UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

**Facultad de ciencias Exactas y Tecnología**

**Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación**

**Asignatura:** *Sistemas de Control I*

**Código de la actividad:** *E25*

**Profesor Titular:** *Mg.**Ing. Rubén del Valle Fadel*

**Profesor Adjunto:** *Dr. Ing. Carlos Manuel Formigli*

**Docentes Auxiliares:** *Ing. Miguel Gerardo Alarcón e Ing. Augusto César Ponce*

**Carreras:** *Ingeniería Electrónica (código 56)*

 *Ingeniería Eléctrica (código 57)*

**Plan de Estudios:** *1991 (Modificación 2004)*

**Carácter:** *Obligatoria.*

**Régimen de Dictado**: *Cuatrimestral (segundo semestre)*

***Horas Semanales:***  *6*

***Año***: *2019*

**Programa Analítico**

**Tema 1**: **Generalidades de los** **Sistemas dinámicos Lineales e**

**invariantes en el TiempO**

**Ecuaciones diferenciales.** Planteo para sistemas físicos. Aproximaciones lineales de sistemas físicos: serie de Taylor. Ejemplos.

**La Transformada de Laplace.** Teorema del valor inicial y Teorema del valor final. Función de transferencia, definición. Polos, ceros y el plano S.

**La respuesta en el tiempo**. Expansión en fracciones parciales. Calculo de residuos: métodos analítico y gráfico. Cálculo y gráfica de la respuesta transitoria.

**Representación de sistemas dinámicos**:

Mediante una ecuación de orden n.

Mediante la Función de transferencia.

Mediante los diagramas de bloques: principios y transformación de los mismos. Reducciones Geq y Heq. Regla de Mason para la reducción.

Mediante n ecuaciones de orden 1: Variables de Estado. Forma matricial. Variables de fase y variables físicas. Pasaje entre las distintas formas.

**La respuesta en frecuencia**. La función respuesta en frecuencia: Módulo y ángulo Gráfica de la respuesta en frecuencia: gráficas lineales y logarítmicas. Gráficas polares y cartesianas, técnicas de trazado. Cálculo de la respuesta en frecuencia a partir del diagrama polo-cero. Las gráficas aproximadas usando el método de Bode. Sistemas de fase mínima y no mínima.

**Tema 2**: **EL SISTEMA DE CONTROL REALIMENTADO**

 Conceptos de sistema, sistema de control, sistema de control automático. Sistemas de seguimiento y reguladores. Categorías de variables en un sistema de control: variables manipuladas, perturbaciones y variables controladas. El sistema de control a lazo abierto. El control a lazo cerrado y formas de representarlo. La Transmitancia del Camino Directo. La Ganancia del Lazo. La Diferencia de Retorno. La Ecuación Característica. Concepto de estabilidad; concepto de velocidad; concepto de exactitud y concepto de sensibilidad.

**Efectos de la realimentación**: en la exactitud (error), en la ubicación de los polos del sistema a lazo cerrado, en la sensibilidad, en el ancho de banda, en la respuesta temporal y ante las perturbaciones. El problema de la estabilidad al cerrar el lazo. **Ejercicios.**

**Tema 3**: **SENSIBILIDAD Y PERTURBACIONES**

 Las perturbaciones en sistemas de seguimiento y sistemas reguladores. Ruido de medición. Definición de Sensibilidad. Sensibilidad con respecto al camino directo (Función sensibilidad) y al camino de realimentación. Sensibilidad ante el cambio de múltiples parámetros. La importancia de la función sensibilidad en el diseño.

**Tema 4**: **EL MÉTODO DEL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES**

 El concepto del “Lugar Geométrico de las Raíces”. El Lugar de las Raíces con la ganancia K del camino directo como parámetro variable. Caso general para otro parámetro distinto de K como variable. Reglas y procedimientos prácticos para la construcción. La función de transferencia de lazo cerrado usando el lugar de las raíces.

**Ejercicios.**

**Tema 5: ANÁLISIS DE LA RESPUESTA TEMPORAL**

 Señales de prueba típicas para el estudio: impulso, escalón, rampa y parábola. La respuesta total en el tiempo: transitorio y estacionario. Identificación de la planta a partir de experimentos temporales.

**Característica del Comportamiento Transitorio:** a) sistema de 1º orden y sus especificaciones: la constante de tiempo (). b) sistema de 2º orden y sus especificaciones (estudio detallado para el caso subamortiguado):el coeficiente de amortiguamiento relativo (), la frecuencia natural amortiguada (d) y no amortiguada (n), el sobrepico porcentual (SP%), tiempo de pico (tp), tiempo de subida (tr) y tiempo de establecimiento (ts). Análisis mediante el Lugar Geométrico de las Raíces. Efecto de agregar ceros o polos en la transmitancia del camino directo: a) a lazo abierto y b) a lazo cerrado. Las características de comportamiento y sus especificaciones en el dominio tiempo para sistemas de primer y segundo orden.

