

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Sistemas Eléctricos de Potencia I.</b>
Carrera: <b>Ingeniería Eléctrica</b>
Clave de la asignatura: <b>ELC-0534</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos: <b>4-2-10</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Morelia, del 31 de mayo al 4 de junio del 2004.	Representante de las academias de ingeniería eléctrica de los Institutos Tecnológicos.	Reunión nacional de evaluación curricular de la carrera de Ingeniería Eléctrica
Institutos tecnológicos de Morelia, Hermosillo, Pachuca, Orizaba, La Laguna, Veracruz de junio a octubre del 2004	Academias de Ingeniería Eléctrica	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión nacional de evaluación
Instituto Tecnológico de Mérida, del 18 al 22 de octubre del 2004	Comité de consolidación de la carrera de Ingeniería Eléctrica	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería Eléctrica

### 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

#### a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Circuitos Eléctricos II	- Todo.		
Teoría electromagnética.	- Ley de Faraday, propagación en medios materiales.		
Métodos numéricos.	- Solución de sistemas ecuaciones no lineales.		
Matemáticas IV.	- Álgebra matricial.		

#### b). Aportación de la asignatura al perfil del egresado

Adquirir la visión integral de los SEP y podrá realizar cálculos y análisis de estudios esenciales en los SEP que le permitirán intervenir en el diseño, construcción y operación de los sistemas eléctricos en general, tanto para redes de transmisión de alto voltaje como de las redes de distribución de energía eléctrica.

### 4.- OBJETIVO(S) GENERAL(ES) DEL CURSO

El estudiante adquirirá los conocimientos y habilidades en las técnicas usadas en el análisis en régimen estacionario de los sistemas eléctricos de potencia (SEP), así como el modelado de líneas de transmisión y transformadores de potencia.

## 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Modelado de Líneas de Transmisión y Transformadores Para el Análisis en Estado Estacionario.	<ul style="list-style-type: none"><li>1.1 Conceptos básicos.</li><li>1.2 Cálculo de parámetros serie de la línea de transmisión aérea: R y L.</li><li>1.3 Cálculo de parámetros en derivación: C.</li><li>1.4 Efecto de tierra en los parámetros de líneas de transmisión.</li><li>1.5 Modelado de la línea de transmisión</li><li>1.6 Análisis y operación de la línea de transmisión en régimen permanente.</li><li>1.7 Límites de transmisión de potencia y cargabilidad.</li><li>1.8 Modelación de Transformadores con relación de vueltas no nominal.</li><li>1.9 Modelación de Transformadores Defasadores.</li></ul>
2	Representación de los Sistemas Eléctricos.	<ul style="list-style-type: none"><li>2.1 Conceptos básicos de la representación de los SEP.</li><li>2.2 Diagramas trifilares y unifilares.</li><li>2.3 Valores en Por Unidad.</li><li>2.4 Matrices de red. Interpretación y obtención de <math>Y_{BUS}</math> y <math>Z_{BUS}</math>.</li></ul>
3	Análisis de Flujos de Potencia	<ul style="list-style-type: none"><li>3.1 Formulación del problema</li><li>3.2 Método iterativo de Gauss</li><li>3.3 Método iterativo de Gauss-Seidel</li><li>3.4 Método de Newton-Raphson</li><li>3.5 Métodos desacoplados.</li><li>3.6 Método de CD</li></ul>

