

PROGRAMA DE CURSO
MODELAMIENTO Y CONTROL DE SISTEMAS CON INTERACCIONES ELECTROMECAÑICAS

A. Antecedentes Generales del curso:

1. Departamento	Eléctrica					
2. Nombre del curso	Modelamiento y control de sistemas con interacciones electromecánicas					
3. Nombre del curso en inglés	Modelling and control of electromechanical interaction systems					
3. Código del Curso	EL7056			4. Créditos del curso	6 créditos	
5. Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
6. Carácter del curso	Obligatorio		Electivo	X	Electivo de línea de especialización Electivo de postgrado	
7. Requisitos	EL 4004 Fundamentos de Control de Sistemas. EL 4001 Conversión de la Energía y Sistemas Eléctricos					

B. Propósito del curso:

Este curso “Modelamiento y control de sistemas con interacciones electromecánicas” tiene como principal objetivo entregar a los estudiantes los fundamentos fisicomatemáticos de la modelación de sistemas electromecánicos, analizar la excitación de vibraciones mecánicas debido a cambios en los sistemas eléctricos, y estudiar estrategias de control o diseño encontradas en la literatura para reducir la excitación de estas vibraciones.

Para aplicar la teoría presentada en el curso se espera que durante el curso los(as) estudiantes realicen un análisis del estado del arte referente a una aplicación afectada por interacciones electromecánicas (tales como proceso de máquinas, aplicaciones automotrices, aplicaciones aeroespaciales, aplicaciones marítimas, robots, turbinas eólicas), modelen el problema, y presenten una solución de acuerdo con los alcances del problema.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG) del pregrado del programa de Ingeniería Civil Eléctrica:

Competencias específicas:

CE1 Formular, analizar, simular y usar modelos fisicomatemáticos que caractericen sistemas dinámicos y fuentes de incertidumbre.

CE2 Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE4: Concebir, diseñar y evaluar, dispositivos, sistemas y desarrollos científico-tecnológicos para la solución de problemas en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica, considerando especificaciones técnicas, así como requerimientos económicos, ambientales, sociales y éticos.

CE5: Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas

Competencias genéricas:

CG1 Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales diversos.

CG4 Trabajar en equipo en la ejecución de diversas actividades formativas propuestas, de forma estratégica, considerando la autogestión de sí mismo y la relación con el otro, asumiendo diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos y objetivos, sin discriminar por género u otra razón.

Además, tributa a las siguientes competencias de los programas de postgrado (Magíster y Doctorado):

- Crear una sólida formación teórica y técnica en tópicos avanzados de Ingeniería Eléctrica.
- Trabajar en la frontera del conocimiento.
- Desarrollar habilidades para la investigación.

C. Resultados de Aprendizaje

Competencias Específicas	Resultados de Aprendizaje
CE1-CE2	RA1. Modela a través de modelos fisicomatemáticos la operación de sistemas con interacciones electromecánicas.
CE4	RA2. Investiga el estado del arte relacionado con vibraciones excitadas por interacciones electromecánicas en distintas aplicaciones (proceso de máquinas, aplicaciones automotrices, aplicaciones aeroespaciales, aplicaciones marítimas, robots, turbinas eólicas), considerando previamente la definición y alcances del problema, a fin de establecer el estado de investigación actual del problema a solucionar.
CE5	RA3. Implementa modelos de interacciones electromecánicas, considerando la utilización de herramientas como Matlab, Plecs o Python, a fin de evaluar los efectos de cambios de carga y el desempeño soluciones propuestas.
Competencias Genéricas	Resultados de Aprendizaje
CG4	RA4. Trabajando en grupo, identifica un problema específico en una aplicación de su elección y propone una solución de acuerdo con información disponible en la literatura.
CG1	RA5. Redacta informes y realiza presentaciones del problema de interacciones electromecánicas, expresando de manera efectiva, clara y precisa los resultados obtenidos en cada fase de la investigación realizada a fin de comunicar dichos resultados.