**Comportamiento en estado estacionario**: Errores. Estudio a lazo abierto: Constantes de error; tipos de sistemas. Estudio a lazo cerrado.

Ejercicios.

**Tema 6: ANÁLISIS DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA**

 Las características de comportamiento y sus especificaciones en el dominio de la frecuencia a lazo abierto y lazo cerrado para sistemas de primer y segundo orden: Ancho de Banda (, Frecuencia de Cruce (C), Frecuencia de Pico (p) y el valor de módulo a esa frecuencia (MP), pendientes en baja y alta frecuencia. Correlación de las especificaciones entre dominio tiempo y dominio frecuencia para un sistema de segundo orden. Identificación de sistemas usando los diagramas de Bode.

Ejercicios.

**Tema 7: ESTABILIDAD.**

 Importancia del estudio de la estabilidad en sistemas realimentados. Estabilidad entrada acotada-salida acotada (BIBO). Estabilidad para entrada cero e introducción al criterio de Lyapunov: concepto de equilibrio. Equilibrio estable, inestable y equilibrio asintóticamente estable; relación con el plano S. Evaluación de la estabilidad en el dominio temporal y frecuencial, relación con el plano S. El criterio de estabilidad de Nyquist. El concepto de estabilidad relativa: margen de estabilidad. Margen de ganancia y margen de fase, su evaluación en diagramas logarítmicos y polares. Estabilidad absoluta. El criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz (en el plano S). Ejercicios.

**Tema 8: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL**.

 Etapas y procedimientos generales a seguir en el diseño de un sistema de control realimentado. Acciones básicas de control: On-Off, Proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D). Compensador por Ajuste de Ganancia, su filosofía. Compensación por Atraso, su filosofía. Compensación por Adelanto, su filosofía. Compensación por combinación de las tres: Ganancia, Atraso y Adelanto. Diseño de compensadores en el dominio frecuencia por el método “Loop-Shaping”. Diseño de compensadores en el plano S usando el método del lugar de las raíces.

Ejercicios.

**Tema 9: Introduccion al control Digital**

Muestreo. Transformada Z y ecuaciones de diferencias. Obtención de funciones de transferencia en tiempo discreto a partir de funciones de transferencias en tiempo continuo; transformación de Tustin. Visualización de la estabilidad en el plano Z. Implementación de un controlador discreto usando microcontroladores. Ejercicios

**Bibliografía sugerida disponible en la biblioteca de la FACEyT**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Título | Autor | Editorial | Año |
| Linear Control Systems. | Melsa, James L.Schultz, Donald G. | McGraw-Hill | 1969 |
| Linear Control Systems: Analysis and Design. | D’azzo, J. J.Houpis,C. H. | Mc Grow Hill | 1969 |
| Fundamentals of Automatics Control | Gupta,Hasdorff, | John Wiley & Son. | 1970 |
| Sistemas de Control Lineal | Rohrs, Charles E.Melsa, J.- Schultz, D. | Mc Graw-Hill | 1993 |
| Ingeniería de Control moderna; 4° Edición | Ogata, Katsuhiko | Prentice-Hall | 2003 |
| Ingeniería de Control moderna; 1° Edición | Ogata, Katsuhiko | Prentice-Hall | 1974 |
| Sistemas de Control Automático; 7° Edición | Kuo, Benjamin | Prentice-Hall | 1996 |
| Sistemas Automáticos de Control. 2° Edición | Kuo, Benjamin | CECSA | 1970 |
| Sistemas Realimentados de Control. Análisis y Síntesis | D’azzo, J. J.Houpis, C. H. | Paraninfo | 1989 |
| Problemas de Ingeniería de Control usando Matlab | Ogata, Katsuhiko | Prentice Hall | 1999 |
| Sistemas de Control en Ingeniería | Lewis, PaulYang, Chang | Prentice-Hall | 1999 |
| Sistemas de Control Moderno; 10° Edición | Dorf, RichardBishop, Robert | Prentice-Hall | 2005 |
| Control de Sistemas Dinámicos Con Realimentación | Franklin, Gene Powell, David | Addison- Wesley | 1991 |
| Dinámica de Sistemas y Control | Umez-Eronini, E. I. | Thomson | 2001 |

**Publicaciones de Cátedra**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Título** | **Autor(es)** | **Editorial** | **Año de edición** |
| COMPENSADOR EN SERIE PARA SISTEMAS REALIMENTADOS. Diseño con el Método Loop-Shaping usando los diagramas de Bode | Ing. Rubén del Valle Fadel | Asociación Cooperadora de la FACEyT | 2010 |
| SISTEMAS DE CONTROL LINEALES E INVARIANTES EN EL TIEMPO. Su respuesta en el tiempo mediante el método clásico y moderno. | Badar Raúl Hassan | Asociación Cooperadora de la FACEyT | 2003 |
|  |  |  |  |