Guia docent
220601 - 220601 - Modelat i Control de Màquines Elèctriques

Última modificació: 18/05/2026

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa
Unitat que imparteix: 709 - DEE - Departament d'Enginyeria Elèctrica.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE SISTEMES AUTOMÀTICS I ELECTRÒNICA INDUSTRIAL (Pla 2012). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Català, Castellà, Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: Joan Montañá Puig

Altres: Joan Montañá Puig

CAPACITATS PRÈVIES

- Capacitat per la comprensió i el càlcul circuits elèctrics.
- Capacitat per la comprensió del funcionament de les màquines elèctriques.
- Capacitat de resoldre problemes amb iniciativa, creativitat, raonament crític, i de comunicar i transmetre coneixements, habilitats i destreses en el camp de la electricitat.
- Capacitat d'analitzar i valorar l'impacte social i mediambiental de les solucions tècniques.
- Capacitat per aplicar els principis i mètodes de la qualitat.
- Capacitat de treballar en un entorn multilingüe i multidisciplinari.

REQUISITS

Haver cursat sistemes elèctrics.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
1. Capacitat per modelar qualsevol tipus de màquina elèctrica i simular el seu comportament electromecànic.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura s'organitza en:

1.- Classes en grups grans: En aquestes classes es desenvolupen les classes de teoria, resolució de problemes i les avaluacions corresponents a la primera i segona prova.

S'utilitzarà el model expositiu que el professor cregui més convenient per assolir els objectius que s'han fixat a l'assignatura. Es realitzaran activitats de curta duració com problemes, activitats de síntesi i preguntes directes.

3.- Classes en grups petits: En aquesta activitat es desenvolupen les pràctiques de laboratori. Es seguirà una metodologia d'aprenentatge basada en projectes (PBL) on per la consecució de les diferents pràctiques (projecte) s'organitzaran els estudiants en equips de treball estructurats. Cada equip disposarà d'un cap i haurà de planificar els treballs i recursos per la consecució de les pràctiques.

La plataforma ATENEA s'utilitzarà com a eina de suport en els tres tipus de classes que s'han descrit. S'utilitzarà com a transmissor i comunicador amb els alumnes.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Al finalitzar l'assignatura l'estudiant serà capaç de:
· Conèixer i saber aplicar els models avançats de les màquines elèctriques.
· Capacitat per simular qualsevol tipus d'accionament elèctric.
· Disseny de forma eficient de les diferents parts d'un control de moviment.
· Conèixer les aplicacions més comunes.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Mòdul 1. Introducció

Descripció:
Introducció a l'assignatura

Continguts:

1.1 Presentació
1.2 Organització
1.3 Mètodologia docent

Activitats vinculades:
Activitat 1

Dedicació: 1h
Grup gran/Teoria: 1h

Mòdul 2. Modelat i regulació de les màquines elèctriques en règim permanent

Descripció:
Es repassaran els conceptes bàsics de funcionament dels diferents tipus de màquines elèctriques. Es recordaran els models bàsics i els conceptes elementals de regulació de velocitat i parell per a cada tipus de màquina. També s'estudiaran les diferents aplicaicons de les màquines elèctriques.

Continguts:

2.1 Classificació de les màquines elèctriques
2.1 Models de les màquines de corrent continu
2.2 Regulació de les màquines de corrent continu
2.3 Model de règim permanent de les màquines asíncrones
2.4 Regulació de les màquines asíncrones

Activitats vinculades:
Activitat 1
Activitat 2
Activitat 4

Dedicació: 13h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 10h

Mòdul 3. Introducció als control de posició velocitat i parell de les màquines elèctriques

Descripció:
Es presenta el concepte general de control i regulació de les màquines elèctriques. S'estudiarà l'estructura bàsica de control de parell, velocitat i posició. De forma pràctica es treballaran els diferents conceptes de control amb l'apliació de la màquina de corrent continu.

