



INGENIERÍA QUÍMICA PROGRAMA DE ASIGNATURA

ACTIVIDAD CURRICULAR Control Automático de Procesos

Código 95-1138 **Año Académico** 2017

Área: Ingeniería Química

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Nivel: 5º **Tipo:** Obligatoria

Modalidad: Cuatrimestral

Carga Horaria total: Hs Reloj: 96 Hs. Cátedra: 128

Carga horaria semanal: Hs Reloj: 6 Hs. Cátedra: 8

FUNDAMENTACIÓN

El sistema de control de una planta industrial de procesos moderna está constituido por dos partes fundamentales: El sistema de control automático, y los seres humanos que lo supervisan, operan, mantienen y procesan la información generada por el mismo.

- Una parte importante de este grupo humano está constituido por ingenieros químicos que básicamente cumplen la función de "ingeniero de procesos". A fin de prestar un servicio útil para solucionar los problemas cotidianos de la planta, así como para proponer soluciones nuevas, el ingeniero de procesos debe conocer en profundidad no solo el proceso sino también las características y fundamentos teóricos de los lazos de control que hacen posible el funcionamiento estable de la unidad.

- En una empresa de ingeniería, el ingeniero químico que trabaje como ingeniero de procesos, al desarrollar una ingeniería básica deberá elaborar los lazos de control requeridos, para que las nuevas instalaciones funcionen de acuerdo con las especificaciones de diseño.

- Estos dos ejemplos clásicos del trabajo del ingeniero químico, nos indican claramente que el estudio a nivel de grado de CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS debe ser una parte insoslayable de su formación universitaria.

OBJETIVOS

- Incorporar los principios teóricos y prácticos, los criterios de selección y los de diseño para introducirse en el control automático de procesos en plantas industriales.

- Conocer los elementos teóricos y criterios de aplicación que le permitan entender, operar y desarrollar Sistemas de Control Automático de Procesos.

- Comprender la Teoría Clásica de Control que provee la base matemática y conceptual que permitirá al egresado absorber con éxito los nuevos desarrollos tecnológicos. Mediante problemas y el análisis de los Esquemas de Control de las principales Operaciones Unitarias, se dan los criterios básicos de aplicación.

- Incorporar gradualmente Trabajos de Simulación Dinámica de Lazos de Control para posibilitar una mejor comprensión y afianzamiento de los conceptos teóricos y aplicados mencionados.



CONTENIDOS

a) Contenidos mínimos

- Lazos de Control.
- Componentes tecnológicos.
- Interfase hombre-proceso.
- Dinámica de Procesos.
- Teoría del Control.
- Estabilidad.
- Criterios de ajuste y performance.
- Esquemas de Control de Equipos y Procesos Industriales.
- Criterios de Diseño de Lazos de Control y operabilidad en Plantas de Proceso

b) Contenidos analíticos

Unidad Temática 1. Conceptos básicos de un sistema de control de procesos. Objetivos, variables de entrada, salida, etc. Panorama general del diseño del sistema de control de procesos

Unidad Temática 2. Desarrollo de modelos matemáticos de equipos simples y su aplicación al diseño de lazos de control. Variables y ecuaciones de estado, balances de materia y energía, equilibrios de fase; problemas.

Unidad Temática 3. Transformadas de Laplace. Definición, propiedades, ejercicios de aplicación. Transformada inversa, método de expansión de fracciones parciales. Solución de ecuaciones diferenciales lineales usando las transformadas y su inversa.

Unidad Temática 4. Funciones de transferencia. Definición de variable de desviación. Propiedades de las funciones de transferencia. Linealización de sistemas no lineales.

Unidad Temática 5. Sistemas de Primer Orden. Definición, constante de tiempo y ganancia de estado estacionario. Ecuación general. Respuesta dinámica de un sistema de primer orden.

Unidad Temática 6. Sistemas de Segundo Orden y de Orden Mayor. Definición, respuesta dinámica de un sistema de 2do.orden. Procesos multicapacitivos no interactuantes e interactuantes. Procesos de orden mayor; n capacidades en serie. polos y ceros y su efecto en la respuesta del proceso. Procesos con retardos de tiempo.