C. Unidades Temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	RA1, RA2, RA4	Sistemas electromecánicos	2
Contenidos		Indicador de logro	
1. Sistemas electromecánicos y aplicaciones 2. Sistema de transmisión mecánico 3. Conversión de la energía		El estudiante: 1. Describe aplicaciones (proceso de máquinas, aplicaciones automotrices, aplicaciones aeroespaciales, aplicaciones marítimas, robots, turbinas eólicas). 2. Modela y analiza sistemas rotacionales (modelo de ejes considerando uniones y engranajes). 3. Modela un sistema rotacional y su conexión a máquinas eléctricas, considerando la relación torque-flujo de las máquinas eléctricas. 4. Estudia problemas de implementación real de estos sistemas: balanceo de sistemas, sensores, y controladores utilizados. Se analizan sistemas continuos y discretos para implementar un sistema electromecánico.	
Bibliografía de la Unidad		[1], [4], [5]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	RA1, RA3	Vibraciones mecánicas	4
Contenidos		Indicador de logro	
1. Tipos de vibraciones mecánicas y su relación con máquinas eléctricas 2. Modelamiento de vibraciones torsionales y transversales 3. Reducción de sistemas mecánicos		El estudiante: 1. Modela y analiza vibraciones torsionales, identifica sus frecuencias naturales y analiza su relación con la excitación de vibraciones por interacciones electromecánicas. 2. Modela y analiza vibraciones transversales, identifica las velocidades críticas de un sistema, y analiza su relación con la excitación de vibraciones por interacciones electromecánicas. 3. Implementa técnicas de reducción de sistemas mecánicos y aplica el método de Rayleigh para modelamiento del amortiguamiento.	
Bibliografía de la Unidad		[1]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	RA1, RA3, RA4	Modelamiento y control de máquinas eléctricas	3
Contenidos		Indicador de logro	
1. Control máquina de corriente continua 2. Control máquina de inducción 3. Control máquina sincrónica		El estudiante: 1. Estudia el control de velocidad, torque y voltaje de máquina DC operando como generador y motor. 2. Estudia el control de velocidad y torque de un motor de inducción utilizando control vectorial. 3. Estudia el control de voltaje de un generador síncrono. 4. Aplica una de las estrategias de control vistas a un problema específico en el proyecto del curso y analiza su efecto sobre el sistema mecánico.	
Bibliografía de la Unidad		[2]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	RA2, RA4, RA5	Estrategias de reducción de vibraciones	6
Contenidos		Indicador de logro	
1. Respuesta del sistema a conexiones de carga 2. Reducción de la excitación de vibraciones transversales y torsionales 3. Máquinas eléctricas para la reducción de vibraciones torsionales. 4. Estrategias de control para reducir vibraciones torsionales		El estudiante: 1. Analiza las respuestas a conexiones arbitrarias, escalón, impulso, y pulsos en aplicaciones con interacciones electromecánicas. 2. Analiza el efecto sobre el sistema mecánico de utilizar conexiones en rampa a máquinas eléctricas y compara los resultados con conexiones arbitrarias. 3. A través de análisis de artículos, aprende sobre el uso de otras máquinas eléctricas (inducción de doble alimentación, máquinas con rodamientos magnéticos, máquina de imanes permanentes) para reducir interacciones electromecánicas en un problema específico. 4. Analiza artículos y realiza un estudio del estado del arte de estrategias de control (input-shaping, control predictivo, control de torque, filtros, etc.) a un problema específico. 5. Diseña y analiza una solución basada en estrategias de control o implementación de máquinas eléctricas para reducir vibraciones mecánicas a un problema específico en el proyecto del curso.	
Bibliografía de la Unidad		[3],[5]	

D. Estrategias de enseñanzas:

La metodología de trabajo para conseguir los resultados planteados para el proceso de enseñanza— aprendizaje está basada en la participación activa de los alumnos. Las principales actividades a realizar son:

- Clases expositivas.
- Proyecto de curso.
- Análisis de artículos

E. Estrategias de evaluación:

La evaluación estará orientada a verificar avances de parte de los estudiantes y demostración de resultados de aprendizaje mediante:

- Controles
- Trabajo de investigación en equipo
- Presentaciones orales
- Elaboración de informes

El proyecto dará cuenta del resultado de aprendizaje del curso.

F. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] M. I. Friswell, J. E. T. Penny, S. D. Garvey, and A. W. Lees, Dynamics of Rotating Machinery. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2015.
- [2] P. C. Krause, O. Wasynczuk, and S. D. Sudhoff, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

Bibliografía complementaria:

- [3] T. Singh, Optimal Reference Shaping for Dynamical Systems. Buffalo, New York, U.S.A.: CRC Press, 2010.
- [4] R. Crowder, Electric Drives and Electromechanical Systems: Applications and Control. Elsevier Science, 2019.
- [5] Bases de datos IEEEExplore, ACM, Elsevier, Springer.

G. Datos Generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Mayo de 2021
Elaborado por:	Constanza Ahumada
Validado por:	Comité Técnico Docente y Comité de Postgrado del DIE
Revisado por:	Académicos del área de Control

