Guia docent
820321 - CSEEN - Control de Sistemes Energètics

Última modificació: 04/06/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Unitat que imparteix: 707 - ESAII - Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial.
710 - EEL - Departament d'Enginyeria Electrònica.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: ARIEL MEDERO BORRELL - SERGIO GIRALDO MUÑOZ - ROBERT PIQUÉ LOPEZ - ABEL TORRES CEBRIAN

Altres:

Primer quadrimestre:
ROBERT PIQUÉ LOPEZ - Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14
FRANCESC XAVIER ROSET JUAN - Grup: T11, Grup: T12
ABEL TORRES CEBRIAN - Grup: T11, Grup: T12, Grup: T13, Grup: T14

Segon quadrimestre:
SERGIO GIRALDO MUÑOZ - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M16
ARIEL MEDERO BORRELL - Grup: M11, Grup: M12, Grup: M13, Grup: M14, Grup: M16

CAPACITATS PRÈVIES

Sistemes Electrònics, Sistemes Elèctrics, Sistemes Mecànics, Càlcul Numèric i Equacions Diferencials, Control Industrial i Automatització, Introducció a la Conversió Estàtica d'Energia Eléctrica.

REQUISITS

CONTROL INDUSTRIAL I AUTOMATITZACIÓ - Prerequisit
SISTEMES ELECTRÒNICS - Prerequisit

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
CEENE-17. Realitzar mètodes d'assaig, interpretació de corbes característiques i mètodes de regulació.

CEENE-02. Realitzar projectes energètics en la indústria.

CEENE-43. Conèixer els criteris de selecció de components del sistema de control.

CEENE-44. Coneixement dels sistemes SCADA.

Transversals:
1. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.

METODOLOGIES DOCENTS

L'assignatura, de 6 ECTS, utilitza l'aprenentatge presencial a l'aula i al laboratori (40% del temps total de l'assignatura) i fora de l'aula i laboratori l'aprenentatge autònom guiat, individual o en grup (60% del temps total).

A l'aula la metodologia expositiva s'utilitza durant un 60% del temps, i el treball individual o per parells d'iguals en un 40%. Les pràctiques estan basades en el treball de grups petits col·laboratius.

Fora de l'aula/laboratori s'utilitza una aproximació metodológica a l'aprenentatge basat en projectes (PBL).

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Al finalitzar l'assignatura l'estudiant serà capaç de:

1. Adquirir competències bàsiques en l'anàlisi i disseny de sistemes de control automàtic.
2. Aprendre a identificar els diferents bloques que formen part d'un sistema de control, a determinar la seva estructura, i la seva regulació.
3. Conèixer la tecnologia electrònica actual per a implementar els sistemes d'adquisició de dades i control dintre de l'àmbit de l'Enginyeria Industrial, especialment de l'energia i elèctrica.
4. Conèixer i explicar el concepte de sistema energètic concretant al cas d'energia elèctrica.
5. Descriure el sistema microxarxa intel·ligent i les seves possibles aplicacions.
6. Conéixer les diverses aproximacions a la modelització dels sistemes energètics.
7. Comprendre les possibilitats del control de sistemes energètics i el planteig bàsic d'un sistema de gestió d'energia elèctrica.
8. Treballar en equip.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00
Hores grup gran	45,0	30.00
Hores grup petit	15,0	10.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

1. Introducció als sistemes de control .

Descripció:
Definició de diferents tipus de sistemes. Classificació dels sistemes. Definició de sistemes dinámics. Sistemes en anell obert i anell tancat. Propietats dels sistemes.

Objectius específics:
- Aplicar el concepte generalitzador de sistema dinàmic a un sistema físic real.
- Establir les hipòtesis necessàries per a caracteritzar el sistema de forma simplificada.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples de sistemes.

Dedicació: 4h
Grup gran/Teoria: 2h
Aprenentatge autònom: 2h

2. Models matemàtics de sistemes.

Descripció:
Linealització dels sistemes físics. Funció de transferència de sistemes lineals. Modelització de sistemes energètics, mecànics, elèctrics, hidràulics, tèrmics. Simulació de sistemes.

