

1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	Máquinas Eléctricas
Carrera :	Ingeniería Electromecánica
Clave de la asignatura :	EMJ-1017
SATCA ¹	4 - 2 - 6

2.- PRESENTACIÓN

Caracterización de la asignatura.

Esta asignatura aporta, al perfil del Ingeniero Electromecánico las herramientas, para diseñar e implementar estrategias y programas para el control y/o automatización de los procesos productivos y los dispositivos en los sistemas electromecánicos basada principalmente en fuerza motriz eléctrica.

Con esta materia se atiende una parte del área eléctrica de la carrera de Ing. electromecánica que en los últimos seguimientos curriculares se ha venido acotando, como lo es el estudio de las máquinas eléctricas, dada la importancia de los temas y del tiempo tan limitado que se dispone, requiere de estrategias didácticas propias del modelo basado en competencias y de un gran compromiso de todos los actores que intervienen en el proceso de aprendizaje (logro de la competencia)

Por estos motivos las competencias a desarrollar en el estudio de esta asignatura fueron enfocadas al concepto metacognitivo de *saber transferir* en los temas raíz que integran la materia como lo son: Máquinas de corriente directa, máquinas síncronas y máquinas de inducción

Una vez logradas las competencias en cuestión servirán de competencias previas para otras asignaturas tales como: Controles eléctricos, sistemas eléctricos de potencia, subestaciones eléctricas, ahorro de energía, etc.

Intención didáctica.

La distribución de los contenidos de esta asignatura está conformada por cinco unidades.

En la primera unidad se abordan los principios fundamentales del electromagnetismo con un enfoque propio a la aplicación del estudio de las maquinas eléctricas, además de su aplicación en los generadores de corriente directa, abarcando desde simbología, tipos de generadores, diagramas hasta curvas de comportamiento.

En la segunda se continua con otra de las maquinas de corriente directa en su

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

modalidad de motor para que el alumno conozca y analice los conceptos de fuerza contraelectromotriz, reacción de armadura, relación entre par y velocidad, regulación de velocidad y curvas características. En la tercera unidad se aborda el comportamiento de las máquinas síncronas pasando por el estudio de las partes constitutivas, principio de funcionamiento, el efecto de carga, diagramas fasoriales y curvas de comportamiento. La cuarta unidad se compone de temas que van desde el conocimiento de las partes que constituyen los motores de inducción tanto trifásicos como monofásicos, repasando el concepto de campo magnético giratorio, métodos de arranque y tipos de motores monofásicos. Finalmente se termina con la quinta unidad donde se presentan los temas relativos al transformador eléctrico los cuales van desde el principio de funcionamiento, circuito equivalente, relación de transformación, regulación de voltaje, tipos de configuraciones trifásicas, diagramas fasoriales.

Se sugiere para esta asignatura, una actividad metacognitiva de aprendizaje en la que el alumno desarrolle un proyecto de investigación donde diseñe y construya una máquina eléctrica, ya sea de corriente directa o corriente alterna donde el alumno promueva el trabajo colaborativo con sus compañeros.

3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Competencias específicas: <ul style="list-style-type: none">• Relacionar los circuitos equivalentes de los diferentes tipos de maquinas de C.D. a partir de sus curvas de magnetización.• Resolver problemas típicos de maquinas de C.D. utilizando las ecuaciones generadas a partir de circuitos equivalentes.• Fundamentar la clasificación de motores de C.D. de acuerdo a su característica terminal (V_T vs I_L)• Analizar los diferentes tipos de configuración de maquinas de corriente directa y definir su aplicación en la industria.• Resolver problemas típicos de maquinas de C.A. utilizando las ecuaciones generadas a partir de circuitos equivalentes.• Fundamentar la clasificación de motores de C.A. de acuerdo a su característica terminal (Par vs Velocidad)• Analizar los diferentes tipos de configuración de Maquinas de Corriente Alterna y definir su aplicación en la industria.• Clasificar los diferentes tipos de transformadores monofásicos y trifásicos.• Calcular la capacidad y tipo de transformadores con base en el tipo de carga a alimentar.	Competencias genéricas: <u>Competencias instrumentales</u> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de análisis y síntesis• Capacidad de organizar y planificar• Conocimientos generales básicos• Habilidades básicas de manejo de la computadora• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas• Solución de problemas• Toma de decisiones. <u>Competencias interpersonales</u> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad crítica y autocrítica• Trabajo en equipo interdisciplinario• Habilidades interpersonales• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas• 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.• Habilidad para trabajar en forma autónoma• Iniciativa y espíritu emprendedor• Capacidad para diseñar un proyecto• Capacidad de liderazgo• Capacidad para adaptarse a nuevas situaciones
--	--

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: Los Mochis</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

Controlar y operar máquinas eléctricas para su aplicación en la industria.

