

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Análisis de Circuitos Eléctricos de CA
Clave de la asignatura:	EMF-1003
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Electromecánica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

En contraste con el análisis de los circuitos eléctricos excitados con señales constantes (corriente directa), esta asignatura considera su comportamiento en estado estacionario cuando están presentes señales de excitación variantes en el tiempo. Se extienden las leyes y teoremas de circuitos en corriente directa para explicar las nuevas condiciones operativas ante este tipo de señales. Además, se presenta una introducción a los sistemas polifásicos y a los circuitos acoplados magnéticamente que servirán de plataforma para otras asignaturas y que permitirán que el ingeniero analice con mayor profundidad los dispositivos eléctricos que componen un sistema eléctrico. Por otra parte, el uso de software especializado representa una herramienta importante para la comprensión y asimilación de nuevos conceptos en el análisis mencionado, que además, servirá como un primer acercamiento al modelado de sistemas físicos y a la implementación de algoritmos de solución para obtener su respuesta ante diferentes señales de excitación.

Esta asignatura constituye la base para el estudio y/o diseño de los sistemas eléctricos, ya que desarrolla la capacidad de análisis e interpretación de su comportamiento cuando se excita con señales variantes en el tiempo. Con la introducción de conceptos básicos, tales como potencia instantánea, potencia compleja, factor de potencia, etc., se relacionará la materia con los fenómenos presentes en cualquier sistema que utilice energía eléctrica. Esto conllevará a que el alumno identifique la aplicación del análisis de circuitos en la vida real.

Las bases teóricas que aporta permitirán que se aborden nuevas asignaturas, tales como Máquinas Eléctricas, Instalaciones Eléctricas, Diseño e Ingeniería Asistido por Computadora, Sistemas Eléctricos de Potencia, Controles Eléctricos, Ahorro de Energía, y Subestaciones Eléctricas, entre otras.

Intención didáctica

La asignatura se divide en seis temas que introducirán al alumno de manera progresiva al análisis de circuitos y a los fenómenos presentes ante señales de excitación variantes en el tiempo.

El primer tema comprende la definición de señales variantes en el tiempo y su caracterización, así como la presentación del concepto de fasor como herramienta de análisis mencionando su rango de validez. Además, se aborda el comportamiento de elementos pasivos tales como la resistencia, el capacitor y el inductor al ser excitados con estas señales. Es importante en esta etapa inicial que el profesor relacione estos comportamientos con las leyes del electromagnetismo, para dar una visión clara de su importancia.

En el tema dos se abordan la reducción de circuitos y los teoremas de redes, en los cuales el profesor debe fomentar que el alumno utilice software para comprobar los teoremas, con lo cuál comenzará a desarrollar la capacidad de análisis.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En el tema tres y cuatro presentan los conceptos de potencia compleja y se analizan los sistemas polifásicos. El profesor debe hacer especial mención en la aplicación de estos conceptos en los procesos más relevantes que involucran la energía eléctrica, fomentando que el alumno identifique por sí sólo su aplicabilidad y motive a la utilización de los conocimientos adquiridos en la solución de problemas sencillos.

En la etapa final del curso, que comprende los temas cinco y seis, se presenta el principio de funcionamiento de los transformadores, que representa un elemento esencial en los circuitos de corriente alterna. Se debe inducir a que el alumno identifique su aplicación y entienda la relevancia de este dispositivo. Además, se presenta el análisis de circuitos en el dominio de la frecuencia.

Es importante señalar que en los temas antes descritos el profesor implemente en su estrategia de enseñanza la realización de prácticas de laboratorio, ya que por medio de las cuales el alumno reafirmará los conocimientos adquiridos, comprobará resultados y diseñará sus propios circuitos. Por otra parte, comenzará a utilizar equipos de medición (tales como el osciloscopio, el multímetro, el medidor de factor de potencia, etc.) y el generador de señales, adquiriendo experiencia que será necesaria en otras asignaturas.

