



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

CARACTERÍSTIQUES GENERALS*

Tipus: Formació bàsica, Obligatòria, Optativa

Treball de fi de grau, Pràctiques externes

Durada: Quadrimestral

Semestre/s: 3

Número de crèdits ECTS: 4

Idioma/es: Català, Castellà, Anglès

DESCRIPCIÓ

BREU DESCRIPCIÓ I JUSTIFICACIÓ (del sentit de l'assignatura en relació amb els estudis. Entre 100 i 200 paraules.)

La present assignatura es divideix en dos blocs. El primer d'ells està enfocat a l'estudi dels dispositius semiconductors de potència (díodes, tiristors, IGBTs, etc.), que són els elements de què estan constituïts els convertidors de potència (rectificadors, inversors, etc.), l'estructura i el funcionament dels quals s'estudia en segon lloc. En el segon bloc es tracten els temes relacionats amb el control de les màquines elèctriques convencionals (màquina de corrent continu, màquina d'inducció i màquina síncrona). Al finalitzar cada tema, s'analitza el comportament de cada màquina mitjançant simulació informàtica. Per últim, s'estudia el control d'un inversor trifàsic connectat a la xarxa elèctrica. Els inversors han anat cobrant una notable importància durant els darrers anys degut a la penetració de les energies renovables a la xarxa elèctrica, així com al desenvolupament de les denominades xarxes intel·ligents o *smart grids*.

COMPETÈNCIES (de l'assignatura posades en relació amb les competències preassignades en la matèria.)

Competències bàsiques:

1. Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat d'ésser originals en el desenvolupament i/o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca [CB6].
2. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seva àrea d'estudi [CB7].
3. Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, essent incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis [CB8].
4. Tenir coneixements adequats dels aspectes científics i tecnològics de: mètodes matemàtics, analítics i numèrics a l'enginyeria, enginyeria elèctrica, enginyeria energètica, enginyeria química, enginyeria mecànica, mecànica de medis continus,

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

electrònica industrial, automàtica, fabricació, materials, mètodes quantitatius de gestió, informàtica industrial, urbanisme, infraestructures, etc. [CG1].

5. Coneixement, comprensió i capacitat per a aplicar la legislació necessària a l'exercici de la professió d'Enginyer Industrial [CG7].

Competències transversals:

1. Capacitat d'utilitzar l'anglès com a idioma de treball [T2].

Competències específiques:

1. Coneixement i capacitat per a l'anàlisi i disseny de sistemes de generació, transport i distribució d'energia elèctrica [E1].
2. Capacitat per a dissenyar sistemes electrònics i d'instrumentació industrial [E7].
3. Capacitat per a dissenyar i projectar sistemes de producció automatitzats i control avançat de processos [E8].
4. Coneixement i capacitats per a projectar i dissenyar instal·lacions elèctriques i de fluids, il·luminació, climatització i ventilació, estalvi i eficiència energètica, acústica, comunicacions, domòtica i edificis intel·ligents i instal·lacions de seguretat [E20].

REQUISITS PREVIS* (mòduls, matèries, assignatures o coneixements per al seguiment de l'assignatura. Poden fer-se constar assignatures que han d'haver-se cursat.)

Teoria de circuits. Electrònica. Màquines elèctriques.

CONTINGUTS (com a relació dels apartats que constitueixen el temari de la mateixa, fins a un detall de segon nivell.)

Part 1. Electrònica de potència

Tema 1. Dispositius semiconductors de potència

1. Introducció
2. Díodes
3. Tiristors
4. GTOs
5. BJTs
6. MOSFETs
7. IGBTs
8. MCTs

Tema 2. Convertidors electrònics de potència

1. Introducció
2. Rectificadors (CA a CC)
3. Rectificadors controlats

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

4. Inversors (CC a CA)
5. Trossejadors o *choppers* (CC a CC)
6. Cicloconvertidors (CA a CA)

Part 2. Control de màquines i accionaments elèctrics

Tema 3. Introducció als accionaments elèctrics

Tema 4. Control de la màquina de corrent continu

1. Model de la màquina de corrent continu
2. Control de velocitat amb rectificadors controlats
3. Control de velocitat amb *choppers*
4. Control a llaç tancat
5. Aplicació: control de velocitat en Simulink

Tema 5. Control de la màquina d'inducció

1. Model de la màquina d'inducció
2. Control de la tensió de l'estator
3. Control tensió-freqüència (control escalar)
4. Resistència addicional en el rotor
5. Màquina d'inducció doblement alimentada
6. Control vectorial
7. Aplicació: control de velocitat en Simulink

Tema 6. Control de la màquina síncrona

1. Model de la màquina síncrona
2. Regulació de velocitat a llaç obert
3. Regulació de velocitat a llaç tancat
4. Aplicació: control de velocitat en Simulink

Tema 7. Control de l'inversor trifàsic

1. Model en components abc
2. Transformació de *Park*
3. Model en components dq
4. Control de corrent
5. Control de tensió
6. Sintonització dels controladors PI
7. PWM sinusoïdal
8. Referències de corrent i límits
9. Esquema complet del control

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

METODOLOGIA

ACTIVITATS FORMATIVES* (Completar la taula relacionant activitats, càrrega de treball, en crèdits ECTS, i competències.)

