Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ingenieria y Ciencias Economicas y Sociales
Departamento: Ingenieria
Area: Electronica y Control

(Programa del año 2008)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 30/10/2008 18:39:35)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Sistemas de Control	Ing. Electronica	7/02	4	1c

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
RECABARREN, ARMANDO ALBERTO	Prof. Responsable	CONTRATO	Hs
REZZANO, HUGO MARIO	Responsable de Práctico	JTP EXC	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
6 Hs	3 Hs	2 Hs	1 Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	1 Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
10/03/2008	20/06/2008	15	90

IV - Fundamentación

El curso de Sistemas de Control es una asignatura de cuarto año de la carrera ingeniería Electricista Electrónica y quinto año de la carrera ingeniería Electromecánica.
Básicamente comprende el cuerpo de la teoría de control desde los puntos de vista clásico y moderno, es decir, el análisis y diseño de controladores a partir del enfoque de la frecuencia compleja y del espacio de estado.
Esto posibilita en el alumno, el poder estudiar y comprender el principio de funcionamiento de las distintas modalidades de control automático desde, los lazos simples, hasta las configuraciones más complejas, constituyendo una base sólida para emprender y catapultarse hacia estudios superiores de especialización.
Se incluye un enfoque práctico de la disciplina para su implementación directa en el campo profesional , en lo relativo al desarrollo tecnológico de automatismos industriales.

V - Objetivos

El alumno que apruebe el curso deberá estar capacitado para:
a) Analizar y diseñar sistemas automáticos de control mediante el uso de las herramientas del Control clasico.
b) Analizar y diseñar sistemas automáticos de control mediante el uso de las herramientas del Control moderno.
c) Realizar estudios de simulación mediante el uso de software dedicado.
d) Modelar sistemas dinámicos físicos desde el punto de vista analítico.
e) Ajustar controladores industriales.
f) Identificar en instalaciones y equipos industriales automatizados, los bloques funcionales de los sistemas automáticos intervinientes, poder determinar sus elementos constitutivos, estructura, estrategia de control utilizada, predisposición de los parámetros, etc.

g) Poder realizar estudios de especialización en control automático.

VI - Contenidos

UNIDAD I LOS SISTEMAS DE CONTROL

Concepto de control. Los sistemas de control. Clasificación. Ejemplos. Definiciones. Control de lazo abierto y de lazo cerrado. Concepto de realimentación y precompensación. Sistemas de control realimentados y mandos automáticos. Elementos que componen un Sistema de Control Realimentado (S.C.R.).

Características fundamentales de los S.C.R. Exactitud, estabilidad, Sensibilidad a la variación de los parámetros, efecto de las no linealidades, efecto de los ruidos externos.

Sistemas de control realimentado de lazo simple, en cascada y múltiples. Control adaptivo. Control jerárquico. Control óptimo. Control distribuido.

Software CACSD para diseño de sistemas de control. (Matlab, CC).

UNIDAD II MODELOS MATEMATICOS DE LOS SISTEMAS FISICOS

Modelos de sistemas. Modelo matemático. Formas de representación. Determinación de los modelos. Límites de validez de los modelos adoptados. Sistemas no lineales. Linealización de sistemas no lineales.

Determinación analítica de las ecuaciones diferenciales de los sistemas físicos (Eléctricos, Mecánicos, Hidráulicos, Térmicos, Neumáticos). Ecuación de Lagrange. Variables generalizadas. Analogías de distintos sistemas físicos.

Determinación experimental de los modelos. Modelos paramétricos y no paramétricos. Identificación experimental.

Función de trasferencia de los sistemas lineales. Obtención. Importancia y limitaciones. Diagramas de bloques. Gráficos de flujo de señales. Álgebra de diagramas de bloques. Fórmula de Mason. Linealización de sistemas no lineales.

Modelos de sistemas por método del espacio de estado: concepto de estado, elección de las variables de estado, ecuación de estado. Relación entre la f.de t. y la descripción por espacio de estado. Diagramas de estado.

Simulación de sistemas dinámicos. Características básicas. Módulos componentes. Planteo e implementación de sistemas dinámicos en programa de simulación digital. Diferencias y similitudes con computadora analógica.

UNIDAD III ANÁLISIS DE RESPUESTA TRANSITORIA Y ESTABILIDAD

Señales de entrada tipo. Escalón unitario, impulso unitario, rampa, sinusoide. Respuesta al impulso, escalón y rampa de sistemas de primer orden. Respuesta al escalón unitario de sistemas de segundo orden. Relación entre las salidas a las señales indicadas en sistemas lineales invariantes en el tiempo.

Especificaciones de respuesta transitoria. Tiempo de retado, tiempo de crecimiento, máximo sobreimpulso, tiempo de establecimiento, tiempo de pico.

Sistemas de ordenes superiores. Respuesta al escalón unitario. Polos dominantes de lazo cerrado.

Definición de estabilidad. Estabilidad BIBO. Estabilidad absoluta y relativa. Análisis de estabilidad en el plano complejo, localización de las raíces características.

Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz. Casos especiales. Análisis de estabilidad relativa. Aplicación del criterio de estabilidad de Routh en sistemas de control.

