

	Contenidos Programáticos de Posgrados	Código	FGA -148 v.00
		Página	1 de 1

DATOS DEL PROGRAMA Y DEL CURSO					
FACULTAD	Ingenierías y Arquitectura				
NOMBRE DEL PROGRAMA	Maestría en Controles Industriales				
NOMBRE DEL CURSO	Tópicos Especiales de Control	CODIGO DEL CURSO	571412	CRÉDITOS DEL CURSO	3
UBICACIÓN SEMESTRAL	3				
COMPONENTE	NÚMERO DE HORAS CONTACTO DIRECTO	30	HORAS DE TRABAJO INDIRECTO	66	
COMPONENTE CONCEPTUAL DEL CURSO (Debe describir los aspectos del componente que se desarrollan en el curso dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje del programa de posgrado para el logro de los objetivos)	- Introducción a la Conversión Electromecánica. - Magnitudes Electromagnéticas. - Ley de Ampere. Ley de Faraday. Magnitudes mecánicas. - Leyes de Newton. - Mecanismos Electromecánicos. - Mecanismo de generación de par electromagnético. - Par de reluctancia. - Par de excitación. - Modelos de Máquinas Eléctricas simples. - Motores de Corriente Directa. - Partes principales. - Principio de funcionamiento. - Clasificación. Ecuación de la Fem. - Ecuación del par electromagnético. - Circuitos equivalentes. - Modelo matemático del motor de CD de excitación independiente. - Modelo matemático representado en diagrama en bloques. - Modelo matemático representado en espacio de estados. - Motores de Corriente Alterna. - Motores trifásicos de inducción. - Partes principales. - Campo magnético rotacional. - Principio de funcionamiento. - Clasificación. - Velocidad de sincronismo. - Deslizamiento. - Ecuación de la frecuencia del rotor. - Ecuación de la fem. - Circuitos equivalentes. - Potencias, pérdidas y eficiencia. - Ecuación del par electromagnético. - Característica mecánica (T vs. Wr). - Modelo matemático del motor de inducción trifásico. - Transformaciones de fases y de coordenadas. - Transformación similar. - Transformación de Clarke o Transformación $\alpha\beta 0$. - Transformación de Park o Transformación $dq 0$. - Matriz de transformación. - Propiedades de la matriz de transformación. - Componentes homopolares. - Aplicación de las transformaciones de Clarke y Park directa e inversa. - Modelo matemático de motor trifásico de inducción. - Vector espacial. - Inductancias propias y mutuas. - Ecuación de los flujos y las corrientes. - Ecuación de los voltajes en los ejes $\alpha\beta 0$ y $dq 0$. - Ecuaciones dinámicas del motor de inducción en los ejes $dq 0$. - Ecuación del par electromagnético. - Ecuación mecánica. Simulación del motor de inducción trifásico en el simulink del Matlab. - Control Escalar (V/Hz). - Inversores de potencia. - Inversores VSI y CSI. - Inversor de 6 niveles convencional. - Inversores multinivel. - Inversores multinivel en cascada.				

	Contenidos Programáticos de Posgrados	Código	FGA -148 v.00
		Página	1 de 1

	○ Modulación SPWM y SVM. ○ Ecuación de la fem del motor trifásico de inducción. ○ Control Escalar o Control V/Hz. ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control escalar. • Control Vectorial (FOC y DTC). ○ Principio del control por orientación del campo (FOC). ○ Campo orientado directo (DFOC). ○ Campo orientado indirecto (IFOC). ○ Control directo del par (DTC). ○ Control sin sensor de posición (Control sensorless). ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control vectorial por campo orientado indirecto e directo. ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control vectorial por campo orientado sensorless. ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control vectorial DTC.
--	---

