

EMENTAS DAS DISCIPLINAS DE TÓPICOS DO PROGRAMA DE ENGENHARIA MECÂNICA

1º Semestre de 2025

AF – Mecatrônica

IM420/B - Tópicos em Controle de Sistemas Mecânicos: Métodos dirigidos por dados para o controle de sistemas mecânicos não lineares

Docentes: Eurípedes G. O. Nóbrega e Janito Vaqueiro Ferreira

Contexto: O controle de sistemas não lineares tem passado por uma grande renovação nas duas últimas décadas, devido à introdução de métodos dirigidos por dados, com base em técnicas de inteligência artificial e identificação pelo uso de bibliotecas de funções e matrizes esparsas. O curso é composto de três partes: controle robusto de sistemas lineares; controle de sistemas não lineares; controle dirigido por dados. Serão inicialmente abordados, de forma sucinta, os conceitos básicos de controle robusto para sistemas mecânicos lineares. Continua com a aplicação dos conceitos para sistemas não lineares, com base no critério de estabilidade de Lyapunov; para finalmente passarmos ao controle dirigido por dados, e estudadas as técnicas da aplicação da análise espectral de Koopman.

Objetivo: O estudo de métodos de controle robustos e adaptativos aplicados a sistemas mecânicos não lineares, incluindo a abordagem dirigida por dados baseada na análise espectral de Koopman.

Tópicos e métodos a serem estudados:

1. Modelagem de estado de sistemas lineares;
 1. Normas e espaço de Hilbert;
 2. Controle H_2 e H_∞ ;
 3. Incertezas e robustez de modelamento;
2. Modelagem de sistemas não lineares;
 1. Pontos de equilíbrio;
 2. Estabilidade de Lyapunov;
 3. Conceitos avançados de estabilidade;
3. Controle de sistemas não lineares;
 1. Linearização por realimentação;
 2. Controle de modo deslizante;

3. Estudo de casos não lineares;
4. Controle dirigido por dados;
 1. Análise espectral de Koopman;
 2. Aplicações a sistemas mecânicos não lineares.

Metodologia: Serão ministrados seminários presenciais, usados vídeos especificamente preparados ou disponíveis na internet, apresentações assíncronas e reuniões através do Google Meet, além de experimentos simulados e em laboratório.

Avaliação: Serão solicitadas aos alunos a solução de listas de exercícios, relatórios das simulações e experimentos e a aplicação da metodologia a um problema real com relatório na forma de artigo, com a apresentação de cada trabalho.

Aulas: Serão ministradas 13 aulas de 3 horas abordando cada um dos tópicos acima, incluindo aulas experimentais usando Matlab, e duas aulas para a avaliação do aproveitamento do curso, onde os alunos farão uma defesa de seu relatório.

1. Kemin Zhou, 1999, Essentials of Robust Control
2. Mihail Konstantinov, 2005, Robust Control Design with MATLAB
3. Jer-Nan Juang and Minh Q. Phan, 2004, Identification and Control of Mechanical Systems
4. André Preumont, 2018, Vibration Control of Active Structures
5. Wodek K. Gawronski, 2004, Advanced Structural Dynamics and Active Control of Structures
6. Jean-Jacques E. Slotine, 1991, Applied Nonlinear Control
7. Hassan K. Khalil, 2015, Nonlinear Control
8. Steven L. Brunton, J. Nathan Kutz, 2021, Data Driven Science & Engineering, Machine Learning, Dynamical Systems, and Control

IM420/D - Tópicos em Controle de Sistemas Mecânicos: Eletrônica Industrial

Docente: Pedro José dos Santos Neto

Ementa: Implementação de interruptores de potência; desenvolvimento do modelo médio e funções de transferência; conversores CC-CC não isolados e isolados; projeto de controle de conversores CC-CC; conversores bidirecionais; inversores e retificadores; controle do inversor como conversor fonte de tensão; conversores ressonantes; conversores multiníveis, aplicações em sistemas eólicos; aplicações em eletrificação veicular.

Bibliografia:

Erickson, R. W. & Maksimovic, D. Fundamentals of Power Electronics, Springer, 3rd edition, 2020.

D. W. Hart. Power Electronics. McGraw-Hill Companies Inc., New York, 2010.

Rashid, M.H. Power Electronics: Devices, Circuits, and Applications. 4th Edition, Pearson Education, Harlow. (2013)

Artigos especializados na área.

IM420/S - Tópicos em Controle de Sistemas Mecânicos: Controle de Sistemas Dinâmicos com Comutação a Tempo Contínuo

Docente: Grace Silva Deaecto

Course description: Switched systems are a subclass of hybrid systems characterized by the presence of multiple subsystems and a switching rule that orchestrates the switching among them. In our context, the switching rule is a control variable that must be designed to ensure global asymptotic stability of the equilibrium point, as well as achieve suitable performance for the overall system. In this course, we will explore the intrinsic properties of this class of systems and develop sufficient conditions for ensuring stability, as well as performance metrics such as the H2 and H1 indices. Our focus will be on switched linear and affine systems, due to their broad applicability in various engineering fields, including power electronics.

Tópicos em Português:

- Desigualdades matriciais lineares e estudo de sistemas lineares e invariantes no tempo: Representação em espaço de estado, solução geral, estabilidade e normas H2 e H1.
- Sistemas lineares com comutação: Estabilidade e índices de desempenho.
- Sistemas afins com comutação: Estabilidade e índices de desempenho.
- Controle de sistemas com comutação e dados amostrados.
- Implementação numérica.
- Aplicações práticas.

Topics in English:

- Linear matrix inequalities and study of linear time invariant systems: State space representation, general solution, stability and H2 and H1 norms.
- Switched linear systems: Stability and performance indexes.

- Switched affine systems: Stability and performance indexes.
- Sampled-data control of switched systems
- Numerical implementation
- Practical applications

Temas en Español:

- Desigualdades matriciales lineales y estudio de sistemas lineales invariantes en el tiempo: Representación en el espacio de estados, solución general, estabilidad y normas H_2 y H_1 .
- Sistemas lineales conmutados: Estabilidad e índices de desempeño.
- Sistemas afines conmutados: Estabilidad e índices de desempeño.
- Control de datos muestreados de sistemas conmutados
- Implementación numérica
- Aplicaciones prácticas

Bibliography:

- S. P. Boyd, L. El Ghaoui, E. Feron, and V. Balakrishnan, *Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory*, SIAM, Philadelphia, 1994.
- D. Liberzon, *Switching in Systems and Contr.*, Birkhäuser, 2003.
- Z. Sun, and S. S. Ge, *Switched Linear Systems: Control and Design*, Springer, London, 2005.
- J. C. Geromel e R. H. Korogui, *Controle Linear de Sistemas Dinâmicos : Teoria, Ensaios Práticos e Exercícios*, Edgard Blucher Ltda, 2011.
- G. S. Deaecto, J. C. Geromel, F. S. Garcia, J. A. Pomílio, “Switched affine systems control design with application to DC-DC Converters”, *IET Control Theory & Applications*, vol. 4, pp. 1201-1210, 2010.
- G. S. Deaecto and G. C. Santos, “State feedback H_1 control design of continuous- time switched affine systems”, *IET Control Theory & Applications*, vol. 9, pp. 1511-1516, 2015.
- G. S. Deaecto, J. C. Geromel, “Stability analysis and control design of discrete-time switched affine systems”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 62, pp. 4058-4065, 2017.

- L. N. Egidio, H. R. Daiha, G. S. Deaecto, “Global asymptotic stability of limit cycle and H2/H1 performance of discrete-time switched affine systems”, *Automatica*, vol. 116, 108927108927, 2020.