

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	Análisis de Circuitos Eléctricos de Corriente Alterna
Carrera :	Ingeniería Electromecánica
Clave de la asignatura :	EMF-1003
SATCA ¹	3 – 2 - 5

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 unidades que introducirán al alumno de manera progresiva al análisis de circuitos y a los fenómenos presentes ante señales de

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

excitación variantes en el tiempo.

La primera unidad 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 la segunda unidad se aborda 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 cual comenzará a desarrollar la capacidad de análisis.

La tercera y cuarta unidad 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 las unidades quinta y sexta, 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 las unidades antes descritas 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 formulas necesarias.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas: <ul style="list-style-type: none">• Identificar los elementos básicos que componen un circuito excitado con fuentes de corriente alterna.• Conocer detalladamente los conceptos fundamentales en redes eléctricas de corriente alterna en estado estacionario periódico.• Interpretar el significado físico del concepto de fasor en un circuito de corriente alterna sinusoidal.• Representar matemáticamente circuitos eléctricos de corriente alterna sinusoidal en estado estacionario.• Conocer y aplicar los métodos para el análisis en el dominio fasorial de circuitos de corriente alterna.• Aplicar métodos de análisis eficientes en redes eléctricas complejas por medio de los teoremas de reducción de redes y del teorema de superposición.• Calcular y medir la potencia eléctrica en corriente alterna.• Corregir el factor de potencia en redes excitadas sinusoidalmente.• Analizar redes eléctricas polifásicas balanceadas y desbalanceadas.• Analizar circuitos magnéticamente acoplados.	Competencias genéricas: <u>Competencias instrumentales</u> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de análisis y síntesis• Capacidad de organizar y planificar• Conocimientos básicos de la carrera• Leer en una segunda lengua• Manejar de software computacional• Habilidades de gestión de información (habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas)• Solucionar problemas• Tomar decisiones. <u>Competencias interpersonales</u> <ul style="list-style-type: none">• Desarrollar la capacidad crítica y autocrítica• Realizar trabajo en equipo• Desarrollar habilidades interpersonales• Adquirir el compromiso ético <u>Competencias sistémicas</u> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica• Habilidades de investigación• Capacidad de aprender• Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)• Búsqueda del logro
--	--

<ul style="list-style-type: none">• Conocer los conceptos introductorios al análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario ante condiciones no sinusoidales.• Analizar redes eléctricas en el dominio de la Fourier y de Laplace.• Saber utilizar programas computacionales especializados para el análisis y solución de circuitos eléctricos.	
--	--

4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato del 24 al 28 de agosto de 2009.</p>	<p>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.</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.</p>
<p>Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.</p>	<p>Academias de Ingeniería Electromecánica de los Institutos Tecnológicos de: Superior de Irapuato</p>	<p>Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.</p>
<p>Instituto Tecnológico de Mexicali del 25 al 29 de enero del 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, 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.</p>	<p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.</p>

5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Identificar los elementos básicos que componen un circuito excitado con fuentes de corriente alterna.

Conocer detalladamente los conceptos fundamentales en redes eléctricas de corriente alterna en estado estacionario periódico.

Interpretar el significado físico del concepto de fasor en un circuito de corriente alterna sinusoidal.

Representar matemáticamente circuitos eléctricos de corriente alterna sinusoidal en estado estacionario.

Conocer y aplicar los métodos para el análisis en el dominio fasorial de circuitos de corriente alterna.

Aplicar métodos de análisis eficientes en redes eléctricas complejas por medio de los teoremas de reducción de redes y del teorema de superposición.

Calcular y medir la potencia eléctrica en corriente alterna.

Corregir el factor de potencia en redes excitadas sinusoidalmente.

Analizar redes eléctricas polifásicas balanceadas y desbalanceadas.

Analizar circuitos magnéticamente acoplados.

Conocer los conceptos introductorios al análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario ante condiciones no sinusoidales.

Analizar redes eléctricas en el dominio de la Fourier y de Laplace.

Saber utilizar programas computacionales especializados para el análisis y solución de circuitos eléctricos

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Solucionar circuitos de corriente continua
- Hacer operaciones matriciales
- Hacer operaciones con números complejos
- Solucionar sistemas de ecuaciones algebraicas lineales
- Solucionar ecuaciones diferenciales ordinarias lineales
- Expresar señales periódicas por medio de series de Fourier
- Saber representar señales no periódicas a través de la transformada de Fourier
- Saber representar señales no periódicas a través de la transformada de Laplace
- Solucionar ecuaciones diferenciales ordinarias lineales por medio de la transformada de Fourier
- Solucionar ecuaciones diferenciales ordinarias lineales por medio de la transformada de Laplace