COMPONENTE	NÚMERO DE HORAS CONTACTO DIRECTO	10	HORAS DE TRABAJO INDIRECTO	22
COMPONENTE PROCEDIMENTAL (habilidades y destrezas a desarrollar en el estudiante de posgrado)	• Introducción a la Conversión Electromecánica. ○ Identificar y aplicar las Magnitudes Electromagnéticas en el análisis de sistemas electromecánicos. ○ Utilizar la Ley de Ampere, Ley de Faraday, y Leyes de Newton para calcular campos magnéticos y fuerzas electromotrices. • Motores de Corriente Directa. ○ Diseñar y analizar modelos equivalentes de motores de corriente directa. ○ Calcular la ecuación de la FEM y el par electromagnético en un motor de CD y utilizarla para diseñar un sistema de control adecuado. ○ Crear una representación de Modelos matemático en diagrama en bloques. • Motores de Corriente Alterna. ○ Identificar las partes principales y el funcionamiento de motores de corriente alterna. ○ Calcular la velocidad de sincronismo, el deslizamiento y la ecuación de la FEM en un motor trifásico de inducción, y diseñar un sistema de control eficiente. ○ Crear una representación de Modelos matemático en diagrama en bloques que representen motores de corriente alterna. • Transformaciones de Fases y de Coordenadas. ○ Aplicar transformaciones de Clarke y Park para simplificar el análisis de sistemas trifásicos. ○ Utilizar la matriz de transformación para convertir variables entre sistemas de coordenadas $\alpha\beta 0$ y $dq0$, y aplicar estas transformaciones en la simulación de sistemas electromecánicos. • Modelo Matemático de Motor Trifásico de Inducción ○ Construir un modelo matemático completo de un motor de inducción trifásico. ○ Simular el comportamiento dinámico del motor en MATLAB/Simulink, incluyendo la simulación del par electromagnético y la velocidad de rotación. • Control Escalar (V/Hz). ○ Diseñar un sistema de control escalar para un motor de inducción trifásico. ○ Implementar y simular el control V/Hz utilizando inversores de potencia y modulación SPWM en MATLAB/Simulink. • Control Vectorial (FOC y DTC): ○ Aplicar el control vectorial para mejorar la eficiencia y el rendimiento de un motor de inducción trifásico. ○ Implementar y simular el control FOC y DTC en MATLAB/Simulink, incluyendo casos de control sensorless.			

COMPONENTE	NÚMERO DE HORAS CONTACTO DIRECTO	5	HORAS DE TRABAJO INDIRECTO	11
COMPONENTES COMPONENTE ACTITUDINAL (Aspectos que se requieren)	• Reconoce la importancia del aprendizaje autónomo para mejorar la operación de sistemas y la utilización de principios			

	Contenidos Programáticos de Posgrados	Código	FGA -148 v.00
		Página	1 de 1

desarrollar en el estudiante de posgrados)	fundamentales de la conversión electromecánica, y temas relacionados con motores eléctricos y sistemas de control. • Mantiene una actitud responsable y ética en su desarrollo profesional y la aplicación del conocimiento. • Reconoce la importancia de colaboración y trabajo en equipo en proyectos de diseño y control de motores eléctricos, fomentando los espacios para la comunicación asertiva de ideas y experiencias en el análisis y solución de problemas. • Aplica las mejores prácticas del ejercicio profesional y mantiene una actitud proactiva hacia la mejora continua. • Mantiene una comunicación efectiva para difundir el conocimiento, utilizando los estándares científicos y el lenguaje técnico asociado con los sistemas de control de motores eléctricos, facilitando la comprensión y aplicación de los conceptos aprendidos en el campo de la conversión electromecánica. • Fomenta la capacidad investigativa, y la solución de problemas de forma autónoma que garanticen un aprendizaje y actualización continuo.
--	--

COMPETENCIAS A DESARROLLAR (INVESTIGATIVA)
• Adquirir habilidades para desarrollar sistemas de control avanzados, con fuertes componentes de innovación en el diseño y control de motores eléctricos, aplicando nuevos enfoques y tecnologías para mejorar su eficiencia y rendimiento. • Aplicar mecanismos para el estudio y análisis de datos, con el fin de generar conocimiento sobre los sistemas de control de motores eléctricos, y utilizar este conocimiento en la optimización y mejora de las condiciones de funcionamiento de los mismos. • Descubrir nuevos paradigmas y enfoques de aplicación a través de la investigación en el campo de la conversión electromecánica, identificando oportunidades de mejora en los sistemas de control de motores eléctricos y proponiendo soluciones innovadoras. • Redactar y presentar con calidad científica los resultados obtenidos en el diseño y control de motores eléctricos, utilizando un lenguaje técnico preciso y siguiendo los estándares científicos establecidos para la divulgación de resultados de investigación en el área. Esta disciplina aporta significativamente en la consolidación del resultado de aprendizaje dos (RA2): Desarrolla habilidades de investigación que permiten identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería, incluyendo el diseño, el análisis y síntesis de información para producir soluciones con enfoques multidisciplinarios e interdisciplinarios.

