

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura: <b>Máquinas Eléctricas</b>
Carrera: <b>Ingeniería Electromecánica</b>
Clave de la asignatura: <b>EMC - 0523</b>
Horas teoría-horas práctica-créditos: <b>4 – 2 – 10</b>

## 2.- HISTORIA DEL PROGRAMA

<b>Lugar y fecha de elaboración o revisión</b>	<b>Participantes</b>	<b>Observaciones (cambios y justificación)</b>
Instituto Tecnológico de Ocotlán del 23 al 27 agosto 2004.	Representante de las academias de ingeniería Electromecánica de los Institutos Tecnológicos.	Reunión Nacional de Evaluación Curricular de la Carrera de Ingeniería Electromecánica
Instituto Tecnológico de Ocotlán	Academias de Ingeniería Electromecánica	Análisis y enriquecimiento de las propuestas de los programas diseñados en la reunión nacional de evaluación
Instituto Tecnológico de Acapulco del 14 al 18 febrero 2005	Comité de Consolidación de la carrera de Ingeniería Electromecánica.	Definición de los programas de estudio de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

## 3.- UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA

a). Relación con otras asignaturas del plan de estudio

Anteriores		Posteriores	
Asignaturas	Temas	Asignaturas	Temas
Electricidad y magnetismo	Electromagnetismo inductancia	Controles eléctricos	Motores de inducción, sincros y de corriente directa.
Análisis de circuitos II	Circuitos acoplados magnéticamente y transformador ideal		

b) Aportación de la asignatura al perfil del egresado

- Analizar y dar solución a los problemas técnicos relacionados con el funcionamiento de transformadores y conexiones trifásicas.
- Analizar el funcionamiento del motor de inducción trifásico, máquinas modernas y motores de corriente directa.

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

Analizará la construcción, conexión y principio de funcionamiento del transformador, motor de inducción trifásico, máquinas síncronas modernas y motores de corriente directa.

#### 5.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Generadores de corriente directa	1.1 Fundamentos de generadores eléctricos 1.2 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. 2.5.1 Con excitación serie. 2.5.2 Con excitación en derivación.

		<p>2.5.3 Con excitación compuesta.</p> <p>2.6 Regulación de la velocidad del motor.</p> <p>2.6.1 Con excitación serie.</p> <p>2.6.2 Con excitación en derivación.</p> <p>2.6.3 Con excitación compuesta.</p> <p>2.7 Efecto de la reacción de armadura sobre el flujo del campo.</p> <p>2.8 Análisis para la compensación de la reacción de armadura.</p> <p>2.9 Estudio del efecto de la reacción de inducido sobre la regulación de velocidad.</p>
3	Máquinas Síncronas	<p>3.1 Generalidades y construcción del motor síncrono.</p> <p>3.2 Análisis de las formas de arranque del motor trifásico.</p> <p>3.3 Estudio del efecto de carga en condiciones de:</p> <p>3.3.1 Excitación normal.</p> <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>3.8.1 Unitario.</p> <p>3.8.2 En atraso.</p> <p>3.8.3 En adelanto.</p> <p>3.9 Análisis de la relación de potencia y par.</p> <p>3.10 Paralelaje de alternadores síncronos.</p>
4	Transformadores	<p>4.1 Definición fundamental de un transformador.</p> <p>4.2 Análisis de un transformador ideal.</p> <p>4.3 Estudio de la transferencia máxima de potencia por los dispositivos igualadores de impedancia.</p>

		<p>4.4 Estudio para la obtención del circuito equivalente del transformador con núcleo de hierro.</p> <p>4.5 Análisis para la regulación de voltaje con cargas en factor de potencia.</p> <p>4.5.1 Unitario.</p> <p>4.5.2 En atraso.</p> <p>4.5.3 En adelante.</p> <p>4.6 Cálculo de la eficiencia del transformador con carga a factor de potencia.</p> <p>4.6.1 Unitario.</p> <p>4.6.2 En atraso.</p> <p>4.6.3 En adelante.</p> <p>4.7 Estudio de autotransformadores monofásicos.</p> <p>4.8 Conexión de transformadores monofásicos en arreglos trifásicos.</p> <p>4.9 Conexión de transformadores monofásicos en arreglos de autotransformadores trifásicos.</p> <p>4.10 Relaciones de transformaciones.</p> <p>4.10.1 Delta abierta.</p> <p>4.10.2 Conexión T-T y Scott.</p>
5	Motores de corriente alterna	<p>5.1 Estudio de las partes constitutivas de los motores de corriente alterna asíncronos.</p> <p>5.2 Principios básicos de operación del campo magnético giratorio.</p> <p>5.3 Análisis de las características de funcionamiento del motor de inducción.</p> <p>5.4 Estudio de la corriente del rotor para la obtención de la reactancia de magnetización y de dispersión.</p> <p>5.5 Obtención de las Pérdidas en el cobre y deslizamiento del rotor.</p> <p>5.6 Obtención del circuito equivalente del motor de inducción.</p> <p>5.7 Conexiones normalizadas en los motores de inducción:</p> <p>5.7.1 Estrella doble paralelo.</p> <p>5.7.2 Estrella serie.</p> <p>5.7.3 Delta serie</p> <p>5.7.4 Delta paralelo.</p> <p>5.8 Características de arranque del motor de inducción de rotor devanado al modificarle la resistencia ohmica en el</p>

		circuito del rotor. 5.9 Aplicaciones de los motores de inducción polifásicos. 5.10 Principios de los motores monofásicos 5.11 Tipos de motores monofásicos
--	--	---

## 6.- APRENDIZAJES REQUERIDOS

- Electromagnetismo
- Números complejos
- Análisis de circuitos RL y circuitos trifásicos
- Mediciones eléctricas.

## 7.- SUGERENCIAS DIDACTICAS

- Organizar en el grupo sesiones de discusión de los temas relacionados con la asignatura.
- Planteamiento y solución de problemas reales.
- Realizar prácticas acordes con la teoría
- Realizar visitas industriales
- Trabajo en equipo
- Exposiciones

## 8.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- Examen diagnóstico
- Participación
- Exposiciones
- Reportes de visitas industriales.
- Reporte de prácticas.
- Asistencia y puntualidad
- Solución de problemas

## 9.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

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

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá la construcción y operación de un generador de corriente directa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y discutir por equipos los fundamentos de generadores eléctricos</li> <li>• Identificar en las partes que constituyen un generador de C.D. en laboratorio, y diversas fuentes de información.</li> </ul>	1, 2

**Unidad 2:** Motores de corriente directa.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá y aplicará el principio de operación de las maquinas eléctricas de corriente directa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar físicamente las partes constitutivas del motor tales como tipos de campos, arreglos de escobillas, colector etc.</li> <li>• Aplicar la regla de fleming para la determinación de la dirección de la fuerza desarrollada por la circulación de una corriente eléctrica.</li> <li>• Comparar la acción de motor y la acción del generador aplicando las reglas de la mano derecha e izquierda.</li> <li>• Aplicar la ley de Lenz en los devanados del inductor e inducido para demostrar la aparición de la fuerza contraelectromotriz.</li> <li>• Analizar teórica y físicamente la construcción de devanados.</li> <li>• Realizar las diferentes variantes de su forma de excitación para analizar los comportamientos que el motor experimenta, bajo estas tres formas de excitarlo.</li> <li>• 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.</li> <li>• 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.</li> </ul>	1,2,3, 4,5,6, 7,8,9 y 10

**Unidad 3:** Máquinas síncronas.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Conocerá físicamente la construcción de las máquinas síncronas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar y analizar las partes físicas que constituyen al motor síncrono.</li> <li>• Investigar y discutir en clases los diferentes métodos de arranque</li> </ul>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10,

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinar y comparar gráficamente los diagramas vectoriales que se producen cuando el motor síncrono es excitado de forma normal, subexcitado y sobreexcitado.</li><li>• Verificar en el laboratorio el comportamiento de las curvas características en (V) a medida que se incrementa la carga.</li><li>• Observar y registrar en el laboratorio las tendencias de un motor síncrono cuando se tiene una excitación constante, independientemente del factor de potencia.</li><li>• Investigar y discutir los conceptos básicos en los cuales se fundamenta el principio de funcionamiento del generador síncrono, tales como sentido de giro, corriente de excitación entre otros.</li><li>• Realizar en el laboratorio las pruebas necesarias para determinar el circuito equivalente del generador, para compararlo como motor.</li><li>• Obtener la regulación de voltaje a diversos factores de potencia, ajustando la corriente de campo.</li><li>• Determinar de manera analítica y práctica la impedancia sincrónica para la regulación de voltaje.</li><li>• Elaborar el diagrama vectorial de voltajes, flujos y ángulos de par de un alternador.</li><li>• Establecer las condiciones mínimas necesarias para poner en paralelo dos o más alternadores.</li><li>• Aplicar los diferentes procedimientos de sincronización en alternadores polifásicos.</li></ul>	
--	---	--

#### Unidad 4: Transformadores.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá y analizará las principales características operativas del transformador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar y analizar la definición de un transformador ideal y la utilización de símbolos aplicables normalizados.</li><li>• Investigar el diagrama fasorial y sus relaciones básicas del transformador ideal sin carga.</li><li>• Interpretar el efecto de la corriente de carga reflejada en un diagrama fasorial.</li><li>• Analizar el transformador ideal de dos devanados como dispositivo igualador de impedancias.</li><li>• Empleo del transformador de igualación para la obtención de la máxima transferencia de potencia.</li><li>• Utilizar el modelo práctico de un transformador de núcleo de hierro para obtener el circuito equivalente de éste.</li><li>• Elaborar los diagramas vectoriales, partiendo del circuito equivalente simplificado, que representa las características de la carga con distintos factores de potencia.</li><li>• Con la construcción de estos diagramas vectoriales, visualizar el comportamiento de la regulación de voltaje al que se somete el transformador.</li><li>• Realizar las pruebas de cortocircuito y circuito abierto, con la finalidad de obtener los parámetros para calcular la eficiencia del transformador.</li><li>• Medir y calcular las curvas de la eficiencia para un transformador.</li><li>• Analizar el autotransformador monofásico en los modos de polaridad aditiva y sustractiva.</li><li>• Calcular la eficiencia del autotransformador mediante solución de problemas.</li><li>• Establecer el criterio de conexiones en transformadores y autotransformadores trifásicos con polaridad aditiva y sustractiva, en base a las marcas de</li></ul>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10

