

EMENTAS E PROGRAMAS DAS DISCIPLINAS DE TÓPICOS PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

2º Semestre de 2025

AF – Mecatrônica

IM420 U - Tópicos em Controle de Sistemas Mecânicos: Aprendizado de Máquina para Robótica Aérea

- **Docentes**

Ely Carneiro de Paiva

- **Conteúdo Programático**

- Robótica Aérea: panorama e estado da arte
- Veículos Robóticos Aéreos: atuadores e sensores
- Modelagem Cinemática e Dinâmica de um drone quadricóptero
- Controle e Guiamento de um quadricóptero
- Noções de Controle Não Linear para veículos aéreos autônomos
- Controle INDI – Dinâmica Incremental Não Linear
- Modelagem e controle de um dirigível robótico
- Guiamento para veículos aéreos autônomos. Otimização tempo x energia
- Introdução a aprendizado de máquina com redes neurais artificiais
- Redes neurais tipo NARX, NARMAX e LSTM para modelagem dinâmica
- Redes Convolucionais e Deep Learning para modelagem dinâmica
- Aprendizado por reforço (RL) para controle de veículos aéreos

- **Metodologia**

Aulas expositivas e projetos em laboratório computacional, utilizando Simulink/Matlab.

- **CrITÉrios de AvaliaÇão**

Uma prova escrita e dois projetos (Matlab). M dia aritmética das três notas.

- **Bibliografia**

[1] Siegwart, R., Nourbakhsh, I.R. and Scaramuzza, D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. MIT Press, Cambridge, 2011.

[2] Giron, Aurelien. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (2nd ed.). O'Reilly, 2019.

[3] Bestaoui, Y. Lighter Than Air Robots: Guidance and Control of Autonomous Airships. Publisher: Springer. Editor: Kimon Valavanis. ISBN: 978-94-007-2662-8.

[4] J.-J. E. Slotine, Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991.

[5] Lewis, F. L., Vrabie, D., and Syrmos, V. L., Optimal Control, 3rd. Wiley, 2012, p. 552.

- **Syllabus**

Kinematic and dynamic modeling of aerial robotic vehicles. Aerial control and guidance. Notions of nonlinear control. Machine learning with neural networks for modeling and control of aerial vehicles.

- **Course Program**

- Aerial Robotics: overview and state of the art
- Aerial Robotic Vehicles: actuators and sensors
- Kinematic and Dynamic Modeling of a Quadcopter Drone
- Control and Guidance of a Quadcopter

- Notions of Nonlinear Control for Autonomous Aerial Vehicles
- INDI Control – Nonlinear Incremental Dynamics
- Modeling and control of a robotic airship
- Guidance for autonomous aerial vehicles. Time x energy optimization.
- Introduction to machine learning with artificial neural networks
- NARX, NARMAX and LSTM type neural networks for dynamic modeling
- Convolutional Networks and Deep Learning for dynamic modeling
- Reinforcement Learning (RL) for aerial vehicle control

- **Methodology**

Expository classes and projects in a computer laboratory, using Simulink/Matlab.

- **Evaluation criteria**

One written test and two projects (Matlab). Arithmetic mean of the three grades.

- **Bibliography**

[1] Siegwart, R., Nourbakhsh, I.R. and Scaramuzza, D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. MIT Press, Cambridge, 2011.

[2] Giron, Aurelien. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (2nd ed.). O'Reilly, 2019.

[3] Bestaoui, Y. Lighter Than Air Robots: Guidance and Control of Autonomous Airships. Publisher: Springer. Editor: Kimon Valavanis. ISBN: 978-94-007-2662-8.

[4] J.-J. E. Slotine, Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991.

[5] Lewis, F. L., Vrabie, D., and Syrmos, V. L., Optimal Control, 3rd. Wiley, 2012, p. 552.

- **Ementa**

Modelado cinemático y dinámico de vehículos robóticos aéreos. Control y guiado aéreo. Conceptos de control no lineal. Aprendizaje automático con redes neuronales para el modelado y control de vehículos aéreos.

- **Programa del curso**

- Robótica aérea: visión general y estado del arte
- Vehículos robóticos aéreos: actuadores y sensores
- Modelado cinemático y dinámico de un dron cuadricóptero
- Control y guiado de un cuadricóptero
- Conceptos de control no lineal para vehículos aéreos autónomos
- Control INDI: dinámica incremental no lineal
- Modelado y control de un dirigible robótico
- Guiado para vehículos aéreos autónomos. Optimización tiempo-energía
- Introducción al aprendizaje automático con redes neuronales artificiales
- Redes neuronales tipo NARX, NARMAX y LSTM para modelado dinámico
- Redes convolucionales y aprendizaje profundo para modelado dinámico
- Aprendizaje por refuerzo (RL) para el control de vehículos aéreos

- **Metodología**

Clases expositivas y proyectos en laboratorio de computación, utilizando software Simulink/Matlab.

