Ministerio de Cultura y Educación **(Programa del año 2007)**
Universidad Nacional de San Luis **(Programa en trámite de aprobación)**
Facultad de Ingenieria y Ciencias Economicas y Sociales **(Presentado el 15/02/2008 20:16:11)**
Departamento: Ingenieria
Area: Electronica y Control

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Sistemas de Control	Ing. Electronica	7/02	4	1c
Sistemas de Control	Ing.Electric.Electró	2/99	4	1c

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
RECABARREN, ARMANDO ALBERTO	Prof. Responsable	CONTRATO	Hs
REZZANO, HUGO MARIO	Responsable de Práctico	A.1RA SEM	20 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	**Teóricas**	**Prácticas de Aula**	**Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.**	**Total**
Hs	2 Hs	3 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**
12/03/2007	15/06/2007	15	90

IV - Fundamentación

Sistemas de Control es un curso de cuarto año de la carrera de Ingeniería Electrónica y tercer 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 el desarrollo tecnológico de automatismos Las unidades si bien tienen una correlatividad vertical, en varios casos se trabajará en paralelo, mediante el uso de medios informáticos; los cuales facilitarán la comprensión y utilización de conceptos aprehendidos y se alternarán los fundamentos teóricos con las ejercitaciones prácticas, realización de modelos con auxilio de DAC y Mat Lab en la variable del tiempo y la ejecución de modelos reales

V - Objetivos

El alumno que apruebe el curso deberá estar capacitado para:
Utilizar las herramientas del control clásico. Analizar y diseñar sistemas automáticos de control. Realizar simulación de sistemas mediante el uso sistemático del software específico, además de modelar analíticamente sistemas dinámicos. Identificar en instalaciones y equipos industriales automatizados, los bloques funcionales de los sistemas automáticos intervinientes. Determinar sus elementos constitutivos, estructura estrategia de control utilizado, etc.

Realizar estudios de especialización en control automático.

VI - Contenidos

UNIDAD I LOS SISTEMAS DE CONTROL

Dado que el control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ciencia y la ingeniería, como por ejemplo en el control numérico de máquinas herramientas de la industria de la manufactura, en el diseño de piloto automático, en las operaciones industriales, etc., trataremos de analizar cada caso general y veremos las definiciones de control y comparaciones entre diferentes sistemas de control, realimentados y no, jerárquico, óptimo, etc.- De la misma forma trataremos de lograr el dominio del software específico a utilizar.
Contenidos sugeridos: Concepto de control. Clasificación. Control de lazo abierto y de lazo cerrado. Elementos que componen un sistema de control realimentado (SCR). SCR de lazo simple, en cascada y múltiples. Control Adaptivo, Jerárquico, Óptimo y Distribuido. Software CACSD para diseño de sistemas de control (Matlab).

UNIDAD II MODELOS MATEMATICOS DE LOS SISTEMAS FISICOS

Un primer paso en el análisis y diseño de S. de C., es el modelado matemático de sistemas controlados. Primero definiremos el conjunto de variables que describen las características dinámicas del proceso, relacionaremos las mismas, veremos las leyes físicas que conllevan a ecuaciones matemáticas que describen la dinámica del sistema. Estas ecuaciones pueden ser lineales o no, variantes o invariantes en el tiempo. Por razones prácticas para establecer la relación entre la/s señal/es de entrada y la/s de salida en un sistema, trabajaremos con suposición, identificación, linealización y modelado. Representándolos mediante Diagramas de Bloques, Gráfico de Flujo de señal y Diagramas de Estado.
Contenidos Sugeridos: Modelos de sistemas. Modelo matemático. Formas de representación. 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 (Analogías de distintos sistemas físicos. Determinación experimental de los modelos. Identificación experimental. Función de transferencia de los sistemas lineales.. 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

Una vez obtenido el modelo matemático de un Sistema de Control,, existen varios métodos para el análisis del desempeño del sistema; vamos a suponer que las señales de entrada no son aleatorias, sino que responden a un tipo determinado y las tomaremos como señales de prueba. Luego analizaremos el comportamiento del sistema, analizaremos su estabilidad tanto absoluta como relativa y para ello utilizaremos diferentes criterios de análisis. El uso de señales de prueba se justifica porque existe una correlación entre las características de respuesta de un sistema para una señal de entrada de prueba común y la capacidad del sistema de manejar señales de entrada reales.
Contenidos Sugeridos: Señales de entrada tipo. Respuesta de sistemas de primer orden y de segundo orden. Relación entre las salidas a las diferentes señales en sistemas lineales invariantes en el tiempo. Especificaciones de respuesta transitoria. Sistemas de ordenes superiores. Respuesta al escalón unitario. Polos dominantes de lazo cerrado.
Definición de estabilidad. Estabilidad BIBO. Análisis de estabilidad en el plano complejo, localización de las raíces características. Criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz. Casos especiales. Análisis de estabilidad relativa. Solución de la ecuación de estado invariante en el tiempo. Matriz de transición del estado. Estabilidad absoluta y relativa. Propiedades. Ecuaciones de estado.