	<p>polaridad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer las condiciones necesarias para conectar en paralelo los transformadores trifásicos.</li> <li>• Comentar las limitantes que se tiene con arreglos trifásicos en delta abierta.</li> <li>• Analizar las principales aplicaciones de los arreglos de transformación T-T y Scott.</li> </ul>	
--	--	--

**Unidad 5:** Motores de corriente alterna.

<b>Objetivo Educativo</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>	<b>Fuentes de Información</b>
Comprenderá el principio de funcionamiento de los motores de corriente alterna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y analizar en clases las principales partes constitutivas del motor de inducción asíncrono, jaula de ardilla y rotor devanado.</li> <li>• Investigar y exponer el principio de funcionamiento de los motores de inducción trifásicos</li> <li>• Una vez establecida el principio anterior, visualizar la formación del campo magnético giratorio síncrono que se produce en el estator del motor de inducción.</li> <li>• Investigar y comentar los fundamentos del par producido en el motor de inducción</li> <li>• Discutir por equipos el efecto del deslizamiento para la producción del par.</li> <li>• Analizar el efecto de la carga sobre la velocidad, el par desarrollado y la corriente del rotor de un motor de inducción.</li> <li>• Realizar las pruebas de medición de resistencia a corriente continua, la prueba en vacío, y la prueba a rotor bloqueado para establecer los parámetros del circuito equivalente.</li> <li>• Analizar y verificar físicamente el procedimiento de identificación de terminales para los motores de inducción, para conexión</li> <li>• Investigar y analizar las ventajas y</li> </ul>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10

	<p>desventajas del motor de inducción de rotor devanado con respecto al motor de rotor de jaula de ardilla</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y exponer el principio de funcionamiento de los motores monofásicos</li> </ul>	
--	---	--

## 10 FUENTES DE INFORMACION

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

## 11. PRÁCTICAS PROPUESTAS.

1. Identificación física de las partes constitutivas de un generador de corriente directa.
2. Implementar el arranque del motor de corriente directa bajo las tres formas de excitación, implementándole las variantes de compound corto y largo.
3. Controlar la velocidad en el motor de corriente directa, por corriente de campo y por tensión en el inducido.
4. Identificación practica de la zona neutra en el motor de corriente directa.
5. Visualizar la construcción física de la máquina sincronía, para diferenciarla de la de corriente directa.
6. Implementar el arranque del motor síncrono, simulando la jaula de ardilla en el arranque.
7. Obtener las curvas en V de la operación del en estado estable del motor síncrono.
8. Operar el motor síncrono con carga variable, para visualizar el efecto de corrección del factor de potencia.
9. Realizar las pruebas de corto circuito y circuito abierto en el transformador de núcleo de hierro para obtener los parámetros de su circuito equivalente.

10. Realizar las pruebas de puesta en servicio a transformadores, como rigidez dieléctrica del aceite, relación de transformación, resistencia de aislamiento, etc.
11. Una vez identificadas las marcas de polaridad realizar los arreglos correspondientes en transformadores monofásicos para obtener las conexiones  $Y-\Delta$ ,  $Y-Y$ ,  $\Delta-\Delta$ ,  $\Delta-Y$  y  $\wedge-\wedge$  en arreglos trifásicos, con polaridad sustractiva y aditiva.
12. A partir de tres transformadores monofásicos hacer el arreglo para conectarse como auto transformador trifásico.
13. Analizar las partes físicas que componen a los motores de inducción de rotor de devanado y de jaula de ardilla asíncronos, para compararlos con las demás máquinas eléctricas rotativas.
14. Realizar las pruebas de vacío, carga total y de rotor bloqueado del motor de inducción jaula de ardilla para determinarle sus parámetros que integran su circuito equivalente.
15. Realizar las pruebas de polaridad a los grupos de bobinados alojados en el estator del motor de inducción para determinarle la numeración de las terminales.
16. Realizar el arranque del motor de inducción jaula de ardilla implementándole las conexiones estrella - serie, estrella - paralelo, delta - serie y delta - paralelo.
17. Intercalación de resistencias externas al circuito del rotor en el motor de rotor devanado, para observar el comportamiento de corriente de arranque y control de la velocidad.