



Universidad Nacional de Moreno
Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología

04

MORENO, 13 MAR 2015

VISTO el Expediente N° UNM:0000003/2015 del Registro de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MORENO; y

CONSIDERANDO:

Que el REGLAMENTO GENERAL ACADÉMICO, aprobado por Resolución UNM-R N° 37/10 y sus modificatorias, el que fuera ratificado por el Acta de la Sesión Ordinaria N° 01/13 del CONSEJO SUPERIOR de fecha 25 de Junio de 2013, establece el procedimiento para la aprobación de las obligaciones curriculares que integran los Planes de Estudios de las carreras que dicta esta UNIVERSIDAD NACIONAL.

Que conforme lo dispuesto en el citado REGLAMENTO GENERAL, se ha elevado una propuesta de Programa de la asignatura: SISTEMAS DE CONTROL (2051), del ÁREA: ELECTRÓNICA, correspondiente al CICLO SUPERIOR de la carrera INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA del DEPARTAMENTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, de esta UNIVERSIDAD, aconsejando su aprobación con vigencia a partir del 1er. Cuatrimestre del Ciclo Lectivo 2015.

Que la SECRETARÍA ACADÉMICA de la UNIVERSIDAD ha

emitido opinión favorable, de conformidad con lo previsto en el artículo 3º de la Parte I del citado REGLAMENTO GENERAL, por cuanto dicho Programa se ajusta a las definiciones enunciadas en el artículo 4º de la Parte I del REGLAMENTO en cuestión, así como también, respecto de las demás disposiciones reglamentarias previstas en el mismo.

Que la SUBSECRETARÍA LEGAL Y TÉCNICA ha tomado la intervención de su competencia.

Que el CONSEJO del DEPARTAMENTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA, en sesión de fecha 8 de enero de 2015, trató y aprobó el Programa propuesto, conforme lo establecido en el artículo 2º de la Parte I del REGLAMENTO GENERAL ACADÉMICO.

Por ello,

EL CONSEJO DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA

DISPONE:

ARTÍCULO 1º.- Aprobar el Programa de la asignatura: SISTEMAS DE CONTROL (2051), del ÁREA: ELECTRÓNICA, correspondiente al CICLO SUPERIOR de la carrera INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA del DEPARTAMENTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA de esta UNIVERSIDAD, con vigencia a partir del 1er. Cuatrimestre del

10/1



Universidad Nacional de Moreno
Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología

04

Ciclo Lectivo 2015, el que como Anexo I forma parte integrante de la presente Disposición.

ARTÍCULO 2º.- Regístrese, comuníquese, dese a la SECRETARÍA ACADÉMICA a sus efectos y archívese.-

DISPOSICIÓN UNM-DCAyT N° 04/15

fy

Mg. JORGE L. ETCHARRAN
DIRECTOR GENERAL DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MORENO



Universidad Nacional de Moreno
Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología

04

ANEXO I

Universidad Nacional de Moreno
Asignatura: SISTEMAS DE CONTROL (2051)

Carrera: INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA (Plan de estudios aprobado por Resolución UNM-R N° 21/10 y su modificatoria UNM-R N° 407/11)¹

Área: Electrónica

Trayecto curricular: Ciclo Superior

Período: 1° y 2° Cuatrimestre - Año 5

Carga horaria: 96 (noventa y seis) horas

Vigencia: A partir del 1° Cuatrimestre 2015

Clases: 32 (treinta y dos)

Régimen: de regularidad o libre

Responsable de la Asignatura: Pablo Damián CERALLO
Programa elaborado por: Pablo Damián CERALLO

FUNDAMENTACIÓN:

Los sistemas de control automáticos se encuentran en la mayoría de los dispositivos que se requieren para desarrollar el quehacer cotidiano.

Dentro de este contexto se requiere que cada vez más los profesionales de la ingeniería apliquen la disciplina del control automático a los diversos campos de la actividad humana.

OBJETIVOS GENERALES:

- Introducir al alumno en los conceptos básicos de la asignatura.
- Capacitar al alumno para el análisis de los sistemas físicos y sus órganos de control, en régimen transitorio y permanente.
- Aplicar los resultados al control automático.

CONTENIDOS MÍNIMOS:

Introducción a los sistemas de control. Características y funciones de transferencia de componentes. Análisis de la respuesta transitoria. Análisis del estado permanente.