Continguts:

3.1 Introducció al sistema de control en cascada
3.2 Formulació de les equacions elèctriques i mecàniques de la màquina de corrent continu
3.3 Mètodes de sintonia dels controladors del sistema de regulació
3.4 Limitacions i no linialitats del sistema de regulació
3.5 Aplicacions

Activitats vinculades:
Activitat 1
Activitat 2
Activitat 3
Activitat 4

Dedicació: 28h
Grup gran/Teoria: 6h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 18h

Mòdul 4. Modelat de sistemes electromecànics

Descripció:
L'estudi del modelat acurat de màquines elèctriques es basa en la teoria de la conversió electromecànica. En aquest mòdul s'estudiaran els conceptes bàsics de la conversió electromecànica per tal d'obtenir els models de les màquines que s'estudiaran en els mòduls següents.

Continguts:

4.1 Presentació d'un sistema electromecànic
4.2 Formulació de forces, parells i desplaçaments en sistemes electromecànics amb un sol accés elèctric
4.3 Formulació de forces, parells i desplaçaments en sistemes electromecànics amb un múltiples accessos elèctrics

Activitats vinculades:
Activitat 1
Activitat 2
Activitat 3
Activitat 4

Dedicació: 18h
Grup gran/Teoria: 4h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 12h

Mòdul 5. Modelat i control de la màquina asíncrona

Descripció:
El motor asíncron, degut a la seva senzillesa constructiva, és el motor més estès a la industria. Però aquesta senzillesa contrasta amb la dificultat de regulació i control de la màquina si es compara amb les prestacions dels motors de corrent continu clàssics. En aquest mòdul s'estudiarà el modelat del motor de inducció i els seus mètodes de control més comuns.

Continguts:

5.1 Equacions del motor de inducció
5.2 Transformades matricials del model del motor de inducció,
5.3 El control vectorial
5.4 El control directe de parell

Activitats vinculades:
Activitat 1
Activitat 2
Activitat 3
Activitat 5

Dedicació: 33h
Grup gran/Teoria: 9h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 20h

Mòdul 6. Modelat i control de les màquines d'execució especial

Descripció:
Durant les darreres dècades, tot un conjunt de màquines elèctriques anomenades d'execució especial han guanyat popularitat. Aquestes màquines conformen la unió d'un sistema electromecànic amb un accionament estàtic. En aquest mòdul s'estudiarà el funcionament i modelat dels diferents tipus de màquines d'execució especial així com la seva regulació i control.

Continguts:

6.1 Motors síncrons de imants permanents
6.2 Motors de corrent continu sense escombretes
6.3 Motors de reluctància commutada
6.4 Motors pas a pas

Activitats vinculades:
Activitat 1
Activitat 2
Activitat 3
Activitat 5

Dedicació: 32h
Grup gran/Teoria: 8h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 20h

ACTIVITATS

ACTIIVITAT 1. CLASSES DE TEORIA

Descripció:
En aquesta activitat es faran classes presencials on s'impartirà la teoria de l'assignatura.
En algunes de les sessions es duran a terme exercicis presencials a classe, de forma individual o en grups reduïts.

Objectius específics:
Transferir els coneixements necessaris per a una correcta interpretació dels continguts desenvolupats a les sessions de grups grans, resolució de dubtes en relació al temari de l'assignatura i desenvolupament de les competències específiques.
Desenvolupament de la competències generals CG3 Capacitat d'expressió en anglès; i CG7 Capacitat de promoure l'aprenentatge autònom.

Material:
Apunts de l'assignatura.
Bibliografia general de l'assignatura.

Dedicació: 50h
Grup gran/Teoria: 28h
Aprenentatge autònom: 22h

ACTIVITAT 2. PRÀCTIQUES DE LABORATORI

Descripció:
A partir d'unes especificacions l'estudiant haurà d'aplicar els coneixements de control de les màquines elèctriques per tal de realitzar el control de moviment adequat.
Es formaran grups d'estudiants els quals treballaran amb la plataforma de control de màquines del laboratori d'accionaments de màquines elèctriques. Cada plataforma consta d'unes bancades amb motors de corrent continu; motors de inducció i especials (Brushless, PMSM; etc..); un pont trifàsic de transistors per l'accionament elèctric; sensors de mesura de tensió, corrent i velocitat; i el sistema de desenvolupament ràpid per ordinador.

