

1. Datos Generales de la asignatura

| | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Nombre de la asignatura: | Control de Máquinas Eléctricas |
| Clave de la asignatura: | ELF-1005 |
| SATCA¹: | 3-2-5 |
| Carrera: | Ingeniería Eléctrica |

2. Presentación

| |
|--|
| <p>Caracterización de la asignatura</p> <p>La asignatura proporciona al perfil del egresado de la carrera de ingeniería eléctrica las competencias que debe aplicar en la operación de circuitos de control de las máquinas eléctricas con las que tendrá que estar en contacto durante su desempeño profesional.</p> <p>Los contenidos de la materia surgen del análisis de las necesidades que tienen las máquinas para su control, en función de la aplicación.</p> <p>Esta materia surge como competencia previa de la asignatura de controladores lógicos programables (PLC). Es decir, el PLC tomará la acción de controlar a las máquinas eléctricas que se utilizan en las instalaciones eléctricas industriales. Por lo que su ubicación en la retícula debe estar ubicada antes de la asignatura de PLC.</p> |
| <p>Intención didáctica</p> <p>Los temas que se abordan están secuenciados de acuerdo con las necesidades de control eléctrico de las máquinas y está compuesta por cuatro temas que tienen el siguiente contenido: sensores y transductores, control con dispositivos electromecánicos, arrancadores estáticos y variadores de velocidad.</p> <p>En el primer tema se analiza el principio de funcionamiento de los sensores y transductores, que permiten adquirir información de variables físicas como son: temperatura, nivel, flujo, posición, presión, velocidad, para convertirlas en señales que puedan ser reconocidas y tratadas desde el punto de vista eléctrico. Se parte de los dispositivos comerciales y de las variables que se encuentran en la naturaleza. Se comprende su utilización, los parámetros y rangos de operación reflexionando sobre los criterios de selección en función de su hoja de especificaciones.</p> <p>En el segundo tema se estudian y utilizan los elementos eléctricos y electromecánicos tradicionales con los que se realiza el control de las máquinas eléctricas. Se establece la simbología normalizada que habrá de utilizarse y se diseñan sistemas automáticos de control mediante el uso de los dispositivos electromecánicos. Se realiza la selección adecuada de elementos de protección de máquinas eléctricas, así como en los métodos que se emplean para su control de arranque, a tensión plena o a tensión reducida.</p> <p>En el tercer tema se realiza la selección de dispositivos de estado sólido empleados en el arranque de motores de inducción o de corriente continua. Se analiza la teoría de funcionamiento de estos dispositivos y se establecen las ventajas y desventajas con respecto a sus similares electromecánicos.</p> <p>Por último, en el tema cuatro, se analiza la teoría de funcionamiento y la aplicación que tienen los variadores de velocidad. Se realiza la operación de estos dispositivos en aplicaciones reales cuando se requiere el control de velocidad de las máquinas eléctricas. Se establecen las diferencias en la aplicación de los variadores de velocidad para motores de corriente alterna y para motores de corriente directa.</p> |

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Se utiliza la simbología empleada en los diagramas de control eléctrico de cualquier máquina industrial para adquirir la competencia en la interpretación de los diagramas de fuerza y control. Así como mantener, operar y controlar las máquinas eléctricas con la tecnología tradicional y de punta con la que se enfrentará a lo largo de su desarrollo como ingeniero eléctrico.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; trabajo en equipo, solución de ejercicios e instalación en tableros.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar, para que aprendan a planificar y que se involucren en el proceso de planeación.

Las actividades de aprendizaje son una guía para el profesor, sin embargo él tiene la libertad de modificarlas, de acuerdo con la experiencia con la que cuente y con los elementos con los que cuente el laboratorio en el cual habrán de trabajar sus estudiantes, buscando siempre el aprendizaje significativo de éstos. Es recomendable que se ofrezcan escenarios distintos y que se parta de experiencias concretas, cotidianas, con el propósito de que el estudiante reconozca los usos y aplicaciones en las que puede intervenir.