AGENDA DE TRABAJO
Sesión 1. (15 Horas): • Introducción a la Conversión Electromecánica. ○ Magnitudes Electromagnéticas. ○ Ley de Ampere. Ley de Faraday. Magnitudes mecánicas. ○ Leyes de Newton. ○ Mecanismos Electromecánicos. ○ Mecanismo de generación de par electromagnético. ○ Par de reluctancia. ○ Par de excitación. ○ Modelos de Máquinas Eléctricas simples. • Motores de Corriente Directa. ○ Partes principales. ○ Principio de funcionamiento. ○ Clasificación. Ecuación de la Fem. ○ Ecuación del par electromagnético. ○ Circuitos equivalentes. ○ Modelo matemático del motor de CD de excitación independiente. ○ Modelo matemático representado en diagrama en bloques. ○ Modelo matemático representado en espacio de estados. Sesión 2. (15 Horas): • Motores de Corriente Alterna. ○ Motores trifásicos de inducción. ○ Partes principales. ○ Campo magnético rotacional. ○ Principio de funcionamiento. ○ Clasificación. ○ Velocidad de sincronismo. ○ Deslizamiento. ○ Ecuación de la frecuencia del rotor. ○ Ecuación de la fem. ○ Circuitos equivalentes. ○ Potencias, pérdidas y eficiencia. ○ Ecuación del par electromagnético. ○ Característica mecánica (T vs. Wr). ○ Modelo matemático del motor de inducción trifásico.

	Contenidos Programáticos de Posgrados	Código	FGA -148 v.00
		Página	1 de 1

○ Transformaciones de fases y de coordenadas. ○ Transformación similar. ○ Transformación de Clarke o Transformación $\alpha\beta 0$. ○ Transformación de Park o Transformación $dq 0$. ○ Matriz de transformación. Propiedades de la matriz de transformación. ○ Componentes homopolares. ○ Aplicación de las transformaciones de Clarke y Park directa e inversa.
Sesión 3. (15 Horas): • Modelo matemático de motor trifásico de inducción. ○ Vector espacial. ○ Inductancias propias y mutuas. ○ Ecuación de los flujos y las corrientes. ○ Ecuación de los voltajes en los ejes $\alpha\beta 0$ y $dq 0$. ○ Ecuaciones dinámicas del motor de inducción en los ejes $dq 0$. ○ Ecuación del par electromagnético. ○ Ecuación mecánica. Simulación del motor de inducción trifásico en el simulink del Matlab. • Control Escalar (V/Hz). ○ Inversores de potencia. ○ Inversores VSI y CSI. ○ Inversor de 6 niveles convencional. ○ Inversores multinivel. ○ Inversores multinivel en cascada. ○ Modulación SPWM y SVM. ○ Ecuación de la fem del motor trifásico de inducción. ○ Control Escalar o Control V/Hz. ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control escalar. • Control Vectorial (FOC y DTC). ○ Principio del control por orientación del campo (FOC). ○ Campo orientado directo (DFOC). ○ Campo orientado indirecto (IFOC). ○ Control directo del par (DTC). ○ Control sin sensor de posición (Control sensorless). ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control vectorial por campo orientado indirecto e directo. ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control vectorial por campo orientado sensorless. ○ Simulación del control del motor de inducción trifásico con control vectorial DTC.

NOTA: Puede agregar casillas si necesita.

METODOLOGÍA Y/O ACTIVIDADES EN LA PRÁCTICA PEDAGÓGICA	
Descripción de las estrategias didácticas y prácticas pedagógicas a desarrollarse en el curso. (Debe evidenciarse el empleo de nuevas tecnologías de apoyo a la enseñanza y al aprendizaje)	
A lo largo del desarrollo de esta disciplina, el proceso de aprendizaje se construye a través de clases magistrales impartidas por el profesor y acompañada por la participación activa de los estudiantes en las discusiones propiciadas en clase. Además, se promoverá la resolución de problemas, con el docente actuando como orientador y guía hacia la solución. La componente práctica del curso se abordará mediante ejercicios que permitirán a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en cada tema. Estos ejercicios se desarrollarán a lo largo del curso, a medida que los estudiantes se familiaricen con diversas técnicas de análisis y diseño de sistemas de control. Además, el profesor brindará orientación sobre el uso de herramientas computacionales como Matlab, Octave y Scilab, que se utilizarán en el curso.	
EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	
(Según Criterio y Autonomía del Docente)	
Existirá una evaluación individual con un peso del 40%, una evaluación de trabajo en equipo con un peso del 30%, solución de una asignación o lista de ejercicios con un peso del 30%. Al final de la disciplina podrá existir una actividad evaluativa de reposición (opcional), con requisito para ser presentada tener una frecuencia de asistencia al curso mayor al 70%. El RA2 se evalúa fomentando la capacidad del estudiante en investigación.	
N°	BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
1	Fitzgerald, A. (2013). Máquinas Eléctricas. 7ma Edición. New York: McGraw Hill.
2	Fraile Mora, J. (2008). Máquinas Eléctricas. 6ta Edición. Madrid: McGraw Hill.
3	Chapman, S. (2012). Máquinas Eléctricas. 5ta Edición. Bogotá: McGraw Hill.
4	R. H. Park, "Two-reaction theory of synchronous machines," AIEE Transactions, vol. 48, 1929, p.716.
5	E. Clarke, "Circuit Analysis of AC Power Systems". New York: Wiley, 1950, vol. I.
6	Mihailovic, Zoran. "Modeling and control design of VSI fed PMSM drive system with active load". Master Thesis, 1998. Disponible en: http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-031899-212402/
7	P. Kundur, "Power System Stability and Control". New York: EPRI Power System Engineering Series, McGraw-Hill, Inc., 1994.