Solución de la ecuación de estado invariante en el tiempo. Matriz de transición del estado. Propiedades. Ecuaciones de estado homogéneas y no homogéneas.

UNIDAD IV ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL Y TIPOS DE SISTEMAS

Control de dos posiciones. Relé ideal. Brecha diferencial.

Control proporcional. S.C.R. con control proporcional. Análisis de transitorio y error estacionario. Control proporcional en un sistema de primer orden. Control proporcional de sistemas con carga inercial.

Control integral. Control proporcional-integral. S.C.R. con control integral y proporcional-integral. Integrador “antiwindup”. Análisis de transitorio y error estacionario.

Control proporcional-derivativo. S.C.R. con control proporcional-derivativo. Análisis de transitorio y error estacionario. Control proporcional-derivativo de un sistema con carga inercial.

Controladores neumáticos, hidráulicos y electrónicos.

Análisis de error en estado estacionario. Tipos de sistemas. Coeficientes de error estático. Introducción a la optimización de sistemas. Índices de error de desempeño.

Reguladores PID. Consideraciones generales y calibración. Consideraciones constructivas. Ajuste experimental de los coeficientes. Métodos de sintonización: método de la respuesta en lazo abierto, método de la oscilación permanente.

UNIDAD V. ANÁLISIS DEL LUGAR DE LAS RAICES

Diagrama del lugar de las raíces. Condiciones de módulo y ángulo. Diagrama del lugar de las raíces cuando el parámetro no es un factor.

Reglas generales para construir el lugar de las raíces.

Análisis de los S.C.R. utilizando lugar de las raíces. Configuraciones típicas de polos y ceros y sus lugares de raíces. Lugar de relación de amortiguación, frecuencias naturales, amortiguadas y no amortiguadas, constantes.

Lugar de las raíces para sistemas con retardo de transporte.

UNIDAD VI. ANÁLISIS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

Análisis de sistemas ante entradas senoidales. Respuesta en frecuencia a partir del diagrama de polos y ceros.

Diagrama de Bode. Trazados para sistemas de fase mínima y no mínima. Frecuencia de resonancia y pico de resonancia.

Retardo de transporte. Determinación de los coeficientes de error estáticos. Análisis de estabilidad relativa.

Diagramas polares. Factores integral y derivativo, de primer orden y de segundo orden, retardo de transporte. Forma general de los diagramas polares.

Criterio de estabilidad de Nyquist. Teorema de representación. Sistemas de lazo múltiple. Retardo de transporte. Efecto sobre la estabilidad por la adición de un polo o un cero. Diagrama simplificado de Nyquist. Márgenes de fase y ganancia.

Relación entre respuesta transitoria al escalón y respuesta en frecuencia.

Lugar de Black. Características comparativas. Análisis de estabilidad relativa. Respuesta de frecuencia de los S.C.R. Carta de Nichols.

UNIDAD VII. TECNICAS DE PROYECTO Y COMPENSACION

Consideraciones generales de proyecto. Especificaciones de comportamiento. Métodos generales de compensación.

Características básicas de los compensadores. Consideraciones de diseño.

Compensación en adelanto. Circuito electrónico de compensador de adelanto. Diseño de compensadores en adelanto por el método del lugar de las raíces y por respuesta en frecuencia.

Compensación en atraso. Circuito electrónico de compensador de atraso. Diseño de compensadores en atraso por el método del lugar de las raíces y por respuesta en frecuencia.

Compensación en atraso-adelanto. Diseño de compensadores en atraso-adelanto por el método del lugar de las raíces y por respuesta en frecuencia.

UNIDAD VIII. ANALISIS DE SISTEMAS DE CONTROL CON EL ESPACIO DE ESTADO

Conceptos básicos para el análisis de sistemas de control en el espacio de estado. Autovalores de una matriz. Transformación de una matriz. Invariancia de autovalores. Teorema de Cayley-Hamilton. Cálculo de la matriz de transición del estado. Matriz de transferencia.

Controlabilidad del estado completo de sistemas lineales continuos en el tiempo. Condición de Controlabilidad.

Observabilidad completa de sistema lineales continuos en el tiempo. Condición para la observabilidad.

Relaciones entre controlabilidad, observabilidad y funciones de transferencia Principio de dualidad.

Formas canónicas de las ecuaciones de estado: programación directa, programación anidada, programación en expansión en fracciones parciales, controlable y observable.

Análisis de estabilidad de Liapunov. Segundo método de Liapunov. Estabilidad asintótica. Teorema de estabilidad de Liapunov. Análisis de estabilidad de Liapunov para sistemas lineales invariantes en el tiempo.

UNIDAD IX. SÍNTESIS DE SISTEMAS DE CONTROL CON EL ESPACIO DE ESTADO

Síntesis de sistemas de control por asignación de autovalores. Condición necesaria y suficiente para la asignación arbitraria de polos. Fórmula de Ackermann.

Observadores de estado. Diseño de observadores de estado de orden completo. Efecto de la adición de un observador a un sistema de lazo cerrado.

