INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

Unidade Curricular	Sistemas Eólicos	Área Científica	Energia
Mestrado em	Energias Renováveis e Eficiência Energética	Escola	Escola Superior de Tecnologia e de Gestão de Bragança
Ano Letivo	2022/2023	Ano Curricular	1
Nível	2-1	Créditos ECTS	6.0
Tipo	Semestral	Semestre	2
Código	6793-475-1203-00-22		

Horas totais de trabalho	162	Horas de Contacto	T	TP	PL	TC	S	E	OT	O
			30	-	30	-	-	-	-	-

T - Ensino Teórico; TP - Teórico Prático; PL - Prático e Laboratorial; TC - Trabalho de Campo; S - Seminário; E - Estágio; OT - Orientação Tutórica; O - Outra

Nome(s) do(s) docente(s)	Luís Manuel Frolen Ribeiro, Orlando Manuel de Castro Ferreira Soares, Arlindo dos Santos Machado Pascoal

Resultados da aprendizagem e competências

No fim da unidade curricular o aluno deve ser capaz de:
1. Fornecer ferramentas de análise e métodos de previsão do recurso eólico.
2. Conhecer os diversos tipos de design de aerogeradores.
3. Perceber o processo de conversão da energia mecânica em energia elétrica.
4. Conhecer as diferentes tecnologias utilizadas nos sistemas de conversão de energia mecânica em elétrica.
5. Perceber as questões de integração dos parques eólicos na rede elétrica nacional bem como os correspondentes sistemas de condicionamento, controlo e supervisão.

Pré-requisitos

Antes da unidade curricular o aluno deve ser capaz de:
1. Perceber os fundamentos no domínio da Física aplicada à engenharia.
2. Desenvolver aplicações baseadas em autómatos programáveis.
3. Desenvolver aplicações baseadas em sistemas SCADA.

Conteúdo da unidade curricular

Introdução e a natureza do vento. Aerodinâmica da turbina de eixo horizontal. Desempenho de aerogeradores. Cargas de projeto para concepção de turbinas eólicas de eixo horizontal. Aspetos conceptuais do projeto de turbinas eólicas de eixo horizontal. Conversão da energia mecânica em energia elétrica: Soluções tecnológicas e qualidade da energia. Condicionamento da energia e ligação dos parques eólicos à rede. Controlo e supervisão de sistemas de energia eólica.

Conteúdo da unidade curricular (versão detalhada)

1. Introdução e a natureza do vento
   - Desenvolvimento histórico
   - Turbinas eólicas modernas
   - Variação geográfica do recurso eólico
   - Variações de longo termo da velocidade do vento
   - Variações anuais e sazonais
   - Variações sinóticas e diurnas
   - Turbulência e ventos extremos
   - Previsão da velocidade do vento
   - Turbulência em esteiras e parques eólicos
   - Turbulência em terreno complexo
2. Aerodinâmica da turbina de eixo horizontal
   - O conceito de disco atuador
   - Teoria do disco de rotor
   - Modelo de vorticidade cilíndrica do disco atuador
   - Teoria do pá do rotor
   - Quebra da teoria de Quantidade de movimento
   - Geometria das pás
   - Os efeitos de um número discreto de pás
   - Aerodinâmica de uma turbina com desvio de yaw
   - Método da aceleração potencial
   - Atraso do descolamento aerodinâmico. Escoamento instável/reações dinâmicas
3. Desempenho de aerogeradores
   - Curvas de desempenho
   - Velocidade de rotação constante
   - Comparação entre desempenho medido e teórico
   - Operação a velocidade variável
   - Estimativa da conversão de energia
   - Testes de campo de turbinas eólicas
   - Medição do desempenho de uma turbina eólica
   - Análise dos dados de teste
   - Efeitos da turbulência
   - Avaliação do desempenho aerodinâmico
4. Cargas de projeto para conceção de turbinas eólicas de eixo horizontal
   - Normas nacionais e internacionais
   - Premissas para cargas de projecto
   - Turbulência e esteiras
   - Cargas extremas
   - Cargas de fadiga
   - Cargas para pás – caso estacionário; Cargas das pás em operação - caso dinâmico
   - Cargas na Nacelle
   - Cargas na torre
5. Aspetos concetuais do projeto de turbinas eólicas de eixo horizontal
   - Diâmetro do rotor; Class. equip. ; Vel. rot. ; Nº pás; Teetering; Contr. de potência: Sis. travagem
   - Operação a velocidade variável, duas velocidades ou velocidade fixa
   - Opções de configuração da transmissão; Posição do rotor relativamente à torre
   - Rigidez da torre; Segurança dos operadores e aspetos de acesso à Nacelle
   - Pás; Controladores do passo
   - Eixo do rotor; Caixa de velocidades; Gerador; Travão mecânico; Apoios na Nacelle
   - Transmissão da rotação à torre
   - Torre e Fundações
6. Conversão da energia mecânica em energia elétrica
   - Principais requisitos dos geradores
   - Máquinas de indução simples

