

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Motores de Inducción y especiales
Clave de la asignatura:	ELF-1021
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Eléctrica

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <p>El motor de inducción es la máquina eléctrica más usada en los procesos de conversión electromagnética. Su construcción simple y robusta lo hace trabajar en las condiciones más adversas, dando un excelente servicio, con poco mantenimiento.</p> <p>El objetivo general del curso, es que el alumno conozca e identifique la máquina de inducción y máquinas a las que se 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.</p> <p>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 y que pueda sugerir alternativas de solución con relación a la problemática que presentan estos elementos en un sistema eléctrico.</p>
<p>Intención didáctica</p> <p>La asignatura consta de cinco temas. En el primero, se ve la construcción de las máquinas de inducción, se determina el tipo de devanados que se emplean en el estator y se analizan los principios fundamentales que se aplican en los campos magnéticos involucrados.</p> <p>En el segundo tema, se analiza el circuito equivalente del motor de inducción para evaluar el comportamiento de la máquina de inducción y modelarla mediante un software específico.</p> <p>En el tercer tema se analizan y se obtienen las curvas 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.</p> <p>En el cuarto tema se estudia el arranque, el control de velocidad, la clasificación NEMA y las letras de código de los motores de inducción, para su selección y aplicación. Se incluye también la operación de la máquina de inducción como generador.</p> <p>En el quinto tema se aborda el estudio de los diferentes tipos de motores monofásicos de inducción. 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 investigan sus partes constitutivas, su función y su comportamiento de cada uno de ellos.</p> <p>Se deben realizar las actividades prácticas en forma secuencial, de acuerdo al avance teórico del curso, para apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje.</p> <p>La estrategia de enseñanza aprendizaje se planteará en base a los objetivos de cada tema de aprendizaje y a los resultados obtenidos en el cuestionario de canales de acceso para identificar los estilos de aprendizaje.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

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.

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: 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 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: 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 las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Culiacán, Hermosillo, La Laguna, Mexicali, Oaxaca, Pachuca, Querétaro, Tuxtla Gutiérrez y Veracruz.	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,	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

	<p>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).</p>	
--	--	--

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia específica de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Conoce el funcionamiento de las máquinas de inducción y máquinas especiales para su identificación y selección. • Analiza, comprueba y presenta soluciones para dar solución a problemas de máquinas de inducción con el fin de mantenerla en operación. • Utiliza los modelos de éstas máquinas eléctricas para simular su operación con herramientas computacionales

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Comprende los conceptos básicos de las leyes y principios fundamentales de Electricidad y Magnetismo, desarrollando habilidades para la resolución de problemas. • Conoce, comprende y aplica los conceptos y leyes fundamentales que se emplean en el análisis en estado permanente de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna senoidal, con apoyo de herramientas de análisis y simulación. • Utiliza los instrumentos de medición y prueba para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos. • Aplica los conocimientos adquiridos en los procesos de conversión y transformación de la energía eléctrica para analizar la operación en estado estacionario de los transformadores y determinar su comportamiento dentro del sistema eléctrico; así como su utilización de manera segura, comprometido con el cuidado del medio ambiente. • Manejo de un software de simulación
--

6. Temario

No.	Nombre de temas	Subtemas
1	Principio de operación del motor de inducción	<p>1.1. Principios fundamentales del funcionamiento de las máquinas de inducción.</p> <p>1.2. Construcción del motor trifásico de inducción.</p> <p>1.3. Devanados</p> <p>1.3.1. Monofásicos.</p> <p>1.3.2. Bifásicos.</p> <p>1.3.3. Trifásicos</p>

		<ul style="list-style-type: none"> 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 efecto de deslizamiento en el voltaje y la frecuencia. 1.11. Datos de placa
2	Circuito equivalente del motor de inducción	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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. 3.4. Variación de la característica par contra velocidad para los motores jaula de ardilla. 3.5. Característica par contra velocidad para los motores de rotor devanado. 3.6. Prueba de carga del motor. 3.7. Valores nominales del motor.
4	Arranque y control de velocidad del motor de inducción	<ul style="list-style-type: none"> 4.1. Arranque y control de velocidad de los motores de inducción. 4.2. Letra de código para motores de inducción. 4.3. Clasificación de motores según NEMA. 4.4. Selección y aplicación de motores de inducción. 4.5. Generadores de Inducción.
5	Motores de inducción monofásicos y máquinas especiales	<ul style="list-style-type: none"> 5.1. El motor monofásico de inducción. 5.2. Elementos básicos de los motores monofásicos. 5.3. Teoría del doble campo giratorio. 5.4. Teoría de los campos cruzados. 5.5. Arranque de los motores monofásicos de inducción.