Activitats formatives	Crèdits ECTS	Competències
Sessions d'exposició de conceptes	1,5	CB6, CG1, CG7, T2, E1, E20
Sessions de resolució de exercicis, problemes i casos	0,5	CB7, CB8, E7, E8
Seminaris	-	-
Activitats obligatòries despatx professor	-	-
Treball pràctic/laboratori	0,5	CB6, CB7, CB8, T2, E7, E8, E20
Presentacions	0,2	CB7, CB8, CG1, T2, E7, E8
Activitats d'estudi personal per part dels estudiants	0,8	CB7, CB8, CG7, T2, E7, E8
Activitats d'avaluació (exàmens, controls de seguiment...)	0,5	CB6, CB7, CB8, CG1, CG7, E1, E7, E8, E20
TOTAL	4,0	

EXPLICACIÓ DE LA METODOLOGIA DIDÀCTICA (justificant els mètodes didàctics utilitzats en relació a les competències i els continguts de l'assignatura. Entre 100 i 200 paraules.)

L'assignatura s'imparteix realitzant classes teòriques, en les quals el professor explica els conceptes bàsics de cada tema i intercala classes de problemes, en les quals els alumnes han d'afermar els coneixements i mètodes impartits en les classes teòriques. Es recomana que l'alumne assisteixi a classe havent realitzat una primera lectura del material docent utilitzat pel professor, el qual es trobarà disponible al Campus Virtual. Les sessions de teoria i de problemes es complementen amb sessions pràctiques, en les quals l'alumne realitzarà simulacions per ordinador i/o assajos al laboratori. Finalitzades les sessions de laboratori, l'alumne haurà d'entregar un informe amb els resultats obtinguts i la seva discussió. Per últim, l'assignatura també contempla la realització d'un treball en grup, la temàtica del qual així com la data de lliurament seran definides a classe per part del professor. Val a dir que la participació a classe serà valorada positivament.

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

AVALUACIÓ

MÈTODES D'AVAUACIÓ* (Completar la taula relacionant mètodes d'avaluació, competències i pes en la qualificació de l'assignatura.)

Mètodes d'avaluació	Pes	Competències
Examen final	50%	CB7, CB8, CG1, E1, E7, E8, E20
Examen/s parcial/s	-	-
Activitats de seguiment	15%	CB7, CB8, CG1, CG7, E1
Treballs i presentacions	15%	CB6, CB7, CB8, CG1, T2, E7, E8
Treball experimental o de camp	15%	CB6, CB7, CB8, E7, E8, E20
Projectes	-	-
Valoració de l'empresa o institució	-	-
Participació	5%	CB8

RESULTATS D'APRENTATGE (Explicació de les realitzacions de l'alumne que permeten l'avaluació de competències, relacionant-les amb les competències i els mètodes d'avaluació.)

L'estudiant ha de demostrar que:

- Està familiaritzat amb els dispositius semiconductors electrònics de potència [CB6, CB7, CB8, CG1, CG7, T2, E7].
- Coneix el funcionament dels dispositius utilitzats per a la rectificació controlada (monofàsica i trifàsica), conversió CA-CC, conversió CC-CA, conversió CC-CC i conversió CA-CA [CB6, CB7, CB8, CG1, CG7, T2, E1, E7, E8].
- Coneix les estratègies de control/accionament avançat de motors per mitjà d'Intel·ligència Artificial i estimació de velocitat del motor per mitjà de Xarxes Neuronals [CB6, CB7, CB8, CG1, CG7, T2, E1, E7, E8, E20].

QUALIFICACIÓ (Explicació del sistema de còmput de la qualificació de l'assignatura.)