Els grups s'organitzaran com equips de treball. A cada equip de treball hi haurà un cap d'equip. Aquest cap serà l'encarregat de la planificació i organització de les tasques associades amb les pràctiques. El cap d'equip serà el responsable de la comunicació de la progressió dels treballs amb el professor.

Es realitzaran un total de 5 pràctiques:

Pràctica 1. Introducció a la plataforma de pràctiques del laboratori i normes de seguretat.
GP: 2 h
Autònom: 2 h

Pràctica 2. Control de parell i posició d'un motor de corrent continua.
GP: 4 h
Autònom: 4 h

Pràctica 3. Simulació amb elements finits de sistemes electromecànics.
GP: 2 h
Autònom: 2 h

Pràctica 4. Control vectorial del motor de inducció.
GP: 4 h
Autònom: 4 h

Pràctica 5. Control del motor Brushless/PMSM.
GP: 4 h
Autònom: 4 h

Objectius específics:
Desenvolupar les competències específiques següents:

CE2. Capacitat d'aplicar les tècniques de control i regulació de les màquines elèctriques per el control de moviment.
CE3. Capacitat de determinar i dissenyar l'accionament elèctric més eficient per les diverses aplicacions del control de moviment.

Desenvolupar les competències genèriques següents:

CG1: Capacitat de liderar l'emprenedoria i la innovació.
CG5: Capacitat de promoure el treball en equip.

Material:
Documentació de les pràctiques.
Equips del laboratori d'accionaments de màquines elèctriques.
Manuals dels equips del laboratori.

Lliurament:
A final de curs es lliurarà un document amb el recull de les pràctiques realitzades. Es lliurarà un únic document per grup. Aquest document s'haurà confeccionat progressivament durant tot el curs. Es farà un seguiment periòdic de l'evolució dels treballs de les pràctiques.

Dedicació: 28h
Grup petit/Laboratori: 14h
Aprenentatge autònom: 14h

ACTIVITAT 3. AUTOAVALUACIÓ

Descripció:
Es lliuraran llistats d'exercicis ordenats d'acord amb les unitats didàctiques de la teoria i amb les respectives solucions numèriques per tal que l'estudiant treballi de forma autònoma i pugui validar els seus resultats.
Els dubtes que sorgeixin es podran discutir amb el professorat durant un període de temps establert en el llistat, amb l'objectiu de marcar el ritme de treball de l'estudiant adequant-lo al desenvolupament temporal de l'assignatura.

A cada exercici l'estudiant haurà de indicar la seva dedicació temporal i el grau d'aprenentatge assolit. Es lliuraran rúbriques per l'autoavaluació de cada exercici.

El lliurament del dossier d'autoavaluació amb la seva resolució tindrà un pes del 10 % de la nota de l'assignatura.

Objectius específics:
L'objectiu d'aquest sistema autoavaluatiu és motivar a l'estudiant a "portar al dia" l'assignatura com a sistema per consolidar coneixements i assumir els conceptes de forma clara i sòlida que li permetin adquirir un nivell satisfactori. L'estudiant ha de ser capaç d'analitzar la situació plantejada a l'enunciat, estructurar la informació
disponible per formular el problema i resoldre'l a partir dels coneixements adquirits.

Aquesta activitat ajudarà a desenvolupar la seva capacitat realacionades amb les competències específiques:

CE1: Capacitat per modelar qualsevol tipus de màquina elèctrica i simular els seu comportament electromecànic.
CE2. Capacitat d'aplicar les tècniques de control i regulació de les màquines elèctriques per el control de moviment.
CE3. Capacitat de determinar i dissenyar l'accionament elèctric més eficient per les diverses aplicacions del control de moviment.

Material:
Dossier d'exercicis d'autoavaluació de l'assignatura.

Lliurament:
Al finalitzar cada tema es lliuraran els exercicis d'autoavaluació d'acord amb la programació de l'assignatura.

