



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Industriales

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

53000561 - Control De Accionamientos Electricos

PLAN DE ESTUDIOS

05BE - Master Universitario En Ingenieria Electrica

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	4
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	10
8. Recursos didácticos.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	53000561 - Control de Accionamientos Electricos
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Obligatoria
Curso	Primer curso
Semestre	Primer semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	05BE - Master Universitario en Ingenieria Electrica
Centro responsable de la titulación	05 - Escuela Técnica Superior De Ingenieros Industriales
Curso académico	2022-23

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Dionisio Ramirez Prieto (Coordinador/a)		dionisio.ramirez@upm.es	- -

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

El plan de estudios Master Universitario en Ingeniería Eléctrica no tiene definidas asignaturas previas recomendadas para esta asignatura.

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Programación en lenguaje C.
- Máquinas Eléctricas.
- Electrónica de potencia.
- Teoría de control de sistemas discretos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE04 - Aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar las protecciones de los equipos e instalaciones eléctricas, con unos requisitos nuevos derivados de la incorporación de tecnologías actuales basadas en la electrónica digital.

CE09 - Aplicar los conocimientos adquiridos para establecer procedimientos de mantenimiento predictivo de máquinas y equipos eléctricos

CE10 - Aplicar los conocimientos adquiridos para diseñar sistemas avanzados de control de accionamientos eléctricos y proponer nuevas alternativas apoyadas en el avance tecnológico.

CE11 - Tener la capacidad de enfrentarse a los nuevos retos derivados de la previsible incorporación en gran escala de los vehículos eléctricos

CE12 - Tener la capacidad de incorporar nuevas tecnologías y herramientas avanzadas en la técnica de las medidas eléctricas.

CG01 - Haber demostrado unos conocimientos y una comprensión que se basa en el nivel típicamente asociado a los grados y lo superan y mejoran y que les proporcionan una base o una oportunidad para la originalidad en el desarrollo i/o aplicación de ideas, a menudo en el contexto de la Investigación.

CG02 - Ser capaces de aplicar sus conocimientos y su comprensión, así como sus habilidades para resolver problemas, en entornos nuevos o no familiares y en contextos amplios (multidisciplinarios) relativos a su campo de estudio

CG03 - Tener habilidad de integrar conocimientos y de afrontar la complejidad y también de formular juicios a partir de información incompleta o limitada, pero que incluye reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas ligadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CG04 - Ser capaces de comunicar sus conclusiones, y los conocimientos y el marco conceptual en que se basan, tanto a audiencias expertas como no expertas y de manera clara y sin ambigüedades.

CG05 - Haber desarrollado habilidades de aprendizaje que les permitan continuar los estudios de manera ampliamente autodirigida o autónoma

CT01 - Uso de la lengua inglesa

CT02 - Liderazgo de equipos

CT03 - Creatividad

CT05 - Gestión de la información

CT07 - Trabajo en contextos internacionales

4.2. Resultados del aprendizaje

RA26 - Conocimientos de sistemas de control programados

RA24 - Conocimiento de programación de algoritmos de control sobre un sistema programado real

RA27 - Conocimiento de algoritmos de control de máquinas eléctricas

RA25 - Conocimientos de máquinas eléctricas

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura es un compendio multidisciplinar de las diferentes disciplinas involucradas en el diseño e implementación de un control de un accionamiento.

En ella se tratan aspectos tan diversos como el convertidor electrónico, los algoritmos de control vectorial más comunes o su implementación en un microprocesador o DSP.

5.2. Temario de la asignatura

1. Introducción. Visión global de un sistema de control para un accionamiento.
2. El Inversor trifásico.
 - 2.1. Modulación PWM
 - 2.2. Sobremodulación.
 - 2.3. Funcionamiento en onda cuadrada.
3. Modulación de vectores espaciales.
 - 3.1. Definiciones de vector espacial.
 - 3.2. Algoritmo de cálculo de los tiempos de aplicación de los vectores.
4. Sistema de control de un inversor conectado a la red.
 - 4.1. Modelo del inversor trifásico conectado a la red, expresado en vectores espaciales.
 - 4.2. Diagrama de bloques del sistema de control.
 - 4.3. Sincronización con la red con Phase Locked Loop (PLL).

- 4.4. Cálculo de los reguladores de corriente.
- 4.5. Límites de funcionamiento del inversor.
5. Sistema de control de la máquina de inducción (MI).
 - 5.1. Ecuaciones de definición de la máquina de inducción expresada en vectores espaciales.
 - 5.2. Diagrama de bloques del sistema de control de la máquina de inducción.
6. Sistema de control de la máquina trifásica de imanes permanentes superficiales (SPMSM).
 - 6.1. Principio de funcionamiento. Tipos de SPMSM. Aplicaciones.
 - 6.2. Ecuaciones de definición.
 - 6.3. Sistemas de control.
7. Sistemas de control de la máquina síncrona de imanes interiores (IPMSM).
 - 7.1. Principio de funcionamiento. Tipos de IPMSM. Aplicaciones.
 - 7.2. Ecuaciones de definición.
 - 7.3. Sistemas de control.
8. Sistema de control de la máquina síncrona de reluctancia (SynRM)
 - 8.1. Principio de funcionamiento. Tipos. Aplicaciones.
 - 8.2. Ecuaciones de definición.
 - 8.3. Sistema de control.
9. Sistema de control de la máquina de reluctancia conmutada (SwRM).
 - 9.1. Principio de funcionamiento.
 - 9.2. Ecuaciones de definición.
 - 9.3. Sistema de control.
10. El Procesador Digital de Señales (DSP)
 - 10.1. Arquitectura de un DSP específico para control de accionamientos.
 - 10.2. Herramientas de desarrollo.
11. Implementación de un algoritmo de control en un DSP.
 - 11.1. Regla de Tustin.
 - 11.2. Discretización de una función de transferencia de primer orden.
 - 11.3. Discretización de un regulador Proporcional Integral.
 - 11.4. Algoritmo anti wind up para reguladores PI discretos