1 Se encuentra autorizado por Resol. 2287/13 y 2288/13 del MINISTERIO DE EDUCACIÓN

f
Cey

Clasificación de sistemas. Método del lugar de las raíces. Métodos de respuesta en frecuencia. Estabilidad en el dominio de la frecuencia. Simulación de los sistemas de control. Introducción a las técnicas de variable de estado.

CONTENIDOS ANALÍTICOS

UNIDAD 1 - Introducción a los Sistemas de Control

Revisión de conceptos. Transformada de Laplace. Vectores y fasores. Ecuaciones diferenciales. Sistemas LTI. Solución homogénea y particular. Bosquejo histórico. Técnica de regulación. Procesos. Representaciones gráficas. Diagramas y álgebra de bloques. Diagramas de flujo de señal. Diagramas de simulación analógicos. Regla de Mason. Lazo abierto y lazo cerrado. Función transferencia. Variables de estado. Sistemas SISO y MIMO. Metodología de trabajo en la ingeniería de control. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 2 - Modelado de Sistemas Físicos

Modelos matemáticos y sus aproximaciones. Modelos basados en la función de transferencia (SISO) y en variables de estado (MIMO). Matriz de transferencia. Representación gráfica de sistemas sobre la base de las variables de estado (diagrama de simulación analógica). Obtención del modelos de sistemas mecánicos, hidráulicos, térmicos, eléctricos, de nivel, electrónicos y combinados. Linealización de sistemas no lineales. Obtención de la función transferencia conocido el modelo de estado. Obtención del modelo de estado conocida la función transferencia. Identificación experimental para determinar el modelo. Influencia del error en el modelo y cambio de los parámetros. Función sensibilidad. Concepto de robustez. Ejemplos de Aplicación.

UNIDAD 3 - Dinámica de Sistemas

Procesos con una, dos y tres constantes de tiempo. Raíces complejas de segundo orden. Polos y ceros. Sistemas con tiempo muerto. Respuesta temporal a señales de entrada: impulso de Dirac, escalón, rampa, parábola y exponencial. Respuesta transitoria. Solución mediante la transformada de Laplace de la función transferencia y de las variables de estado. Especificación de la respuesta transitoria sobre la base de la respuesta al escalón. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 4- Análisis del Estado Estacionario

Cary



Universidad Nacional de Moreno
Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología

D 4

Respuesta en estado estacionario a entradas aplicadas en la referencia, perturbación y ruido de la medición. Error en estado estacionario. Sistemas con realimentación unitaria y no unitaria. Error verdadero y error actuante. Tipos de sistemas. Constantes y coeficientes de error. Exactitud de los sistemas de control. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 5 - Sistemas físicos en el campo de las frecuencias

Señales senoidales en sistemas lineales. Diagrama de Bode. Caso de sistemas tipo cero, uno y dos, con y sin ceros. Análisis experimental en el campo de las frecuencias. Diagramas polares de Nyquist y diagramas de la magnitud en función de la fase o Nichols. Frecuencia de resonancia. Pico de resonancia. Frecuencia de cruce de la ganancia y de la fase. Ancho de banda. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 6 - Estabilidad de sistemas de control

Métodos para el cálculo de la estabilidad en ingeniería de control. Cálculo de las raíces de la ecuación característica. Criterio de Nyquist. Margen de ganancia y margen de fase. Sistemas de fase mínima y de fase no mínima. Relación entre parámetros de base temporal con los de base frecuencial. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 7 - Análisis de sistema mediante el Lugar de Raíces

Polos y ceros en el plano s . Condición de módulo y fase. Reglas prácticas para el trazado del Lugar de Raíces. Análisis de sistemas de control SISO mediante el Lugar de Raíces. Lugares geométricos de sobreerror constante, tiempo de establecimiento constante y frecuencia natural amortiguada y no amortiguada constante. Efecto del agregado de ceros y polos al sistema analizado sobre el lugar de Raíces. Variación de la ganancia y de constantes de tiempo del numerador y del denominador. Lugares de raíces paramétrico. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 8 - Mejoras y Diseño