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Elementos de corriente alterna	1.1 Características de la onda senoidal 1.2 Ángulo de fase 1.3 Concepto de fasor 1.4 Respuesta en estado estacionario de elementos R, L, C 1.5 Impedancia 1.6 Determinación de valores RMS de voltaje y corriente 1.7 Solución de circuitos RLC en serie y paralelo en estado estacionario. 1.8 Diagramas fasoriales y de impedancia
2	Análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario	2.1 Reducción de circuitos serie-paralelo 2.2 Análisis de mallas y nodos 2.3 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
3	Potencia eléctrica	3.1 Potencia promedio en estado estacionario de un circuito RLC 3.2 Potencia monofásica compleja, activa, reactiva y aparente

		<p>3.3 Triángulo de potencias</p> <p>3.4 Definición de factor de potencia y corrección del factor de potencia.</p> <p>3.5 Introducción a los Armónicos y sus efectos</p>
4	Análisis de Circuitos polifásicos	<p>4.1 Conexiones delta y estrella</p> <p>4.2 Transformaciones delta-estrella y estrella-delta</p> <p>4.3 Cargas trifásicas balanceadas</p> <p>4.4 Análisis por fases de circuitos trifásicos</p> <p>4.5 Potencia trifásica compleja, aparente, real y reactiva.</p> <p>4.6 Circuitos trifásicos desbalanceados</p> <p>4.7 Métodos para medición de potencia trifásica</p> <p>4.8 Aplicación de software para el análisis y solución de circuitos</p>
5	Análisis de circuitos magnéticamente acoplados	<p>5.1 Autoinducción</p> <p>5.2 Inducción mutua</p> <p>5.3 Coeficiente de acoplamiento magnético</p> <p>5.4 Regla de los puntos</p> <p>5.5 Transformador ideal</p>
6	Análisis de circuitos en el dominio de Laplace	<p>6.1 Respuesta natural</p> <p>6.2 Respuesta forzada</p> <p>6.3 Respuesta completa</p> <p>6.4 Identificación de circuitos</p>

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El profesor debe:

Ser conocedor de la disciplina que está bajo su responsabilidad, conocer su origen y desarrollo histórico para considerar este conocimiento al abordar los temas. Desarrollar la capacidad para coordinar y trabajar en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Mostrar flexibilidad en el seguimiento del proceso formativo y propiciar la interacción entre los estudiantes. Tomar en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos. Además, debe de propiciar las siguientes actividades,

- Investigar en libros de texto, artículos, internet, etc. acerca de temas que serán vistos en clase por el maestro. Seleccionar de las diferentes fuentes consultadas los conceptos más importantes, así como buscar aplicaciones científicas y/o tecnológicas de ellos.
- Sintetizar la información recopilada en reportes escritos con los conceptos fundamentales de los temas. Discutir en clase y reporte de deducciones teóricas de leyes y teoremas.
- Realizar presentaciones acerca del desarrollo de temas frente a grupo, propiciando la discusión de los diferentes puntos de vista observados y enfoques dados a un mismo trabajo de investigación o estudio.
- Desarrollo de prácticas en equipo y motivar la realización propuestas técnicas de los alumnos para el mejoramiento de resultados de experimentos realizados.
- Desarrollar proyectos en partes donde cada parte deberá ser desarrollada por cada equipo, donde el resultado final dependa de la interacción entre grupos.
- Desarrollo de trabajo extra clase resolviendo problemas mediante diferentes formas y/o metodologías existentes.
- Desarrollo de reportes escritos en forma particular, haciendo hincapié en la calidad tanto de formato de presentación como en el enfoque dado a sus resultados obtenidos

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- El profesor evalúa en forma continua y formativa, por lo que debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:
 - Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
 - Nivel de comprensión de conceptos por medio de reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de respuesta de circuitos en CA, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
 - La calidad de la información obtenida durante la práctica de leyes y teoremas para el análisis de circuitos plasmada en documentos escritos.
 - Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
 - Desarrollo teórico de temas mediante exposiciones.
 - Reportes de investigaciones hechas en equipo y de manera individual.
 - Propuestas de solución a problemas técnicos mediante la aplicación de teorías.
 - Realizar prácticas de laboratorio.
 - Participación en clase.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: Elementos de Corriente Alterna

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer detalladamente los conceptos fundamentales en redes eléctricas de corriente alterna 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.• Usando Matlab, graficar dos ondas sinusoidales para identificar su relación de fase.• A partir del concepto de radio vector, obtener la grafica de la onda seno y coseno.• Obtener las relaciones de fase y valores pico entre la corriente y voltaje en estado estacionario de un circuito resistivo.• Obtener las relaciones de fase y valores pico entre la corriente y voltaje en estado estacionario de un circuito inductivo.• Obtener las relaciones de fase y valores pico entre la corriente y voltaje en estado estacionario de un circuito capacitivo.• Realizar operaciones con números complejos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los valores RMS de señales sinusoidales periódicas. • 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.
--	---