6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Interpretar y aplicar leyes básicas de electromagnetismo.
- Resolución de circuitos en corriente directa.
- Análisis de redes en corriente alterna.
- Leer, interpretar simbología eléctrica básica.
- Interpretar y aplicar los conceptos de potencia en corriente alterna.
- Analizar e interpretar circuitos acoplados magnéticamente.

7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Generadores de corriente directa.	1.1 Fundamentos de generadores eléctricos 1.2 Acción generador 1.3 Tipos de generadores 1.4 Construcción y tipos de devanados en el generador de C.D.
2	Motores de corriente directa.	2.1 Generalidades en motores de corriente directa. 2.2 Descripción de la relación entre par y fuerza. 2.3 Análisis de la fuerza contraelectromotriz en el motor. 2.4 Estudio de la relación entre par y velocidad. 2.5 Análisis de las características operativas del motor. 2.6 Regulación de la velocidad del motor. 2.7 Efecto de la reacción de armadura sobre el flujo del campo. 2.8 Análisis para la compensación de la reacción de armadura. 2.9 Estudio del efecto de la reacción de inducido sobre la regulación de velocidad.
3	Máquinas Síncronas.	3.1 Generalidades y construcción del motor síncrono. 3.2 Análisis de las formas de arranque del motor trifásico. 3.3 Estudio del efecto de carga en condiciones de 3.3.1 Excitación normal

		<p>3.3.2 Subexcitación</p> <p>3.3.3 Sobreexcitación</p> <p>3.4 Operación de las curvas V en el motor síncrono.</p> <p>3.5 Corrección y ajuste del factor de potencia con carga constante mediante un motor síncrono.</p> <p>3.6 Principio de funcionamiento y construcción del generador sincrónico.</p> <p>3.7 Obtención del circuito equivalente del generador síncrono monofásico y trifásico.</p> <p>3.8 Regulación de voltaje en el generador con factor de potencia.</p> <p>3.9 Análisis de la relación de potencia y par.</p> <p>3.10 Paralelaje de alternadores síncronos.</p>
4	Motores de corriente alterna	<p>4.1 Estudio de las partes constitutivas de los motores de corriente alterna asíncronos.</p> <p>4.2 Generación del campo magnético giratorio en un estator trifásico</p> <p>4.3 Análisis de las características de funcionamiento del motor de inducción.</p> <p>4.4 Estudio de la corriente del rotor para la obtención de la reactancia de magnetización y de dispersión.</p> <p>4.5 Obtención de las Pérdidas en el cobre y deslizamiento del rotor.</p> <p>4.6 Obtención del circuito equivalente del motor de inducción.</p> <p>4.7 Conexiones normalizadas en los motores de inducción:</p> <p>4.8 Características de arranque del motor de inducción de rotor devanado al modificarle la resistencia óhmica en el circuito del rotor.</p> <p>4.9 Aplicaciones de los motores de inducción polifásicos.</p> <p>4.10 Principios de los motores monofásicos</p> <p>4.11 Tipos de motores monofásicos</p>
5	Transformadores	<p>5.1 Definición fundamental de un transformador.</p> <p>5.2 Análisis de un transformador ideal.</p> <p>5.3 Estudio de la transferencia máxima de potencia por los dispositivos igualadores de impedancia.</p> <p>5.4 Estudio para la obtención del circuito</p>

		<p>equivalente del transformador con núcleo de hierro.</p> <p>5.5 Análisis para la regulación de voltaje con cargas en factor de potencia.</p> <p>5.6 Cálculo de la eficiencia del transformador con carga a factor de potencia.</p> <p>5.7 Estudio de autotransformadores monofásicos.</p> <p>5.8 Conexión de transformadores monofásicos en arreglos trifásicos.</p> <p>5.9 Conexión de transformadores monofásicos en arreglos de autotransformadores trifásicos.</p> <p>5.10 Relaciones de transformaciones.</p>
--	--	--

