Course guide
820321 - CSEEN - Control of Energy Systems

Last modified: 20/01/2025

Unit in charge: Barcelona East School of Engineering
Teaching unit: 707 - ESAII - Department of Automatic Control.
710 - EEL - Department of Electronic Engineering.

Degree: BACHELOR'S DEGREE IN ENERGY ENGINEERING (Syllabus 2009). (Compulsory subject).

Academic year: 2024 **ECTS Credits:** 6.0 **Languages:** Catalan, Spanish

LECTURER

Coordinating lecturer: ABEL TORRES CEBRIAN - ROBERT PIQUÉ LOPEZ

Others: Piqué Lopez, Robert
Giraldo Muñoz, Sergio
Roset Juan, Francesc Xavier
Torres Cebrian, Abel
Lozano García, Manuel
Fernandez Varo, Jose Antonio

PRIOR SKILLS

Electronic Systems, Electrical Systems, Mechanical Systems, Numerical Analysis and Differential Equations, Industrial Control and Automation, Introduction to Power Static Converters.

REQUIREMENTS

CONTROL INDUSTRIAL I AUTOMATITZACIÓ - Prerequisit
SISTEMES ELECTRÒNICS - Prerequisit

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:
CEENE-17. Design testing and regulation methods and interpret characteristic curves.

CEENE-02. Carry out energy projects in industry.

CEENE-43. Understand the criteria for selecting the components of control systems.

CEENE-44. Knowledge of SCADA systems.

Transversal:
1. SELF-DIRECTED LEARNING - Level 3. Applying the knowledge gained in completing a task according to its relevance and importance. Deciding how to carry out a task, the amount of time to be devoted to it and the most suitable information sources.

TEACHING METHODOLOGY

The subject, of 6 ECTS, uses classroom and laboratory learning (40% of the total time of the course) and outside the classroom and laboratory autonomous guided learning, individual or group (60% of the total time) .

In the classroom the expository methodology is used for 60% of the time, and the individual or peer work of peers in a 40%. The practices are based on the work of small collaborative groups.

Outside the classroom / laboratory a methodological approach to project-based learning (PBL) is used.

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

l finalizar la asignatura el estudiante será capaz de:

1. Adquirir competencias básicas en el análisis y diseño de sistemas de control automático.
2. Aprender a identificar los diferentes bloques que forman parte de un sistema de control, determinar su estructura, y su regulación.
3. Conocer la tecnología electrónica actual para implementar los sistemas de adquisición de datos y control dentro del ámbito de la Ingeniería Industrial, especialmente de la energía y eléctrica.
4. Conocer y explicar el concepto de sistema energético concretando el caso de energía eléctrica.
5. Describir el sistema microrred inteligente y sus posibles aplicaciones.
6. Conocer las diversas aproximaciones a la modelización de los sistemas energéticos.
7. Comprender las posibilidades del control de sistemas energéticos y el planteamiento básico de un sistema de gestión de energía eléctrica.
8. Trabajar en equipo.

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours small group	15,0	10.00
Hours large group	45,0	30.00
Self study	90,0	60.00

Total learning time: 150 h

CONTENTS

1. Introduction to control systems

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

Related activities:
Sessions presencials, exemples de sistemes.

Full-or-part-time: 4h
Theory classes: 2h
Self study : 2h

2. Models matemàtics de sistemes.

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

Specific objectives:
- 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.

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

Full-or-part-time: 12h 30m
Theory classes: 3h
Laboratory classes: 1h 30m
Self study : 8h

3. Anàlisi temporal de sistemes lineals.

Description:
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

Specific objectives:
- 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.

Related activities:
Sessions presencials, exemples dels presentats.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Full-or-part-time: 21h
Theory classes: 7h
Laboratory classes: 2h
Self study : 12h

4. Anàlisi freqüencial de sistemes lineals.

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

Specific objectives:
- 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.

Related activities:
Sessions presencials, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Full-or-part-time: 20h 30m
Theory classes: 6h 30m
Laboratory classes: 2h
Self study : 12h

5. Disseny de Reguladors.

Description:
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

Specific objectives:
- 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

Related activities:
Sessions presenicals, exemples.
Resolució de problemes de forma presencial i no presencial.