Objectius específics:
- Aplicar les lleis físiques per a obtenir un model matemàtic d'un sistema.
- Expressar aquest model en la forma de funció de transferència o de espai d'estat.
- Convertir el model d'un sistema donat com una funció de transferència a un model de variable d'estat, i viceversa.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples de models matemàtics dels sistemes físics.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Dedicació: 12h 30m
Grup gran/Teoria: 3h
Grup petit/Laboratori: 1h 30m
Aprenentatge autònom: 8h

3. Anàlisi temporal de sistemes lineals.

Descripció:
Anàlisis temporal de sistemes lineals. Obtenció de respostes dels sistemes de primer i segon ordre. Error en estat estacionari i tipus de sistema de control. Sistemes amb mes d'una entrada: pertorbacions. Estabilitat: criteri d'estabilitat de Routh

Objectius específics:
- Analitzar d'una forma sistemàtica la resposta de sistemes de primer i segon ordre.
- Classificar les respostes d'aquests sistemes en funció d'especificacions prèviament definides.
- Analitzar la resposta transitòria.
- Calcular l'error en estat estacionari en un sistema de control.
- Resoldre l'equació d'estat d'un sistema dinàmic.
- Definir índexs d'error per a poder expressar de forma quantitativa les prestacions d'un sistema.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples dels presentats.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Dedicació: 21h
Grup gran/Teoria: 7h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 12h

4. Anàlisi freqüencial de sistemes lineals.

Descripció:
Anàlisi freqüencial de sistemes lineals. Representació de la resposta freqüencial. Diagrames de Bode. Estabilitat: criteri d?estabilitat de Nyquist. Marge de guany i fase.

Objectius específics:
- Utilitzar els mètodes de resposta freqüencial per a poder aplicar el criteri general de estabilitat: diagrames de Bode i diagrames polars
Comprendre el significat i determinar especificacions en el domini de la freqüència: freqüència de ressonància, ample de banda. Marges de guany i de fase.
Determinar la estabilitat de sistemes amb retards purs.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Dedicació: 20h 30m
Grup gran/Teoria: 6h 30m
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 12h

5. Disseny de Reguladors.

Descripció:
Compensació. Accions bàsiques de control tipus P, I, PI, PD, PID. Reguladors no lineals. Tècnica de compensació per avançament / retard de fase. Discretització de controladors

Objectius específics:
- Definir les accions bàsiques de control, P, I i D, així com les accions de control combinades.
- Identificar quines són les accions de control més apropiades per a un tipus de procés en particular.
- Saber sintonitzar un regulador PID per a un procés donat, per mètodes empírics i analítics.
- Aplicar les tècniques de compensació mitjançant mètodes freqüencials per avenç i retard de fase. Conèixer les avantatges, inconvenients i limitacions d'aquests mètodes de compensació.
- Disseny de controladors digitals: blocs bàsics en els sistemes discrets, discretització de controladors continus

Activitats vinculades:
Sessions presenicals, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Dedicació: 17h
Grup gran/Teoria: 5h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 10h

6. Sistemes energètics.

Descripció:
Definició de "Sistema energètic". El sistema energètic com enllaç i adequació entre generació i consum. Importància de l'energia elèctrica. Generació distribuïda. Concepte de microxarxa. Escalabilitat. Capes o nivells dels sistemes energètics. Contextualització dels sistemes energètics: marc físic i marc conceptual o lògic. Parts operativa i de control dels elements i subsistemes d'un sistema energètic. Sistemes de Gestió d'Energia. Concepte de diagrama d'estats.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.
Treball en equip.

Dedicació: 4h
Grup gran/Teoria: 2h
Aprenentatge autònom: 2h

7. Microxarxes.

Descripció:
Energia. Les transicións de la Unió Europea (H2040). La cadena d'energia elèctrica. El perquè dels Sistemes energètics descentralitzats. Generació, distribució, processament i alimentació. Concepte de microxarxa. Aproximació estructural. Aproximació funcional. Blocs de les microxarxes. Fluxos de potència (energia). Sistema de Gestió d'Energia.

Exemple: Microxarxa híbrida MEDSOLAR.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.
Treball en equip.