	<p>5.6. Devanados de fase partida. 5.7. Arranque por capacitor. 5.8. Operación continua por capacitor. 5.9. Motor universal. 5.10. Motor de polos sombreados. 5.11. Motor de pasos. 5.12. Servomotores. 5.13. Motores lineales. 5.14. Aplicación de los motores monofásicos.</p>
--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1. Principio de operación del motor de inducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplica las leyes del electromagnetismo para explicar el funcionamiento de los motores de inducción y conoce sus partes constructivas y la función de cada una de ellas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar acerca de las leyes del electromagnetismo y establecer las relaciones entre las variables eléctricas. • Resolver problemas sobre la aplicación de las leyes del electromagnetismo relacionadas con los principios de funcionamiento de los motores de inducción • Buscar información gráfica y documental en donde se muestren las partes constitutivas de los motores de inducción, así como su clasificación • Investigar acerca de las características de los devanados que se emplean en los motores de inducción, analizando cual es el factor de paso y el factor de distribución • Realizar una investigación documental sobre la naturaleza del campo magnético, formado por un estator trifásico, bifásico, polos sombreados • Analizar los parámetros que debe incluir el circuito equivalente del motor de inducción.
2. Circuito equivalente del motor de inducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce y comprende la teoría del funcionamiento del motor de inducción operando en estado estable para determinar sus parámetros por medio de pruebas y simulación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deducir paso a paso el proceso para obtener el circuito equivalente de un motor de inducción. • Realizar ensayos prácticos empleando las pruebas de vacío y de rotor bloqueado para obtener los parámetros que se usan en el circuito equivalente (corriente, factor de potencia, potencia de entrada, potencia de salida, deslizamiento, eficiencia, etc.). • Realizar el modelado del motor de inducción utilizando herramienta computacional

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	
<p>Tema 3: Ecuaciones de par- potencia y par-velocidad</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Deduce, comprende y aplica la ecuación general de par electromagnético y la del par de reluctancia de los motores de inducción para seleccionar el motor de acuerdo con las características de la carga.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y deducir la ecuación general de potencia y par electromagnético. • Analizar la relación entre el circuito equivalente y la curva par-velocidad y par-potencia de un motor de inducción jaula de ardilla y de rotor devanado. • Investigar y obtener los parámetros del motor de inducción empleando el diagrama circular. • Realizar el ensayo práctico para el análisis del comportamiento del motor en arranque y con carga. • Investigar las características de los datos de placa de los motores de inducción trifásicos.
<p>Tema 4: Arranque y control de velocidad del motor de inducción</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s): Investiga, conoce y aplica los métodos de arranque y control de velocidad de los motores de inducción para el control adecuado de acuerdo a las características de la carga. Analiza y comprende la operación de la máquina de inducción como generador para su aplicación en fuentes eólicas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar acerca de los métodos de arranque y control de velocidad de motores de inducción. • Simular el arranque de un motor de inducción trifásico. • Realizar el ensayo práctico de los diversos tipos de arranque de los motores de inducción. • Realizar el ensayo práctico para el control de velocidad de los motores de inducción. • Investigar acerca de la letra de código que se aplica a motores de inducción. • Investigar la clasificación NEMA que se aplica a motores de inducción para su selección y aplicación. • Analizar el funcionamiento de la máquina de inducción como generador

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	
5. Motores de inducción monofásicos y máquinas especiales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce y comprende el funcionamiento y características de los motores monofásicos de inducción y los diferentes tipos de máquinas especiales para determinar sus aplicaciones</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar las partes constitutivas de un motor monofásico, y las funciones que cada componente tiene en su operación. • Investigar los diferentes tipos de motores monofásicos de acuerdo con el método de arranque. • Investigar acerca de los métodos de control de velocidad de los motores monofásicos de inducción. • Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan todos los tipos de motores monofásicos, sus características y aplicaciones. • Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan todas las máquinas especiales, su funcionamiento, características y aplicaciones de cada una de ellas. • Realizar un ensayo práctico de los motores de inducción monofásicos más empleados.

8. Prácticas

<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las partes de un motor de inducción trifásico • Medición de la magnitud del voltaje inducido y su frecuencia inducidos en un motor de inducción de rotor devanado • Medición de resistencia de devanados • Prueba sin carga del motor de inducción. • Prueba de rotor bloqueado. • Obtención de la curva de carga de un motor de inducción trifásico. • Arranque de un motor de inducción trifásico • Control de velocidad de un motor de inducción trifásico • Identificación de las partes de un motor de inducción monofásico • Arranque y control de velocidad de un motor de inducción monofásico • Arranque y control de velocidad de un motor universal • Control del paso en un motor de pasos • Identificación de las partes de un motor de polos sombreados • Arranque y control de un motor de polos sombreados • Uso de servomotores de posición y de velocidad

9. Proyecto de asignatura

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:

- **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

Debe aplicarse evaluación:

- **Diagnóstica**, al inicio del curso, sin que se considere para la evaluación sumativa.
- **Formativa**, durante el desarrollo de la asignatura, apoyándose en los instrumentos y herramientas que se señalan a continuación.
- **Sumativa**, al final, para determinar la valoración numérica de la asignatura se debe basar en los niveles de desempeño establecidos en el Lineamiento para la Evaluación y Acreditación de Asignaturas vigente.

Se recomienda el uso de la coevaluación, autoevaluación y heteroevaluación.

Todos los productos deben de estar contenidos en el portafolio de evidencias que el alumno integrará durante el desarrollo de la asignatura. El docente tendrá en resguardo dicho portafolios al finalizar el curso. El portafolio de evidencias puede ser electrónico.

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

Instrumentos	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Mapa conceptual • Problemario • Examen teórico/práctico • Esquemas • Representaciones gráficas o esquemáticas • Mapas mentales • Ensayos • Reportes de prácticas • Resúmenes • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Rúbrica • Lista de cotejo • Matriz de valoración • Guía de observación

11. Fuentes de información

1. Gonen T. (2012). *Electrical Machines with MATLAB*. (2a Ed.). CRC Press .
2. Nasar S. (1997) *Electric Machines and. Electromechanics*. McGraw-Hill
3. Gross Ch. A. (2006). *Electric Machines*. 81A. Ed.). CRC Press.
4. Chee- Mun O. (1998). *Dynamic Simulation of Electric Machinery. Using MatLab/Simulink*. Prentice Hall
5. Richardson D. (1997), *Máquinas eléctricas rotativas*, McGraw Hill,
6. Kosow, Irving L. (1996). *Máquinas eléctricas y transformadores*. (2ª Ed.). Prentice-Hall Hispanoamericana.
7. Fitzgerald, Kingsley, (2003) *Máquinas eléctricas*, (6ª Ed.). McGraw-Hill.
8. Cathey, J. J., (2002). *Máquinas eléctricas, análisis y diseño aplicando Matlab*, McGraw-Hill.
9. Krause P., Wasynczuk O. and Scott D (1995). *Analysis of Electric Machinery*. McGraw-Hill
10. Chapman S. J. (2005) *Máquinas eléctricas*. (4ª Ed.). Mc. Graw-Hill.
11. Standard 141 *Test Procedure for Single-Phase Induction Motors*. IEEE.
12. Textos electrónicos, bases de datos y programas informáticos
<http://www.epsevg.upc.es/xic/cd/ponencias/R0089.pdf>
13. Technology Suite. Recuperado de http://mathonweb.com/technology_suite.htm
14. Máquinas Eléctricas. Aula Moisan. Recuperado de <http://www.aulamoisan.com/software-moisan/maquinas-electricas>