



## Licenciatura em Engenharia Mecatrónica

### Licenciatura em Engenharia das Energias Renováveis

(cod. 156)

**Designação da unidade curricular:** Electrotecnia Geral

**Código da unidade curricular:** FIS0510

**Tipo de unidade curricular:** Obrigatória

**Nível da unidade curricular:** Primeiro ciclo

**Ano curricular:** 2

**Semestre:** 1º

**Número de créditos ECTS:** 6

- Horas lectivas semanais: 2h teórica, 2h prática
- Horas de estudo e trabalho semanais: 4h

#### Corpo docente

- Docente responsável: Fernando Janeiro

#### Resultados esperados da aprendizagem

Obter competências básicas na compreensão e concepção de circuitos eléctricos em corrente contínua e em corrente alternada. Perceber o funcionamento de circuitos magnéticos. Conhecer os princípios básicos do funcionamento de um motor/gerador eléctrico. Conhecer ainda o princípio da geração de energia eléctrica monofásica e trifásica. Ter noção da importância das equações de Maxwell na compreensão dos conceitos electrotécnicos subjacentes ao funcionamento dos dispositivos electromecânicos.

**Modo de funcionamento:** Presencial

**Pré-requisitos:** Conhecimentos de cálculo vectorial e números complexos. Conhecimentos básicos de electromagnetismo.

Recomendada a frequência de: Física Geral II

#### Conteúdo da unidade curricular

##### Introdução à Electrotecnia

##### Noções Fundamentais de Electrostática

Carga eléctrica; Força electrostática; Lei de Coulomb.

Campo Eléctrico; Potencial Eléctrico; Tensão Eléctrica.

Condensadores e dielétricos; associação de condensadores.

Equações de Maxwell aplicadas à electrostática.

##### Corrente Eléctrica Estacionária

Densidade de Corrente e Intensidade de Corrente Eléctrica.

Resistência Eléctrica; Lei de Ohm; Associação de Resistências; Divisores de tensão e de corrente.

Fontes de energia eléctrica; Fontes de Tensão e de Corrente; Fontes dependentes e independentes; Circuito Eléctrico; Potência e Energia; Lei de Joule.

Análise de Circuitos Resistivos em CC. Leis de Kirchhoff. Teorema da sobreposição. Teoremas de Norton e Thévenin. Teorema da máxima transferência de potência. Circuitos em Ponte; Associação estrela-triângulo e triângulo-estrela.

##### Magnetostática

Classificação de materiais magnéticos.

Equações de Maxwell aplicadas à magnetostática.

Lei de Ampère; Fluxo magnético. Força magnetomotriz; Relutância magnética. Saturação magnética. Bobinas; associação de bobinas.

Análise de Circuitos Magnéticos. Analogia entre circuitos eléctricos e magnéticos.

##### Campo Electromagnético Variável

Lei de Faraday.

Coefficiente de auto-indução e indução mútua. Princípio de funcionamento do transformador.

Princípio de funcionamento dos geradores mecânicos de energia eléctrica; Princípio de funcionamento dos motores (Força de Laplace).

### **Circuitos em Regime Quase Estacionário**

Noções fundamentais: grandezas alternadas sinusoidais; valor médio e valor eficaz; representação complexa ou simbólica de uma função alternada sinusoidal.

Análise de Circuitos Monofásicos Alternados Sinusoidais em Regime Permanente. Leis de Kirchhoff. Teorema da sobreposição. Teoremas de Norton e Thèvenin. Teorema da máx. transferência de potência.

Circuito R; RL; RC; RLC. Noções de impedância e admitância. Associação de impedâncias.

Potências Activa, Reactiva e Aparente. Factor de Potência.

Introdução à análise do comportamento dinâmico de sistemas.

### **Sistemas Trifásicos**

Ligações em Triângulo e em Estrela; Transformação T-E e E-T.

Correntes e Tensões de linha e de fase; Análise de circuitos com diferentes cargas.

Potência Activa, Reactiva e Aparente. Cargas desequilibradas.

## **Bibliografia recomendada**

### **Referências base:**

- "Física 3 – Eletricidade, Magnetismo e Ótica" – Raymond A. Serway, 3ª Ed. Livros Técnicos e Científicos
- "Análise de Circuitos em Corrente Contínua" – Rómulo Albuquerque, Erica, 2005
- "Análise de Circuitos em Corrente Alternada" – Rómulo Albuquerque, Erica, 2006
- "Circuits, Devices and Systems" - Ralph J. Smith - John Wiley & Sons ed.

