

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura :	<b>Motores de Inducción y Especiales</b>
Carrera :	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
Clave de la asignatura :	<b>ELF-1021</b>
SATCA <sup>1</sup>	<b>3 - 2 - 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

El motor de inducción es la máquina eléctrica con la que el egresado tendrá mayor contacto, pues es la más usada en los procesos de conversión electromagnética, cuando se necesitan grandes volúmenes de energía.

El objetivo general es que el alumno conozca e identifique la máquina de inducción y máquinas a las que se les ha llamado especiales, pero que en la actualidad son muy comunes y tienen un sinnúmero de aplicaciones, como son la máquina universal, el motor de pasos y las máquinas de inducción monofásicas. También se incluyen algunas máquinas de uso menos común, pero no por eso menos importantes, como son los motores lineales en sus diferentes tipos y que al terminar el curso pueda seleccionarlos, operarlos y mantenerlos.

El conocer el principio de operación de estas máquinas le permitirá al estudiante comprender su operación, con lo que será capaz, al final del curso, cumplir con el objetivo planteado.

El hecho de que el estudiante sea capaz de seleccionar, operar y mantener en servicio estos equipos, son competencias fundamentales para un buen desempeño profesional, para que pueda sugerir alternativas de solución con relación a la problemática que presentan estos elementos en un sistema eléctrico.

### **Aportación al perfil**

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Eléctrico la capacidad de explicar el funcionamiento de las máquinas de inducción y especiales para llegar a realizar junto con asignaturas posteriores el análisis, diagnóstico, mantenimiento y solución de problemas relacionados con éstas, buscando siempre una mejor eficiencia en el ahorro de energía y cuidado del medio ambiente.

---

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

**Intención didáctica.**

La asignatura consta de cinco unidades.

En la primera unidad se ve la construcción de las máquinas de inducción, así como los principios fundamentales que se aplican en los campos magnéticos involucrados.

En la segunda unidad, conociendo ya las partes que componen la máquina de inducción, se ve la forma de representarlas en un circuito equivalente. Contando con este circuito, se puede evaluar el comportamiento de la máquina y modelarla mediante un software específico.

En la tercera unidad se analizan las características de par contra velocidad de las máquinas de inducción, así como la simulación de la operación en estado estable. Esto permitirá que el estudiante tenga herramientas para poder seleccionar el motor adecuado de acuerdo a su respuesta para determinadas cargas.

En la cuarta unidad se ve el arranque y control de velocidad y clasificación de los motores de inducción de acuerdo a sus corrientes de arranque.

En la quinta unidad se investigan los componentes y la función de los mismos en la operación de los motores de inducción monofásicos. Se analizan los métodos de arranque, así como el control de su velocidad. De la misma forma, se tratan el motor universal, el motor de pasos, el motor de polos sombreados, los servomotores y las máquinas lineales. Se ven sus partes, su función y el comportamiento de cada uno de ellos.

Se deben realizar las actividades prácticas en forma secuencial, de acuerdo al avance teórico del curso, para apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje.

La estrategia de enseñanza aprendizaje se planteará en base a los objetivos de cada unidad de aprendizaje y a los resultados obtenidos en el cuestionario de canales de acceso para identificar los estilos de aprendizaje.

En la evaluación se consideran aspectos de conocimiento teóricos sobre las dos máquinas rotatorias y habilidades para conocer, identificar, comparar y diferenciar los diferentes tipos de fallas de estos elementos, a partir de mediciones hechas en laboratorio o en campo.