Observadores de orden mínimo.

Diseño de servosistemas.

Sistemas de control óptimo cuadrático.

UNIDAD X. SISTEMAS DE TIEMPO DISCRETO

Introducción a los sistemas de control de tiempo discreto. Sistemas de control digital. La transformada z. Solución de ecuaciones diferencia por el método de la transformada z. Función de transferencia de pulsos.

Propiedades en el dominio temporal de sistemas de tiempo discreto.
Representación de sistemas de tiempo discreto con el espacio de estado.
Solución de la ecuación de estado de tiempo discreto. Discretización de ecuaciones de estado de tiempo continuo.
Análisis de estabilidad en el plano z.
Implementación digital del control PID.
Controladores digitales. Realizabilidad física. Programación por descomposición directa; cascada; paralelo. Compensadores en adelanto y atraso en el dominio w.
Diseño por asignación de autovalores con realimentación del estado.

UNIDAD XI. ACTUADORES Y SENSORES
Oleohidráulica. Convencional, proporcional y servohidráulica. Servoválvula hidráulica.
Servomotor bifásico.
Motor paso a paso.
Servomotor de corriente continua. Características comparativas contructivas y dinámicas con relación a motores convencionales. Control de posición y velocidad.
Estructuras y características de sensores y transductores. Sensores de posición, velocidad, aceleración, temperatura, fuerza y presión, nivel, caudal, radiación electromagnética.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Resolución de problema: se entregará una guía de trabajos prácticos con ejercicios correspondientes a los temas desarrollados en las clases teóricas.

VIII - Regimen de Aprobación

Regimen de alumnos regulares:

Se accede a la condición de regular de la asignatura si se cumplen los siguientes requisitos:

1. Aprobar los dos exámenes parciales, o sus correspondientes recuperaciones, con calificación superior o igual a 6 (seis), en una escala de 0 a 10.
2. Aprobar la totalidad de los trabajos de laboratorios.

Para aprobar el curso, el alumno será evaluado en un examen final oral sobre temas que solicite el tribunal.

Régimen de alumnos libres:

Un alumno libre, deberá rendir un examen escrito eliminatorio cuyos temas se basan en los trabajos prácticos de la asignatura.
Si aprueba esta instancia, el alumno será evaluado en un examen final oral sobre temas teóricos que solicite el tribunal.

IX - Bibliografía Básica

[1] [1] Ogata, Katsuhiko, Ingeniería de Control Moderna, Prentice-Hall, 3ra Edición, 1998
[2] [2] Kuo, B., Sistemas Automáticos de Control, Prentice-Hall, 7a Edición, 1995
[3] [3] Apuntes de cátedra.

X - Bibliografia Complementaria

[1] [1] Mundo Electrónico, Electrónica y Automática Industriales, Marcombo.
[2] [2] Di Stefano, Retroalimentación y Sistemas de Control, Mc Graw Hill.
[3] [3] D\'Azzo Houpis, Sistemas Realimentados de Control, diseño convencional y moderno, Paraninfo.
[4] [4] Creus A., Simulación y Control de Procesos por ordenador, Marcombo.
[5] [5] L.Ljung, T.Glad, Modeling of Dynamic Systems, Prentice may International, 1994

[6] [6] Corominas J., Introducción al control de procesos por ordenador, Univ. Nacional Politécnica de Barcelona.
[7] [7] Creus A., Instrumentos Industriales su ajuste y calibración, Marcombo.
[8] [8] Siegfried, Técnica de los sistemas electrónicos de mando y regulación, Marcombo.
[9] [9] Hasebrink/Kobler, Técnica del mando automático, Manual Festo.
[10] [10] Stute Gottfried y otros, Electric Feed Drives for Machine Tools, Siemens Aktiengesellschaft, John Wiley & Sons, 1981.
[11] [11] Möltgen Gottfried, Convertidores estáticos - Introducción a su teoría y funcionamento, Siemens Aktiengesellschaft, Marcombo S.A. 1986.

XI - Resumen de Objetivos

Que el alumno esté capacitado para:
- Analizar y diseñar sistemas automáticos de control mediante el uso de las herramientas del Control clasico y moderno.
- Realizar modelado de sistemas dinámicos y simulación mediante el uso de software dedicado.
- Seleccionar y ajustar controladores industriales.
- Identificar en instalaciones y equipos industriales automatizados, los bloques funcionales de los sistemas automáticos intervinientes, poder determinar sus elementos constitutivos, estructura, estrategia de control utilizada, predisposición de los parámetros, etc.

XII - Resumen del Programa

La asignatura está estructurada en los siguientes temas básicos:
- Los sistemas de control
- Modelos matemáticos de sistemas físicos
- Análisis de respuesta transitoria y estabilidad
- Acciones básicas de control y tipos de sistemas
- Análisis del lugar de las raíces
- Análisis de respuesta en frecuencia
- Técnicas de proyecto y compensación
- Análisis de sistemas de control con el espacio de estado
- Síntesis de sistemas de control con el espacio de estado
- Sistemas de tiempo discreto
- Actuadores y sensores

XIII - Imprevistos

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	