## 5.- TEMARIO (Continuación)

Unidad	Temas	Subtemas
4	Análisis de Fallas	<ul style="list-style-type: none"><li>4.1 Naturaleza y consideraciones básicas de fallas.<ul style="list-style-type: none"><li>4.1.1 Definición del periodo subtransitorio, transitorio y régimen permanente. Corrientes subtransitoria, transitoria y en régimen permanente.</li><li>4.1.2 Capacidad momentánea e interruptiva de los interruptores.</li><li>4.1.3 Capacidad de corto circuito o nivel de falla.</li><li>4.1.4 Cálculo de corto circuito trifásico.</li></ul></li><li>4.2 Componentes simétricas.</li><li>4.3 Modelado a secuencia cero de elementos de transmisión, con énfasis en transformadores.</li><li>4.4 Modelado de fallas asimétricas mediante el método de componentes simétricas.<ul style="list-style-type: none"><li>4.4.1 Falla de línea a tierra</li><li>4.4.2 Falla entre fases.</li><li>4.4.3 Falla de doble fase a tierra.</li><li>4.4.4 Ejemplos y aplicaciones,</li></ul></li><li>4.5 Análisis de fallas en sistemas de gran escala.<ul style="list-style-type: none"><li>4.5.1 Introducción: formulación del problema.</li><li>4.5.2 Ecuaciones generales de falla.<ul style="list-style-type: none"><li>En forma de impedancia.</li><li>En forma de admitancia.</li></ul></li><li>4.5.3 Obtención de las matrices de falla.</li></ul></li></ul>

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Circuitos de corriente alterna.
- Conversión de la Energía (Transformadores y Máquinas Síncrona).
- Métodos numéricos para resolver sistemas de ecuaciones lineales y no lineales
- Álgebra matricial.

## **7.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- En este punto se sugiere hacer un uso extensivo de la computadora en todos los temas en que haya disponible software apropiado, que es en la mayoría; además el uso de software MATLAB® es, no solo recomendable, sino imprescindible.
- En el cálculo de parámetros de líneas aéreas, el análisis de flujos de potencia, y el cálculo de corto circuito, existe una importante cantidad de software especializado, sin embargo es recomendable que el alumno trate de desarrollar sus programas, aún cuando sean rudimentarios, con el fin de que adquiera la experiencia, aunque luego con el fin de analizar sistemas grandes de manera versátil, se recurra al uso de software profesional, como el Power World®, por ejemplo.
- De ser posible, una visita a un centro de control de energía, de preferencia a nivel de CENACE o un centro de control de área, sería recomendable; esto debe hacerse en un punto de avance que garantice, no solo la motivación del estudiante, sino la comprensión de los fenómenos asociados con la operación y control de los sistemas eléctricos de gran escala.

## **8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN**

- Evaluación mediante exámenes tradicionales
- Participación en proyectos grupales.
- Ponderar la elaboración de programas de computadora desarrollados en el curso.

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Modelado de Líneas de Transmisión y Transformadores para el Análisis en Estado Estacionario.

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
El estudiante aprenderá a calcular los parámetros de la línea de transmisión aérea, así como su comportamiento en régimen permanente. Además el modelo de transformadores con relación de vueltas no nominal y defasadores, para su uso posterior en el estudio de flujos de carga.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Experimentar con software el cálculo de parámetros de líneas aéreas de transmisión, comparando los valores de parámetros de líneas de circuito simple con doble circuito. Además se sugiere que se comparen los valores de líneas con conductor simple en las fases, con líneas compuestas con haces de conductores.</li><li>• Calcular curvas de capacidad de carga (cargabilidad) para distintos tipos de líneas.</li><li>• Investigar las características y construcción de los transformadores con relación de vueltas no nominal y defasadores. Además, investigar las alternativas existentes en la familia de dispositivos FACTS, que sustituyen a los transformadores mencionados.</li></ul>	1 a 8

### Unidad 2: Representación de los Sistemas Eléctricos

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Aprenderá a normalizar los sistemas eléctricos. Además aprender los conceptos de las matrices de red y los métodos para su obtención.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obtener diagramas unifilares de sistemas eléctricos reales, con el fin de familiarizarse con estos.</li><li>• Obtener matrices de red de sistema eléctricos, usando MATLAB®.</li></ul>	1, 8

### Unidad 3: Análisis de Flujos de Potencia

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Aprenderá los conceptos de los flujos de carga en sistemas eléctricos, así como su formulación y solución mediante métodos numéricos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver sistemas simples mediante software adecuado, con el fin de que familiarice con los conceptos.</li> <li>• Resolver mediante software apropiado un problema de flujos de potencia de un sistema representativo (Ward-Hale por ejemplo), comparando los efectos de diferentes factores de aceleración en el método de Gauss-Seidel.</li> <li>• Resolver mediante software apropiado un problema de flujos de potencia de un sistema representativo (Ward-Hale por ejemplo), comparando características de simulación (número de iteraciones, precisión, etc) entre los métodos Gauss-Seidel y Newton-Raphson.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">5</p> <p style="text-align: center;">7</p> <p style="text-align: center;">8</p>

