

REGULACIÓN AUTOMÁTICA

ING. TEC. IND. ELECTRÓNICA

1^{er} Cuatrimestre: Martes 12:30-14:30 16:00-17:00

2^o Cuatrimestre: Jueves 12:30-14:30 16:00-17:00

Profesor: Andrés S. Vázquez

email: AndresS.Vazquez@uclm.es

I. Presentación de la asignatura

En la industria un ingeniero técnico puede encontrarse con sistemas que necesitan un elemento de control automático o regulador. El ingeniero debe ser capaz de analizar el comportamiento del sistema físico, planta o proceso a regular y debe ser capaz de diseñar un regulador que haga que dicho proceso o planta cumpla unos requerimientos dados. Una vez realizado el diseño, el ingeniero debe ser capaz de implementar dicho regulador y saber elegir los componentes necesarios para la integración de dicho regulador dentro de la planta o proceso a controlar.

Por ello, en esta asignatura se le ofrece al alumno los conocimientos teóricos básicos para el estudio de sistemas continuos y para el diseño de reguladores utilizando la teoría de control. Junto a los conceptos teóricos, al alumno también se le ofrece conocimientos prácticos para el análisis de sistemas mediante el ordenador con aplicaciones software de análisis, desarrollo y simulación como son Matlab y Simulink. Por último, el alumno también tiene la oportunidad de experimentar en sistemas reales de regulación mediante módulos de prácticas de control de motores o módulos de prácticas para levitación magnética.

II. Objetivos

- Conocer la utilidad del control automático de sistemas y cuales son sus aplicaciones en la industria o en los productos de consumo.
- Saber utilizar las herramientas matemáticas necesarias para:
 - Modelado matemático de sistemas, fundamentos de carácter electrónico y electromecánico.
 - Análisis dinámico de sistemas en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
- Entender los conceptos relacionados con el régimen permanente y el régimen transitorio de un sistema.
- Entender y saber aplicar los conceptos de estabilidad, realimentación y control.
- Conocer los conceptos básicos empleados en regulación automática en tiempo continuo.
- Llevar a la práctica en el laboratorio los conceptos y procedimientos de diseño.
- Tomar decisiones sobre la estructura de control más adecuada a implantar.

III. Temario

(PRIMER CUATRIMESTRE)

Parte A: ANÁLISIS EN LAZO ABIERTO.

RESUMEN: Descripción, representación y análisis de los sistemas continuos mediante las técnicas basadas en la función de transferencia.

- Módulo I. Conceptos básicos -

- Tema 1. Concepto de regulación automática
- Tema 2. Concepto de sistema
- Tema 3. Revisión de transformaciones integrales
 - 3.1 Concepto de transformación
 - 3.2 Series de Fourier
 - 3.3 Transformada de Fourier
 - 3.4 Transformada de Laplace
 - 3.5 Transformada de Laplace de funciones típicas
 - 3.6 Propiedades de la transformada de Laplace
 - 3.7 Transformada inversa de Laplace

- Módulo II: Descripción y representación de los sistemas y señales continuos -

- Tema 4. Descripción analítica de las señales
 - 4.1 Diagrama estructural
 - 4.2 Normalización y Linealización
 - 4.3 Concepto de función de transferencia
 - 4.4 Condiciones iniciales no nulas
 - 4.5 Diagrama funcional o de bloques
- Tema 5. Representación de los sistemas
 - 5.1 Conexión de bloques en serie
 - 5.2 Conexión de bloques en paralelo
 - 5.3 Sistemas en bucle cerrado
 - 5.4 Trasposición de sumadores y puntos de bifurcación
 - 5.5 Diagramas de flujo de señal
 - 5.6 Reducción de diagramas de flujo de señal
 - 5.7 Fórmula general de Mason
- Tema 6. Funciones de transferencia de algunos elementos y sistemas físicos
 - 6.1 Sistemas Electromecánicos
 - 6.2 Fuerza aplicada a un sistema compuesto por una masa, un muelle y un atenuador con rozamiento viscoso