Dedicació: 9h
Grup gran/Teoria: 4h
Aprenentatge autònom: 5h

8. Modelització de sistemes energètics per components i blocs.

Descripció:
Visió horitzontal: Modelització causal i acausal. Grafs informacionals de causalitat (GIC). Control per inversió. Representació energètica macroscòpica (REM). Estructura maximal de control. Modelització i simulació multifísica acausal orientada a objectes. Modelica. (Annex) Altres mètodes: Bond graph, Power-oriented graphs, Energetic puzzles.

Visió vertical: Representació Energètica Macroscòpia (REM) i Control Basat en Inversió (CBI). Exemples d'aplicació.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.
Treball en equip.

Dedicació: 25h
Grup gran/Teoria: 11h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 10h

9. Modelització de sistemes energètics y el seu control per esdeveniments. Xarxes de Petri.

Descripció:
Xarxes de Petri discretes i marcades de transicions instantànies. Definició formal. Places, arcs i transicions. Propietats. Tipus. Equació d'estat. Xarxes de Petri temporitzades. Arcs d'inhibició. Xarxes de Petri contínues. Xarxes de Petri híbrides. Xarxes jeràrquiques. Xarxes interconnectades. Extensions de les xarxes de Petri. Programaris per treballar amb xarxes de Petri.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.
Treball en equip.

Dedicació: 5h
Grup gran/Teoria: 1h 30m
Grup petit/Laboratori: 0h 30m
Aprenentatge autònom: 3h

10. Control de sistemes energètics basats en microxarxa.

Descripció:
Microxarxes i Sistemes de Gestió d'Energia (EMS, Energy Management System). Visió estructural i Funcional. Capes o nivells físics i lògics. Introducció al disseny sistemàtic de Sistemes de Gestió d'Energia.

Microxarxes de corrent altern. Estructures. Sistema de Gestió de la Microxarxa (MGMS, Micro-Grid Management System). Control jeràrquic.

Microxarxes de corrent continu. Estructures. Microxarxes incrustades. Control en temps real de microxarxes de CC.

Exemples d'estudi. Propostes de solució. Discussió sobre les mateixes.

Activitats vinculades:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.
Treball en equip.
Xerrada sobre el TFG d'un exestudiant

Dedicació: 9h
Grup gran/Teoria: 2h 30m
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 3h 30m

Projecte en grup

Descripció:
Treball específic en grups reduïts, emmarcat en el context de Control de Sistemes Energètics.

Dedicació: 23h
Grup petit/Laboratori: 21h
Activitats dirigides: 2h

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**.

L'avaluació es portarà a terme mitjançant 6 proves programades de diferent naturalesa, que avaluaran el temari complet, incloent-hi la teoría (tres proves escrites), el treball en grups (apartat 11 del temari), i les practiques, tant de la primera part (Regulació) com de la segona (Sistemes Energètics):

Avaluació de la primera part: Una prova escrita, ET1, de pes 25%. Avaluació de les practiques de la primera part (EP1) amb un pes del 12,5%. Exercicis a lliurar (LE) amb un pes del 12,5%.

Avaluació de la segona part: Una prova escrita, ET2, de pes 20%; El Lliurament de Teoria, LT, de pes 17,5%, i l'avaluació de les practiques de la segona part, EP2, de pes 12,5%.

Les proves escrites ET (Examen de Teoria) es realitzen individualment, i les avalua directament el profesor.

L'avaluació del treball en grup es realitzarà directament per part del profesor. La seva qualificació es donarà pel 75% de la qualificació del treball escrit i el 25% de la qualificació de l'exposició a l'aula del treball realitzat. Si per alguna causa justificada no es poden realitzar les presentacions públiques, el 100% de la qualificació de l'LT serà l'obtinguda al treball escrit.

Les pràctiques s'avaluen d'acord amb els criteris de preparació, realització i, si escau, presentació d'un informe de practiques.

La realització de les pràctiques (treball al laboratori, realització d'informes i, si escau, preparacions prèvies de les pràctiques) és condició necessària per a superar l'assignatura. Si no es realitzen les pràctiques la qualificació de l'assignatura serà, com a màxim, de Suspens 3,5.

