

Caracterização da Unidade Curricular / Characterization of the Curricular Unit

Designação da Unidade Curricular (UC) / Title of Curricular Unit (CU): Máquinas Elétricas e Acionamentos Electromagnéticos / Electric Machines and Electromagnetic Drives

Área científica da UC / CU Scientific Area: Eletrónica e Automação / Electronics and Automation

Semestre / Semester: 2º

Número de créditos ECTS / Number of ECTS credits: 6

Carga horária por tipologia de horas / Workload by type of hours: TP: 45; OT: 6; O: 9

Carga letiva semanal / Weekly letive charge: 3h

Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Esta unidade curricular foca-se no coração do movimento de qualquer veículo não tripulado (UxV): as máquinas elétricas que geram propulsão e os acionamentos que as controlam. A disciplina explora os princípios do eletromagnetismo que governam o funcionamento dos motores elétricos, com um foco aprofundado nos motores DC sem escovas (Brushless - BLDC), que são a tecnologia dominante na propulsão de drones. Em paralelo, serão estudados os acionamentos eletrónicos, nomeadamente os Controladores Eletrónicos de Velocidade (ESCs), que são a interface entre o controlador de voo e os motores. Serão também abordados outros atuadores, como os servomotores, essenciais para gimbals e superfícies de controlo. O objetivo é que o estudante compreenda como os comandos de controlo se traduzem em movimento físico, desenvolvendo competências para selecionar, instalar e diagnosticar o sistema de propulsão de um UxV.

Intended learning outcomes (knowledge, skills and competences to be developed by the students):

This course focuses on the heart of any unmanned aerial vehicle (UxV) movement: the electrical machines that generate propulsion and the drives that control them. The course explores the principles of electromagnetism governing the operation of electric motors, with a deep focus on brushless DC motors (BLDC), which are the dominant technology in drone propulsion. In parallel, electronic drives will be studied, namely Electronic Speed Controllers (ESCs), which are the interface between the flight controller and the motors. Other actuators will also be covered, such as servomotors, essential for gimbals and control surfaces. The goal is for the student to understand how control commands translate into physical movement, developing skills to select, install, and diagnose the propulsion system of a UxV.

Conteúdos programáticos:

1. Fundamentos de Eletromagnetismo Aplicados a Motores

- 1.1. Circuitos magnéticos: Relutância e Força Magnetomotriz.
- 1.2. Lei de Faraday da indução e Lei de Lenz.
- 1.3. Força de Lorentz e produção de binário (torque).

2. Máquinas Elétricas em Drones: Motores DC

- 2.1. Motores DC com escovas (Brushed): Princípio e aplicações.
- 2.2. Motores DC sem escovas (Brushless - BLDC): Princípio de funcionamento e comutação eletrónica.
- 2.3. Construção de motores BLDC: Inrunner vs. Outrunner.
- 2.4. Parâmetros e características: Constante de velocidade (KV), binário, potência e eficiência.

3. Acionamentos Eletrónicos para Motores BLDC

- 3.1. Controladores Eletrónicos de Velocidade (ESC): Função e arquitetura (ponte trifásica de MOSFETs).
- 3.2. Firmware para ESCs (e.g., BLHeli, AM32) e parâmetros de configuração.
- 3.3. Protocolos de comunicação entre o Controlador de Voo e o ESC: PWM, OneShot, DShot.

4. Outros Acionamentos Eletromecânicos

- 4.1. Servomotores: Princípio de funcionamento e controlo de posição via PWM.
- 4.2. Aplicações em UxV: Gimbals de câmaras, superfícies de controlo em asas fixas, trens de aterragem retráteis.

Syllabus:

1. Fundamentals of Electromagnetism Applied to Motors

- 1.1. Magnetic circuits: Reluctance and Magnetomotive Force.
- 1.2. Faraday's Law of Induction and Lenz's Law.
- 1.3. Lorentz Force and Torque Production.

2. Electrical Machines in Drones: DC Motors

- 2.1. Brushed DC Motors: Principle and applications.
- 2.2. Brushless DC Motors (BLDC): Operating principle and electronic commutation.
- 2.3. BLDC Motor Construction: Inrunner vs. Outrunner.
- 2.4. Parameters and characteristics: Speed constant (KV), torque, power, and efficiency.

3. Electronic Drives for BLDC Motors

- 3.1. Electronic Speed Controllers (ESCs): Function and architecture (three-phase MOSFET bridge).
- 3.2. Firmware for ESCs (e.g., BLHeli, AM32) and configuration parameters.
- 3.3. Communication protocols between the Flight Controller and the ESC: PWM, OneShot, DShot.

4. Other Electromechanical Actuators

- 4.1. Servomotors: Operating principle and position control via PWM.
- 4.2. Applications in UxV: Camera gimbals, control surfaces on fixed wings, retractable landing gear.