- Módulo III. Análisis de sistemas continuos

- Tema 7. Análisis en el dominio del tiempo. Respuesta Impulsional
 - 7.1 Respuesta impulsional
 - 7.2 Respuesta a escalón unitario
 - 7.3 Respuesta a una señal cualquiera

- 7.4 Señales de entrada normalizadas
- 7.5 Influencia en la respuesta transitoria de los polos y ceros
- Tema 8: Sistemas de primer orden
 - 8.1 Respuesta impulsional
 - 8.2 Respuesta a escalón unitario
 - 8.3 Respuesta a la rampa unitaria
- Tema 9: Sistemas de segundo orden
 - 9.1 Función de transferencia del sistema de segundo orden
 - 9.2 Forma adimensional de la función de transferencia
 - 9.3 Respuesta impulsional
 - 9.4 Respuesta al escalón unitario
 - 9.5 Caracterización de la respuesta transitoria
 - 9.6 Respuesta a una rampa unitaria
- Tema 10: Sistemas de orden superior
 - 10.1 Sistemas de segundo orden con un cero adicional
 - 10.2 Sistemas de segundo orden con un polo adicional
 - 10.3 Retardo Puro
 - 10.4 Método general para obtener la respuesta transitoria
- Tema 11: Estabilidad
 - 11.1 Criterio de estabilidad de Routh
 - 11.2 Casos especiales
 - 11.3 Aplicaciones discretas al análisis de sistemas de regulación

- Módulo IV: Análisis de la respuesta en frecuencia -

- Tema 12. Introducción al análisis en frecuencia
 - 12.1 Respuesta en frecuencia
 - 12.2 Respuesta en frecuencia y diagrama cero-polar
- Tema 13. Diagramas de bode
 - 13.1 Representación gráfica de la respuesta en frecuencia
 - 13.2 Diagramas logarítmicos o de Bode
 - 13.3 Trazado de los diagramas de Bode
 - 13.4 Normativa para el trazado logarítmico de la respuesta en frecuencia
 - 13.5 Relación entre las curvas de ganancia y de ángulo de fase

(SEGUNDO CUATRIMESTE)

PARTE B: ANÁLISIS DE SISTEMAS CONTINUOS EN CADENA CERRADA

RESUMEN: Análisis estático y dinámico de los sistemas de control: error en régimen permanente, lugar de las raíces. Estabilidad en el dominio de la frecuencia.

- Tema 1. Introducción
- Tema 2. Análisis estático de los sistemas de control
 - 2.1 Error en régimen permanente
 - 2.2 Señales de entrada y tipo de un sistema
 - 2.3 Errores ante entradas típicas.
 - 2.4 Sistema con realimentación no unitaria

- 2.5 Perturbaciones
- Tema 3. Análisis dinámico de los sistemas realimentados (I)
 - 3.1 Lugar de las raíces
 - 3.2 Criterios del módulo y del argumento
 - 3.3 Reglas para el trazado del lugar de las raíces
- Tema 4. Análisis dinámico de los sistemas realimentados (II)
 - 4.1 Lugares de las raíces de sistemas continuos típicos
 - 4.2 Lugar de las raíces generalizado
- Tema 5. Estudio de la estabilidad en el dominio de la frecuencia
 - 5.1 Introducción
 - 5.2 Principio del argumento
 - 5.3 Criterio de estabilidad de Nyquist para sistemas continuos
 - 5.4 Aplicaciones
- Tema 6. Respuesta en frecuencia de sistemas realimentados
 - 6.1 Estabilidad relativa
 - 6.2 Márgenes de ganancia y de fase
 - 6.3 Especificaciones en el dominio de la frecuencia
 - 6.4 Ábacos de Hall y Nichols

PARTE C. DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL CONTINUOS

RESUMEN: Diseño de sistemas de control continuos mediante lugar de las raíces y mediante técnicas frecuenciales.