NOTA: Puede agregar casillas si necesita.

N°	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
1	J. J. Grainger and W. D. Stevenson, "Power System Analysis". New York: McGraw-Hill, Inc., 1994.
2	C. L. Fortescue, "Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks," Trans. AIEE, pt. II, vol. 37, pp. 1027–1140, 1918.
3	P. M. Weedy, "Electric Power Systems". New York: JohnWiley & Sons, 1990.
4	Astrom K.y Wittenmark. B. "Computer Controlled Systems". Prentice-Hall. 1989.
5	T. Cheng y B. Francis. "Optimal Sampled-Data Control Systems". Springer-Verlag. 1995
6	B. K. Bose, Modern Power Electronics and AC Drives, Prentice Hall, United States, 2001.
7	J. Chiasson, Modeling and High Performance Control of Electric Machines, IEEE Press Series on Power Engineering, Wiley-Interscience, New York, 2005.

	Contenidos Programáticos de Posgrados	Código	FGA -148 v.00
		Página	1 de 1

8	A. E. Fitzgerald, Jr. C. Kingsley, S. D. Umans, Electric Machinery, 6th edition, United States, 2003.
9	M. Montanari, S. Peresada, A. Tilli, A Speed sensorless indirect field-oriented control for induction motors based on high gain speed estimation, Automatica, 42, pp. 1637-1650, 2006.
10	J. Chiasson, A new approach to dynamic feedback linearization control of an induction motor, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 43, No. 3, pp. 391-397, March 1998.
11	G. Espinosa-Pérez, R. Ortega, An Output Feedback Globally Stable Controller for Induction Motors, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 40, No. 1, pp. 138-143, January 1995.
12	Blaschke, F. (1971). The Principle of Field Orientation as Applied to the New TRANSCVEKTOR Close-Loop Control System for Rotating-Field Machines. Siemens Z. Vol. 45. pp 757-760.
13	Hasse, K. (1969). Zur Dynamik Drehzahlgeeregelter Antrieble mit Stromrichtergergespeisten Asynchronkurzschlusslaufermotorem Dissertation. T. H. Darmstadt.
14	Zambada, J. (2006) Sensorless Field Oriented Control of PSMS Motors. Microchip
15	Díaz Rodríguez, J. L., et al. (2005). Simulación de Sistemas de Control Indirecto por Campo Orientado del Motor de Inducción. Universidad de Pamplona. Colombia.
16	Kharburi, D. (1996). Implementing a Universal Control System for Field-Oriented Control of AC Machines Using the TMS320C14 DSP. Texas Instrument. ESIEESPRA328. París.

NOTA: Puede agregar casillas si necesita.

Nº	DIRECCIONES ELECTRÓNICAS DE APOYO AL CURSO/ BASES DE DATOS A UTILIZAR
1	http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?aux=Home
2	https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-241j-dynamic-systems-and-control-spring-2011/index.htm
3	https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-30-feedback-control-systems-fall-2010/index.htm
4	https://www.emerson.com/
5	https://www.honeywell.com/
6	https://www.nasa.gov/
7	https://www.ecopetrol.com.co/
8	https://www.isa.org/
9	https://www.iso.org/home.html
10	https://www.iec.ch/
8	https://www.elion.es/

NOTA: Puede agregar casillas si necesita.
Proyectado: ING. Fernando Moreno.