La evaluación final se realizará de los conocimientos teóricos en forma escrita y con la evaluación práctica, verificando la integración de la teoría a ésta.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Explicar el funcionamiento de las máquinas de inducción y máquinas especiales para analizar, diagnosticar y presentar soluciones a problemas relacionados con ellas. Utilizar los modelos de éstas máquinas eléctricas para simular su operación con elementos computacionales</li></ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organización y planificación</li><li>• Comunicación oral y escrita</li><li>• Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio</li><li>• Capacidad de gestión de la información</li><li>• Resolución de problemas</li><li>• Toma de decisiones</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Trabajo en equipo</li><li>• Trabajo en un equipo de carácter interdisciplinario</li><li>• Habilidades en las relaciones interpersonales</li><li>• Razonamiento crítico</li><li>• Compromiso ético</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aprendizaje autónomo</li><li>• Adaptación a nuevas situaciones</li><li>• Creatividad</li><li>• Liderazgo</li><li>• Iniciativa y espíritu emprendedor</li><li>• Motivación por la calidad</li><li>• Sensibilidad hacia temas medioambientales</li></ul>
--	--

#### 4.- HISTORIA 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: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coatzacoalcos, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Eléctrica.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 1 de septiembre al 15 de diciembre de 2009.	Academias de Ingeniería Eléctrica de los Institutos Tecnológicos de: Veracruz, Mérida, Pachuca, Culiacán, Superior Valle de Bravo	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.
Instituto Tecnológico de Mexicali del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Coatzacoalcos, Culiacán, Durango, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Mexicali, Orizaba, Pachuca, Saltillo, Tlalnepantla, Valle De Bravo y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

## **5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO**

Explicar el funcionamiento de las máquinas de inducción y máquinas especiales para analizar, diagnosticar y presentar soluciones a problemas relacionados con ellas. Utilizar los modelos de éstas máquinas eléctricas para simular su operación con elementos computacionales

## **6.- COMPETENCIAS PREVIAS**

- Comprender los conceptos básicos de las leyes y principios fundamentales de Electricidad y Magnetismo, desarrollando habilidades para la resolución de problemas.
- Conocer, comprender y aplicar 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.
- Utilizar apropiadamente los instrumentos de medición y prueba, para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos.
- Establecer las relaciones entre las propiedades de campo magnético y las de circuitos eléctricos e inducir la concepción de circuito magnético, con el fin de resolver problemas de estructuras magnéticas.
- Resolver problemas de estructuras magnéticas excitadas con corriente alterna senoidal y analizar los resultados.
- Manejo de un software de simulación

## 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Principio de operación del motor de inducción	1.1 Principios fundamentales del funcionamiento de las máquinas de inducción 1.2 Construcción del motor trifásico de inducción 1.3 Devanados <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Monofásicos</li> <li>b) Bifásicos</li> <li>c) Trifásicos</li> </ul> 1.4 Factor de paso y factor de distribución 1.5 Devanados en espiral 1.6 Obtención de componente fundamental de fmm 1.7 Análisis físico y matemático de la naturaleza del campo magnético, formado por un estator trifásico, bifásico, polos sombreados. 1.8 Efecto de la carga en el comportamiento electromagnético del motor. 1.9 Prueba de resistencia de devanados 1.10 Prueba de resistencia de aislamiento 1.11 Prueba de efecto de deslizamiento en el voltaje y la frecuencia 1.12 Datos de placa
2	Circuito equivalente del motor de inducción	2.1 Circuito equivalente de estator 2.2 Circuito equivalente de rotor 2.3 Circuito equivalente total 2.4 Calculo de funcionamiento 2.5 Obtención de parámetros del circuito equivalente aproximado 2.6 Prueba de vacío y prueba de rotor bloqueado 2.7 Modelación del motor de inducción empleando software de simulación
3	Ecuaciones de par-potencia y par-velocidad	3.1 Ecuaciones de par y potencia 3.2 Obtención de la característica par contra velocidad, empleando software de simulación 3.3 Curva característica de par contra velocidad