- Tema 7. Diseño de sistemas de control
 - 7.1 El problema del diseño
 - 7.2 Tipos de compensación
 - 7.3 Metodología para el diseño de compensadores
 - 7.4 Síntesis directa
 - 7.5 Condiciones básicas exigibles al sistema de regulación
 - 7.6 Especificaciones de funcionamiento
- Tema 8 Reguladores: diseño con el lugar de las raíces
 - 8.1 Acción proporcional: reguladores P.
 - 8.2 Acción integral: reguladores P.I.
 - 8.3 Acción derivativa: reguladores P.D.
 - 8.4 Reguladores P.I.D.
- Tema 9. Redes: diseño con técnicas frecuenciales
 - 9.1 Introducción
 - 9.2 Red de adelanto de fase
 - 9.3 Red de atraso de fase
 - 9.4 Red de adelanto-atraso de fase
 - 9.5 Realización de redes
- Tema 10 Otros esquemas de control
 - 10.1 Control por realimentación múltiple
 - 10.2 Sistemas con prealimentación

IV. Metodología

Clases teóricas:

- Descripción mediante pizarra, con apoyo de transparencias y simulaciones en PC de los conceptos básicos de la asignatura. Por ejemplo, para la explicación del *lugar de las raíces* se utiliza la pizarra y transparencias para ver conceptos teóricos, y al mismo tiempo se utiliza un proyector con un ordenador para simular el comportamiento de los sistemas según varíe el *lugar de las raíces*. Esto da al alumno, en el mismo momento de la explicación teórica, una visión mas clara de la utilidad de este método gráfico que define el comportamiento de un sistema.
- Descripción mediante pizarra con apoyo de transparencias y simulaciones en PC de los elementos o módulos físicos que se utilizarán en la clase de prácticas

Clases prácticas de laboratorio:

- Enseñanza del lenguaje y/o entorno de programación Matlab para la aplicación de los conceptos y problemas de las clases teóricas en el ordenador. Este entorno de programación le servirá al alumno no solo para la asignatura, sino que podrá ser utilizado para analizar, diseñar y resolver aplicaciones científicas mediante ordenador.
- Prácticas en Matlab y Simulink. Los alumnos divididos en grupos deberán realizar de forma obligatoria una lista de prácticas. Cada práctica está relacionada con un concepto fundamental de la asignatura. Mediante estas prácticas el alumno podrá asentar los conocimientos teóricos y tendrá capacidad de utilizar el computador para resolver los problemas básicos de control automático.
- Práctica final sobre un sistema físico de regulación real. Los alumnos deberán utilizar todos los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante el curso para diseñar un controlador sobre una planta real compuesta por un módulo de prácticas que puede ser el control de un motor continuo o el control de un sistema de levitación magnética. Esta práctica dará una visión más real de la utilidad del análisis de sistemas y el diseño de reguladores.

V. Evaluación

La evaluación de la asignatura será un 80% de la parte teórica mediante exámenes escritos y un 20% de las prácticas mediante la evaluación de los informes de las prácticas realizadas. Para aprobar la asignatura el alumno tendrá que tener aprobadas ambas partes por separado.

Se realizará un examen parcial coincidiendo con el final de primer cuatrimestre. Aquellos alumnos que saquen más de un 4 en este examen podrán presentarse al segundo examen parcial que se realizara al final del curso. Aquellos alumnos que no aprueben la parte teórica por parciales para aprobar deberán presentarse a los exámenes finales con toda materia de la asignatura independientemente de si aprobaron o no el primer cuatrimestre.

Las prácticas son de asistencia obligatoria. El alumno deberá presentar, al finalizar el curso, una memoria con los informes de todas las prácticas realizadas. Dicho informe determinará la nota final de prácticas.

VI. Bibliografía

- E. Andrés Puente.: “Regulación Automática”, Sección de publicaciones de la E.T.S.I.I. de la Universidad Politécnica de Madrid. 1980.
- A. Barrientos, R. Sanz, F. Matía. E. Gamba. : “Control de Sistemas Continuos, Problemas Resueltos”.
- DiStefano, J.J.; Stubberud, A.R.; Williams, I.J.: “Retroalimentación y Sistemas de Control”, McGraw Hill, 1982.
- Ogata, K.: “Ingeniería de Control Moderna”, Prentice Hall, 1993