

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Facultad de ciencias Exactas y Tecnología

Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación

Asignatura: Sistemas de Control I

Código de la actividad: E25

Profesor Titular: Mg. Ing. Rubén del Valle Fadel

Profesor Adjunto: Dr. Ing. Carlos Manuel Formigli

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Miguel Gerardo Alarcón

Docente Auxiliar: Ing. Federico Vargas

Carreras: Ingeniería Electrónica (código 56)
Ingeniería Eléctrica (código 57)

Plan de Estudios: 1991 (Modificación 2004)

Carácter: Obligatoria.

Régimen de Dictado: Cuatrimestral (segundo semestre)

Horas Semanales: 6

Año: 2023

Programa Analítico

Tema 1 SISTEMAS DINÁMICOS: Generalidades

Definiciones relacionadas con sistemas estáticos y dinámicos.

Modelos concentrados para elementos de sistemas dinámicos físicos. Eléctricos, mecánicos y térmicos.

Ecuaciones diferenciales. Planteo para sistemas físicos eléctricos, mecánicos y térmicos.

La Transformada de Laplace. Teorema del valor inicial y Teorema del valor final. Integral de Convolución. Función de transferencia, definición. Polos, ceros y el plano S .

Representación de sistemas dinámicos:

Mediante una ecuación diferencial de orden n .

Mediante n ecuaciones de 1^{er} orden.

Mediante la "Función de transferencia".

Representación gráfica mediante los diagramas de bloques: principios y transformación de los mismos. Algebra de Bloques. Formula de Mason.

Aproximaciones lineales en sistemas físicos. Aproximación para pequeña perturbación. Linealización por Taylor y variables de desviación.

Ejercicios: Resolución analítica y numérica con Matlab y Sumulink

Tema 2 SISTEMAS DINÁMICOS: características de estudio importantes.

Concepto de Estabilidad: Definiciones. Método de Routh-Hurwitz para evaluación de la estabilidad.

Concepto de Velocidad de respuesta: Interpretación física. Ejemplos

Concepto de Exactitud en estado estacionario: Interpretación. Error entrada-salida. Cálculo del error entrada-salida. Ejemplos.

Concepto de Sensibilidad: Interpretación. Fórmula para la evaluación de la sensibilidad ante cambios en parámetros. Ejemplos.

Tema 3 SISTEMAS DINÁMICOS: construcción y análisis de la respuesta en el tiempo.

Señales típicas de estudio: impulso, escalón, rampa y parábola. La respuesta total en el tiempo: transitorio y estacionario. La respuesta solo a condiciones iniciales (entrada nula) y solo a una señal forzante (condiciones iniciales nulas). Expansión en fracciones parciales. Cálculo de residuos: métodos analítico y gráfico. Cálculo y gráfica de la respuesta transitoria.

Características de comportamiento y especificaciones en el dominio tiempo de un sistema: sobrepico porcentual (SP%), tiempo de pico (t_p), tiempo de subida (t_r) y tiempo de establecimiento (t_s).

Estudio de un sistema de 1º orden: la constante de tiempo (τ). Estudio de un sistema de 2º orden (estudio detallado para el caso subamortiguado): el coeficiente de amortiguamiento relativo (ξ), la frecuencia natural no amortiguada (ω_n) y amortiguada (ω_d).

Efectos en la respuesta en el tiempo de mover los polos en el plano S . El concepto de dominancia. Efecto en la respuesta en el tiempo de agregar ceros o polos.

Identificación de plantas simples a partir de experimentos temporales.

Ejercicios. Resolución analítica y numérica con Matlab y Sumulink.

Tema 4 SISTEMAS DINÁMICOS: construcción y análisis de la respuesta en la frecuencia.

La señal senoidal de estudio. Espectro de frecuencias. La función respuesta en frecuencia: Módulo y ángulo. Cálculo de la respuesta en frecuencia a partir del diagrama polo-cero. Tipos de gráficas y técnicas de trazado de la respuesta en frecuencia: gráficas lineales y logarítmicas; gráficas polares y cartesianas. Las gráficas aproximadas usando el método de Bode. Concepto de sistemas de fase mínima y no mínima.

Las características de comportamiento y sus especificaciones en el dominio de la frecuencia para sistemas de primer y segundo orden: Ancho de Banda (ω_{AB}), Frecuencia de Cruce (ω_C), Frecuencia de Pico (ω_p) y el valor de módulo a esa frecuencia (M_p), pendientes en baja y alta frecuencia.

Correlación de las especificaciones entre dominio tiempo y dominio frecuencia para un sistema de segundo orden.

Ejercicios. Resolución analítica y numérica con Matlab y Sumulink.

