



Course guide

240205 - 240EN33 - Dc Technology and Systems

Last modified: 16/05/2023

Unit in charge: Barcelona School of Industrial Engineering
Teaching unit: 709 - DEE - Department of Electrical Engineering.

Degree: MASTER'S DEGREE IN ENERGY ENGINEERING (Syllabus 2013). (Optional subject).
MASTER'S DEGREE IN ELECTRIC POWER SYSTEMS AND DRIVES (Syllabus 2021). (Optional subject).
MASTER'S DEGREE IN ENERGY ENGINEERING (Syllabus 2022). (Optional subject).

Academic year: 2023 **ECTS Credits:** 5.0 **Languages:** English

LECTURER

Coordinating lecturer: Prieto Araujo, Eduardo

Others: Gomis Bellmunt, Oriol
Prieto Araujo, Eduardo

PRIOR SKILLS

Electrical engineering, basic power electronics, basic control, basic matlab.

REQUIREMENTS

Electrical circuits analysis.

DEGREE COMPETENCES TO WHICH THE SUBJECT CONTRIBUTES

Specific:

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada apliació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconeixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CEEN1. (ENG) Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com "font d'energia" fins el seu us com "servei energètic". Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solicions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CEEN3. (ENG) Avaluuar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, us i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i de l'us racional de l'energia.

General:

CGEN01. (ENG) Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dintro de l'àmbit de la ingenieria de la energia.



Transversal:

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

Basic:

CB 9. (ENG) Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i coneixements (i darrers raonaments que els sostentin), a públics especialitzats i no especialitzats de manera clara i sense ambigüïtats.

TEACHING METHODOLOGY

The methodology of the course will be based on:

- Theoretical classes
- Problem development
- Modeling and simulation (Matlab Simulink)

LEARNING OBJECTIVES OF THE SUBJECT

- Learn the basic fundamentals of DC technology and systems for renewable energy systems
- Learn how to perform DC circuit calculations
- Study the key parts of DC networks
- Understand the differences between LCC and VSC technology
- Analyze the fundamentals of Modular Multilevel Converters
- Understand HVDC grid operation and control
- Analyze different protection systems
- Learn how to simulate DC power converters and power networks
- Study key applications (renewable energy integration, islands interconnection, etc.)
- Explore ongoing research topics in the field of HVDC (Offshore wind hubs, grid-forming operation, DC/DC converters, etc.)

STUDY LOAD

Type	Hours	Percentage
Hours large group	27,0	22.41
Self study	80,0	66.39
Hours small group	13,5	11.20

Total learning time: 120.5 h



CONTENTS

DC technology and systems

Description:

Introduction to the topic covering the following aspects:

- Course introduction
- DC technology and systems role in future renewable energy dominated power networks
- Main applications (offshore wind, high shares of renewable energy transfer, islands interconnection, etc.)
- DC fundamentals (circuits)
- Main system elements
- AC vs DC technology
- Key technology parts (converters, lines, cables).
- MVDC and LVDC systems (medium and high voltage)

Specific objectives:

Understanding the fundamentals of DC technology and systems in modern renewable energy dominated networks

Related activities:

-

Related competencies :

CEEN3. (ENG) Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, us i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacades en els àmbits de l'eficiència energètica i de l'ús racional de l'energia.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solicions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

Full-or-part-time: 7h

Laboratory classes: 2h

Self study : 5h



DC networks static calculations

Description:

This module will cover the following concepts:

- Static calculations AC vs DC
- Example of cost calculation of HVAC vs HVDC
- Study of the main components
- Identification of the breakeven distance
- Static calculations (methods to perform calculations)

Specific objectives:

- Understand the basic DC networks operation principles
- Compared AC vs DC technology for specific applications

Related activities:

-

Related competencies :

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconeixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solucions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 12h

Laboratory classes: 2h

Self study : 10h



LCC converter technology

Description:

This module will cover the classic DC Line Commutated (LCC) technology:

- LCC technology
- Applications
- Main parts
- HVDC link Control
- Construction and simulation of an LCC converter
- Network topologies and arrangements
- Bipolar and monopolar configurations

Specific objectives:

-

Related activities:

-

Related competencies :

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada apliació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconeixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solucions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 12h

Laboratory classes: 2h

Self study : 10h



VSC converter technology

Description:

This module covers the fundamentals of VSC technology

- VSC technology
- Applications
- Main converter parts
- Operation (without control)
- Control of a conventional 2L-VSC converter
- Fundamental control blocks of a VSC
- VSC control design
- VSC applied to DC networks

Specific objectives:

- Understand/Review the fundamentals of VSC converters
- Understand the role of VSCs in DC networks

Related activities:

-

Related competencies :

CEGEN01. (ENG) Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dins de l'àmbit de la enginyeria de la energia.

