

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Modelado de Sistemas Eléctricos de Potencia
Clave de la asignatura:	ELF-1020
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Eléctrica

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero electricista la capacidad de interpretar, representar, calcular y explicar el comportamiento de las cargas y flujos de potencia en un sistema eléctrico de potencia, incluyendo el análisis bajo condiciones de falla, para operarlos eficientemente. Permite introducir al alumno en la temática del análisis metodológico de los sistemas eléctricos de potencia interconectados para comprender el manejo de la carga en operación normal o transitoria a través de las líneas de transmisión, subestaciones y redes distribución de energía eléctrica. Es una asignatura introductoria al resto de los temas propios de la especialidad en potencia o bien, como parte del tronco básico de la carrera de ingeniería eléctrica y permite ampliar el panorama del campo de acción de todo ingeniero electricista, introduciéndolo al manejo de la potencia en gran escala.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>El contenido está organizado en cuatro temas, los dos primeros dedicadas a la presentación conceptual de las técnicas de modelado en estado estacionario de los componentes de potencia del sistema eléctrico, como líneas y transformadores, dejando los otros dos para las actividades de aplicación en el modelado de flujo de potencias y el último para el análisis de las condiciones de falla. En los dos primeros temas se deberá enfatizar la presentación conceptual y la obtención analítica de los parámetros de modelado correspondientes, pero habrá de dejarse espacio suficiente para su solución con los paquetes de software sugeridos, permitiendo que el alumno adopte las dos situaciones de manejo y obtenga una comparativa de evaluación propia que le permita comprobar las ventajas de uno y otro para su beneficio posterior en los temas de aplicación. Los dos siguientes temas se destinan al análisis, mediante simulación de las condiciones operativas de los sistemas eléctricos, tanto para el manejo de la carga, como para las situaciones de fallas eléctricas a que todo sistema eléctrico de potencia está sujeto en su operación; conceptos que se requerirán en materias posteriores a ésta, donde se cubrirán los aspectos complementarios de los SEP's. Como: estabilidad de sistemas; despacho económico de carga; protecciones eléctricas; diseño de subestaciones de potencia, líneas de transmisión y redes de distribución.</p>

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
--	----------------------	---------------

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

<p>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coahuila, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coahuila, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Mexicali, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Culiacán, Hermosillo, La Laguna, Mexicali, Oaxaca, Pachuca, Querétaro, Tuxtla Gutiérrez y Veracruz.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.</p>	<p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coahuila, Coahuila, Coahuila, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla,</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

	Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	
--	--	--

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Analiza el comportamiento de las cargas y flujos de potencia en un sistema eléctrico de potencia, incluyendo las condiciones bajo situaciones de falla del sistema eléctrico para tomar las decisiones correspondientes, que permitan una mejor utilización de la instalación, evitando condiciones inestables en el manejo de la energía eléctrica y formas de prevenir las contingencias en su operación.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Conoce, comprende y aplica los conceptos y leyes fundamentales que se emplean en el análisis en estado permanente de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna, con apoyo de herramientas de análisis y simulación. • Comprende y aplica los métodos numéricos para la solución de modelos matemáticos de problemas de ingeniería eléctrica, empleando herramientas computacionales. • Conoce el principio de operación de los transformadores así como su aplicación dentro de un sistema eléctrico. • Utiliza los modelos matemáticos de las máquinas síncronas para simular diferentes condiciones de operación. • Utiliza apropiadamente los instrumentos de medición y prueba, para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Modelado de Líneas de Transmisión y Transformadores para el análisis en estado estacionario.	1.1 Conceptos básicos. 1.2 Cálculo de parámetros serie de la línea de transmisión aérea: R y L. 1.3 Cálculo de parámetros en derivación: C. 1.4 Efecto de tierra en los parámetros de líneas de transmisión. 1.5 Modelado de la línea de transmisión 1.6 Análisis y operación de la línea de transmisión en régimen permanente. 1.7 Límites de transmisión de potencia y cargabilidad. 1.8 Modelado de Transformadores con relación de vueltas no nominal. 1.9 Modelado de Transformadores defasadores. 1.10 Simulaciones en MATLAB
2	Representación de los Sistemas Eléctricos.	2.1 Conceptos básicos de la representación de los SEP. 2.2 Diagramas trifilares y unifilares.

		2.3 Valores en Por Unidad. 2.4 Matrices de red. Interpretación y obtención de YBUS y ZBUS. 2.5 Simulaciones en MATLAB
3	Análisis de Flujos de Carga	3.1 Formulación del problema 3.2 Método iterativo de Gauss 3.3 Método iterativo de Gauss-Seidel 3.4 Método de Newton-Raphson 3.5 Métodos desacoplados. 3.6 Método de CD 3.7 Simulaciones en MATLAB
4	Análisis de Fallas	4.1 Naturaleza y consideraciones básicas de fallas. <ul style="list-style-type: none"> • Definición del periodo subtransitorio, transitorio y régimen permanente. • Corrientes subtransitoria, transitoria y en régimen permanente. • Capacidad momentánea e interruptiva de los interruptores. • Capacidad de corto circuito o nivel de falla. • Cálculo de corto circuito trifásico. 4.2 Componentes simétricas. 4.3 Modelado a secuencia cero de elementos de transmisión, con énfasis en transformadores. 4.4 Modelado de fallas asimétricas mediante el método de componentes simétricas. <ul style="list-style-type: none"> • Falla de línea a tierra • Falla entre fases. • Falla de doble fase a tierra. • Ejemplos y aplicaciones. 4.5 Análisis de fallas en sistemas de gran escala. <ul style="list-style-type: none"> • Introducción: formulación del problema. • Ecuaciones generales de falla. <ul style="list-style-type: none"> ○ En forma de impedancia. ○ En forma de admitancia. • Obtención de las matrices de falla. 4.6 Simulaciones en MATLAB