Es muy deseable que se realicen visitas a diferentes tipos de industrias, preferentemente grandes, por ejemplo: metalmecánicas, cementeras, envasadoras y generadoras de acuerdo con la región.

Los alumnos deberán ser creativos e innovadores, para dar solución a los problemas que enfrentará en su desempeño profesional de una manera ética y comprometida, tanto con su profesión, como con el medio en el que se desenvuelve.

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. |

| | | |
|---|---|---|
| <p>Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.</p> | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Chetumal, Chihuahua, Ciudad Guzmán, Culiacán, Hermosillo, La Laguna, Mexicali, Oaxaca, Pachuca, Querétaro, Tuxtla Gutiérrez y Veracruz.</p> | <p>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.</p> |
| <p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p> | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.</p> | <p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p> |
| <p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p> | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, 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> | <p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p> |

4. Competencia(s) a desarrollar

| Competencia específica de la asignatura |
|---|
| <p>Utiliza los dispositivos electromagnéticos, electrónicos y equipo programable para el control de los motores eléctricos.</p> |

5. Competencias previas

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Utiliza apropiadamente los instrumentos de medición y prueba, para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos. • Conoce el principio de operación en régimen permanente de las maquinas rotativas de inducción, trifásicas y monofásicas. • Aplica los fundamentos de las máquinas sincrónicas para analizar su operación en estado estacionario. • Opera, controla y selecciona máquinas sincrónicas • Analiza las diferentes aplicaciones de los circuitos convertidores en la industria (variadores de velocidad). |
|---|

6. Temario

| No. | Temas | Subtemas |
|-----|---|---|
| 1 | Sensores y transductores | 1.1. Dispositivos electromecánicos. 1.2. Conceptos generales de los sensores. 1.3. Transductores. 1.4. Encoder y Resolver. 1.5. Criterios de selección de sensores y transductores. |
| 2 | Control con dispositivos electromecánicos | 2.1. Filosofía de control. 2.2. Necesidades del control eléctrico. 2.3. Simbología y abreviaciones utilizadas para la designación y numeración de dispositivos. 2.4. Control por relevadores. 2.5. Dispositivos de protección de las máquinas eléctricas. 2.6. Control de máquinas de corriente continua. 2.7. Arranque a tensión plena de motores monofásicos y trifásicos. 2.8. Arranque a tensión reducida de motores trifásicos. |
| 3 | Arranadores estáticos | 3.1. Introducción al control estático. 3.2. Teoría de funcionamiento. 3.3. Utilización de dispositivos de estado sólido de potencia en el arranque de las máquinas eléctricas. |
| 4 | Variadores de velocidad | 4.1. Esquemas de la variación de la velocidad de las máquinas eléctricas. 4.2. Control eléctrico de velocidad de motores de doble régimen. 4.3. Variadores de velocidad estático de máquinas de corriente continua. 4.4. Variadores de velocidad estáticos de máquinas de corriente alterna. |

7. Actividades de aprendizaje de los temas

| 1: Sensores y Transductores | |
|--|---|
| Competencias | Actividades de aprendizaje |
| Específica(s): <ul style="list-style-type: none"> Identifica los dispositivos electromecánicos para aplicaciones de control eléctrico. Selecciona adecuadamente los sensores y transductores conforme a las características de las necesidades de la aplicación, considerando los rangos y alcances de los | <ul style="list-style-type: none"> Investigar en Internet o en catálogos de fabricantes la información de funcionamiento y de los parámetros de diseño de los elementos electromecánicos. Investigar en Internet o en catálogos de fabricantes la información de los sensores y transductores comerciales que se utilizan para la |