11.5. Filtros digitales de respuesta impulsional infinita (IIR)

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Clase de introducción. Descripción de los elementos que componen un sistema de control de un accionamiento y las tareas que realizan. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
2	Inversores en fuente de tensión trifásicos. Se describe en profundidad la modulación PWM, la sobremodulación y el funcionamiento en onda cuadrada. También se introduce el Modulador de Vectores Espaciales SVM. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
3	Teoría de vectores espaciales. Descripción del algoritmo del modulador de vectores espaciales y su implementación en un microprocesador. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Trabajo TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 00:30
4	Descripción del modelo del inversor de conexión a red de un sistema de generación renovable, expresado en vectores espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
5	Teoría de control de máquinas de inducción mediante vectores espaciales. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
6	Teoría de control vectorial de máquinas síncronas de imanes permanentes superficiales. Aplicaciones. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	Teoría de control vectorial de máquinas síncronas de imanes permanentes interiores. Aplicaciones. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
8	Resolución de problemas sobre sistemas de control vectorial: - Máquina de inducción trifásica. - Máquina de imanes permanentes. - Convertidor de conexión a red. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	

9	<p>Teoría sobre sistemas de control vectorial de: - Máquina sincrona de reluctancia. - Máquina de reluctancia conmutada.</p> <p>Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
10	<p>El Procesador Digital de Señales (DSP). Descripción de la arquitectura. Herramientas de desarrollo.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
11	<p>Implementación de algoritmos de control en un DSP. Breve repaso de las funcionalidades para programación a bajo nivel con lenguaje C.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<p>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</p> <p>Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
12	<p>programación del algoritmo 1 en el DSP. Explicación del algoritmo. Particularidades de programación.</p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Programación del Algoritmo 1 en el DSP.</p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>		<p>Si las circunstancias lo requieren, las clases se impartirán de forma telemática.</p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Si las circunstancias lo requieren, la práctica se sustituirá por un trabajo que se presentará telemáticamente.</p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	
13	<p>Programación del Algoritmo 2 en el DSP. Explicación del algoritmo. Particularidades de programación.</p> <p>Duración: 00:30 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Programación del Algoritmo en un DSP.</p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p>Si las circunstancias lo requieren, la práctica se sustituirá por un trabajo que se presentará telemáticamente.</p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	
14		<p>Programación del Algoritmo 2 en el DSP.</p> <p>Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p>Si las circunstancias lo requieren, la práctica se sustituirá por un trabajo que se presentará telemáticamente.</p> <p>Duración: 01:30 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	
15				
16				
17				<p>Prueba de Evaluación EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00</p> <p>Trabajo TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 00:30</p> <p>Prueba de Evaluación EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:30</p>

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del

plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Prueba de Evaluación	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	70%	3 / 10	CG04 CG05 CG02 CG03 CT07 CE10 CG01 CT01 CT02 CT03 CT05 CE12
17	Trabajo	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	00:30	30%	3 / 10	CG03 CT07 CT01 CT02 CT03 CT05 CE12 CG04 CG05

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
3	Trabajo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:30	30%	3 / 10	CE10 CG04 CG05 CG03 CT07 CT01 CT02 CT03 CT05 CE12

17	Prueba de Evaluación	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:30	70%	3 / 10	CE10 CG04 CG05 CG02 CG03 CT07 CG01 CT01 CT02 CT03 CT05 CE12
----	----------------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Prueba de Evaluación	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:30	100%	5 / 10	CG04 CG05 CG02 CG03 CT07 CG01 CE10 CT01 CT02 CT03 CT05 CE12

7.2. Criterios de evaluación

La evaluación se realiza combinando la información proporcionada de forma continuada mediante los trabajos entregados individualmente y una Prueba de Evaluación.

Los trabajos individuales se componen típicamente de una simulación en Matlab-Simulink y/o programas escritos en lenguaje C, programados sobre un DSP o en Software In the Loop (SIL).

La nota final se reparte entre la puntuación media obtenida en el conjunto de los trabajos entregados y la obtenida en la Prueba de Evaluación.

La evaluación extraordinaria se realizará únicamente mediante una Prueba de Evaluación escrita.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Sistema de desarrollo para DSP	Equipamiento	El departamento podrá a disposición de los alumnos un sistema desarrollo para DSP completo con el fin de realizar la programación de los algoritmos de control.
Transparencias sobre el temario	Otros	Se suministran a los alumnos transparencias en pdf del temario a lo largo del curso.
Apuntes	Bibliografía	Apuntes de la asignatura