### Unidad 4: Análisis de Fallas

Objetivo Educativo	Actividades de Aprendizaje	Fuentes de Información
Aprenderá los conceptos en los cuales se basa la modelación de sistemas eléctricos en el análisis de fallas, así como los métodos de solución para fallas balanceadas y desbalanceadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las aplicaciones asociadas al análisis de fallas eléctricas.</li> <li>• Obtener las redes de secuencia para diversos ejemplos de sistemas eléctricos.</li> <li>• Determinar las corrientes de corto circuito y voltajes en sistemas eléctricos para diferentes tipos de fallas usando software</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1 a 8</p>

## 10. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Grainger, Stevenson, *Análisis de Sistemas de Potencia*, Ed. McGraw Hill.
2. Elgerd, O I., *Electric Energy Sytems Theory: An introduction*, Ed. McGraw Hill.
3. Stagg-El Abiad, *Computer Methods for Power Systems Analysis*, Ed. Mc Graw Hill.
4. H. Saadat, *Power system analysis*, Ed. McGraw-Hill, 2nd edition.
5. D. Glover, M. Sarma, *Sistemas de potencia, análisis y diseño*, Ed. Thomson learning, 3<sup>rd</sup> edition.
6. Anderson, Paul, *Analysis of faulted power system*, Ed. IEEE press.
7. Gómez Expósito, A., *Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica*, Ed. Mc Graw-Hill, Madrid, 2002.
8. Martínez, J.L., Riqueleme, J., Romero, E. , Rosendo, J.A., Gómez Expósito, A., *Sistemas Eléctricos de Potencia Problemas y Ejercicios Resueltos*, Ed. Pearson Educación, Madrid, 2003. 285. ISBN: 84-205-3558-3.
9. Weedy, B.M., Cory, B.J., *Electric power systems*, Ed. John Wiley, 4<sup>th</sup>.
10. Coria, L., *Notas de la materia Sistemas Eléctricos de Potencia I*. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Instituto Tecnológico de Morelia. 2004.



## PRÁCTICAS PROPUESTAS

### Laboratorio De Simulación de Sistemas de Potencia.

- Cálculo de parámetros de líneas de transmisión en computadora.
  - (a). Comparación de corridas con líneas de circuito simple, con
    - conductores sencillos
    - haces de conductores .
- Obtención de el límite máximo de transferencia de potencia de una línea, usando un programa de flujos.
- Estudio de Capacidad de Carga de una línea de Transmisión (Cargabilidad).
- Análisis del efecto de compensación en líneas de transmisión.
  - (a) Compensación reactiva en derivación. Efecto sobre el voltaje en la línea de transmisión.
  - (b) Compensación Capacitiva serie. Efecto sobre la cargabilidad de la línea de transmisión.
- Formación de matrices de Red con software especializado.
- Familiarización con la simulación de flujos de potencia.
- Análisis del efecto del factor de aceleración en el método de Gauss-Seidel. Obtención de la curva No. De Iteraciones vs. Factor de aceleración.
- Comparación del desempeño de los métodos de Gauss-Seidel y Newton-Raphson en los análisis de flujos de potencia.
- Efecto de la variación de la inyección de potencia reactiva en un bus, sobre el voltaje en dicho bus.
- Análisis del efecto del transformador con cambiador de derivación (tap) (TCUL, OLTC), sobre la potencia reactiva, así como el efecto del transformador defasador sobre la potencia activa.
- Análisis de Sensitividad (pequeños cambios de estado en el sistema) del sistema eléctrico de potencia.
- Obtención de las curvas PV y QV con el programa de flujos de potencia.
- Cálculo de corrientes y voltajes para diferentes tipos de fallas.