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Modelado de Líneas de Transmisión y Transformadores para el análisis en estado estacionario.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Estudia el comportamiento en régimen permanente de líneas de transmisión y transformadores de potencia, para identificar las condiciones de estabilidad entre los diversos tipos de instalaciones y sus cargas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<p>con conductor simple en las fases, con líneas compuestas de multiconductores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular curvas de capacidad de carga (cargabilidad) para distintos tipos de líneas. • 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.
<p>2. Representación de los Sistemas Eléctricos.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Representa mediante diagramas unifilares y matrices de red normalizados, el modelado de los SEP's., para el posterior análisis de su estabilidad operativa.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener diagramas unifilares de sistemas eléctricos reales, con el fin de familiarizarse con estos. • Conocer el sistema por unidad para circuitos monofásicos y generalizar para circuitos trifásicos haciendo una adecuada selección de las bases. • Cambiar a una nueva base de cálculo de todos los valores conocidos por unidad dados en otra base. • Dibujar el diagrama unifilar de un sistema de potencia usando símbolos normalizados. • Obtener el circuito equivalente de un sistema de potencia usando el diagrama unifilar y los circuitos equivalentes simplificados de todos los elementos del sistema. • Calcular por unidad los valores de las impedancias equivalentes de los elementos de un sistema de potencia para dibujar el diagrama de impedancias • Obtener matrices de red de sistemas eléctricos, usando MATLAB
<p>3. Representación de los Sistemas Eléctricos.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Utiliza la metodología normalizada para simular el comportamiento de los flujos de carga de un SEP. Y analiza sus condiciones operativas reales con el fin de tomar las decisiones correspondientes.</p> <p>Genéricas:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver sistemas simples mediante software adecuado, con el fin de que se familiarice con los conceptos. • Resolver mediante software apropiado un problema de flujos de potencia de un sistema representativo (Ward-Hale por ejemplo),

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<p>comparando los efectos de diferentes factores de aceleración en el método de Gauss-Seidel.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
4. Análisis de fallas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Obtiene, mediante el modelado correspondiente, las corrientes de corto circuito y condiciones de falla de un SEP, que permitan la toma de decisiones en el diseño y operación del mismo.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las aplicaciones asociadas al análisis de fallas eléctricas. • Describir los métodos numéricos utilizados para la solución del problema. • Comentar las ventajas y desventajas de los diferentes métodos de solución, tiempos de iteración, convergencia, etc. • Utilizar un software comercial o didáctico para conocer ejemplos y comentar resultados en clase. • Discutir las aplicaciones del estudio de flujos de carga. • Obtener las redes de secuencia para diversos ejemplos de sistemas eléctricos. • Determinar las corrientes de corto circuito y voltajes en sistemas eléctricos para diferentes tipos de fallas usando software

8. Práctica(s)

Laboratorio de Simulación de Sistemas de Potencia.

- Cálculo de parámetros de líneas de transmisión en computadora. Comparación de corridas con líneas de circuito simple, con: a) conductores sencillos, b) haces de conductores.
- Obtención del 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 número de Iteraciones - 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 sensibilidad (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.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Evaluación de reportes de investigaciones documentales y experimentales.
- Evaluación de reportes de prácticas, con solución analítica, simulaciones y circuitos físicos.
- Revisión de tareas de los problemas asignados en forma grupal o individual.
- Evaluar con examen los conocimientos adquiridos en clase.

(La evaluación por competencias se llevará a cabo a través de la constatación de los desempeños académicos logrados por el estudiante; es decir, mostrando las competencias profesionales explicitadas en los temas de aprendizaje). La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

1. Grainger, Stevenson, (1996). Análisis de Sistemas de Potencia. Ed. McGraw Hill.
2. Stagg-El Abiad, (1989). Computer Methods for Power Systems Analysis, Ed. Mc Graw Hill.
3. Saadat, H. (2010). Power System Analysis, Ed. McGraw-Hill, 3th edition.
4. Glover, D. Sarma, M. (2004) Sistemas de potencia, análisis y diseño. (3ª Ed.). Ed. Thomson Learning.
5. Anderson, Paul, (1995). Analysis of faulted power system, Ed. IEEE press..
6. Gómez Expósito, A., (2002). Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica. España. Mc Graw-Hill.
7. Martínez, J. L., Riqueleme, J., Romero, E. , Rosendo, J. A., Gómez Expósito, A. (2003). Sistemas Eléctricos de Potencia. Problemas y Ejercicios Resueltos. España. Ed. Pearson Educación,
8. Weedy, B.M., Cory, B.J., (2012). Electric Power Systems. (5ª Ed.). John Wiley,
9. Milano, Federico. (2010). Power System Modelling and Scripting. London. Springer.
10. Acha, Enrique. (2004). Modelling and Simulation in Power Networks. John Wiley.