Este documento só tem validade académica depois de autenticado, em todas as suas folhas, com o selo a óleo da Instituição.

Conteúdo da unidade curricular (versão detalhada)

- Máquinas de indução duplamente alimentadas
- Máquinas síncronas de velocidade variável
- Principais aspetos construtivos das máquinas síncronas e assíncronas
- Principais aspetos operacionais das máquinas síncronas e assíncronas
- Dados fornecidos pelos fabricantes e constantes da chapa de caraterísticas das máquinas
- Binários mecânico e elétrico em regime quase estacionário e em regime dinâmico

7. Condicionamento da energia e ligação dos sistemas de energia eólica à rede
   - Principais soluções baseadas em conversores eletrónicos de potência
   - Características funcionais dos conversores
   - Principais soluções técnicas para assegurar a entrega da energia à rede a uma frequência constante
   - Sistemas de proteção dos conversores eletrónicos de potência
   - Qualidade da energia produzida e seu efeito na rede
   - Sistemas de proteções do gerador e da rede
8. Controlo e supervisão de sistemas de energia eólica
   - Requisitos do sistema e modos de operação
   - Exploração de sistemas eólicos em rede isolada
   - Exploração de sistemas eólicos ligados à rede
   - Principais formas de controlo
   - Principais soluções técnicas para os controladores
   - Sistema de gestão de uma central eólica
   - Sistema de monitorização e segurança

Bibliografia recomendada

1. “Wind Energy Handbook”, T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins e E. Bossanyi, John Willey & Sons, 2001
2. "Renewable Energy – Power for a Sustainable Future”, Boyle, G. Oxford University Press, 2004
3. "Grid integration of wind energy conversion systems", Siegfried Heier, John Wiley & Sons, 1998
4. "Embedded Generation", N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirchen, G. Strbac, IEE Power and Energy Series, 31, London, 2000

Métodos de ensino e de aprendizagem

Esta UC funcionará com base no desenvolvimento de trabalhos práticos e de 1 projeto. Haverá lugar a aulas teóricas com a exposição dos conceitos e ferramentas fundamentais para a compreensão dos conteúdos.

Alternativas de avaliação

1. Desenvolvimento de casos e projeto - (Ordinário, Trabalhador) (Final, Recurso, Especial)
   - Estudo de Casos - 50%
   - Projetos - 50%
2. Projeto integrado de sistemas eólicos - (Trabalhador) (Final, Recurso, Especial)

Língua em que é ministrada

Português, com apoio em inglês para alunos estrangeiros

Validação Eletrónica

Luís Manuel Frolen Ribeiro, Orlando Manuel de Castro Ferreira Soares	José Luís Sousa de Magalhaes Lima	João Eduardo Pinto Castro Ribeiro	José Carlos Rufino Amaro
22-02-2023	11-03-2023	13-03-2023	17-03-2023

Este documento só tem validade académica depois de autenticado, em todas as suas folhas, com o selo a óleo da Instituição.