



PROGRAMA ANALÍTICO

DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRICISTA

ASIGNATURA: ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS

CÓDIGO: 0465

AÑO ACADÉMICO: 2018

PLAN DE ESTUDIO: 2004

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2DO. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO

MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL

ORIENTACIÓN: SISTEMAS ELECTRÓNICOS INDUSTRIALES

DOCENTE A CARGO: Dr. Guillermo García – Profesor Titular Exclusivo

EQUIPO DOCENTE: Dr. Guillermo García – Profesor Titular Exclusivo
Dr. Pablo de la Barrera – Jefe de Trabajos Prácticos Exclusivo
Dr. Jonathan Bosso – Ayudante de Primera Simple

RÉGIMEN DE ASIGNATURAS: (*)

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0428	0460
-	0433

(*) Para cursar asignaturas de cuarto año en adelante se debe tener aprobado Inglés Nivel I y Nivel II

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Semanales: 5

Totales → Teóricas: 52
 → Prácticas → Resolución de problemas: 10
 → Laboratorio: -
 → Proyecto: 10
 → Trabajo de campo: 3



CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:

Integrar conocimientos de materias básicas con los siguientes objetivos:

- Estudiar los accionamientos eléctricos, incluyendo los diferentes elementos que los componen (máquinas eléctricas, electrónica de potencia, sensores, controladores y estrategias de control), como sistema.
- Conocer los accionamientos eléctricos más comunes y sus principios de funcionamiento.
- Aprender a seleccionar los accionamientos eléctricos más adecuados para cada aplicación industrial.
- Realizar simulaciones, en computadoras digitales, del comportamiento dinámico de sistemas donde intervienen accionamientos eléctricos.
- Realizar prácticas de laboratorio con sistemas reales.

CONTENIDOS:

CAPITULO I - Introducción a los Accionamientos Eléctricos y sus Aplicaciones.

- ♦ Descripción de un accionamiento eléctrico
- ♦ Aplicación de los accionamientos eléctricos
- ♦ Características de los diferentes tipos de máquinas y accionamientos eléctricos

CAPITULO II - Modelado Dinámico y Simulación de Máquinas Eléctricas.

- ♦ Simulación de las máquinas de CC.
- ♦ Elementos básicos de máquinas eléctricas de corriente alternada
- ♦ Máquina de inducción trifásica simétrica.
- ♦ Transformadas para el estudio de máquinas eléctricas.
- ♦ Simulación de la máquina de inducción.
- ♦ Simulación de la máquina síncrona.

CAPITULO III - Diferentes Tipos de Convertidores para el Control de Máquinas Eléctricas.

- ♦ Revisión de las llaves usadas en electrónica de potencia.
- ♦ Convertidores estáticos para el control de máquinas de CC.
- ♦ Convertidores estáticos para el control de máquinas de CA.

CAPITULO IV - Control de Máquinas Eléctricas.

- ♦ Revisión del control de máquinas de CC con excitación independiente.
- ♦ Control escalar de máquinas de inducción.
- ♦ Principios del control vectorial.
- ♦ Control de máquinas síncronas.
- ♦ Modelado y simulación de los accionamientos incluyendo la electrónica de potencia y el control.

CAPITULO V - Otras Máquinas Eléctricas y sus Controles.

Contenidos analíticos

CAPITULO I - Introducción a los Accionamientos Eléctricos y sus Aplicaciones.

♦ **Descripción de un accionamiento eléctrico**

Diferentes elementos constitutivos. Características par-velocidad de diferentes tipos de cargas. Características ideales par-velocidad de un accionamiento. Operación en los cuatro cuadrantes. Ejemplos.



♦ **Aplicación de los accionamientos eléctricos**

Controles de par, posición, velocidad y aceleración. Elevadores. Vehículos eléctricos. Accionamientos sincronizados en trenes de laminación (papel, acero, etc.). Máquinas herramientas. Robótica. Uso racional de la energía (minimización de pérdidas) usando controles de velocidad en sistemas de bombeo y sopladores. Capacidad de alto par de arranque (compresores, estruendo de plástico, cargas inerciales, etc.), capacidad de sobrecarga y sus limitaciones.

♦ **Características de los diferentes tipos de máquinas y accionamientos eléctricos**

Comparación entre los accionamientos eléctricos de CC y CA. Comparación entre la máquina de inducción y la máquina síncrona. Máquina de inducción con rotor bobinado, recuperación de energía. Rangos de potencia y velocidad, factor de potencia, inercia, protecciones, mantenimiento, robustez, torque de arranque, peso y tamaño.