En las actividades de aprendizaje sugeridas, se propone la formalización de los conceptos a partir de demostraciones matemáticas concretas; se presenta el concepto general y se fomenta que el alumno resuelva por sí mismo problemas de ejemplo, siendo el profesor un guía que ayudará a que se obtenga la respuesta adecuada y que se tome el camino correcto en la solución. El alumno debe comprender claramente los conceptos, y en base a relaciones básicas sea capaz de deducir las fórmulas necesarias.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Delicias, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Linares, Los Mochis, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula De Gordiano, Tijuana, Tlalnepantla, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.	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.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla,	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería

	Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Los Mochis, Mexicali, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula de Gordiano, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.	Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Oriente del Estado de Hidalgo, La Paz, La Región Sierra, Los Cabos, Delicias, Ensenada, Chihuahua, Iguala, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Minatitlán, Mulegé, Nuevo Casas Grandes, Puerto Progreso, Puerto Vallarta, Tapachula y Zacatepec.	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.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiari, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Conoce detalladamente los conceptos fundamentales en redes eléctricas de corriente alterna en estado estacionario periódico. • Interpreta el significado físico del concepto de fasor en un circuito de corriente alterna sinusoidal. • Representa matemáticamente circuitos eléctricos de corriente alterna sinusoidal en estado estacionario. • Conoce y aplica los métodos para el análisis en el dominio fasorial de circuitos de corriente alterna. • Aplica métodos de análisis eficientes en redes eléctricas complejas por medio de los teoremas de reducción de redes y del teorema de superposición. • Analiza circuitos magnéticamente acoplados. • Conoce los conceptos introductorios al análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario para su estudio ante condiciones no sinusoidales. • Analiza redes eléctricas en el dominio de Fourier y de Laplace. • Utiliza programas computacionales especializados para el análisis y solución de circuitos eléctricos

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Realiza operaciones matriciales para sistemas de ecuaciones. • Realiza operaciones con números complejos para solución de problemas. • Aplica los métodos de mallas y nodos para la solución de circuitos de corriente continua. • Aplica los métodos de solución para resolver sistemas de ecuaciones algebraicas lineales. • Aplica los métodos de solución para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias lineales • Aplica las series de Fourier para expresar señales periódicas • Representa señales no periódicas a través de la transformada de Fourier. • Representa señales no periódicas a través de la transformada de Laplace. • Aplica la transformada de Fourier a ecuaciones diferenciales ordinarias lineales para obtener su solución. • Aplica la transformada de Laplace a ecuaciones diferenciales ordinarias lineales para obtener su solución.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Elementos de corriente alterna	1.1 Características de la onda senoidal 1.2 Determinación de valores RMS de voltaje y corriente 1.3 Concepto de fasor 1.4 Respuesta en estado estacionario de elementos R, L, C 1.5 Impedancia 1.6 Solución de circuitos RLC en serie y paralelo en estado estacionario 1.7 Diagramas fasoriales y de impedancia
2	Análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario	2.1 Reducción de circuitos serie-paralelo 2.1 Análisis de mallas y nodos

		<p>2.2 Teorema de superposición 2.4 Teorema de Thevenin y Norton 2.5 Teorema de superposición 2.6 Teorema de máxima transferencia de potencia. 2.7 Aplicación de software para el análisis y solución de circuitos</p>
3	Potencia eléctrica	<p>3.1 Potencia promedio en estado estacionario de un circuito RLC 3.2 Potencia monofásica compleja, activa, reactiva y aparente 3.3 Triángulo de potencias 3.4 Definición de factor de potencia y corrección del factor de potencia. 3.5 Introducción a los Armónicos y sus efectos.</p>
4	Análisis de Circuitos polifásicos	<p>4.1 Conexiones delta y estrella 4.2 Transformaciones delta-estrella y estrella-delta 4.3 Cargar trifásicas balanceadas 4.4 Análisis por fases de circuitos trifásicos 4.5 Potencia trifásica compleja, aparente, real y reactiva. 4.6 Circuitos trifásicos desbalanceados 4.7 Métodos para medición de potencia trifásica 4.8 Aplicación de software para el análisis y solución de circuitos</p>
5	Análisis de circuitos magnéticamente acoplados	<p>5.1 Autoinducción 5.2 Inducción mutua 5.3 Coeficiente de acoplamiento magnético 5.4 Regla de los puntos 5.5 Transformador ideal</p>
6	Análisis de circuitos en el dominio de Laplace	<p>6.1 Respuesta natural 6.2 Respuesta forzada 6.3 Respuesta completa 6.4 Identificación de circuitos</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1.- Elementos de Corriente Alterna	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Conoce detalladamente los conceptos fundamentales en redes eléctricas de corriente alterna para analizar sus características en estado estacionario periódico. 	<ul style="list-style-type: none"> Usando MATLAB, graficar una onda sinusoidal a diferente frecuencia, amplitud pico y ángulo de fase y en un segundo momento identificar su relación de fase. Usando MATLAB, graficar dos ondas sinusoidales A partir del concepto de radio vector, obtener la grafica de la onda seno y coseno.