| | |
|---|---|
| <p>mismos para aplicarlos en el control eléctrico de automatismos industriales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica los dispositivos de medición de velocidad, en conformidad con las características de diseño de éstos, para el control y monitoreo en motores eléctricos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de gestión de información • Comunicación oral y escrita en su propia lengua • Habilidades básicas de manejo de la computadora | <p>adquisición de datos de las variables físicas a ser controladas en un proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las diferencias entre señales analógicas y señales discretas. • Aplicar diversos sensores en el control eléctrico de automatismos industriales. • Utilizar dispositivos de medición de velocidad para el monitoreo y control de esta variable en motores eléctricos. • Resolver problemas relacionados con aplicaciones de automatismos. |
| <p>2: Control con dispositivos electromecánicos</p> | |
| <p>Competencias</p> | <p>Actividades de aprendizaje</p> |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta la simbología normalizada, ya sea americana o europea, para la representación de automatizaciones eléctricas. • Diseña circuitos de control eléctrico para automatizar un proceso o parte del mismo. • Aplica los métodos de arranque de motores de inducción a tensión plena y reducida utilizando elementos de control eléctrico para una determinada aplicación. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad para organizar y planificar el tiempo • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • 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 definiciones de control y la relación existente con el control eléctrico. • Identificar información relevante de las necesidades del control en aplicaciones industriales. • Utilizar los criterios de selección que intervienen en la aplicación de las protecciones eléctricas de motores. • Investigar tanto en la norma americana como en la europea, la simbología para representar diagramas eléctricos de control, considerando la numeración que se utiliza. • Aplicar sensores, transductores y relevadores en el control automático de variables físicas. • Elaborar circuitos de control para el arranque de motores de corriente continua. • Construir controles de velocidad mediante relevadores electromagnéticos en motores de corriente continua. • Utilizar el control por relevadores para el arranque a tensión plena de motores de inducción monofásicos y trifásicos. • Aplicar los métodos existentes para el arranque a tensión reducida de motores de inducción. • Seleccionar y aplicar dispositivos de protección de motores. • Seleccionar las características que deben satisfacer los elementos electromecánicos utilizados para el arranque a tensión reducida de motores de inducción. |
| <p>3: Arrancadores estáticos</p> | |

| Competencias | Actividades de aprendizaje |
|--|--|
| <p>Específica(s): Interpreta el funcionamiento de arrancadores electrónicos utilizados para el control de motores. Selecciona los dispositivos de estado sólido utilizados en el arranque de motores eléctricos para una determinada aplicación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad crítica y autocrítica • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de investigación • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente • Habilidad para trabajar en forma autónoma | <ul style="list-style-type: none"> • Investigar el funcionamiento y los parámetros de programación de arrancadores estáticos comerciales. • Determinar aplicaciones que cuenten con esta tecnología de control. • Investigar los esquemas existentes e interpretar el funcionamiento de convertidores de CD – CD y de CD – CA empleados en el control de motores eléctricos. • Implementar circuitos de control de motores de corriente directa, utilizando arrancadores estáticos. • Implementar circuitos de control de motores de corriente alterna, mediante arrancadores estáticos. • Aplicar criterios de selección de los dispositivos electromecánicos o de estado sólido en las aplicaciones de control de motores. |
| 4: Variadores de velocidad | |
| Competencias | Actividades de aprendizaje |
| <p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta la filosofía de funcionamiento de los variadores de velocidad utilizados para el control de motores eléctricos. • Aplica criterios de selección de variadores de velocidad para el control de motores eléctricos. • Utiliza las características de los parámetros de control con las que cuentan los variadores de velocidad para el control de motores eléctricos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. • Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión • 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 las aplicaciones de variadores de velocidad electrónicos para el control de motores eléctricos. • Investigar el principio de funcionamiento de los variadores de velocidad. • Investigar las necesidades de control y aplicaciones para los motores de doble régimen de velocidad. • Construir circuitos de control en motores eléctricos de doble régimen. • Utilizar el variador de velocidad electrónico para el arranque y control de velocidad de los motores eléctricos de corriente continua y de corriente alterna. • Determinar las ventajas y desventajas del método de control de velocidad. |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad crítica y autocrítica • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de investigación • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente • Habilidad para trabajar en forma autónoma • Capacidad de trabajo en equipo • Habilidades interpersonales | <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un proyecto final en el que se involucren los elementos utilizados en esta asignatura |
|---|---|