- **Criterios de evaluación**

Una prueba escrita y dos proyectos (Matlab). Media aritmética de las tres calificaciones.

- **Bibliografia**

[1] Siegwart, R., Nourbakhsh, I.R. and Scaramuzza, D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. MIT Press, Cambridge, 2011.

[2] Giron, Aurelien. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (2nd ed.). O'Reilly, 2019.

[3] Bestaoui, Y. Lighter Than Air Robots: Guidance and Control of Autonomous Airships. Publisher: Springer. Editor: Kimon Valavanis. ISBN: 978-94-007-2662-8.

[4] J.-J. E. Slotine, Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991.

[5] Lewis, F. L., Vrabie, D., and Syrmos, V. L., Optimal Control, 3rd. Wiley, 2012, p. 552.

IM420 C - Tópicos em Controle de Sistemas Mecânicos: Veículos Elétricos e Híbridos: Fundamentos de Propulsão Elétrica e Eletrônica de Potência

- **Docente**

Marcelo Vinícius de Paula (mvpaula@unicamp.br).

- **Ementa**

Evolução da Indústria Automotiva e Eletrificação; Fundamentos de eletrônica de potência; Fundamentos de máquinas elétricas; Fundamentos de controle de máquinas elétricas; Fundamentos de sistemas de armazenamento de energia; Topologias de veículos elétricos híbridos; Fundamentos de carregadores de veículos elétricos e híbridos; Veículos elétricos puros; Veículos elétricos com plug-in; Operação V2G e G2V.

Evolution of the Automotive Industry and Electrification; Fundamentals of power electronics; Fundamentals of electric machines; Fundamentals of electric machine control; Fundamentals of energy storage systems; Topologies of hybrid electric vehicles; Fundamentals of chargers for electric and hybrid vehicles; Battery electric vehicles; Plug-in hybrid vehicles; V2G and G2V operation.

Evolución de la Industria Automotriz y Electrificación; Fundamentos de la electrónica de

potencia; Fundamentos de las máquinas eléctricas; Fundamentos del control de máquinas eléctricas; Fundamentos de los sistemas de almacenamiento de energía; Topologías de vehículos eléctricos híbridos; Fundamentos de cargadores de vehículos eléctricos e híbridos; Vehículos eléctricos puros; Vehículos eléctricos con conexión a la red (plug-in); Operación V2G y G2V.

- **Conteúdo programático**

Esta disciplina é composta por quinze encontros, totalizando 60 horas-aula, conforme descrito abaixo:

Aula 1: (4h) Apresentação da disciplina e histórico da indústria automotiva, destacando marcos da eletrificação veicular.

Aula 2: (8h) Fundamentos de eletrônica de potência – conversores DC–DC e DC–AC, princípios de funcionamento e aplicações em veículos.

Aula 3: (12h) Continuação de eletrônica de potência, abordando conversores AC–DC e aspectos práticos de implementação.

Aula 4: (16h) Fundamentos de máquinas elétricas – eletromagnetismo básico, perdas em ferro e cobre, características de enrolamentos.

Aula 5: (20h) Propriedades de materiais magnéticos, tipos de máquinas elétricas e critérios de especificação para tração.

Aula 6: (24h) Controle de máquinas CC – topologias de acionamento, laços de corrente e velocidade.

Aula 7: (28h) Controle de máquinas CA – métodos escalar e vetorial para motores síncronos e de indução.

Aula 8: (32h) Sistemas de armazenamento de energia – requisitos de baterias, química de células eletroquímicas, fuel cells e supercapacitores.

Aula 9: (36h) Modelagem de baterias, estratégias de gerenciamento de carga e sistemas híbridos de armazenamento.

Aula 10: (40h) Topologias de HEV – mild-hybrid, série, paralelo, power-split, série-paralelo e plug-in.

Aula 11: (44h) Sistemas de controle de híbridos – lógica de gerenciamento energético e estratégias de troca entre fontes.

Aula 12: (48h) Carregadores veiculares – classificação, normas técnicas e requisitos de segurança.

Aula 13: (52h) PHEV – modos de operação, arquiteturas específicas e estratégias de controle.

Aula 14: (56h) EV – topologias de propulsão, técnicas de extensão de autonomia e aplicações em bicicletas elétricas.

Aula 15: (60h) V2G e V2H – infraestrutura, conceitos, especificações e impactos na rede elétrica.

Course Outline (English)

The course consists of fifteen sessions, totaling 60 class hours, as follows:

Session 1: (4 h) Course introduction and automotive industry history, focusing on vehicle electrification milestones.

Session 2: (8 h) Fundamentals of power electronics – DC–DC and DC–AC converters, operating principles and vehicle applications.

