

Codigo de asignatura: 4786B4

Nombre del programa académico	Maestría en Ingeniería Eléctrica		
Nombre completo de la asignatura	Tópico Especial (Control predictivo basado en el modelo)		
Número de créditos ECTS por categoría	Ciencias naturales y	Módulos profesionales y	Humanidades y ciencias
	3	3	1
Semestre y año de actualización	2024-2		
Semestre y año en que se imparte	2024-2		
Tipo de asignatura	[] Obligatoria [X] Electiva		
Director o contacto del programa	Andrés Escobar Mejía		
Coordinador o contacto de la asignatura	Alejandro Garcés Ruiz		

Descripción y contenidos

1. Breve descripción

El control predictivo basado en el modelo es un método avanzado de control que surgió de la industria petroquímica pero que recientemente ha sido usado para estabilizar sistemas eléctricos de potencia. Este tipo de control se basa en la idea de usar un algoritmo de optimización en una ventana móvil, siendo una extensión numérica del cálculo variacional. Este curso presenta los principales conceptos

2. Objetivo del curso:

Formular controles basados en optimización numérica en aplicaciones de sistemas eléctricos
Incluir criterios de estabilidad en el sentido de Lyapunov en el diseño de los controles
Implementar los controles usando Matlab, Julia o Python

3. Resultados de aprendizaje. Los propósitos de formación en el estudiante de posgrado son:

Competencias específicas:

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de:

- Formular modelos de control predictivo basado en el modelo para aplicaciones de sistemas eléctricos de potencia
- Formular modelos de control predictivo basado en el modelo para microrredes y sistemas de distribución activos
- Entender los conceptos básicos de optimalidad, estabilidad, pasividad y disipatividad en sistemas dinámicos

Otras competencias por formar:

- Programación matemática
- Lectura de documentación científica en inglés
- Presentación de resultados de forma oral y escrita

4. Contenido

Introducción al MPC, revisión de álgebra lineal y optimización matemática

- Sistemas dinámicos y estabilidad en el sentido de Lyapunov
- Estabilidad en sistemas discretos
- Cálculo variacional y control LQR
- Solución numérica de ecuaciones diferenciales
- Solución numérica de problemas de control óptimo
- MPC para sistemas lineales
- MPC para sistemas no lineales con garantía de estabilidad

5. Requisitos. Los definidos en requisito de admisión de la IES.

6. Recursos

Licencia de Matlab-Simulink

- Acceso a las bases de datos de IEEE-explorer, Elsevier, Springer, Taylor and Francis.
- Bibliografía especializada disponible en la biblioteca de electri-libro:

Bibliografía

1. B. Anderson and J. Moore. Optimal Control - Linear Quadratic Methods. Information and system science series. Prentice Hall, Englewood Cliffs, London, 1990.
2. H. Chen and F. Allgöwer. "A quasi-infinite horizon nonlinear model predictive control scheme with guaranteed stability". In: Automatica 34.10 (1998), pp. 1205–1217.
3. T. Faulwasser. Optimization-based Solutions to Constrained Trajectory-tracking and Path-following Problems. Shaker, Aachen, Germany, 2013.
4. T. Faulwasser, T. Weber, P. Zometa, and R. Findeisen. "Implementation of Nonlinear Model Predictive Path-Following Control for an Industrial Robot". In: IEEE Trans. Contr. Syst. Techn. 25.4 (2017), pp. 1505–1511.
5. T. Faulwasser and D. Bonvin. "On the Design of Economic NMPC based on Approximate Turnpike Properties". In: Proc. of 54th IEEE Conference on Decision and Control. Osaka, Japan, 2015, pp. 4964–4970.
6. T. Faulwasser, L. Grüne, and M. Müller. "Economic Nonlinear Model Predictive Control: Stability, Optimality and Performance". In: Foundations and Trends in Systems and Control 5.1 (2018), pp. 1–98.
7. F. Fontes. "A General Framework to Design Stabilizing Nonlinear Model Predictive Controllers". In: Sys. Contr. Lett. 42.2 (2001), pp. 127–143.
8. L. Grüne and J. Pannek. Nonlinear Model Predictive Control: Theory and Algorithms. 2nd Edition. Communication and Control Engineering. Springer Verlag, 2017.
9. A. Jadbabaie and J. Hauser. "On the stability of receding horizon control with a general terminal cost". In: IEEE Trans. Automat. Contr. 50.5 (2005), pp. 674–678.
10. A. Jadbabaie, J. Yu, and J. Hauser. "Unconstrained receding-horizon control of nonlinear systems". In: IEEE Trans. Automat. Contr. 46.5 (2001), pp. 776–783
11. R. Kalman. "Contributions to the theory of optimal control". In: Bol. Soc. Mat. Mexicana 5.2 (1960), pp. 102–119.
12. C. Kellett. "A compendium of comparison function results". In: Mathematics of Control, Signals, and Systems 26.3 (2014), pp. 339–374.
13. S. Keerthi and E. Gilbert. "Optimal infinite-horizon feedback laws for a general class of constrained discrete-time systems: Stability and moving-horizon approximations". In: Journal of Optimization Theory and Applications 57.2 (1988), pp. 265–293.
14. H. Khalil. Nonlinear Systems. 3rd. Prentice Hall, New Jersey, 2002.
15. D. Limon, T. Alamo, F. Salas, and E. Camacho. "On the stability of constrained MPC without terminal constraint". In: IEEE Trans. Automat. Contr. 51.5 (2006), pp. 832–836.
16. E. Lee and L. Markus. Foundations of Optimal Control Theory. The SIAM Series in Applied Mathematics. John Wiley & Sons New York, London, Sydney, 1967
17. D. Mayne, J. Rawlings, C. Rao, and P. Scokaert. "Constrained model predictive control: Stability and optimality". In: Automatica 36.6 (2000), pp. 789–814.
18. D. Mayne and H. Michalska. "Receding horizon control of nonlinear systems". In: IEEE Trans. Automat. Contr. 35.7 (1990), pp. 814–824.
19. A. Propoi. "Application of linear programming methods for the synthesis of automatic sampled-data systems". In: Avtomat. i Telemekh. 24.7 (1962), pp. 912–920.

7. Herramientas técnicas de soporte para la enseñanza

1. Simulaciones en simulink y/o Open Modelica
2. Scripts en Julia, Matlab o Python
3. Lectura de artículos de IEEE

8. Trabajos en laboratorio y proyectos

Se espera desarrollar proyectos de simulación en cada clase:

1. Simulación de sistemas dinámicos y análisis de estabilidad en el sentido de Lyapunov
2. MPC en un sistema máquina síncrona - barraje infinito
3. Modelizado de microrredes usando el formalismo de sistema hamiltoniano controlado por puertos
4. Control predictivo en convertidores de potencia
5. Control predictivo en sistema multimáquina (Modelo clásico de Anderson)

9. Métodos de aprendizaje

1. Clases magistrales explicando los conceptos teóricos
2. Simulaciones numéricas para afianzar conceptos
3. Proyectos de simulación
4. Lectura de documentos técnicos de IEEE, Elsevier, Springer o Wiley

10. Métodos de evaluación

Tareas (60 %)
Examen final (20 %)
Exposición artículo IEEE (20%)