Unidad Temática 7. Instrumentación. Introducción: terminología, definiciones, simbología. Medición de presión y nivel: clasificación, características y principios de funcionamiento. Criterios de selección. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos. Medición de caudal: clasificación según principio de funcionamiento. Elementos basados en diferencia de presión: placa de orificio, tobera, venturi. Otros tipos de caudalímetro: turbina, medidores másicos, rotámetros.

Unidad Temática 8. Control de Retroalimentación. Modos básicos de control: proporcional, integral, derivativo. Modo PI. Controladores PID: forma paralela, forma en serie, otras. Eliminación de la sacudida derivativa y proporcional. Acción directa o inversa. Control encendido-apagado (on-off).

Unidad Temática 9. Comportamiento dinámico y estabilidad de sistemas de control de retroalimentación. -Diagrama de bloque del lazo cerrado. Funciones de transferencia de los bloques individuales. Álgebra de diagrama de bloques y reducción del diagrama de



bloques. Función de transferencia a lazo cerrado para cambio del valor deseado, y para cambio de perturbación. Ecuación general del lazo cerrado. Respuestas de control proporcional para cambios del valor deseado y de la perturbación. Respuesta control proporcional-integral para cambio de perturbación. Estabilidad de sistemas de retroalimentación: criterio general de estabilidad, criterio de estabilidad de Routh. Diagramas del lugar de las raíces.

Unidad Temática 10. Controlador PID: Diseño, sintonía y resolución de problemas. Criterio de performance para sistemas a lazo cerrado. Métodos de diseño basados en modelo. Relaciones de sintonía. Sintonía en línea del controlador: método de Ziegler y Nichols.

Unidad Temática 11. Análisis de respuesta de frecuencia. Forzamiento sinusoidal de un proceso de primer orden y de un proceso de segundo orden. Diagramas de Bode de procesos de primer orden, integrador, segundo orden, etc. Características respuesta de frecuencia de controladores retroalimentación. Diagrama de Nyquist. Criterio de Estabilidad de Bode. Ganancia y márgenes de fase.

Unidad Temática 12. Estrategias de Control en el nivel de Unidad de Procesos. Análisis de grados de libertad para control de procesos; grados de libertad de control. Pautas de selección de variables controladas, manipuladas y medidas. Aplicaciones a una columna de destilación y a un horno. Sistemas de Control con Lazos Múltiples: control en cascada, selectivo (permutante y del mayor valor) rango partido; control de corrección anticipante y control de relación. Esquemas de control de intercambiadores de calor, reactores tanque agitado, compresores y bombas. Control de columnas de destilación: filosofía de control, balance de materia y control de composición, presión, temperatura.

Unidad Temática 13. Introducción al Control Global de Planta. Sistema de Control Distribuido. Seguridad del proceso y sistemas de alarmas, enclavamientos, y parada de emergencia.

Unidad Temática 14. Válvulas de Control: tipo, clasificación, dimensionamiento, cv y kv. Vaporización súbita ("flasheo"), cavitación, ruido. Características inherentes y criterios de selección. Actuadores: tipo y principio de operación. Válvulas de seguridad y discos de ruptura: definiciones, tipos y parámetros básicos según normas API 520 y 526. Válvulas reguladoras.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Tipo de actividad	Carga horaria total en hs. reloj	Carga horaria total en hs. cátedra
Teórica	51	68
Formación Práctica	45	60
Formación experimental	5	7
Resolución de problemas	40	53
Proyectos y diseño	0	0
Práctica supervisada	0	0



ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

a) Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)

El desarrollo de las unidades temáticas propone una organización de los contenidos en forma jerárquica con niveles de complejidad progresivos.

- Clases teórico-prácticas con explicación detallada de los problemas.

Formación Experimental:

- Trabajo práctico de Simulación Dinámica: "Lazo de Control en una Descarga de Tanque"
- Trabajo Práctico: "Lazo de control en una descarga de tanque (escala PP)".

b) Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)

1. Uso de cañón y notebook cuando sea apropiado.
2. Uso del simulador de procesos UNISIM.

EVALUACIÓN

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

La evaluación de los conocimientos adquiridos se lleva a cabo a través de dos exámenes parciales teórico- prácticos que integran los temas desarrollados en el período que abarcan. Los parciales no aprobados son recuperados según lo establecido en el Reglamento de Estudios de la Universidad Tecnológica Nacional.

Para la aprobación de los trabajos prácticos y estar habilitado a realizar la evaluación final , los alumnos deberán aprobar los exámenes parciales y el trabajo práctico llevado a cabo en planta piloto, con su respectivo informe.

El método de evaluación se informa en la presentación de la asignatura. La accesibilidad a los resultados de las evaluaciones, como complemento del proceso de enseñanza aprendizaje esta garantizado por las Resoluciones N° 2352/03 y 1862/02 del Consejo Directivo de la FRBA

Requisitos de regularidad

Aprobar las instancias de exámenes parciales, los trabajos prácticos de laboratorio y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente

Requisitos de aprobación

Aprobar el examen final o promocionar la materia. Para este último caso, se cuenta con la resolución Nro 1459. Para promocionar la materia, y evitar así el examen final, el alumno debe obtener como mínimo la nota de 8 (ocho) en cada uno de los parciales, con posibilidad de recuperar 1 de ellos y actualizar la nota, como máximo.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

1. Articulación vertical con otras materias.

El control automático se aplica a la gran mayoría de los procesos existentes. Los balances de materia y energía permiten definir cuantitativamente las características principales de los procesos. El fundamento teórico de los mismos proviene de fenómenos de transporte, termodinámica, y las operaciones unitarias derivadas. Esto genera de hecho una relación vertical continua entre éstas materias y control automático de procesos, pues proporcionan los balances de materia y energía en estado estacionario y en estado dinámico que permiten modelar las ecuaciones matemáticas de los lazos de control de nivel, presión, caudal, temperatura y composición.

2. Articulación horizontal con otras materias



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Control automático de procesos se cursa en el quinto nivel de la carrera de ingeniería química y por lo tanto se articula horizontalmente con Integración V (Proyecto Final).

El equipo docente participa de reuniones intercátedras convocadas por Departamento, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas

CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

Unidad Temática	Duración en hs cátedra
1	3
2	10
3	8
4	6
5	11
6	11
7	17
8	8
9	12
10	8
11	8
12	10
13	8
14	8

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

C.A.Smith-A.B.Corripio (1997) "Principles and Practice of Automatic Process Control - 2nd.Ed." Wiley.

Seaborg-Edgar-Mellichamp (2004) "Process Dynamics and Control" - 2nd.Ed. Wiley.

Stephanopoulos, George: (1984) "Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice" Prentice-Hall.

Distefano-Stubberud-Williams (1992) "Retroalimentación y Sistemas de Control - 2da.Ed" Schaum-McGraw-Hill.

H.Z.Kister (1993) "Distillation-Operation" McGraw-Hill.

S.Szklanny-C.Berends (2006) "Sistemas Digitales de Control de Procesos" El Galpón Impresiones.

A.Creus (1993) "Instrumentación Industrial - 5ta.Ed." Marcombo-Boixareu.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

A.Creus: (2007) "Simulación y Control de Procesos por Ordenador - 2da.Ed." Marcombo, Ediciones Técnicas.

W.L.Luyben-B.D.Tyréus-M.L.Luyben: (1998) "Plantwide Process Control" McGraw-Hill

M.L.Luyben-W.L.Luyben (1997) "Essentials of Process Control" McGraw-Hill.

Luyben, W. (1990) "Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers"- McGraw-Hill.

Shinsky, F. (1996) "Sistemas de Control de Procesos: Aplicación, diseño y sintonización" - McGraw-Hill.

Bolton, W. (2001) "Ingeniería de Control" - Alfaomega.

Kister, H. (1993) "Distillation Design"- McGraw-Hill