

## **MÁQUINAS ELÉTRICAS**

Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

---

Código: 10011

Área Científica Predominante: Eletrónica e Instrumentação

Docente: António Herculano de Jesus Moreira

Idioma de Instrução: Português

Regime: S2

Carga Letiva: 60h Carga Trabalho: 100h

ECTS: 6,0

---

### **Objetivos**

Esta unidade curricular tem como objetivo dotar os alunos dos conhecimentos fundamentais no domínio de máquinas elétricas, partindo-se de uma abordagem dos principais conceitos gerais e transversais, para um estudo individualizado dos principais tipos de máquinas elétricas.

Pretende-se que os alunos compreendam os fenómenos físicos relacionados com as máquinas elétricas e que para cada uma sejam capazes de descrever e analisar os seus circuitos equivalentes, os seus diagramas fasoriais e as suas curvas características.

Sempre que possível, o estudo assentará em casos práticos de aplicação real, orientado para a resolução de problemas nas vertentes de conceção, utilização, comissionamento e projeto de máquinas elétricas.

### **Resultados da Aprendizagem**

Os alunos que concluem com sucesso esta unidade curricular deverão ser capazes de:

1. Conhecer e compreender a utilização de máquinas elétricas em sistemas elétricos;
2. Conhecer o princípio de funcionamento dos transformadores, bem como os seus circuitos equivalentes e aspetos construtivos;
3. Conhecer o princípio de funcionamento das máquinas elétricas de corrente contínua, bem como os seus circuitos equivalentes e aspetos construtivos;
4. Conhecer o princípio de funcionamento das máquinas elétricas de corrente alternada, bem como os seus circuitos equivalentes e aspetos construtivos;
5. Compreender os regimes de funcionamento das máquinas elétricas estudadas, de forma a otimizar o seu desempenho e utilização;
6. Ter capacidade para projetar sistemas elétricos com máquinas elétricas em função de requisitos definidos.

### **Conteúdos Programáticos**

1. Introdução às máquinas elétricas

- 1.1. As máquinas elétricas nos sistemas elétricos
- 1.2. Conceitos básicos AC
  - 1.2.1. Geração de corrente AC
  - 1.2.2. Valores médios, pico, RMS
  - 1.2.3. Potência elétrica
  - 1.2.4. Fasores
- 1.3. Circuitos magnéticos e conversão de energia
  - 1.3.1. Produção de campo magnético
  - 1.3.2. Densidade de fluxo(B), Intensidade de campo(H), Permeabilidade( $\mu$ )
  - 1.3.3. Circuitos magnéticos
  - 1.3.4. Magnetização
  - 1.3.5. Histerese e correntes de Foucault.
  - 1.3.6. Lei de Faraday e Lei de Lenz
- 1.4. Princípios básicos das máquinas rotativas
  - 1.4.1. Movimento rotacional (posição, velocidade e aceleração angular)
  - 1.4.2. Energia e potência mecânica
  - 1.4.3. Equações de Força e Torque
  - 1.4.4. Fluxo de potência e perdas
  - 1.4.5. Regulação de tensão e velocidade
- 2. Transformadores
  - 2.1. Importância dos transformadores
  - 2.2. Aspectos construtivos e tipos de transformadores
  - 2.3. Transformador ideal
    - 2.3.1. Potência
    - 2.3.2. Impedância refletida