Unidad 2: Análisis de circuitos de corriente alterna en estado estacionario

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Modelar matemáticamente circuitos eléctricos de corriente alterna sinusoidal en estado estacionario.</p> <p>Conocer y aplicar los métodos y teoremas para el análisis en el dominio fasorial de circuitos monofásicos en corriente alterna.</p> <p>Utilizar software para la solución de circuitos.</p>	<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. • Obtener las ecuaciones de nodo y malla de circuitos • Utilizar Matlab para la solución de sistemas algebraicos lineales de números complejos • Resolver las ecuaciones de nodo y malla de circuitos • 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, comparar los resultados con los obtenidos al conectar la carga en circuito original. • Comprobar por medio de un ejemplo analítico el teorema de máxima transferencia de potencia

Unidad 3: Potencia eléctrica

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer e interpretar las diferentes definiciones de potencia eléctrica.</p> <p>Calcular los diferentes tipos de potencia eléctrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular la potencia promedio de un circuito monofásico. • Definir y calcular la potencia compleja, aparente, activa y reactiva de circuitos monofásicos. • Representar la potencia activa, reactiva, compleja y aparente por medio de un

<p>Corregir el factor de potencia en base al triangulo de potencias.</p> <p>Conocer el concepto de armónico.</p> <p>Conocer el concepto de distorsión armónica y determinar la respuesta de circuitos en corriente alterna con fuentes de excitación no sinusoidales.</p>	<p>triángulo de potencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcular el factor de potencia par cargas, resistiva, inductiva, capacitiva y RLC. • En base al triangulo de potencias, corregir el factor de potencia de cargas RLC. Comparar la corriente demandada a la fuente con y sin corrección del factor de potencia en la carga. • Descomponer una señal periódica en las componentes de la serie de Fourier. • Investigar el concepto de distorsión armónica y el porcentaje de distorsión armónica (THD). • Resolver circuitos excitados no sinusoidalmente.
---	---

Unidad 4: Análisis de circuitos polifásicos

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Identificar un circuito polifásico y sus diferentes conexiones</p> <p>Analizar y resolver circuitos polifásicos.</p> <p>Calcular y medir potencia en circuitos trifásicos.</p>	<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. • Realizar 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. • Investigar los métodos de medición de potencia trifásica. • Utilizar software para el análisis de circuitos trifásicos.

Unidad 5: Análisis de circuitos magnéticamente acoplados

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Analizar circuitos magnéticamente acoplados.</p> <p>Conocer el principio básico del</p>	<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

funcionamiento del transformador.	<p>magnéticamente acopladas en el vacío.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar la regla de los puntos para determinar la polaridad de voltajes inducidos. • Analizar la respuesta eléctrica en estado estacionario del transformador ideal.
-----------------------------------	---

Unidad 6: Análisis de circuitos en el dominio de la frecuencia

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Analizar circuitos en el dominio de Laplace.	<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. • Hacer identificación de circuitos por medio de la respuesta en frecuencia.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. William H. Hayt Jr, Jack E. Kemmerly, Análisis de Circuitos en Ingeniería, Sexta edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2007.
2. D. E. Johnson, John L. Hilburn y J. R. Johnson y P. D. Scott, Análisis Básico de Circuitos Eléctricos, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México, 1997.
3. J. A. Edminister y Mahmood Nahvi, Circuitos Eléctricos, Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2004.
4. J. David Irwin, Análisis básico de Circuitos en Ingeniería, Quinta Edición, Editorial Prentice Hall, México, 1997.
5. Robert L. Boylestad, Análisis Introductorio de Circuitos, Octava Edición, Editorial Prentice Hall, México, 1998.
6. Richard C. Dorf y James A. Svoboda, Circuitos Eléctricos, Quinta Edición, Editorial Alfaomega, México, 2003.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Caracterización de formas de onda usando un generador de señales.
2. Medición de impedancias en circuitos RLC a diferentes frecuencias.
3. 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.
4. Medición de potencia eléctrica real, reactiva y aparente en un circuito monofásico.
5. Corrección de factor de potencia.
6. Comprobar el teorema de Thevenin.
7. Comprobar el teorema de Norton.
8. Comprobar el teorema de superposición.
9. Comprobar el teorema de máxima transferencia de potencia.
10. Observar y medir los voltajes en terminales de un generador síncrono trifásico.
11. Medición de potencia real, reactiva y aparente en un circuito eléctrico trifásico balanceado y desbalanceado.
12. Simulación de circuitos en un software profesional.
13. Obtener la respuesta en frecuencia de circuitos RLC e identificar sus parámetros y su topología.