

Ficha de Unidade Curricular (FUC)

1. Caracterização da Unidade Curricular.

1.1. Designação da unidade curricular

Sistemas de Armazenamento de Energia

1.2. Sigla da área científica em que se insere

EE

1.3. Duração

1 semestre lectivo

1.4. Horas de trabalho

4,5

1.5. Horas de contacto

4,5

1.6. ECTS

6

1.7. Observações

Unidade curricular de opção

2. Docente responsável e respetiva carga letiva na unidade curricular

Pedro Fonte

1,5

3. Outros docentes e respetivas cargas letivas na unidade curricular

Ricardo Luis

1,5

Rita Pereira

1,5

4. Objetivos da aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes)

Caracterizar as diferentes tecnologias de armazenamento de energia existentes e emergentes;

Analisar o princípio de funcionamento e operação de sistemas de armazenamento de energia;

Compreender os princípios e técnicas de conversão de energia necessários para o armazenamento de energia elétrica;

Identificar e avaliar as tecnologias de armazenamento adequadas a cada aplicação específica;

Estudar e modelar sistemas de armazenamento de energia em sistemas de energia elétrica;

desde a produção, transporte, distribuição e utilização da energia;

Aplicação dos sistemas de armazenamento a casos de estudo ligados à rede elétrica e isolados da rede; Análise de sistemas híbridos de armazenamento de energia elétrica.

Desenvolver a capacidades para o projeto, instalação, operação e supervisão de sistemas de armazenamento de energia elétrica.

5. Conteúdos programáticos

Visão geral das tecnologias de armazenamento de energia: Introdução e definição de armazenamento de energia; Fatores que impulsionam o armazenamento de energia; Objetivos e estratégias no funcionamento de sistemas de armazenamento; Formas de armazenamento de energia; Classificação, descrição e aplicações de tecnologias de armazenamento de energia elétrica;

Sistemas de armazenamento: Análise dos princípios de funcionamento; Aplicação em sistemas de energia elétrica; Bombagem hidroelétrica; Ar comprimido; Volantes de inércia; Baterias; Baterias de fluxo; Supercondensadores; Solar-térmica; Hidrogénio.

Análise de técnicas de conversão de energia aplicadas ao armazenamento e utilização de energia elétrica;

Armazenamento de energia no contexto da rede de energia elétrica e em aplicações de rede elétrica isolada; aplicações de armazenamento de energia de curta duração e de longa duração. Atuais e futuras aplicações dos sistemas de armazenamento de energia elétrica. Operação e coordenação de sistemas de armazenamento de energia em *smartgrids*.

Consolidação de conhecimentos nos diferentes tópicos através da aplicação em casos de estudo.

6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da unidade curricular

Os conteúdos programáticos visam a aquisição de competências por parte dos alunos nos seguintes domínios:

Análise comparativa das tecnologias de armazenamento de energia;

Análise dos princípios de conversão de energia associados aos sistemas de armazenamento de energia;

Perceção da importância e contributo dos sistemas de armazenamento de energia elétrica em diferentes áreas como: mercados de energia, integração de energias renováveis, qualidade de energia, geração distribuída, redes elétricas inteligentes e mobilidade elétrica, para permitir a obtenção e utilização de uma energia elétrica flexível, confiável e eficiente.

Pretende-se que os alunos obtenham competências na caracterização, dimensionamento e

operação das diversas metodologias de armazenamento de energia elétrica.

Neste sentido os objetivos da unidade curricular sintetizam de forma clara as competências a adquirir pelos alunos, as quais estão em concordância com os conteúdos programáticos apresentados.

7. Metodologias de ensino (avaliação incluída)

O ensino reflete as vertentes: teórica, teórico-prática e laboratorial.

Na vertente teórica os fundamentos teóricos do programa são abordados de forma bidirecional entre docente e discente.

Na vertente teórico-prática são colocados na prática os conhecimentos adquiridos através da resolução matemática de problemas em ambiente de simulação e posterior validação. Na resolução de problemas são utilizadas algumas técnicas de aprendizagem baseada em problemas associando outras técnicas de aprendizagem ativa.

Na vertente laboratorial são discutidos os objetivos de casos de estudo e as competências a adquirir pelos alunos.

A avaliação da unidade curricular é realizada através da execução de um trabalho de grupo. O trabalho é realizado no âmbito da simulação numérica que envolva o armazenamento de energia (SN), com apresentação do trabalho em formato de seminário (S) e entrega de um artigo científico (ou relatório) (A/R). Estas três componentes de avaliação são pedagogicamente fundamentais para a aprovação.

A classificação final (CF) é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$CL = 0,7.(SN) + 0,15.(S) + 0,15.(A/R)$$

8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Para cumprimentos dos objetivos de aprendizagem da unidade curricular, o aluno deve estar motivado e conseguir aplicar os conhecimentos teóricos a casos práticos.

Existe um elevado grau de articulação temporal entre as componentes, teórica, teórico-prática e laboratorial, para que o aluno consiga uma articulação adequada e lógica entre o saber e o saber fazer.

Uma das formas de demonstração da coerência entre as metodologias de ensino e objetivos de aprendizagem é realizada através motivação (dificilmente mensurável) dos alunos associado ao número de aprovações (facilmente mensurável).

A metodologia adotada e articulação das aulas teóricas, teórico-práticas e laboratoriais contribui para consolidação e construção do conhecimento uma vez que os alunos definem o processo, metodologia e aplicam os conhecimentos adquiridos na realização do trabalho, na sua apresentação e na escrita do relatório ou artigo científico

9. Bibliografia principal

Geral:

Andrei G. Ter-Gazarian. Energy Storage for Power Systems. (2011);

Robert Huggins. Energy Storage. (2016);

Frank S. Barnes , Large Scale Energy Storage Systems Handbook (2011);

Baterias:

Linden , Handbook Of Batteries (3rd Ed.), (2002);

Jung , Lead-Acid Battery Technologies: Fundamentals, Materials, and Applications, (2016);

Jiang , Fundamentals and Application of Lithium-ion Batteries in Electric Drive Vehicles, (2015);

Supercondensadores:

Petar Grbović. Ultra-Capacitors in Power Conversion Systems. (2014)

John M. Miller. Ultracapacitor Applications. (2011).

Térmica:

İbrahim Dinçer, Marc A. Rosen. Thermal Energy Storage. (2011)

Kun Sang Lee. Underground Thermal Energy Storage. (2013).

Case studies:

Mohd Ali. Wind Energy Systems. (2012)

Shin'ya Obara. Optimum Design of Renewable Energy Systems. (2014)

Junji Tamura S.M. Muyeen. Stability Augmentation of a Grid-connected Wind Farm. (2009)

N. Lymberopoulos, Emmanuel I. Zoulias. Hydrogen-based Autonomous Power Systems. (2008)

Bei Gou, Woon ki Na, Bill Diong. Fuel Cells: Modeling, Control and Applications. (2010)

Said Al-Hallaj, Kristofer Kiszynski. Hybrid Hydrogen Systems: Stationary and Transportation Applications. (2011).