		<p>3.4 Variación de la característica par contra velocidad para los motores jaula de ardilla</p> <p>3.5 Característica par contra velocidad para los motores de rotor devanado</p> <p>3.6 Selección de motores de inducción (verificar en la materia de control de máquinas)</p> <p>3.7 Prueba de carga del motor</p> <p>3.8 Valores nominales del motor</p>
4	Arranque y control de velocidad del motor de inducción	<p>4.1 Arranque y control de velocidad de los motores de inducción</p> <p>4.2 Letra de código para motores de inducción</p> <p>4.3 Clasificación de motores según NEMA</p>
5	Motores de inducción monofásicos y máquinas especiales	<p>5.1 El motor monofásico de inducción</p> <p>5.2 Elementos básicos de los motores monofásicos</p> <p>5.3 Teoría del doble campo giratorio</p> <p>5.4 Teoría de los campos cruzados</p> <p>5.5 Arranque de los motores monofásicos de inducción</p> <p>5.6 Devanados de fase partida</p> <p>5.7 Arranque por capacitor</p> <p>5.8 Operación continua por capacitor</p> <p>5.9 Motor universal</p> <p>5.10 Motor de polos sombreados</p> <p>5.11 Motor de pasos</p> <p>5.12 Servomotores</p> <p>5.13 Motores lineales</p> <p>5.14 Aplicación de los motores monofásicos</p>

## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

- Investigar acerca de las leyes del electromagnetismo y establecer las reglas entre las variables eléctricas
- Efectuar una Investigación documental acerca de las partes constitutivas del motor de inducción trifásico
- Efectuar una investigación documental sobre la naturaleza del campo magnético, formado por un estator trifásico, bifásico, polos sombreados
- Analizar el motor de inducción bajo carga para obtener las relaciones existentes entre tensiones y corrientes.
- Obtener el circuito equivalente de un motor de inducción, calcular la regulación y la eficiencia
- Realizar el modelado de un motor de inducción utilizando software
- Seleccionar motores de inducción según su necesidad en el proceso industrial
- Simular un motor de inducción trifásico.
- Analizar el comportamiento al controlar la velocidad y realizar el arranque de los motores de inducción trifásico
- Efectuar una Investigación documental acerca de las partes constitutivas del motor de inducción monofásico, del motor universal, de pasos, de polos sombreados.
- Analizar el comportamiento al controlar la velocidad y realizar el arranque de los motores de inducción monofásicos

## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

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

- Evaluación de reportes de investigaciones documentales.
- Revisión de tareas de los problemas asignados en forma grupal o individual.
- Evaluar con examen los conocimientos adquiridos en clase.
- Revisión de programas desarrollados para la solución y simulación de problemas de eléctrica.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Principio de operación del motor de inducción

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Aplicar las leyes del electromagnetismo para explicar el funcionamiento de los motores de inducción, así como conocer sus partes constructivas y la función de cada una de ellas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar acerca de las leyes del electromagnetismo y establecer las reglas entre las variables eléctricas</li><li>• Resolver problemas sobre la aplicación de las leyes del electromagnetismo relacionadas con los principios de funcionamiento de los motores de inducción</li><li>• Buscar información gráfica que muestre los cortes transversales de motores de inducción</li><li>• Efectuar una investigación documental acerca de las partes constitutivas del motor de inducción y su clasificación</li><li>• Investigar acerca de la forma de distribuir los devanados que se emplean en los motores de inducción, así como el factor de paso y el factor de distribución</li><li>• Efectuar una investigación documental sobre la naturaleza del campo magnético, formado por un estator trifásico, bifásico, polos sombreados</li></ul>

### Unidad 2: Circuito equivalente del motor de inducción

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Comprender la teoría del funcionamiento del motor de inducción operando en estado estable para determinar sus parámetros por medio de pruebas y simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprender el procedimiento para obtener el circuito equivalente de un motor de inducción.</li> <li>• Realizar pruebas de laboratorio para obtener los parámetros que se usan en el circuito equivalente (corriente, factor de potencia, potencia de entrada, potencia de salida, deslizamiento, eficiencia, etc.)</li> </ul>

### **Unidad 3: Ecuaciones de par- potencia y par-velocidad**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Comprender el funcionamiento y deducir la ecuación general de par electromagnético y la del par de reluctancia de los motores de inducción para seleccionar el motor adecuado a la aplicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponer y deducir la ecuación general de par electromagnético y la de par de reluctancia</li> <li>• Comprender la relación entre el circuito equivalente y la curva par-velocidad y par-potencia de un motor de inducción</li> <li>• Exponer la forma de obtener el diagrama circular</li> <li>• Realizar pruebas de laboratorio para obtener los parámetros que se usan en el circuito equivalente</li> </ul>

### **Unidad 4: Arranque y control de velocidad del motor de inducción**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
Conocer los métodos de arranque y control de velocidad de los motores de inducción para determinar las protecciones adecuadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y hacer un reporte acerca de la clasificación NEMA que se aplica a motores de inducción</li> <li>• Investigar acerca de los métodos de arranque y control de velocidad de motores de inducción</li> <li>• Exponer el funcionamiento de los motores de inducción en el arranque y</li> </ul>

	<p>control de velocidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar pruebas de laboratorio para obtener la resistencia para controlar la velocidad de los motores de inducción</li> </ul>
--	--

### **Unidad 5: Motores de inducción monofásicos y máquinas especiales**

<i>Competencia específica a desarrollar</i>	<i>Actividades de Aprendizaje</i>
<p>Conocer el funcionamiento y características de los motores monofásicos de inducción y los diferentes tipos de maquinas especiales para determinar sus aplicaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buscar una representación gráfica en donde aparezca un corte transversal de un motor monofásico, e investigar las partes que lo componen y las funciones que cada componente tiene en su operación</li> <li>Elaborar un trabajo en donde se expliquen los diferentes tipos de motores monofásicos de acuerdo con el método de arranque</li> <li>Investigar acerca de los métodos de control de velocidad de los motores monofásicos de inducción</li> <li>Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan todos los tipos de motores monofásicos, sus características y aplicaciones</li> <li>Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan todas las máquinas especiales, su funcionamiento, características y aplicaciones de cada una de ellas.</li> </ul>

Haga clic aquí para escribir texto.

## **11.- FUENTES DE INFORMACIÓN**

1. Kosow, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores. Segunda edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. Impresora y maquiladora de libros MIG, S.A. de C.V., México D.F. 1996.
2. Fitzgerald, Kingsley, Kusko, Máquinas eléctricas, McGraw Hill 6ta. Edición
3. Cathey, J. Joseph, Máquinas eléctricas, análisis y diseño aplicanco Matlab, McGraw Hill. 2002
4. Krause, Paul, Wasynczuk Oleg and Scott D, Analysis of Electric Machinery, McGraw Hill, 1995
5. Richardson D., Máquinas eléctricas rotativas y transformadores, McGraw Hill, 4ta Ed.
6. Chapman, Stephen J. Máquinas eléctricas. Cuarta edición. Mc. Graw Hill. México D.F. 2005.
7. Fraile Mora J, Máquinas eléctricas, McGraw Hill, 6ta Ed.
8. Standard 141 Test Procedure for Single-Phase Induction Motors. IEEE.
9. NEMA (National Electrical Manufacturers Association )
10. Standard 112 IEEE

## **12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS**

### **Unidad 1**

1. Identificación de las partes de un motor de inducción trifásico
2. Medición de la magnitud del voltaje inducido y su frecuencia inducidos en un motor de inducción de rotor devanado
3. Medición de resistencia de devanados
4. Medición de resistencia de aislamiento

### **Unidad 2**

5. Prueba sin carga del motor de inducción.
6. Prueba de rotor bloqueado.

### **Unidad 3**

7. Obtención de la curva de carga de un motor de inducción trifásico.

### **Unidad 4**

8. Arranque de un motor de inducción trifásico
9. Control de velocidad de un motor de inducción trifásico

### **Unidad 5**

10. Identificación de las partes de un motor de inducción monofásico
11. Arranque y control de velocidad de un motor de inducción monofásico
12. Arranque y control de velocidad de un motor universal
13. Control del paso en un motor de pasos
14. Identificación de las partes de un motor de polos sombreados
15. Arranque y control de un motor de polos sombreados

## 16. Uso de servomotores de posición y de velocidad

Como complemento se sugiere:

- Visitas a instalaciones donde existan motores de inducción y máquinas especiales
- Encargar un proyecto de selección de un motor de inducción, dada una condición específica