Tema 5 SISTEMAS DE CONTROL

Conceptos de sistema, sistema de control, sistema de control automático. El sistema de control a lazo abierto y el sistema de control a lazo cerrado. Sistemas de control feedforward. Sistemas de seguimiento y sistemas reguladores. Elementos de un lazo de control: planta o proceso,

sistema medición, sistema de actuación y controladores. Categorías de variables en un sistema de control: variables manipuladas, perturbaciones y variables controladas. Ruido de medición.

Tema 6 SISTEMAS DE CONTROL REALIMENTADO

El control a lazo cerrado y formas de representarlo.

Definiciones: La Transmitancia del Camino Directo. La Ganancia del Lazo. La transmitancia del camino de fuga. La Diferencia de Retorno. La Ecuación Característica. La función sensibilidad y la función sensibilidad complementaria.

Tema 7 SISTEMAS DE CONTROL, Efectos de la Realimentación:

a) En la exactitud: tipos de errores. Estudio a lazo abierto, constantes de error; tipos de sistemas. Estudio a lazo cerrado.

b) En la ubicación de los polos del sistema a lazo cerrado: el lugar de las raíces.

c) En la sensibilidad: Estudio de la sensibilidad con respecto al camino directo y respecto al camino de retorno.

d) En la velocidad y el ancho de banda.

e) En la respuesta temporal.

f) En la estabilidad: El problema de la estabilidad al cerrar el lazo, análisis cualitativo de la estabilidad en sistemas realimentados.

Tema 8 Estudio de los Sistemas Realimentados en el dominio frecuencia

Estabilidad: El método de Nyquist. Estabilidad absoluta y relativa. Márgenes de estabilidad: margen de ganancia y margen de fase, evaluación en diagramas logarítmicos y polares.

Velocidad: Evaluación mediante valores de lazo abierto y de lazo cerrado.

Exactitud: Evaluación mediante las aproximaciones de Bode del módulo de la ganancia del lazo.

Sensibilidad: interpretación de las gráficas de las funciones sensibilidad y sensibilidad complementaria en lo referente al diseño.

Tema 9 Diseño del controlador

Efectos del agregado de polos y ceros dentro del lazo de control. Etapas y procedimientos generales a seguir en el diseño de un sistema de control realimentado. Acciones básicas de control: On-Off, Proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D). Compensador por Ajuste de Ganancia, su filosofía. Diseño en el plano S usando el método del lugar de las raíces. Diseño en el dominio frecuencia usando diagramas de Bode.

Bibliografía sugerida disponible en la biblioteca de la FACEyT

Título	Autor	Editorial	Año
Linear Control Systems.	Melsa, James L. Schultz, Donald G.	McGraw-Hill	1969
Linear Control Systems: Analysis and Design.	D'azzo, J. J. Houpis, C. H.	Mc Grow Hill	1969
Fundamentals of Automatics Control	Gupta, Hasdorff,	John Wiley & Son.	1970
Sistemas de Control Lineal	Rohrs, Charles E. Melsa, J.- Schultz, D.	Mc Graw-Hill	1993
Ingeniería de Control moderna; 4° Edición	Ogata, Katsuhiko	Prentice-Hall	2003

Ingeniería de Control moderna; 1° Edición	Ogata, Katsuhiko	Prentice-Hall	1974
Sistemas de Control Automático; 7° Edición	Kuo, Benjamin	Prentice-Hall	1996
Sistemas Automáticos de Control. 2° Edición	Kuo, Benjamin	CECSA	1970
Sistemas Realimentados de Control. Análisis y Síntesis	D'azzo, J. J. Houpis, C. H.	Paraninfo	1989
Problemas de Ingeniería de Control usando Matlab	Ogata, Katsuhiko	Prentice Hall	1999
Sistemas de Control en Ingeniería	Lewis, Paul Yang, Chang	Prentice-Hall	1999
Sistemas de Control Moderno; 10° Edición	Dorf, Richard Bishop, Robert	Prentice-Hall	2005
Control de Sistemas Dinámicos Con Realimentación	Franklin, Gene Powell, David	Addison- Wesley	1991
Dinámica de Sistemas y Control	Umez-Eronini, E. I.	Thomson	2001

Publicaciones de Cátedra

Título	Autor(es)	Editorial	Año de edición
COMPENSADOR EN SERIE PARA SISTEMAS REALIMENTADOS. Diseño con el Método Loop-Shaping usando los diagramas de Bode	Ing. Rubén del Valle Fadel	Asociación Cooperadora de la FACEyT	2010
SISTEMAS DE CONTROL LINEALES E INVARIANTES EN EL TIEMPO. Su respuesta en el tiempo mediante el método clásico y moderno.	Badar Raúl Hassan	Asociación Cooperadora de la FACEyT	2003