CAPITULO II - Modelado Dinámico y Simulación de Máquinas Eléctricas.

♦ **Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y simulación**

Modelado de sistemas físicos elementales. Función de transferencia. Modelado en el espacio de estados. Uso del simulador de sistemas dinámicos Matlab y Simulink.

♦ **Introducción a la conversión electromagnética de energía.**

Circuitos electromagnéticos. Máquina elemental de desplazamiento lineal. Máquina rotativa elemental con un devanado, par de excitación. Máquina rotativa elemental con polos salientes, par de reluctancia. Máquina rotativa elemental con tres devanados. Coenergía. Capacidad de reversibilidad en la conversión de energía.

♦ **Simulación de las máquinas de CC.**

Máquina de corriente continua elemental. Ecuaciones de tensión y par. Diferentes tipos de máquinas de corriente continua. Características dinámicas de motores "shunt" y de imanes permanentes. Modelado, ecuaciones de estado y función de transferencia.

♦ **Elementos básicos de máquinas eléctricas de corriente alternada**

Circuitos acoplados magnéticamente. Devanados de máquinas eléctricas de corriente alterna. Inductancias de los devanados y FMM en el entrehierro. Ecuaciones de tensión.

♦ **Máquina de inducción trifásica simétrica.**

Hipótesis de estudio y convenciones. Ecuaciones de los flujos. Ecuaciones de las tensiones. Ecuaciones de par. Modelo matemático en las coordenadas de la máquina.

♦ **Transformadas para el estudio de máquinas eléctricas.**

Transformada alfa-beta. Transformada de Park, variante e invariante en potencia. Transformada de Park generalizada. "Método Operacional" para modelar máquinas eléctricas rotativas.

♦ **Simulación de la máquina de inducción.**

Modelo en coordenadas dq arbitrarias. Modelo en PU. Modelo en variables de estado. y Modelo en régimen permanente. Estudio dinámico. Simulación en computadora digital. Uso de diferentes referenciales. Nomenclatura vectorial.

♦ **Simulación de la máquina síncrona.**

Modelo en variables de la máquina. Ecuación del par en variables de la máquina. Modelo en coordenadas dq arbitrarias. Modelo en PU. Modelo dinámico y en régimen permanente. Simulación en computadora digital. Nomenclatura vectorial.

CAPITULO III - Diferentes Tipos de Conversores para el Control de Máquinas Eléctricas.



- ♦ **Revisión de las llaves usadas en electrónica de potencia.**
Transistor bipolar, Tiristores, MOSFETs, IGBTs, Tiristores GTOs. Dispositivos en desarrollo.
- ♦ **Convertidores estáticos para el control de máquinas de CC.**
Rectificadores controlados. “Choppers” de uno y cuatro cuadrantes.
- ♦ **Convertidores estáticos para el control de máquinas de CA.**
Inversores fuente de tensión. Inversores fuente de corriente. Inversores fuente de tensión con control de corriente. Diferentes estrategias de modulación: por eliminación de armónicos, modulación por bloques, seno-triángulo, y vectorial. Control de lazo de corriente, modulación delta.

CAPITULO IV - Control de Máquinas Eléctricas.

- ♦ **Revisión del Control de máquinas de CC con excitación independiente.**
Control de armadura. Control de campo. Debilitamiento de campo. Función de transferencia a lazo cerrado considerando el convertidor.
- ♦ **Control escalar de máquinas de inducción.**
Control por medio de convertidores fuente de tensión (V/f). Control por medio de convertidores fuente de corriente. Operación con flujo constante. Recuperación de potencia de deslizamiento (rotor bobinado).
- ♦ **Principios del control Vectorial.**
Control orientado por el flujo del rotor. Adquisición de la señal de flujo. Control por corriente. Método directo. Método indirecto. Control por tensión. Debilitamiento de campo para extender el rango de velocidad.
- ♦ **Control de máquinas síncronas.**
Control de máquina síncrona con imanes permanentes (“brushless”). Control escalar (Relación tensión frecuencia constante). Corriente impuesta. Concepto de control vectorial. Debilitamiento de campo para extender el rango de velocidad.
- ♦ **Modelado y simulación de los accionamientos incluyendo la electrónica de potencia y el control.**

CAPITULO V - Otras Máquinas Eléctricas y sus Controles.