### **Referências complementares:**

- "Análise de Circuitos" - J. O'Malley – Schaum McGraw-Hill.
- "Fundamentos da Teoria Electromagnética" – John R. Reitz; Frederick J. Milford; Robert W. Christy – Editora Campus – 1982.
- "Introdução à Teoria da Electricidade e do Magnetismo" – Nelson Martins – Editora Edgard Blucher Ltda – 1990.
- "Electricity and Magnetism" – Edward M. Purcell – Berkeley Physics Course – vol.2 - McGRAW-HILL International Editions (2ªed.)
- "Electromagnetic Concepts and Applications" – Stanley V. Marshall; Richard E. DuBroff; Gabriel G. Skitek – Prentice Hall (4ªed.)
- "Engineering Electromagnetics" – William H. Hayt, Jr. - McGRAW-HILL International Book Company (4ªed.)
- "Elements of Engineering Electromagnetics" – Nannapneni Narayane Rao – Prentice Hall (4ªed)
- "Electric Circuit Analysis" – Robert A. Bartkowiak – John Wiley & Sons – 1985.
- "Engineering Circuit Analysis" – William H. Hayt, Jr.; Jack E. Kemmerly - International Student Edition; McGRAW-HILL - 3ªed.

## **Metodologia de ensino e actividades planeadas**

- O ensino é baseado em aulas teóricas e teórico-práticas com ênfase na resolução de problemas de electrotecnia. Pretende-se que o aluno perceba as leis do electromagnetismo do ponto de vista prático.

## **Metodologia e critérios de avaliação**

A avaliação pode ser feita de forma contínua (3 frequências) ou final (1 exame)

Os elementos de avaliação são classificados utilizando o intervalo [0; 20].

- [F1] Frequência 1 - Nota mínima de 8,0 val. (33,3%)
- [F2] Frequência 2 - Nota mínima de 8,0 val. (33,3%)
- [F3] Frequência 3 - Nota mínima de 8,0 val. (33,3%)
- [Ex1] Exame final 1 (100%)
- [Ex2] Exame final 2 (100%)

[NF] Nota final:  $NF = \text{Max}\{(F1 + F2 + F3)/3; \text{Ex1}; \text{Ex 2}\}$

Se  $NF \geq 9.5$  : Aprovado

Se  $NF < 9.5$  : Reprovado

**Língua de ensino:** Português/Inglês

## **Painel de validação da unidade curricular**

- Prof. Fernando Janeiro, Departamento de Física, Universidade de Évora
- Prof. Hugo Marques, Departamento de Física, Universidade de Évora



# Bachelor in Mechatronics Engineering

## Bachelor in Renewable Energies Engineering

(cod. 156)

**Course unit title:** Electrical Theory

**Course unit code:** FIS0510

**Type of course unit:** Compulsory

**Level of course unit:** First cycle

**Year of study:** 2

**Semester:** Fall

**Number of ECTS credits allocated:** 6

- Hours of classes per week: 2h Lecture, 2h Exercises
- Hours of study and homework per week: 4h

### Name of lecturer(s)

- Head instructor: Fernando Janeiro

### Learning outcomes of the course unit

To obtain basic skills in analysis and conception of direct and alternate current electric circuits. Understand the working principles of magnetic circuits. To know the basic principles of an electric motor/generator. To know how single phase and three- phase electric energy is generated. To understand the underlying importance of Maxwell's equations in the operation of electromechanical devices.

**Mode of delivery:** Face-to-face

**Prerequisites and co-requisites:** Knowledge of vector calculus and complex numbers. Basic knowledge of electromagnetism. It is recommended to have: General Physics II

### Course contents

#### Introduction

#### Fundamental notions of electrostatics

Electric charge; Electrostatic force; Coulomb's law.

Electric field; Electric potential; Electric voltage.

Capacitors and dielectrics; capacitors in series and parallel.

Application of Maxwell's equations to electrostatics.

#### Stationary Electric Current

Current density and Electric current intensity.

Electric resistance; Ohm's law; Resistors in series and parallel; Voltage and Current dividers.

Electrical energy sources; Voltage and current sources; Independent sources and controlled sources; Electric circuits; Power and Energy; Joule's law.