Dedicació: 32h
Aprenentatge autònom: 32h

ACTIVITAT 4. PROVA 1

Descripció:
Prova corresponent als continguts de la primera meitat del curs.
El pes d'avaluació d'aquesta prova és del 30 % de la nota de l'assignatura.

Objectius específics:
La prova ha de demostrar que l'estudiant ha adquirit i assimilat els conceptes del control i regulació de màquines elèctriques dels primers mòduls i és capaç d'utilitzar-los satisfactòriament.

Material:
Enunciat de la prova.

Lliurament:
El document de la prova amb les seves respostes.

Dedicació: 5h
Grup gran/Teoria: 1h
Aprenentatge autònom: 4h

ACTIVITAT 5. PROVA 2

Descripció:
Prova corresponent als continguts de la segona meitat del curs.
El pes d'avaluació d'aquesta prova és del 30 % de la nota de l'assignatura.

Objectius específics:
La prova ha de demostrar que l'estudiant ha adquirit i assimilat els conceptes del control i regulació de màquines elèctriques dels darrers mòduls i és capaç d'utilitzar-los satisfactòriament.

Material:
Enunciat de la prova.

Lliurament:
El document de la prova amb les seves respostes.

Dedicació: 10h
Grup gran/Teoria: 2h
Aprenentatge autònom: 8h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

Nota de l'assignatura (100 %):

35 % Nota de la Prova 1 (Activitat 4)
35 % Nota de la Prova 2 (Activitat 5)
10 % Nota dels exercicis d'autoavalauació (Activitat 3)
20 % Nota de pràctiques (Activitat 2)

L'assistència a pràctiques és obligatòria per avaluar l'Activitat 2. La nota de pràctiques s'obtindrà de l'activitat realitzada a les sessions de pràctiques, els informes i, si s'escau, d'una prova oral o escrita.

Els resultats poc satisfactoris de la Prova 1 (Activitat 4) es podran reconduir mitjançant una prova escrita a realitzar-se dia fixat per l'examen final on es realitza la Prova 2 (Activitat 5). Aquesta prova hi poden accedir tots els estudiants amb una nota inferior a 5 de l'acte d'avaluació. La qualificació substitueix amb una qualificació màxima de 5 a la nota anterior sempre i quan aquesta sigui superior a 5 punts.

Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l'examen de reavaluació, la qualificació de l'examen de reavaluació substituirà les notes de tots els actes d'avaluació que siguin proves escrites presencials (controls, exàmens parcials i finals) i es mantindran les qualificacions de pràctiques, treballs, projectes i presentacions obtingudes durant el curs.
Si la nota final després de la reavaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior. Si la nota final després de la reavaluació és superior o igual a 5.0, la nota final de l'assignatura serà aprovat 5.0.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Cada prova constarà de dues parts.
La primera part de teoria amb preguntes curtes i/o test. En aquesta part no es podrà portar cap tipus de formulari ni apunts.
La segona part constarà de la resolució de problemes. En aquesta part es podrà portar un formulari amb extensió màxima de 1 FULL.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Fraile Mora, J. Máquinas eléctricas. 8a ed. Madrid: Ibergarceta, 2016. ISBN 9788416228669.
- Bose, Bimal K. Power electronics and motor drives: advances and trends [en línia]. Oxford: Academic, 2006 [Consulta: 07/10/2022]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=270068. ISBN 9780120884056.
- Krause, Paul C. [et al.]. Analysis of electric machinery and drive systems. 3rd ed. New York: IEEE, 2013. ISBN 9781118024294.
- Mohan, N. Electric drives: an integrative approach. Minneapolis: MNPERE, 2003. ISBN 0-9663530-1-3.

Complementària:
- Ong, Chee-Mun. Dynamic simulation of electric machinery: using MATLAB/SIMULINK. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. ISBN 0137237855.
- Krishnan, Ramu. Permanent magnet synchronous and brushless DC motor drives [en línia]. Boca Raton: CRC Press, 2009 [Consulta: 14/07/2025]. Disponible a: https://doi-org.recursos.biblioteca.upc.edu/10.1201/9781420014235. ISBN 9780824753849.

RECURSOS

Altres recursos:
Apunts i material disponible al Campus digital.