<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza software para corroborar las características y conceptos básicos de los circuitos en corriente alterna. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad crítica y autocrítica. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidades interpersonales. • Habilidades para el manejo de software computacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los valores RMS de señales sinusoidales periódicas • Obtener las relaciones de fase y valores pico entre la corriente y voltaje en estado estacionario de un circuito resistivo, inductivo y capacitivo. • Resolver circuitos RLC en serie y en paralelo en estado estacionario • Graficar en el plano complejo el diagrama de los fasores de corriente y voltaje de un circuito RLC serie y paralelo
<p>2.- Análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modela matemáticamente circuitos eléctricos de corriente alterna sinusoidal en estado estacionario para analizar su comportamiento. • Conoce y aplica los métodos y teoremas para el análisis en el dominio fasorial de circuitos monofásicos en corriente alterna. • Utiliza software para la solución de circuitos en corriente alterna. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Capacidad para tomar decisiones. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades para el manejo de software computacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener la impedancia equivalente de configuraciones de impedancias en serie y en paralelo. • Analizar circuitos serie-paralelo por medio de reducción de impedancias y obtener las ecuaciones de nodo y malla. • Obtener los equivalentes de Thevenin y Norton de Circuitos. • Analizar los voltajes y corrientes en la carga conectada en las terminales de los circuitos equivalentes para comparar los resultados con los obtenidos al conectar la carga en el circuito original. • Comprobar por medio de un ejemplo analítico el teorema de máxima transferencia de potencia
<p>3.- Potencia eléctrica</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcula los diferentes tipos de potencia eléctrica para ubicarlos en el triángulo de potencias. • Realiza cálculos para corregir el factor de potencia en base al triángulo de potencias. • Conoce el concepto de armónico y sus características. • Analiza la distorsión armónica para determinar la respuesta de circuitos en 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular la potencia promedio de un circuito monofásico y representar la potencia activa, reactiva, compleja y aparente por medio de un triángulo de potencias. • Calcular el factor de potencia para cargas, resistivas, inductiva y capacitivas (RLC) y en base al triángulo de potencias, corregir el factor de potencia. • Comparar la corriente demandada a la fuente con y sin corrección del factor de potencia en la carga.

<p>corriente alterna con fuentes de excitación no sinusoidales.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. Capacidad de aprender. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. Capacidad crítica y autocrítica. 	<ul style="list-style-type: none"> Descomponer una señal periódica en las componentes de la serie de Fourier. Investigar el concepto de distorsión armónica y el porcentaje de distorsión armónica y su efecto en la potencia eléctrica. Resolver circuitos excitados no sinusoidalmente.
4.- Análisis de circuitos polifásicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifica un circuito polifásico y sus diferentes conexiones para realizar transformaciones de voltajes. Analiza y resuelve circuitos polifásicos empleando las transformaciones correspondientes. Calcula y mide la potencia en circuitos trifásicos para comparar sus resultados. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de investigación. Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. Capacidad de análisis y síntesis. Habilidades para el manejo de software computacional 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar tipos de conexiones de fuentes y cargas trifásicas. Realizar transformaciones de voltajes de línea a línea a voltajes de línea a neutro, y viceversa, además transformaciones de conexiones de delta estrella, y viceversa, de cargas balanceadas y desbalanceadas. Investigar el método de análisis por fase. Calcular la potencia trifásica activa, reactiva, aparente y compleja. Analizar circuitos trifásicos desbalanceados y mide la potencia trifásica. Utilizar software para el análisis de circuitos trifásicos.
5.- Análisis de circuitos magnéticamente acoplados	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza circuitos magnéticamente acoplados. Conoce el principio básico del funcionamiento del transformador. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de investigación. Habilidad para trabajar en forma autónoma. Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigar la Ley de Faraday, el concepto de autoinductancia e inductancia mutua. Deducir la ecuación del coeficiente de acoplamiento de bobinas magnéticamente acopladas en el vacío. Investiga la regla de los puntos para determinar la polaridad de los voltajes inducidos. Analizar la respuesta eléctrica en estado estacionario del transformador ideal.
6.- Análisis de circuitos en el dominio de la frecuencia	
Competencias	Actividades de aprendizaje

<p>Específica(s): Analiza circuitos eléctricos de corriente alterna en el dominio de Laplace y conoce su comportamiento en el dominio de la frecuencia. Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad crítica y autocrítica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener la respuesta natural, forzada y completa de circuitos eléctricos por medio de la transformada de Laplace. • Aplicar la transformada de Laplace para determinar la función de transferencia de un circuito. • Realizar la identificación de circuitos por medio de la respuesta en frecuencia.
--	---

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de formas de onda usando un generador de señales. • Medición de impedancias en circuitos RLC a diferentes frecuencias. • Medición de las corrientes y voltajes de estado estacionario en un circuito de corriente alterna sinusoidalmente excitado y comparar las mediciones con la solución matemática. • Medición de potencia eléctrica real, reactiva y aparente en un circuito monofásico. • Corrección de factor de potencia. • Comprobar el teorema de Thevenin. • Comprobar el teorema de Norton. • Comprobar el teorema de superposición. • Comprobar el teorema de máxima transferencia de potencia. • Medición de potencia real, reactiva y aparente en un circuito eléctrico trifásico balanceado y desbalanceado. • Obtener la respuesta en frecuencia de circuitos RLC e identificar sus parámetros y su topología.
--

9. Proyecto de asignatura

<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

- Reportes de investigaciones hechas en equipo y de manera individual
- Desarrollo teórico de temas mediante exposiciones.
- Solución a problemas técnicos mediante la aplicación de la teoría explicada en clase.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Problemario por tema de aprendizaje
- Participación durante la clase.
- Reportes de las prácticas de laboratorio

11. Fuentes de información

1. Alexander, C. K. y Sadiku, M. N.O. (2007). Fundamentos de circuitos Eléctricos. México: Mc Graw Hill.
2. Boylestad, R. L. (2011), Introducción al Análisis de Circuitos. México: Pearson.
3. Dorf, R., C. (2011). Circuitos Eléctricos. México: Alfaomega.
4. Hayt Jr., W. H., Kemmerly. J. E. y Durbin, S. M. (2012). Análisis de Circuitos en Ingeniería. México: Mc Graw Hill.
5. BuenasTareas.com (2012). Circuitos Acoplados Magnéticamente. Recuperado el 28 de noviembre de 2012, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Circuitos-Acoplados-Magneticamente/3327941.html>.
6. Google libros (2010). Elementos de corriente alterna. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de <http://books.google.com.mx/books?id=cfwW6bG0TAC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.
7. Scrib.com (2009). Análisis de circuitos mediante la transformada de Laplace. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/23015264/analisis-de-circuitos-con-laplace>.
8. Wikipedia.com (2012). Corriente Alterna. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_alterna.
Wikipedia.com (2012). Potencia Eléctrica. Recuperado el 28 de Noviembre de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_el%C3%A9ctrica.