Diseño de controladores y filtros para sistemas de tiempo continuo. Controladores: proporcional (P), proporcional + integral (PI), proporcional + derivativo (PD), proporcional + derivativo + integral (PID). Dimensionamiento de controladores en el dominio la frecuencia compleja por el método del Lugar de Raíces y en el dominio frecuencial. Diseño de filtros de compensación: adelanto de fase, atraso de fase y adelanto-atraso de fase, en el dominio de la frecuencia compleja por el

f
m

método del Lugar de Raíces y en el dominio frecuencial. Proceso con lazos múltiples. Diseño de controladores y filtros para sistemas SISO de lazos múltiples. Realimentación de posición y velocidad. Método de ajuste de controladores PI, PD y PID: Ziegler-Nichols. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 9 - Simulación de Sistemas de Control Lineales

Analogía de la representación de sistemas físicos. Amplificadores operacionales. Sumador, inversor, integrador y derivador. Resolución de modelos LTI, dados por su función de transferencia o por las variables de estado, mediante la simulación analógica. Diagramas de simulación. Simulación de sistemas empleando MATLAB y SIMULINK. Ejemplos de aplicación.

UNIDAD 10 - Diseño utilizando el modelo de estado

Formas canónicas del modelo de estado. Conceptos de Controlabilidad y Observabilidad. Test de Kalman de Observabilidad y Controlabilidad. Rango de una matriz. Ecuación Característica de un sistema en función del modelo de estado. Realimentación del vector de estado completo. Matriz de ganancia K. Introducción y mejoras. Ejemplos de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

Ogata, K. (2010) Ingeniería de control moderna - 5º Edición. Usa: Pearson Educacion
Kuo, B.C. (2013) Sistemas de Control Automático - 7º edición - Prentice Hall, N.Y.,
Bolton, W. (2001) Ingeniería de Control . México: Alfaomega 2ª edición,
Navarro Viadana, R (2006) Ingeniería de Control Analógica y Digital"- México: McGraw-Hill Interamericana.

Bibliografía complementaria

González, H. y Mariani, A. M. (2000) - Sistemas de Control, Vol. 1 y Vol. 2", 3ª Argentina Editorial Nexus
Distefano, "J. J., Stubberud, A.R. and Williams, I. (1990) Feedback and Control System", McGraw-Hill, N.Y.,
Truxal, J.G. (1995) Automatic Feedback Control Systems Synthesis" McGraw-Hill, N.Y.
Doyle, J.C., Francis, B.A, Tannenbaum, A.R. (1992) Feedback Control Theory", MacMillan Publishing Company, N.Y.

any



Universidad Nacional de Moreno
Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología

04

Bishop, R(1993) Modern Control Systems Analysis and Design Using MATLAB", Addison-Wesley,
Kuo, B. & Hanselman, D. MATLAB Tools for Control System Analysis and Design. USA Pearson
Ogata, K. (1999) Problemas de Ingeniería de Control utilizando MATLAB USA Prentice Hall,
Mariani, A.M. (2004) Guía de Problemas Resueltos, utilizando modelo de estado Arg Editorial Rocamora
Mariani, A.M. (2004) Guía de Problemas Resueltos, utilizando la Función Transferencia. Argentina: Editorial Rocamora,
Mariani, A.M. (2005) Aplicaciones de MatLab a la Ingeniería de Control- Editorial CEIT UTN/FRBA
"Mariani, A.M. (2005) Simulink. Aplicaciones a la Ingeniería de Control Editorial CEIT-UTN/FRBA,
Mariani, A.M. (2006) Representaciones Canónicas de Modelos en el Espacio de Estado- Aplicaciones a la Ingeniería de Control"- Editorial CEIT-UTN/FRBA,

OBJETIVOS PEDAGÓGICOS:

- Comprender el funcionamiento y las aplicaciones de los sistemas de control lineal e invariantes en el tiempo (LTI) con señales analógicas.
- Adquirir conocimiento y la habilidad necesaria para obtener el modelo función transferencia y como representación de estados.
- Adquirir habilidad para linealizar el modelo en todos los casos que sean posibles. Expresar el modelo como un diagrama en bloques.
- Analizar el comportamiento dinámico del sistema de control utilizando el modelo del mismo. Este procedimiento se realiza con lápiz y papel para casos simples y utilizando MATLAB y SIMULINK para todos los casos. Comprender los diferentes criterios de estabilidad
- Analizar el comportamiento frecuencial de los sistemas de control. Empleo de MATLAB para obtener los gráficos de Bode, Nyquist y Nichols. Comprender los conceptos de margen de fase, margen de ganancia y ancho de banda. Análisis de la estabilidad en frecuencia.
- Adquirir habilidad en el diseño de controladores lineales, en el dominio temporal y frecuencial,

+
Cury

empleando la función transferencia, para que el sistema a lazo cerrado cumpla especificaciones de comportamiento estándar. Consideraciones y criterios técnico- económicos. Verificar el comportamiento del sistema diseñado mediante simulación con MATLAB y SIMULINK.