Analysis of direct current circuits. Kirchhoff's laws. Superposition theorem. Norton and Thévenin theorems. Maximum power transfer theorem. Bridge circuits; Star-Triangle and Triangle-Star transformations.

#### Magnetostatics

Magnetic materials classification.

Maxwell equations applied to magnetostatics

Ampère's law; Magnetic flux. Magnetomotive force; Magnetic reluctance. Magnetic saturation. Inductors;

Inductors in series and parallel.

Magnetic circuits analysis. Analogy between electric and magnetic circuits.

#### Varying Electromagnetic Field

Faraday's law.

Self and Mutual induction coefficients. Ideal transformer.

Mechanical generators of electric energy. Basic principles of electric machines (Força de Laplace).

### Quasi Steady State Circuits

Fundamental notions: sinusoidal voltages and currents; average and rms values; complex or symbolic representation of a sinusoidal function.

Analysis of single-phase steady state alternating current circuits. Kirchhoff's law. Superposition theorem. Norton and Thévenin theorems. Maximum power transfer theorem.

R; RL; RC; RLC circuits. Definition of impedance and admittance. Impedances in series and parallel.

Active, Reactive and Apparent Power. Power factor.

Introduction to the dynamic behavior of electric circuits.

### Three-Phase Systems

Star and Triangle connections; Star-Triangle and Triangle-Star transformations.

Line and Phase voltage and currents; Circuit analysis with different loads.

Active, Reactive and Apparent Power. Unbalanced loads.

## Recommended or required reading

### Main references:

- "Física 3 – Eletricidade, Magnetismo e Ótica" – Raymond A. Serway, 3ª Ed. Livros Técnicos e Científicos
- "Análise de Circuitos em Corrente Contínua" – Rómulo Albuquerque, Erica, 2005
- "Análise de Circuitos em Corrente Alternada" – Rómulo Albuquerque, Erica, 2006
- "Circuits, Devices and Systems" - Ralph J. Smith - John Wiley & Sons ed.

### Complementary references:

- "Análise de Circuitos"- J. O'Malley – Schaum McGraw-Hill.
- "Fundamentos da Teoria Electromagnética" – John R. Reitz; Frederick J. Milford; Robert W. Christy – Editora Campus – 1982.
- "Introdução à Teoria da Electricidade e do Magnetismo" – Nelson Martins – Editora Edgard Blucher Ltda – 1990.
- "Electricity and Magnetism" – Edward M. Purcell – Berkeley Physics Course – vol.2 - McGRAW-HILL International Editions (2ªed.)
- "Electromagnetic Concepts and Applications" – Stanley V. Marshall; Richard E. DuBroff; Gabriel G. Skitek – Prentice Hall (4ªed.)
- "Engineering Electromagnetics" – William H. Hayt, Jr. - McGRAW-HILL International Book Company (4ªed.)
- "Elements of Engineering Electromagnetics" – Nannapneni Narayane Rao – Prentice Hall (4ªed)
- "Electric Circuit Analysis" – Robert A. Bartkowiak – John Wiley & Sons – 1985.
- "Engineering Circuit Analysis" – William H. Hayt, Jr.; Jack E. Kemmerly - International Student Edition; McGRAW-HILL - 3ªed.

## Planned learning activities and teaching methods

- The teaching method is based on theoretical and practical classes with emphasis on electromagnetic problem solving. The student should understand Maxwell's laws from a practical point of view.

## Assessment methods and criteria

The assessment consists on 3 Tests or a Final Exam.

Assessment elements are graded using the interval [0; 20].

- [F1] Test 1 – Minimum grade 8,0 (33,3%)
- [F2] Test 2 - Minimum grade 8,0 (33,3%)
- [F3] Test 3 - Minimum grade 8,0 (33,3%)
- [Ex1] Final Exam 1 (100%)
- [Ex2] Final Exam 2 (100%)

[NF] Final Grade:  $NF = \text{Max}\{(F1 + F2 + F3)/3; Ex1; Ex 2\}$

If  $NF \geq 9,5$  : Approved

If  $NF < 9,5$  : Failed

**Language of instruction:** Portuguese/English

## Authentication board

- Prof. Fernando Janeiro, Departamento de Física, Universidade de Évora
- Prof. Hugo Marques, Departamento de Física, Universidade de Évora