CEEN1. (ENG) Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com "font d'energia" fins el seu us com "servei energètic". Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada apliació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconeixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solucions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 12h

Laboratory classes: 2h

Self study : 10h



Modular Multilevel Converter technology

Description:

MMC Fundamentals

- Main components and concepts, modulation strategies, understanding the different degrees of freedom of the converter.
- Introduction to the control of the MMC: open-loop control, AC-side current control design Introduction to the internal power flow equations of the converter.
- Design of the energy controllers.
- Analyze the different MMC energy control approaches.
- Construction of a simulation model of an MMC converter (open loop control), with N submodules.
- Implementation of Average Arm Model.

Specific objectives:

- Understand the fundamentals of the Modular Multilevel Converter (MMC) for DC applications
- Learn how to design a control for the MMC

Related activities:

-

Related competencies :

CGEN01. (ENG) Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dintre de l'àmbit de la enginyeria de la energia.

CEEN1. (ENG) Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com "font d'energia" fins el seu us com "servei energètic". Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada apliació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconeixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 24h

Laboratory classes: 4h

Self study : 20h



DC network control schemes

Description:

This module contains the following parts:

- System modelling
- Voltage control and design in DC networks
- Main control techniques and parameter design selection
- Control design of DCDC grids (Voltage characteristics+control)
- Offshore wind application

Specific objectives:

- Understand the operation and control of DC networks with special focus on renewable energy systems

Related competencies :

CGEN01. (ENG) Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dintre de l'àmbit de la enginyeria de la energia.

CEEN3. (ENG) Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, us i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i de l'us racional de l'energia.

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada apliació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solucions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT2. SUSTAINABILITY AND SOCIAL COMMITMENT: Being aware of and understanding the complexity of the economic and social phenomena typical of a welfare society, and being able to relate social welfare to globalisation and sustainability and to use technique, technology, economics and sustainability in a balanced and compatible manner.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 12h

Theory classes: 10h

Laboratory classes: 2h



DC protection systems

Description:

This module contains

- Protection systems.
- DC breaker technology.
- DC breaker types
- DC grid protection systems (Protection zones).

Specific objectives:

- Learn how to protect DC networks
- Study different protection strategies

Related activities:

-

Related competencies :

CGEN01. (ENG) Integrar i aplicar els coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió adquirits en la formació universitària, així com la seva capacitat de resolució de problemes, dintre de l'àmbit de la enginyeria de la energia.

CEEN6. (ENG) Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada apliació. Dimensionar equips e instal.lacions elèctriques. Reconeixer i valorar les aplicacions tecnològiques més novedoses en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i us de l'energia elèctrica.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solicions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 7h

Laboratory classes: 2h

Self study : 5h



Trends in DC technology research/industry

Description:

This module contains the following content:

- Trends in DC research/industry
- Grid-forming HVDC converters
- Interaction analysis in HVDC systems
- DC/DC
- Multiport converters.
- Multi-vendor + Open-source HVDC.
- Other topics.

Specific objectives:

- Identify the key advances in the field of DC technology

Related activities:

-

Related competencies :

CEEN3. (ENG) Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, us i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i de l'ús racional de l'energia.

CEEN2. (ENG) Identificar i descriure els diferents components del sistema elèctric (producció, transport, distribució, mercats, contractació i consum) i avaluar les solucions tecnològiques utilitzades en la producció d'electricitat.

CT3. TEAMWORK: Being able to work in an interdisciplinary team, whether as a member or as a leader, with the aim of contributing to projects pragmatically and responsibly and making commitments in view of the resources that are available.

CT4. EFFECTIVE USE OF INFORMATION RESOURCES: Managing the acquisition, structuring, analysis and display of data and information in the chosen area of specialisation and critically assessing the results obtained.

CT5. FOREIGN LANGUAGE: Achieving a level of spoken and written proficiency in a foreign language, preferably English, that meets the needs of the profession and the labour market.

CT1a. ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION: Being aware of and understanding how companies are organised and the principles that govern their activity, and being able to understand employment regulations and the relationships between planning, industrial and commercial strategies, quality and profit.

Full-or-part-time: 7h

Laboratory classes: 2h

Self study : 5h

GRADING SYSTEM

Exam: Test (50%) + Problems (50%)

Grade: Assignment 1 (25%) + Assignment 2 (25%) + Exam (50%)

EXAMINATION RULES.

Exam without material, only calculator is allowed.



BIBLIOGRAPHY

Basic:

- Sharifabadi, Kamran [et al.]. Design, control and application of modular multilevel converters for HVDC transmission systems. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Inc, 2016. ISBN 9781118851562.
- Van Hertem, Dirk; Gomis i Bellmunt, Oriol; Liang, Jun. HVDC grids for offshore and supergrid of the future [on line]. Hoboken, New Jersey: IEEE/Wiley, cop. 2016 [Consultation: 13/01/2023]. Available on: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781119115243>. ISBN 9781118859155.