8. Prácticas

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Identificar características de operación de los elementos electromecánicos utilizados en el control eléctrico: interruptores de límite, de presión, de nivel, de flujo, de velocidad, de temperatura. • Identificar características de operación e implementación de sensores, transductores, encoder y resolver. • Utilizar las protecciones usuales en el control de motores: elementos térmicos, interruptores termomagnéticos y fusibles. • Utilizar los métodos de arranque de máquinas de corriente continua y de corriente alterna: <ul style="list-style-type: none"> ○ Arranque y paro reversible de un motor de C.C. ○ Arranque y paro reversible de un motor de trifásico de C.A., de inducción jaula de ardilla. ○ Arranque con resistencias primarias de un motor jaula de ardilla. ○ Arranque con autotransformador, transición cerrada. ○ Arranque estrella delta, transición abierta. ○ Arranque estrella delta, transición cerrada. ○ Arranque de un motor de inducción de rotor devanado. ○ Arranque de un motor síncrono trifásico. ○ Arranque y frenado del motor de inducción empleando el arrancador de estado sólido. • Aplicar métodos de control de velocidad en máquinas de corriente continua y alterna • Identificar características de operación de los elementos electromecánicos utilizados en el control eléctrico • Implementar métodos de arranque de máquinas de corriente continua y de corriente alterna. • Implementar métodos de control de velocidad en máquinas de corriente continua y alterna • Utilizar un variador de velocidad de estado sólido en el control de arranque, velocidad en motores de corriente alterna y de corriente continua. |
|---|

9. Proyecto de asignatura

| |
|---|
| <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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

La evaluación debe ser continua y formativa por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, haciendo especial énfasis en:

- Reportes escritos de las prácticas desarrolladas, con base al formato establecido.
- Reporte escrito de las investigaciones documentales solicitadas.
- Resolución de problemas solicitados (tareas)
- Reporte escrito de visitas industriales.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Reporte de simulaciones y conclusiones obtenidas en éstas.
- Desarrollar ensayos
- Participación en clase en exposiciones de temas, resolución de problemas individuales y por equipo
- Utilización de rubricas para la evaluación del portafolios de evidencias (cerrado, abierto o mixto).

11. Fuentes de información

1. L. Kosow, (2006). *Control de máquinas eléctricas*, última edición, Reverte.
2. Alerich, W. N. (1972) *Control de motores eléctricos*, última edición, Diana,
3. Enríquez Harper G., (2005) *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria*, última edición, Limusa.
4. Enríquez Harper G., (2002) *Control de motores eléctricos*, última edición, Limusa.
5. Roldán Viloría J. (2002) *Motores eléctricos: automatismos de control*, última edición, Thomson – Paraninfo.
6. Enríquez Harper G., (2003) *El ABC del control electrónico de las máquinas eléctricas*, (1ª Ed.). Limusa-Noriega Editores.
7. Martínez Rodrigo F. (2007) *Control electrónico y simulación de motores de corriente alterna*, Universidad de Valladolid.
8. L. Cuesta A. Padilla G., Remiro F. (1996). *Electrónica digital*. Mc Graw Hill
9. *Manual de mecánica industrial, Volumen III, Automatas y robótica*, Cultural S. A.,
10. Selmon G. R. (1992) *Electric Machines and Drives*, última edición, Addison Wesley,
11. C. B. Gray, (2000). *Máquinas eléctricas y sistemas accionadores*, Ed. Alfaomega.
12. Pallas Areny R. (2005) *Sensores y Acondicionadores de señal*, (4ª Ed.), Marcombo.
13. Manuales de fabricante de dispositivos de control eléctrico.

14. Manuales de arrancadores y variadores de velocidad con los que cuente la institución.