8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

El profesor debe:

- Propiciar el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, que encaminen hacia la investigación de temas de maquinas eléctricas.
- Planear y desarrollar las sesiones para propiciar el aprendizaje significativo de cada tema, mediante estrategias y técnicas de enseñanza-aprendizaje participativas.
- Fomentar actividades de búsqueda, selección, análisis e interpretación de simbología y diagramas de máquinas eléctricas.
- Organizar actividades grupales que propicien el razonamiento inductivo y deductivo entre los estudiantes.
- Plantear problemas de motores y generadores eléctricos que permitan al estudiante la integración de conceptos teóricos, para su análisis y solución.
- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura.
- Analizar y discutir las definiciones del tema en problemas reales.
- Uso de software como herramienta que facilite la comprensión de los conceptos, la resolución de problemas e interpretación de los resultados.
- Investigar en diversas fuentes de información sobre la importancia y la aplicación de las maquinas eléctricas en Ingeniería Electromecánica.
- Exponer temas relacionados con la materia.
- Resolver ejercicios planteados en clase.
- Fomentar el trabajo colaborativo con los estudiantes, complementando la información por parte del profesor y orientar en las dudas que se generen.
- Vincular los contenidos de esta asignatura con otras materias.
- Propiciar procesos meta cognitivos.

9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura debe ser formativa y sumativa, por lo que debe considerarse los siguientes criterios de desempeño, en lo que se deberá elaborar una rúbrica poniendo particular énfasis en:

- La resolución de problemas típicos de motores y generadores de CD y CA
- Ensayos sobre la evolución de los diferentes tipos de maquinas y su aplicación en la industria.
- Cuestionarios resueltos para identificar el dominio del conocimiento sobre los temas
- Manejo u uso de lenguaje técnico sobre las maquinas eléctricas.
- Diseño y construcción de un prototipo de maquina eléctrica.
- Entrega en tiempo y forma los reportes de prácticas realizadas.
- Participación del alumno en clase.
- Revisión y exposición de ejercicios extra clase.
- Análisis y revisión de las actividades de investigación.
- Exposición de temas relacionados con la materia.
- Participación en talleres de resolución de problemas.
- Entrega de trabajos de investigación en equipo.
- Cumplimiento en tiempo y forma con las actividades encomendadas.
- Entrega de portafolio de evidencias.

10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad 1: **Generadores de corriente directa.**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Analizar e interpretar las diferentes leyes de electromagnetismo. Identificar las partes de una maquina de Corriente directa en su modalidad de Generador. Deducir las ecuaciones de las diferentes configuraciones a partir de sus circuitos equivalentes. Relacionar los circuitos equivalentes de los diferentes tipos de generadores de C.D. a partir de sus curvas de magnetización. Resolver problemas típicos de generadores de C.D. utilizando las ecuaciones generadas a partir de	<ul style="list-style-type: none">• Investigar las leyes de Faraday, Lenz, Ampere y Oesterd.• Elaborar un mapa conceptual sobre las leyes antes mencionadas.• Demostrar los conceptos de FEM, FCEM, Inducción Electromagnética, Autoinducción.• Investigar y discutir en clase como se aplica la regla de la mano derecha de Flemming. (Acción generador)• Resolución de problemas relacionados con regulación de voltaje de los generadores de corriente directa ante el aumento o disminución de carga.• Fundamentar la clasificación de generadores de C.D. de acuerdo a su característica terminal (V_T vs I_L)• Analizar los diferentes tipos de

circuitos equivalentes.	configuración de generadores de corriente directa y definir su aplicación en la industria.
-------------------------	--

Unidad 2: : Motores de corriente directa.