- Adquirir habilidad en el diseño de controladores lineales, empleando el modelo de estados. Conceptos de Controlabilidad y Observabilidad. Matriz ganancia. Localización de polos. Empleo de MATLAB para obtener la matriz ganancia.
- Comprender la sintonía de lazos de control y su puesta en marcha. Comparación de los resultados obtenidos empleando el modelo y los que se tendrán en la puesta en operación en el campo. Comprender las diferencias entre los modelos de controladores ideales y los reales.

METODOLOGÍA DE TRABAJO:

Se basa en el dictado de clases teóricas separadas por unidades temáticas, haciendo un trabajo práctico al finalizar cada una de ellas.

En la teoría se expone en forma oral, con apoyo del pizarrón y de un proyector para el programa Matlab / Simulink.

Para los trabajos prácticos de aula, se utiliza la guía de problemas que contiene más de 200 problemas, muchos de ellos casos reales o de aplicación directa. Se resuelven algunos de ellos, quedando muchos para la ejercitación del alumno.

El trabajo práctico de laboratorio con PC, se desarrolla en dos días consecutivos, cerca del fin del curso, el caso de un servomecanismo completo real, implementado mediante el cálculo y simulación (Matlab / Simulink).

Durante las clases se fomenta la discusión y la creatividad por parte de los alumnos, utilizando muchas herramientas de las aprendidas en la carrera (ver integración vertical de la materia).

ARTICULACIÓN VERTICAL:

El alumno deberá tener los conocimientos de las materias Física I, Análisis Matemático I, Álgebra y geometría Analítica, Análisis de Señales Y Sistemas, Teoría de Circuitos I, Electrónica Aplicada I.

fany



Universidad Nacional de Moreno
Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología

04

EVALUACIÓN Y APROBACIÓN:

Requisitos de regularidad y aprobación de la materia:

Es requerida la aprobación del trabajo práctico de laboratorio mediante Matlab y Simulink y la aprobación de dos exámenes parciales como contribución habilitante para poder acceder a la acreditación y al examen final. Los parciales se aprobarán con una nota mínima de cuatro (4), lo que dará derecho a rendir el examen final que se aprobará con un mínimo de cuatro (4).

El trabajo práctico de laboratorio, deberán estar completo con los resultados de las mediciones, curvas, gráficos, ábacos, simulaciones dinámicas y conclusiones.

El alumno podrá "recuperar" sus exámenes parciales en 3 (tres) fechas destinadas a tal efecto. Cada parcial podrá ser recuperado un máximo de 2 (dos) veces. Asimismo el alumno podrá rendir el examen final en 3 (tres) fechas destinadas a tal efecto.

Los exámenes parciales serán presenciales, escritos e individuales, y consisten en la resolución de problemas similares a los desarrollados en los trabajos prácticos, con la inclusión de preguntas conceptuales sobre los temas vistos.

En el examen final, como en los exámenes parciales, el alumno resolverá problemas equivalentes a los desarrollados durante el curso, deberá presentar respuestas o resultados concretos para los mismos y podrá consultar tablas y gráficas de apoyatura para el desarrollo. Dicho examen final se tomará con el uso del Matlab / Simulink.

Régimen de aprobación:

- Asistencia mínima del 80% (ochenta por ciento)
- Regularización y examen final: Aprobación de las dos instancias de evaluación con mínimo de 4 (cuatro) puntos.
- Asistencia menor al 80% (ochenta por ciento), en este caso el alumno deberá recuperar la totalidad de sus exámenes parciales.
- El alumno deberá aprobar los TP's de la cátedra.
- La asignatura podrá ser "promocionada" en el caso que los exámenes parciales tengan nota 7 (siete) como mínimo, cada uno. No promociona el alumno que tenga notas menores a 7 en cada uno de los parciales. No se promediarán las notas de

[Firma manuscrita]

los parciales para lograr la promoción. El régimen de promoción hace que el alumno, habiendo cumplido los requisitos anteriormente mencionados, no tenga que rendir examen final para aprobar la asignatura.

any