A part de les proves programades indicades anteriorment es poden realitzar, dins de l'horari de classe i sense avís previ, proves complementàries no programades, com aspectes d'avaluació formativa (teoria, exercicis), resolució de problemes, etc., les quals poden modular a l'alça les qualificacions d'aquestes proves programades inicialment.

Pel nombre de proves d'avaluació de l'assignatura, i els pesos de cadascuna, i d'acord amb la Normativa d'avaluació i permanència dels estudis de grau i màster de l'EEBE, aquesta assignatura es considera de marcada metodologia d'avaluació continuada i, per tant, no està subjecta a reavaluació.

No hi ha una darrera prova en el sentit clàssic d'examen final.

Si la qualificació obtinguda és igual o superior a 5,0 s'assoleix l'apte de l'assignatura. En cas contrari s'ha de tornar a cursar l'assignatura en la seva totalitat, a menys que la mateixa es pugui compensar.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Les accions irregulars que poden conduir a una variació significativa de la qualificació d'un o més estudiants constitueixen una realització fraudulenta d'un acte d'avaluació. Aquesta acció comporta la qualificació descriptiva de suspens i numèrica de 0 de l'acte d'avaluació i de l'assignatura, sense perjudici del procés disciplinari que es pugui derivar com a conseqüència dels actes realitzats. (Normativa Acadèmica dels Estudis de Grau i Màster de la UPC. Apartat 3.1.2.)

D'acord amb l'apartat 3.1.3 de la Normativa Acadèmica dels Estudis de Grau i Màster de la UPC, la realització de les pràctiques de laboratori és obligatòria per tal d'optar a l'apte de l'assignatura.

Per normativa, cal portar un identificador personal vàlid (DNI, passaport o carnet d'estudiant).

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna [en línia]. 5ª edición. Madrid [etc.]: Pearson Educación, S.A, 2010 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/11q3oqt/alma991001521449706711. ISBN 9788483229552.
- Otter, Martin. Modeling, simulation and control with Modelica 3.0 and Dymola 7 [en línia]. 2009 [Consulta: 20/05/2020]. Disponible a: https://manualzz.com/doc/6681346/modeling--simulation-and-control-with-modelica-3.0-and-dy.
- Dorf, Richard C.; Bishop, Robert H.. Sistemas de control moderno. 10a ed. Madrid [etc.]: Prentice Hall, cop, 2005. ISBN 8420544019.
- Phillips, Charles L.; Nagle, H. Troy. Sistemas de control digital : análisis y diseño. 2a ed. Barcelona [etc.]: Gustavo Gili, 1993. ISBN 8425213355.
- Alciatore, David G.; Histand, Michael B. Introducción a la mecatrónica y los sistemas de medición. 3a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2007. ISBN 9701063856.

Complementària:
- Kuo, Benjamin C. Sistemas automáticos de control. 9ª ed. México: Compañía Editorial Continental, 1991. ISBN 9682611393.
- Åström, Karl J.; Wittenmark, Björn. Sistemas controlados por computador. Madrid: Paraninfo, 1988. ISBN 8428315930.
- Kilian, Christopher T. Modern control technology : components and systems. Clifton Park: Delmar/Thomson Learning, 2006. ISBN 1401858066.
- Kals, Johannes. ISO 500001 : energy management systems. New York: Business Expert Press, 2015. ISBN 9781631570094.
- Rekioua, Djamila; Matagne, Ernest. Optimization of photovoltaic power systems : modelization, simulation and control [en línia]. London: Springer, 2012 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/19srfpi/cdi_springer_books_10_1007_978_1_4471_2403_0. ISBN 9781447123484.
- Strzelecki, Ryszard; Benysek, Grzegorz, editors. Power electronics in smart electrical energy networks [en línia]. London: Springer, 2008 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/19srfpi/cdi_askewsholts_vlebooks_9781848003187. ISBN 9781848003187.
- Keyhani, Ali; Narwali, Mohammad; Dai, Min. Integration of green and renewable energy in electric power systems. Hoboken, NJ: Wiley, 2010. ISBN 9780470187760.
- Mihet-Popa, Lucian (editor). Energy management of distributed generation systems. Rijeka: InTech, 2016. ISBN 9789535124733.