Session 3: (12 h) Power electronics continuation – AC–DC converters and practical implementation aspects.

Session 4: (16 h) Fundamentals of electric machines – basic electromagnetism, core and copper losses, winding characteristics.

Session 5: (20 h) Magnetic material properties, machine types, and specification criteria for traction.

Session 6: (24 h) DC machine control – drive topologies, current and speed control loops.

Session 7: (28 h) AC machine control – scalar and vector control methods for synchronous and induction motors.

Session 8: (32 h) Energy storage systems – battery requirements, electrochemical cell chemistry, fuel cells and supercapacitors.

Session 9: (36 h) Battery modeling, charge management strategies, and hybrid storage system concepts.

Session 10: (40 h) HEV topologies – mild-hybrid, series, parallel, power-split, series-parallel and plug-in architectures.

Session 11: (44 h) Hybrid control systems – energy management logic and source-switching strategies.

Session 12: (48 h) Vehicle chargers – classification, standards, and safety requirements.

Session 13: (52 h) PHEV – modes of operation, specific architectures, and control strategies.

Session 14: (56 h) EV – propulsion topologies, range extension techniques, and electric bicycle applications.

Session 15: (60 h) V2G and V2H – infrastructure, concepts, specifications, and grid impacts.

Programa de la Asignatura (Español)

La asignatura comprende quince sesiones, con un total de 60 horas de clase, distribuidas de la siguiente manera:

Sesión 1: (4 h) Presentación de la asignatura e historia de la industria automotriz, resaltando hitos de la electrificación vehicular.

Sesión 2: (8 h) Fundamentos de electrónica de potencia – convertidores DC–DC y DC–AC, principios de funcionamiento y aplicaciones.

Sesión 3: (12 h) Continuación de electrónica de potencia – convertidores AC–DC y aspectos prácticos de implementación.

Sesión 4: (16 h) Fundamentos de máquinas eléctricas – electromagnetismo básico, pérdidas en hierro y cobre, caracter

ísticas de devanados.

Sesión 5: (20 h) Propiedades de materiales magnéticos, tipos de máquinas y criterios de especificación para tracción.

Sesión 6: (24 h) Control de máquinas de CC – topologías de accionamiento, lazos de corriente y velocidad.

Sessão 7: (28 h) Control de máquinas de CA – métodos escalar y vectorial para motores síncronos y de inducción.

Sessão 8: (32 h) Sistemas de armazenamento de energia – requisitos de baterías, química de celdas electroquímicas, pilas de combustible y supercondensadores.

Sessão 9: (36 h) Modelado de baterías, estrategias de gestión de carga y sistemas híbridos de almacenamiento.

Sessão 10: (40 h) Topologías de HEV – mild-hybrid, serie, paralelo, power-split, serie-paralelo y plug-in.

Sessão 11: (44 h) Sistemas de control de híbridos – lógica de gestión energética y estrategias de cambio entre fuentes.

Sessão 12: (48 h) Cargadores vehiculares – clasificación, normas técnicas y requisitos de seguridad.

Sessão 13: (52 h) PHEV – modos de operación, arquitecturas específicas y estrategias de control.

Sessão 14: (56 h) EV – topologías de propulsión, técnicas de aumento de autonomía y aplicaciones en bicicletas eléctricas.

Sessão 15: (60 h) V2G y V2H – infraestructura, conceptos, especificaciones e impactos en la red eléctrica.

- **Metodologia de ensino**

Aulas expositivas com auxílio de projetor. Demonstrações com softwares. Aprendizado baseado em projeto. Sala de aula invertida.

- **Critério de avaliação**

1. Entrega de Testes (T)
2. Entrega de 1 Projeto Final (PF)
3. Apresentação de 1 seminário (P)
4. A nota (N) é dada pela equação: $0,3T + 0,5P + 0,2S$.



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Mecânica
Coordenadoria de Pós-graduação



5. Para aprovação todos os alunos devem ter frequência maior que 75% e $N \geq 6,0$

Os conceitos são divididos em: reprovado se $0,0 \leq N \leq 6,0$; C se $6,0 \leq N \leq 7,0$; B se $7,0 \leq N \leq 8,5$; e A se $8,5 \leq N \leq 10,0$.

O professor ficará à disposição dos alunos para revisões e esclarecimentos de dúvidas sobre os assuntos de aula, bastando combinar horário anteriormente.

- **Bibliografia**

Emadi, Ali, Advanced Electric Drive Vehicles. International Standard Book Number-13: 978-1-4665-9770-9.

KIM, S.-H.; Electric Motor Control: DC, AC, and BLDC Motors. Países Baixos, Elsevier Science, 2017.

Artigos diversos das plataformas IEEE Xplore e Science Direct.