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Identificar las partes de una maquina de Corriente directa en su modalidad de motor.</p> <p>Deducir las ecuaciones de las diferentes configuraciones de motores de C. D. a partir de sus circuitos equivalentes.</p> <p>Relacionar los circuitos equivalentes de los diferentes tipos de motores de C.D. a partir de sus curvas de magnetización.</p> <p>Resolver problemas típicos de motores de C.D. utilizando las ecuaciones generadas a partir de circuitos equivalentes y definir su aplicación en la industria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar los conceptos de FEM, FCEM, Inducción Electromagnética, Autoinducción aplicados a la acción motor. • Verificar físicamente las partes constitutivas del motor tales como tipos de campos, arreglos de escobillas, colector etc. • Investigar, discutir y comparar en clase como se aplica la regla de la mano izquierda de Flemming. (Acción motor) • Aplicar la ley de Lenz en los devanados del inductor e inducido para demostrar la aparición de la fuerza contraelectromotriz. • Describir los efectos de la reacción de armadura en los motores de C.D. ante el aumento da carga. • Discutir y demostrar la relación entre Par y Velocidad en los motores. • Analizar y discutir el comportamiento de la velocidad que experimenta el motor bajo condiciones de incremento de carga, excitado bajo sus tres formas de excitación. • Observar y analizar el efecto de reacción de inducido y sus posibles formas de corrección cuando el motor se encuentra en condiciones de carga y velocidad variable. • Resolución de problemas relacionados con regulación de velocidad de los motores de corriente directa ante el aumento o disminución de carga. • Fundamentar la clasificación de motores de C.D. de acuerdo a su característica terminal (Velocidad vs Par) • Analizar los diferentes tipos de configuración de motores de corriente directa y definir su aplicación en la industria.

Unidad 3: Máquinas Síncronas

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Identificar las partes de una maquina síncrona en sus modalidades de motor y generador.</p> <p>Conocer e interpretar el concepto de campo magnético giratorio para su aplicación en la maquina síncrona.</p> <p>Analizar el circuito equivalente de la maquina síncrona (motor y generador)</p> <p>Interpretar el funcionamiento del generador síncrono mediante diagramas fasoriales</p> <p>Conocer y comprender el comportamiento del generador síncrono en funcionamiento aislado, en paralelo con otros y conectado a una barra infinita.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Investigar en la bibliografía recomendada las partes constitutivas de la maquina síncrona.• Conocer el funcionamiento de cada una de las partes que constituyen la maquina síncronas.• Observar y analizar físicamente las partes que constituyen al motor síncrono.• Determinar y comparar gráficamente los diagramas vectoriales que se producen cuando el motor síncrono es excitado de forma normal, subexcitado y sobreexcitado.• Realizar en el laboratorio las pruebas necesarias para determinar el circuito equivalente del generador, para compararlo como motor.• Investigar y exponer el concepto de campo magnético giratorio para el generador síncrono y su analogía en el motor síncrono.• Describir la nomenclatura para la elaboración de diagramas fasoriales y su aplicación en el análisis de comportamiento de la maquina síncrona.• Verificar en el laboratorio el comportamiento de la las curvas características en (V) a medida que se incrementa la carga.• Resolución de problemas relacionados con regulación de voltaje ante diferentes tipos de carga (F.P. en atraso, en adelanto y unitario)• Obtener la regulación de voltaje a diversos factores de potencia, ajustando la corriente de campo.• Determinar de manera analítica y práctica la impedancia sincrónica para la regulación de voltaje.• Elaborar el diagrama vectorial de voltajes, flujos y ángulos de par de un alternador.• Establecer las condiciones mínimas

	<p>necesarias para poner en paralelo dos o más alternadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los diferentes procedimientos de sincronización en alternadores polifásicos • Elaborar mapas conceptuales de la operación de generador en funcionamiento asilado, en paralelo con otros y conectado a una barra infinita.
--	---

Unidad 4: Motores de corriente alterna.