Motores de paso. Máquina de reluctancia conmutada. Motores lineales. Servomotores. Máquina de inducción bifásica. Micromotores. Clasificación y aplicaciones.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

Se dictarán clases teóricas semanales de 3 (tres) horas, durante 13 semanas (un total de 45 hs), y el resto del tiempo disponible (hasta completar las 75 hs) se destinará a prácticas de laboratorio, proyectos y diseño. Las prácticas de laboratorio se realizarán en horarios a combinar entre los docentes y alumnos debido a la disponibilidad de equipamiento.

Las prácticas de laboratorio, proyectos y diseño estarán ligadas con el trabajo final exigido como requisito para aprobar el curso y consistirán en simulación en computadora digital usando programas provistos por los docentes y en mediciones e implementaciones sobre equipamientos experimentales e industriales disponibles en los laboratorios del Grupo de Electrónica Aplicada (GEA).



Para cada tema se hará la presentación del problema y discusión del mismo; luego se realizará la exposición de la teoría usada para resolverlo, casos, ejemplos, variaciones e inconvenientes.

Se exigirá un proyecto final, integrador de los conocimientos impartidos en el curso, cuyo tema se determinará por consenso entre los docentes y el alumno o grupo de alumnos de hasta tres integrantes.

Se exigirá la lectura de bibliografía obligatoria, básica, y se fomentará la lectura de bibliografía complementaria, y la discusión de los temas en clase.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN:

Se efectuará una evaluación individual, a través de un coloquio, sobre cada uno de los trabajos prácticos realizados. Se evaluará el trabajo final por medio de su informe y su exposición en un coloquio individual.

La nota final (N) del curso se determinará de la siguiente manera:

$$N = (N_{tf} + N_p + N_c) / 3$$

donde: N_{tf} : (Nota del trabajo Final)
 N_p : (Nota de trabajos parciales)
 N_c : (Nota del coloquio)

Las notas implicarán: la regularización si cada una de las notas y su promedio es igual o mayor que 5,00 y la promoción si su promedio es igual o mayor que 7,00 (con ninguna nota menor que 5,00). De no alcanzarse dicha calificación, el estudiante tendrá derecho al menos a una instancia de recuperación para cada trabajo práctico realizado como así también para el trabajo final. Además, el alumno deberá asistir al menos al 80 % de las clases, para obtener cualquiera de las condiciones (regularización o promoción).

Las condiciones para aprobar el examen final como alumno libre son: Aprobar un examen práctico, que consistirá en la resolución de dos temas de la guía de trabajos prácticos del año en curso, usando Matlab, Simulink y otras herramientas que puedan ser necesarias, lo mismo que se exige a los alumnos para regularizar o promocionar la materia. Además, se deberá aprobar un examen teórico, escrito, que puede incluir temas de todo el programa analítico del año en curso (se hayan dictado o no durante la cursada del alumno), lo mismo que se exige a los alumnos regulares.

HORARIOS DE CLASES:

Martes de 14 a 17 hs. (Aula a determinar por Bedelía Central)

Jueves de 14 a 17 hs. (Aula a determinar por Bedelía Central)

HORARIOS DE CONSULTA:

Lunes de 10 a 12 hs. (G. GARCIA) – GEA/Norte

Miércoles de 10 a 12 hs. (P. DE LA BARRERA) –GEA/FI

Viernes de 10 a 12 hs. (J. BOSSO) – GEA/Norte



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

Actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Capítulo I	■	■											
2. Capítulo II			■	■	■	■							
3. Capítulo III							■	■					
4. Capítulo IV									■	■			
5. Capítulo V											■	■	
6. Prácticos y Trabajo Final				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Seminarios													■

BIBLIOGRAFÍA:

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Electric Motor Drives, Modeling, Analysis and Control	R. Krishnan	Prentice Hall	2001	1
Analysis of Electric Machinery and Drive Systems	Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk and Scott D. Sudhoff	IEEE Press	2002	5
Control of Electrical Drives	Werner Leonhard	Springer	1996	2
Power Electronics and AC Drives	B. K. Bose	Prentice-Hall	1986	1
Power Electronics and Variable Frequency Drives	B. K. Bose	IEEE Press	1997	2
Vector Control and Dynamics of AC Drives	D.W.Novotny and T.A.Lipo	Oxford University Press	1996	1

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico