CONCEPTOS BÁSICOS.

3 hrs.

Objetivo: Repasar brevemente los conceptos fundamentales que le permitirán iniciar el modelado.

- 1.1. Sistema de coordenadas.
- 1.2. Análisis Vectorial.
- 1.3. Integrales de línea y de superficie.
- 1.4. Divergencia y rotacional.
- 1.5. Ecuaciones de Maxwell.
- 1.6. Ondas viajeras.
- 1.7. Modo TEM.

2. MODELADO DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

4 hrs.

Objetivo: Conocer y aplicar el modelo matemático de la línea de transmisión polifásica en el dominio del tiempo y de la frecuencia.

- 2.1. Primera ecuación del telegrafista.
- 2.2. Segunda ecuación del telegrafista.
- 2.3. Modelo fasorial de la primera ecuación del telegrafista.
- 2.4. Modelo en fasores de la segunda ecuación del telegrafista.

3. CÁLCULO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.

5 hrs.

Objetivo: Calcular las matrices de parámetros eléctricos de la línea de transmisión.

- 3.1. Impedancia interna.
- 3.2. Método de las imágenes.
- 3.3. Impedancia externa para terreno ideal (impedancia geométrica).
- 3.4. Impedancia externa para terreno no ideal.
- 3.5. Matriz de capacitancia.
- 3.6. Matrices de parámetros eléctricos.

- 3.7. Reducción de orden.
 - 3.7.1. Reducción de conductores de guarda.
 - 3.7.2. Reducción de conductores en haz.

4. ANÁLISIS MODAL DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUS REPRESENTACIONES CIRCUITALES.

5 hrs.

Objetivo: Conocer y aplicar la solución de las ecuaciones del telegrafista en el dominio de la frecuencia y que conozca y aplique el concepto de onda viajera.

- 4.1. Ecuaciones modales de la línea de transmisión.
 - 4.1.1. Voltajes modales.
 - 4.1.2. Corrientes modales.
 - 4.1.3. Modos de propagación de voltaje.
 - 4.1.4. Modos de propagación de corriente.
- 4.2. Solución de las ecuaciones del telegrafista.
- 4.3. Impedancia y admitancia modales.
- 4.4. Formas de dos puertos.
- 4.5. Modelo nodal.
- 4.6. Circuito PI.
 - 4.6.1. Para líneas cortas.
- 4.7. Componentes simétricas.
 - 4.7.1. Impedancias y admitancias de secuencia.
 - 4.7.2. Ecuaciones del telegrafista.
 - 4.7.3. Modos de Clarke.

5. MODELADO DE TRANSFORMADORES.

5 hrs.

Objetivo: Conocer los transformadores de potencia, así como sus aplicaciones, y sus modelos matemáticos para poder aplicarlos en estudios de estado estacionario y transitorio.

- 5.1. Transformador ideal.
- 5.2. Modelo del transformador de dos devanados.
 - 5.2.1. Ecuaciones de flujo.
 - 5.2.2. Ecuaciones de voltaje.
 - 5.2.3. Circuitos equivalentes.
- 5.3. Determinación de los parámetros de los circuitos equivalentes.
- 5.4. Desempeño del transformador.
- 5.5. Conexiones trifásicas.
- 5.6. Autotransformador.
 - 5.6.1. Modelos del autotransformador.
- 5.7. Transformadores de tres devanados.
- 5.8. Control de voltaje en transformadores.
 - 5.8.1. Cambiadores de TAP.
- 5.9. Representación en por unidad.

6. MODELADO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA.

5 hrs.

Objetivo: Conocer el funcionamiento y la operación de la máquina síncrona. Además, el alumno conocerá aplicará los modelos matemáticos de la máquina síncrona en estudios de estado estacionario y dinámico.

- 6.1. Introducción.
- 6.2. Modelo matemático del generador síncrono.
- 6.3. Transformación dq0.
- 6.4. Representación en por unidad.
- 6.5. Circuitos equivalentes para los ejes d y q.
- 6.6. Características de estado estacionario.
- 6.7. Ecuaciones de movimiento.

7. MODELADO DE CARGAS.

3 hrs.

Objetivo: Conocer y saber aplicar los diferentes modelos de carga de acuerdo al tipo de estudio y a su comportamiento.

- 7.1. Introducción.
- 7.2. Representación de Cargas en Componentes de Fase y Secuencia.
 - 7.2.1. Carga Conectada en Estrella.
 - 7.2.2. Carga Conectada en Delta.
- 7.3. Modelos Típicos de Cargas.

8. MATRICES DE ADMITANCIA Y DE IMPEDANCIA.

6 hrs

Objetivo: Desarrollar los principios de topología de redes para la obtención de los modelos de Z_{bus} y Y_{bus} .

- 8.1. Análisis y construcción de Y_{bus} .
 - 8.1.1. Introducción.
 - 8.1.2. Ramas acopladas y su red equivalente.
 - 8.1.3. Modificación de Y_{bus} .
 - 8.1.4. Método de eliminaciones sucesivas.
 - 8.1.5. Eliminación de nodos (reducción de Kron).
 - 8.1.6. Factorización triangular.
- 8.2. Análisis y construcción de Z_{bus} .
 - 8.2.1. Introducción.
 - 8.2.2. Teorema de Thevenin y Z_{bus} .
 - 8.2.3. Modificación de una Z_{bus} existente.
 - 8.2.4. Construcción de Z_{bus} .
 - 8.2.5. Cálculo de los elementos de Z_{bus} a partir de Y_{bus} .

9. FLUJOS DE POTENCIA.

6 hrs.

Objetivo: Plantear y solucionar un problema de flujos de potencia.

- 9.1. Introducción.
- 9.2. Ecuaciones de flujos de potencia.
- 9.3. Métodos de solución.
 - 9.3.1. Método de Gauss.
 - 9.3.2. Método Newton-Raphson.
 - 9.3.3. Método desacoplados.

10. ANÁLISIS DE FALLAS.

6 hrs.

Objetivo: Conocer y aplicar los métodos generales para el estudio de sistemas de potencia en condiciones de fallas balanceadas y desbalanceadas.

10.1. Introducción.

10.2. Simulación de Fallas en Derivación.

10.2.1. Falla de Línea a Tierra.

10.2.2. Falla de Doble Línea a Tierra.

10.2.3. Falla entre Líneas.

10.2.4. Falla Trifásica sin Aterrizar.

10.2.5. Falla Trifásica Aterrizada.

10.3. Cálculo de Corrientes y Voltajes de Falla.

10.4. Simulación de Fallas Serie.

10.4.1. Una Fase Abierta.

10.4.2. Dos Fases Abiertas.

METODOLOGÍA

- El profesor explicará por diversos métodos los conceptos iniciales de cada tema.
- Organizar sesiones grupales de discusión de conceptos.
- Participar en la solución de ejercicios individual o grupal.
- Proponer ejercicios extra clase.
- Promover el uso de software de simulación en problemas relacionados con las unidades de aprendizaje.
- Trabajos de investigación de temas específicos en forma individual o en equipo.

EVALUACIÓN

Se realizarán tres evaluaciones parciales en el curso y los indicadores para obtener una calificación serán los siguientes: tareas 40 %, examen 40 % y exposiciones 20%. El porcentaje indica la ponderación del indicador sobre la calificación final de cada evaluación parcial. La calificación final del curso será el promedio de la calificación de los tres parciales.

BIBLIOGRAFÍA

Artículos Científicos

M. Sadiku, Elements of Electromagnetics, The Oxford Series in Electrical and Computer Engineering, 2006

Greenwood, Electrical Transient in Power Systems, John Wiley & Sons, 1991

N. R. Watson, Power Systems Electromagnetic Transients Simulation, IEE Power & Energy Series, 2002

Hadi Suddat, Power Systems Analysis, McGraw-Hill, 1999

L. Grigsby, Electrical Power Engineering Handbook, CRC Press, 2006

J. Grainger y W. Stevenson, Elements of Power Systems, McGraw-Hill, 1994

J. Arrillaga y N. R. Watson, Computer Modeling of Electrical Power Systems, John Wiley & Sons, 2001

Kundur, Prabha. Power system stability and control. Tata McGraw-Hill Education, 1994.

Anderson, Paul M., and Aziz A. Fouad. Power system control and stability. IEEE press. Second edition, 2003.