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Identificar las partes de un motor de inducción trifásico y monofásico.</p> <p>Aplicar el concepto de campo magnético giratorio para el arranque del motor trifásico de inducción.</p> <p>Fundamentar la clasificación de motores de C.A. de acuerdo a su característica terminal (Par vs Velocidad)</p> <p>Analizar los diferentes tipos de configuración de Maquinas de Corriente Alterna y definir su aplicación en la industria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y analizar en clases las principales partes constitutivas del motor de inducción asíncrono, jaula de ardilla y rotor devanado. • Investigar y exponer el principio de funcionamiento de los motores de inducción trifásico. • Describir la formación del campo magnético giratorio síncrono que se produce en el estator del motor de inducción. • Investigar y comentar los fundamentos del par producido en el motor de inducción • Discutir por equipos el efecto del deslizamiento para la producción del par. • Analizar el efecto de la carga sobre la velocidad, el par desarrollado y la corriente del rotor de un motor de inducción. • Realizar un mapa mental del proceso para obtener los parámetros del circuito equivalente. • Analizar y verificar físicamente el procedimiento de identificación de terminales para los motores de inducción, para conexión. • Investigar y analizar las ventajas y desventajas del motor de inducción de rotor devanado con respecto al motor de rotor de jaula de ardilla.

Unidad 5: Transformadores

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Clasificar los diferentes tipos de transformadores monofásicos y trifásicos.</p> <p>Calcular la capacidad y tipo de transformadores con base en el tipo de carga a alimentar.</p> <p>Analizar los diferentes tipos de configuración de transformadores y definir su aplicación en la industria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar y analizar la definición de un transformador ideal y la utilización de símbolos aplicables normalizados. • Identificar y reconocer el diagrama fasorial y sus relaciones básicas del transformador ideal sin carga. • Interpretar el efecto de la corriente de carga reflejada en un diagrama fasorial. • Diseñar un modelo práctico de un transformador de núcleo de hierro para obtener el circuito equivalente de éste. • Elaborar los diagramas vectoriales, partiendo del circuito equivalente simplificado, que representa las características de la carga con distintos factores de potencia. • Visualizar el comportamiento de la regulación de voltaje al que se somete el transformador mediante el análisis de estos diagramas vectoriales. • Analizar el autotransformador monofásico en los modos de polaridad aditiva y sustractiva. • Calcular la eficiencia del auto transformador mediante solución de problemas. • Establecer el criterio de conexiones en transformadores y autotransformadores trifásicos con polaridad aditiva y sustractiva, en base a las marcas de polaridad. • Conocer las condiciones necesarias para conectar en paralelo los transformadores trifásicos. • Comentar las limitantes que se tiene con arreglos trifásicos en delta abierta. • Analizar las principales aplicaciones de los arreglos de transformación T-T y Scott.

Haga clic aquí para escribir texto.

11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Chapman Stephen J. Máquinas Eléctricas. Editorial Mc Graw Hill.
2. Kosow Irving L. Maquinas eléctricas y transformadores.
3. Wildi, Theodore. Maquinas Eléctricas y sistemas de potencia. Editorial Pearson Educacion
4. Matsch. Leander W. Máquinas electromagnéticas y electromecánicas.
5. Fitzgerald , Kingsley, Uman. Teoría y análisis de las máquinas eléctricas. Editorial Mc Graw Hill.
6. Siskind.Charles S. Sistemas industriales de regulación eléctrica.
7. Ras. Enrique. Transformadores de potencia, de medida y control.
8. Rosenberg. R. Reparación de motores eléctricos. Editorial G. Gili.
9. Chester L. Dawes. Tratado de electricidad, Tomo I y Tomo II. Editorial Reverte
10. Luca Marín Carlos. Maquinas eléctricas I, II y III parte.
11. Liwshitz Michael - Garik. Máquinas de corriente alterna.

12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

1. Identificación de las partes constitutivas de la máquina de C.D.
2. Determinación de la curva de saturación magnética de una maquina de C.D.
3. Construir la característica terminal de una maquina de C.D.
4. Simulación de operación de máquina de C.D. en condiciones bajo carga.
5. Puesta en marcha y operación de un generador síncrono.
6. Corrección del factor de potencia mediante el motor síncrono.
7. Identificación de las partes constitutivas del transformador monofásico y trifásico.
8. Realizar las pruebas de cortocircuito y circuito abierto, con la finalidad de obtener los parámetros para calcular la eficiencia del transformador.
9. Medir y calcular las curvas de la eficiencia para un transformador.
10. Interpretación y conexión de las diferentes configuraciones un transformador trifásico. (estrella y delta)
11. Realizar las diferentes pruebas a transformadores (relación de transformación, resistencia de aislamiento, Rigidez dieléctrica, Etc.)