Full-or-part-time: 17h
Theory classes: 5h
Laboratory classes: 2h
Self study : 10h

6. Energy systems.

Description:
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.

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

Full-or-part-time: 4h
Theory classes: 2h
Self study : 2h

7. Microgrids.

Description:
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.

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

Full-or-part-time: 9h
Theory classes: 4h
Self study : 5h

8. Energy systems modeling by components and blocks.

Description:
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.

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

Full-or-part-time: 25h
Theory classes: 11h
Laboratory classes: 4h
Self study : 10h

9. Energy systems modeling by Petri nets.

Description:
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.

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

Full-or-part-time: 5h
Theory classes: 1h 30m
Laboratory classes: 0h 30m
Self study : 3h

10. Control of Microgrid-based Energy Sytems.

Description:
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.

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

Full-or-part-time: 9h
Theory classes: 2h 30m
Laboratory classes: 3h
Self study : 3h 30m

Group project

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

Full-or-part-time: 23h
Laboratory classes: 21h
Guided activities: 2h

GRADING SYSTEM

The evaluation will be carried out through 6 scheduled tests, which will evaluate all subjects of the course, including theory (three written tests), group work (section 11 of the program) and practices of the first part (Regulation) and the second (Energy Systems):

Assessment of the first part: One written test, ET1, with weight of 25%. Evaluation of the practices (EP1) with a weight of 12,5%. Deliverable exercices (LE) with a weight of 12,5%.

Evaluation of the second part: A written test, ET2, with a weight of 20%; Project of collaborative work-group, LT, weight 17,50%, and evaluation of practices, EP2, weight 12,5%.

The written tests ET (Test of Theory) are done individually, and will be evaluated directly by the teacher.

The evaluation of the group work will be done directly by the teacher. It's qualification will be by 75% of the written work qualification and 25% of the qualification of the exhibition in the classroom of the project taht has ben done. If for any justified reason the presentations are not made, 100% of the LT qualification will correspond to the grade of the written work.

The practices are evaluated according to the criteria of preparation, realization and, as the case may be, presentation of an internship report.

Completion of the practices (work in the laboratory, reports and, preparations) is a necessary condition to pass the subject. If the practices are not carried out, the subject's grade will be, as a maximum, Fail 3.5.

In addition to the scheduled tests indicated above, complementary unscheduled tests can be carried out within class hours and without prior notice, such as aspects of formative evaluation (theory, exercises), problem solving, etc., which can modulate upwards. the grades of the initially scheduled tests.

Due to the number of assessment tests of the subject and their weights, and in accordance with the EEBE's regulations, this subject it is exempt from revaluation.

There isn't a last test in the classical sense of a final exam.

If the grade obtained is equal to or greater than 5.0, the subject is approved. Otherwise, the subject will be retaken in its entirety, unless it can be compensated.

EXAMINATION RULES.

Irregular actions that can lead to a significant variation of the qualification of one or more students constitute a fraudulent accomplishment of an evaluation act. This action entails the descriptive rating of suspense and numerical of 0 of the assessment act and of the subject, without prejudice to the disciplinary process that can be derived as a consequence of the acts carried out. (Academic Regulations for Bachelor and Master's Degrees at the UPC. Section 3.1.2.)

In accordance with section 3.1.3 of the Academic Regulations for Bachelor and Master's Degrees at the UPC, the completion of the laboratory practices is compulsory in order to qualify for the subject.

It's mandatory to have a valid ID (identity card, Passport or student card).

BIBLIOGRAPHY

Basic:
- Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna [on line]. 5ª edición. Madrid [etc.]: Pearson Educación, S.A, 2010 [Consultation: 26/07/2022]. Available on: https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/11q3oqt/alma991001521449706711. ISBN 9788483229552.
- Otter, Martin. Modeling, simulation and control with Modelica 3.0 and Dymola 7 [on line]. 2009 [Consultation: 20/05/2020]. Available on: 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.

Complementary:
- 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 [on line]. London: Springer, 2012 [Consultation: 26/07/2022]. Available on: 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 [on line]. London: Springer, 2008 [Consultation: 26/07/2022]. Available on: 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.

RESOURCES

Other resources: