

FACULTAD DE INGENIERÍA

POSGRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA



Nombre de la materia: ANÁLISIS Y CONTROL DE SISTEMAS NO LINEALES

Clave Facultad:

Clave U.A.S.L.P.:

Clave CACEI:

Nivel del Plan de Estudios: Posgrado

No. de créditos: 10

Horas/Clase/Semana: 5

Horas totales/Semestre: 80

Horas/Práctica (y/o Laboratorio): 0

Prácticas complementarias:

Trabajo extra clase Horas/Semana: 80

Carrera/Tipo de materia: Maestría en Ingeniería Eléctrica

No. de créditos aprobados:

Fecha última de Revisión Curricular: 10/06/2009

Materia y clave de la materia requisito:

JUSTIFICACIÓN DEL CURSO

Una parte esencial en la formación de los estudiantes de ingeniería en control automático es el área de análisis de sistemas no lineales así como la síntesis de leyes de control no lineales para este tipo de sistemas.

En la naturaleza existen comportamientos en ciertos sistemas que son imposibles de describir mediante modelos lineales como son los puntos de equilibrio múltiples y aislados, ciclos límite, oscilaciones cuasiperiódicas y caos, por lo que se hace necesario que el alumno conozca un rango amplio de herramientas de -

análisis de sistemas dinámicos que permitan tratar ese tipo de fenómenos.

Además, para ciertos procesos un controlador lineal no siempre permite lograr el objetivo de control, o en el mejor de los casos, no con un desempeño deseado. En tales situaciones es necesario recurrir a algún algoritmo de control no lineal para lograr el objetivo impuesto.

Este curso viene a completar los conocimientos adquiridos por el estudiante en el campo de los sistemas lineales descritos en el espacio de estado.

OBJETIVO DEL CURSO

Los objetivos del curso son:

- 1) Estudiar las propiedades de los modelos de sistemas no lineales descritos en el espacio de estado para propósitos de control.
- 2) Estudiar los temas de existencia y unicidad de soluciones de ecuaciones diferenciales no lineales.

3) Estudiar el concepto de estabilidad en el sentido de Lyapunov para sistemas no lineales autónomos.

4) Diseñar algoritmos de control para sistemas no lineales basados en la linealización en un punto de operación así como esquemas de control vía linealización por retroalimentación basados en el enfoque geométrico.

CONTENIDO TEMÁTICO

1. Introducción a los sistemas no lineales

(6Hrs)

Objetivo: Estudiar la representación de sistemas no lineales y algunos fenómenos que se presentan en ellos.

- 1.1. Conceptos fundamentales.
- 1.2. Fenómenos característicos.
- 1.3. Linealización con respecto a una trayectoria nominal
- 1.4. Puntos de equilibrio
- 1.5. Ejemplos

2.- Análisis cualitativo de sistemas no lineales

(12Hrs)

Objetivo: Estudiar las herramientas que permitan realizar una análisis cualitativo para sistemas no lineales.

- 2.1. Comportamiento cualitativo de los sistemas lineales
- 2.2. Sistemas dinámicos, flujos y campos vectoriales

- 2.3 Puntos límite y conjuntos límite
- 2.4. Análisis formal del comportamiento cualitativo cercano a puntos de equilibrio
- 2.5. Ciclos límite
- 2.6. Teoría de índices
- 2.7. Bifurcaciones

3. Propiedades fundamentales de los sistemas no lineales

(6Hrs)

Objetivo: Estudiar algunas propiedades fundamentales de las soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias como existencia, unicidad, dependencia continua de condiciones iniciales y de parámetros.

- 3.1. Existencia y unicidad de soluciones.
- 3.2. Dependencia continua de condiciones iniciales y parámetros.
- 3.3. Diferenciabilidad de soluciones y ecuaciones de sensibilidad.
- 3.4. El principio de comparación.

4. Teoría de Lyapunov

(16Hrs)

Objetivo: Estudiar la teoría de estabilidad en el sentido de Lyapunov para sistemas autónomos.

- 4.1. Definiciones básicas.
- 4.2. Método directo de Lyapunov.
- 4.3 Construcción de funciones de Lyapunov
- 4.4. El principio de Invarianza (Teorema de La Salle).
- 4.5. Sistemas lineales y linealización.
 - 4.5.1. Ecuación de Lyapunov.
 - 4.5.2. Método indirecto de Lyapunov.
- 4.6. Estabilidad Entrada-Estado

5. Estabilidad Entrada-Salida

(10Hrs)

Objetivo: Estudiar la teoría de estabilidad de sistemas dinámicos considerando modelos entrada-salida.

- 5.1. Señales y sistemas como operadores.
- 5.2. Estabilidad \mathcal{L} .
- 5.3 Estabilidad \mathcal{L} en variables de estado.
- 5.4. Ganancia \mathcal{L}_2

5. Control por retroalimentación

(12 Hrs)

Objetivo: Diseñar esquemas de control basados en la linealización en un punto de operación para un sistema no lineal.

- 5.1. Problemas de control.
- 5.2. Estabilización vía linealización.
- 5.3. Control integral.
- 5.4. Control integral vía linealización.

6. Linealización por retroalimentación

(18 Hrs)

Objetivo: Estudiar propiedades de los sistemas no lineales con el enfoque geométrico y diseñar esquemas de control vía linealización por retroalimentación.

- 6.1. Introducción.
- 6.2. Linealización entrada-salida.
- 6.3. Linealización entrada-estado.
- 6.4. Control por retroalimentación de estado.
 - 6.4.1 Estabilización.
 - 6.4.2 Seguimiento.

METODOLOGÍA

Análisis y desarrollo de conceptos teóricos impartidos por el profesor y discusión de casos de manera individual, en equipos y grupal. Los alumnos desarrollarán un proyecto de investigación que

complemente su estudio, sea en forma individual o en equipo. Se recurrirá a la consulta de publicaciones técnicas periódicas impresas y electrónicas.

EVALUACIÓN

Tres exámenes parciales:	80%	Proyecto final:	10%
Tareas:	10%		

BIBLIOGRAFÍA

1. H. K. Khalil. *Nonlinear Systems*. Tercera edición, Prentice Hall, 2002.

2. H. J. Marquez. *Nonlinear Control Systems*. Wiley-Interscience, 2003.
3. J. J. E. Slotine y W. Li. *Applied Nonlinear Control*. Prentice-Hall, 1991.
4. M. Vidyasagar. *Nonlinear Systems Analysis*. Segunda edición, Prentice-Hall, 1993.
5. A. Isidori. *Nonlinear Control Systems*. Tercera edición. Springer. 1995.
6. H. Nijmeijer, A. J. van der Shaft, *Nonlinear Dynamical Control Systems*, Springer-Verlag, 1996.
7. A. Bacciotti y L. Rosier, *Liapunov Functions and Stability in Control Theory*, 2a Edición, Springer-Verlag, 2005.