## 2.4. Transformador real monofásico

### 2.4.1. Relação de transformação

### 2.4.2. Corrente de magnetização

### 2.4.3. Convenção do ponto

## 2.5. Circuito equivalente do transformador

### 2.5.1. Principais características

### 2.5.2. Ensaio em vazio e em carga

### 2.5.3. Perdas no ferro e no cobre

## 2.6. Transformadores trifásicos

### 2.6.1. Grupos de ligação

### 2.6.2. Sistema p.u. ("por unidade")

## 2.7. Perdas e rendimento dos transformadores

## 2.8. Autotransformadores

## 3. Máquinas de corrente contínua

### 3.1. Princípio de funcionamento

### 3.2. Ação do comutador (coletor)

### 3.3. Aspectos construtivos

### 3.4. Equações de funcionamento

#### 3.4.1. Força eletromotriz

#### 3.4.2. Binário

#### 3.4.3. Velocidade

### 3.5. Circuito equivalente do motor DC

### 3.6. Curva de magnetização da máquina DC

### 3.7. Motores DC de excitação separada e de conexão shunt

### 3.8. Máquinas DC de íman permanente

### 3.9. Acionamento de motores DC

## 4. Máquinas Síncronas

### 4.1. Tipologia e aspetos construtivos

### 4.2. Operação como gerador

### 4.3. Operação como motor

## 5. Motores de indução

### 5.1. Constituição

### 5.2. Princípio de funcionamento

### 5.3. Equações de funcionamento

### 5.4. Circuito Equivalente

### 5.5. Potências e Binário

### 5.6. Características eletromecânicas e mecânicas

### 5.7. Ensaios para determinação dos parâmetros

### 5.8. Arranque dos motores de indução

#### 5.8.1. Motores de gaiola de esquilo

#### 5.8.2. Motores de rotor bobinado

### 5.9. Controlo de velocidade nos motores de indução

### 5.10. Gerador de indução

## 6. Motores monofásicos e motores especiais

### 6.1. Motor universal

### 6.2. Motor de relutância

### 6.3. Motor de histerese

### 6.4. Motores passo-a-passo

### 6.5. Servomotores

### 6.6. Motores lineares

## 7. Acionamento de máquinas elétricas

### 7.1. Regimes de funcionamento

### 7.2. Controlo de motores AC e motores DC

### 7.3. Arranque

### 7.4. Frenagem

### 7.5. Inversão de sentido de rotação

### 7.6. Controlo eletrónico de motores

### 7.7. Arrancadores suaves

### 7.8. Variadores de velocidade

#### 7.8.1. Seleção

#### 7.8.2. Ligações de comando e potência

#### 7.8.3. Parametrização

#### 7.8.4. Otimização

## **Bibliografia Recomendada**

- Syed A. Nasar (1998), Electric Machines and Electromechanics, 2nd ed., Mc-Graw Hill.
- Guru, B.S. and Hiziroglu, H.R. (2000), Elect. Mach. and Fund., 3rd Ed., Oxford Un.Press.
- Werner Leonhard (2001), Control of Electrical Drives, 3rd Edition, Springer

## **Métodos de Ensino e de Aprendizagem**

O estudo das máquinas elétricas nesta unidade curricular compreende as máquinas estáticas e as rotativas, começando a análise a ser feita pelo transformador, e passando sucessivamente por cada uma das principais máquinas elétricas mencionadas nos conteúdos programáticos, tais como máquinas de corrente contínua, máquinas assíncronas, máquinas síncronas e motores especiais.

De forma a otimizar o desempenho e utilização de cada uma das máquinas são estudados os esquemas de comando, fazendo sempre que possível ensaios e simulações em laboratório dos respetivos acionamentos. Será dado um particular ênfase aos acionamentos eletrónicos, através da execução de trabalho prático integrado, onde se irão conjugar os diversos conhecimentos adquiridos.

## **Métodos de Avaliação**

A aprovação nesta unidade curricular é obtida com uma nota igual ou superior a 10 (dez) valores, numa escala de 0 a 20, resultante da avaliação da componente teórico-prática, através da realização de um teste escrito (50%) e de um conjunto de 3 trabalhos práticos, efectuados no decorrer do semestre (TP1 (15%) TP2 (15%) TP3 (20%)). A nota mínima para o teste escrito é de 9.5 (nove e meio) valores. A avaliação individual obrigatória de cada componente prática terá como nota mínima 10 (dez) valores.