La nota de l'assignatura (NF) s'obté per mitjà de les qualificacions de l'examen final (EF) i de l'avaluació continuada (AC). L'avaluació continuada (AC), per la seva banda, consta de les qualificacions dels treballs de seguiment (TS), del treball final (TF), dels treballs de laboratori (TL) i de la participació de l'estudiant (PE). Els pesos de cadascuna d'aquestes parts a la nota final són:

$$NF = 0,5 EF + 0,5 AC$$

$$AC = 0,15 TS + 0,15 TF + 0,15 TL + 0,05 PE$$

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

No obstant, per a aprovar l'assignatura s'haurà d'obtenir una nota mínima tant a l'avaluació continuada (AC) com a l'examen final (EF). En ambdues parts s'haurà d'obtenir una nota igual o superior a 4 sobre 10. Per últim, a partir de la tercera convocatòria (inclusive), no es tindrà en compte la nota de l'avaluació continuada, pel que la qualificació final de l'assignatura serà igual a la nota obtinguda a l'examen final de la corresponent convocatòria.

AVALUACIÓ DE LES COMPETÈNCIES (Definir expressions de càlcul per a cada competència en funció de les activitats d'avaluació corresponents.)

- Per a l'avaluació de la competència CB6, es farà servir com a indicador les notes del treball final i del treball de laboratori.
- Per a l'avaluació de la competència CB7, es farà servir com a indicador les notes de l'examen final, dels treballs de seguiment, del treball final i del laboratori.
- Per a l'avaluació de la competència CB8, es farà servir com a indicador les notes de l'examen final, dels treballs de seguiment, del treball final, del laboratori i de la participació de l'alumne.
- Per a l'avaluació de la competència CG1, es farà servir com a indicador les notes de l'examen final, dels treballs de seguiment i del treball final.
- Per a l'avaluació de la competència CG7, es farà servir com a indicador la nota dels treballs de seguiment.
- Per a l'avaluació de la competència T2, es farà servir com a indicador la nota del treball final.
- Per a l'avaluació de la competència E7, es farà servir com a indicador les notes de l'examen final, del treball final i del laboratori.
- Per a l'avaluació de la competència E8, es farà servir com a indicador les notes de l'examen final, del treball final i del laboratori.
- Per a l'avaluació de la competència E20, es farà servir com a indicador les notes de l'examen final i del laboratori.

BIBLIOGRAFIA (recomanada i accessible a l'alumne.)

Bàsica:

- MOHAN, N.; UNDELAND, T. M. i ROBBINS, W. P.: "Power electronics: converters, applications and design". 3^a Ed. Nova York: John Willey & Sons, 2003.
- LEONHARD, Werner: "Control of electrical drives". 3^a Ed. Berlín: Springer, 2001.
- KRAUSE, Paul C.: "Analysis of electric machinery and drive systems". 3^a Ed. Nova York: IEEE Wiley-Interscience, 2013.
- FRAILE, Jesús: "Máquinas eléctricas". 6^a Ed. Madrid: McGraw-Hill, 2008.
- BARRADO, Andrés i LÁZARO, Antonio: "Problemas de electrónica de potencia". Madrid: Pearson-Prentice Hall, 2007.

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).



PERSONA CIÈNCIA EMPRESA
UNIVERSITAT RAMON LLULL

ASSIGNATURA: CONTROL DE MÀQUINES I ACCIONAMENTS ELÈCTRICS

MATÈRIA: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

MÒDUL: M4 (Especialització)

ESTUDIS: Màster en Enginyeria Industrial

Complementària:

- BOSE, Bimal K.: "Modern power electronics and AC drives". Nova Jersey: Prentice-Hall, 2002.
- NOVOTNY, D. W. i LIPO, T. A.: "Vector control and dynamics of AC drives". Nova York: Oxford University Press, 1996.
- BOLDEA, Ion i NASAR, Syed A.: "Vector control of AC drives". Florida: CRC Press, Taylor & Francis Group, 1992.
- VAS, Peter: "Vector control of AC machines". Nova York: Oxford University Press, 1990.
- VAS, Peter: "Electrical machines and drives: a space-vector theory approach". Nova York: Oxford University Press, 1992.
- KAZMIERKOWSKI, Marian P.; KRISHNAN, R. i BLAABJERG, Frede: "Control in power electronics: selected problems". California: Academic Press (Elsevier): 2002.
- OGATA, Katsuhiko: "Ingeniería de control moderna". 5ª Ed. Madrid: Pearson Educación, 2010.

HISTÒRIC DEL DOCUMENT

MODIFICACIONS ANTERIORS (Indicar data i autor/s, les més recents primer.)

19 de juny de 2017, Prof. Dr. Alejandro Rolán.

27 de juliol de 2016, Prof. Dr. Alejandro Rolán.

2 d'octubre de 2015, Prof. Dr. Alejandro Rolán.

ÚLTIMA REVISIÓ (Indicar data i autor/s.)

18 de juny de 2018, Prof. Dr. Alejandro Rolán.

* Aquestes característiques no han d'ésser modificades sense l'aprovació dels òrgans responsables de les estructures acadèmiques de nivell superior (matèria, mòdul i/o pla d'estudis).