UNIDAD IV ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL Y TIPOS DE SISTEMAS

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (valor deseado) , determina la desviación y produce la señal de control que reducirá la desviación a cero. La manera en que el controlador automático produce la señal de control, se denomina señal de control. Analizaremos primero las acciones de control básicas y luego veremos los efectos de las acciones integral y derivativa, después veremos la respuesta de sistemas de orden superior. Ello nos llevará a considerar el lugar donde estén ubicados los polos en lazo cerrado y analizaremos la estabilidad y el error en cada caso.
Contenido Sugeridos:

Tipos diferentes de Controladores. Características. Control proporcional. S.C.R. en un sistema de primer orden y de sistemas con carga inercial. Control proporcional-integral y proporcional-derivativo. S.C.R. con control integral, proporcional-integral y proporcional-derivativo. Integrador “antiwindup”. Controladores neumáticos, hidráulicos y electrónicos. Análisis de error en estado estacionario y transitorio en cada caso. 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

La característica básica de la respuesta transitoria de un sistema en lazo cerrado, se relaciona estrechamente con la ubicación de los polos en lazo cerrado, y esta depende del valor de la ganancia de lazo elegida. En algunos casos ajustando la ganancia en el sistema se mueven los polos al lugar deseado, en la más de las veces no ocurre así y se debe agregar al sistema un compensador. Por lo tanto nos ocuparemos de localizar las raíces de la ecuación y modificarlos. Para ello usaremos ampliamente el software disponible.

Contenidos Sugeridos:

Diagrama del lugar de las raíces. Condiciones de módulo y ángulo. 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

En esta unidad nos referimos a la respuesta del sistema en estado estable ante una entrada senoidal. En los métodos de respuesta en frecuencia, la señal de entrada se varía cierto rango para estudiar la respuesta resultante. Determinaremos la estabilidad por diferentes criterios, por ejemplo el de Nyquist y por las trazas de Bode y Logarítmicas. Este enfoque permitirá diseñar un sistema en el que se desprecien los efectos inconvenientes del ruido.

Contenidos Sugeridos:

Análisis de sistemas ante entradas senoidales. Diagrama de polos y ceros. Diagrama de Bode. Trazados para sistemas de fase mínima y no mínima. Frecuencia 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. Forma general de los diagramas polares. Criterio de estabilidad de Nyquist. Relación entre respuesta transitoria al escalón y respuesta en frecuencia. Lugar de Black. Respuesta de frecuencia de los S.C.R. Carta de Nichols.

UNIDAD VII. TECNICAS DE PROYECTO Y COMPENSACION

En esta unidad vamos a ver los procedimientos para el diseño y compensación de sistemas de control de una sola entrada y una sola salida (SISO) e invariantes en el tiempo. La compensación es la modificación de la dinámica del sistema, realizada para satisfacer las especificaciones determinadas. El enfoque que se usará para el diseño y la compensación será el del Lugar Geométrico de las Raíces y el de Respuesta en Frecuencia.

Contenidos sugeridos:

Consideraciones generales de proyecto. Especificaciones. Métodos generales de compensación. Características básicas de los compensadores. Consideraciones de diseño.

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

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

Un sistema de control modero posee muchas entradas y muchas salidas que se relacionan entre sí en forma complicada. Para analizarlos, hay que reducir la complejidad de las ecuaciones matemáticas, además de recurrir a la computadora para que realice los cálculos necesarios en el análisis. El enfoque en el espacio de estado es el más conveniente desde este punto de vista. Por eso para observar y controlar un sistema introduciremos conceptos de fundamental importancia en el análisis.

Contenidos Sugeridos:

Conceptos básicos para el análisis de sistemas de control en el espacio de estado. Autovalores de una matriz. Controlabilidad. Observabilidad .Relaciones entre controlabilidad, observabilidad y funciones de transferencia Principio de dualidad. Formas canónicas de las ecuaciones de estado. Análisis de estabilidad de Liapunov.

UNIDAD IX. SÍNTESIS DE SISTEMAS DE CONTROL CON EL ESPACIO DE ESTADO
En esta unidad, primero nos proponemos analizar el problema de la ubicación de los polos y diseñaremos el sistema del péndulo invertido. Luego analizaremos el diseño de observadores de estado y por último trataremos el diseño de sistemas de seguimiento.
Contenidos Sugeridos:
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.

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.
Los temas a desarrollar serán:
1- Modelado Matemático de Sistemas físicos
2- Diagramas de Bloque, de Flujo y de estado
3- Análisis de Respuesta Transitoria, simulación Digital
4- Acciones Básicas de Control
5- Análisis de Estabilidad
6- Análisis del Lugar de las Raíces
7- Análisis de Respuesta en frecuencia
8- Proyecto y Métodos de Compensación

Trabajo de Laboratorio: Se realizarán trabajos de laboratorio, en donde se simulen y se desarrollen modelos de sistemas previamente establecidos.

VIII - Regimen de Aprobación

Régimen 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 prácticos y 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.
[12] [12] Dutton, Thompson, Barraclough, The Art of Control Engineering, Addison Wesley, 1997.
[13] [13] W.Grantham, T.Vincent, Modern Control Systems, Jhon Wiley & Sons, 1993.
[14] [14] R.Dorf, Modern Control Systems, Addiso-Wesley, 1993.
[15] [15] W.Brogan, Modern Control Theory, Prentice-Hall International, 1991.
[16] [16] P.Bélanger, Control Engineering, Saunders College Publishing, 1995.

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:	