

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Control II
Clave de la asignatura:	3 - 2 - 5
SATCA¹:	AEF-1010
Carrera:	Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura de Ingeniería de Control II sustenta en el perfil del Ingeniero Eléctrico e Ingeniero Electrónico las competencias necesarias para el análisis de respuesta a la frecuencia, diseño de compensadores y las herramientas básicas del análisis de los sistemas de control mediante el concepto de espacio de estado.

El análisis permite incorporar dentro del campo de la ingeniería eléctrica o electrónica los diferentes elementos que integran un sistema automático de control que requieren un análisis previo de su respuesta ante entradas senoidales a diferentes frecuencias.

Además, es necesario comprender y aplicar los diferentes métodos de compensación clásicos a estos sistemas. Y debido a que la mayoría de las aplicaciones son de dimensiones complejas dificulta su análisis desde el punto de vista del control clásico, razón por la cual, se presenta una alternativa a través del análisis de espacio de estado, para analizar redes complejas, así como sistemas integrados en la industria.

La asignatura de control II es previa al estudio de materias como control de máquinas, sistemas eléctricos de potencia, controladores lógicos programables e instrumentación, proporcionando soporte a los programas educativos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Intención didáctica

La asignatura está constituida por tres temas.

El primero presenta los distintos métodos para el análisis de los sistemas en el dominio de la frecuencia, contribuyendo a la identificación de parámetros, al diseño de filtros pasa baja, pasa alta, pasa banda y rechaza banda, así como de compensadores. También se determina la estabilidad de los sistemas de control.

En el tema dos se analizan los tipos de compensadores (adelanto, atraso y atraso adelanto) para aplicarlos en un sistema de control.

El tema tres contempla la metodología para realizar modelos mediante las variables de estado, utilizando un argumento conceptual y la metodología que implementa los modelos matemáticos multivariables, además, se obtiene y analiza su respuesta a fin de poder proponer una acción de control que mejore el comportamiento de las variables de interés; también se contemplan las diversas formas

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

canónicas del modelo con el objeto de contemplar los modos no controlables y no observables e interpretar el nivel de complejidad en el diseño de control. Posteriormente se verá que la estabilidad es de vital y de suma importancia para establecer los rangos de operación segura del sistema.

Las prácticas propuestas para esta asignatura están dirigidas al desarrollo de las habilidades de los estudiantes para la emulación a través del uso de dispositivos eléctricos o electrónicos, que le permitan vincular lo teórico, práctico y su desarrollo procedimental a través del trabajo colaborativo, identificando las necesidades que requiere para la comprensión de los temas tratados. Es necesario que el facilitador diseñe los experimentos adecuados que le permitan al estudiante su desarrollo intelectual, de análisis y síntesis, mediante la integración de actividades con cierto grado de complejidad.

Se propone que las actividades de emulación y simulación sean realizadas a la par de los temas con la intención de una mejor comprensión para que permitan el desarrollo conceptual y procedimental de los estudiantes. Para las actividades de aprendizaje, se presenta una guía que puede ser mejorada por los facilitadores que imparten la materia de acuerdo con su experiencia. Se debe partir de los conocimientos previos y de situaciones del contexto profesional que permitan al estudiante interesarse en la modelación, análisis y síntesis de sistemas de control automático. Es importante fomentar la investigación documental empleando las tecnologías de la información y comunicaciones.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico de Aguascalientes del 15 al 18 de junio de 2010.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica, Acapulco, Aguascalientes, Apizaco, Boca Río, Celaya, Chetumal, Chihuahua, Chilpancingo, Chiná, Cd. Cuauhtémoc, Cd. Juárez, Cd. Madero, Cd. Victoria, Colima, Comitán, Cautla, Durango, El Llano de Aguascalientes, Huixquilucan, Valle Bravo, Guaymas, Huatabampo, Huejutla, Iguala, La Laguna, La Paz, La Zona Maya, León, Lerma, Linares, Los Mochis, Matamoros, Mazatlán, Mérida, Mexicali, Minatitlán, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Puebla, Querétaro, Reynosa, Roque, Salina Cruz, Saltillo, San Luis</p>	<p>Elaboración del programa de estudio equivalente en la Reunión Nacional de Implementación Curricular y Fortalecimiento Curricular de las asignaturas comunes por área de conocimiento para los planes de estudio actualizados del SNEST.</p>

	<p>Potosí, Tehuacán, Tepic, Tijuana, Tlaxiaco, Toluca, Torreón, Tuxtepec, Valle de Oaxaca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas, Zacatepec, Altiplano de Tlaxcala, Coatzacoalcos, Cuautitlán Izcalli, Fresnillo, Irapuato, La Sierra Norte Puebla, Macuspana, Naranjos, Pátzcuaro, Poza Rica, Progreso, Puerto Vallarta, Tacámbaro, Tamazula Gordiano, Tlaxco, Venustiano Carranza, Zacapoaxtla, Zongólica y Oriente del Estado Hidalgo.</p>	
<p>Instituto Tecnológico de Morelia del 10 al 13 de septiembre de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, CRODE Celaya, Cerro Azul, Chihuahua, Cd. Cuauhtémoc, Cd. Hidalgo, Cd. Juárez, Cd. Madero, Cd. Valles, Coacalco, Colima, Iguala, La Laguna, Lerdo, Los Cabos, Matamoros, Mérida, Morelia, Motúl, Múzquiz, Nuevo Laredo, Nuevo León, Oriente del Estado de México, Orizaba, Pachuca, Progreso, Purhepecha, Salvatierra, San Juan del Río, Santiago Papasquiari, Tantoyuca, Tepic, Tlatlauquitpec, Valle de Morelia, Venustiano Carranza, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Asignaturas Equivalentes del SNIT.</p>

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Interpreta gráficas y aplica métodos de respuesta a la frecuencia para analizar sistemas de control y dispositivos utilizados en eléctrica y electrónica. • Aplica los métodos de lugar geométrico de las raíces y de respuesta a la frecuencia para diseñar compensadores que mejoren la respuesta en lazo cerrado de un sistema de control. • Utiliza la representación en espacio de estado para modelar y analizar sistemas físicos, y diseñar compensadores que mejoren la respuesta de sistemas de control.

5. Competencias previas

- Comprende y usa los conceptos básicos de control clásico para el análisis y modelado de sistemas físicos.
- Conoce, comprende y aplica los conceptos y leyes fundamentales que se emplean en el análisis en estado permanente de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna, con apoyo de herramientas de análisis y simulación.
- Utiliza herramientas computacionales para simular, graficar, representar y analizar sistemas.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Respuesta a la Frecuencia	<p>1.1 Introducción a la respuesta a la frecuencia.</p> <p>1.2 Uso de los fasores para determinar la respuesta a una frecuencia de un sistema.</p> <p>1.3 Respuesta a la frecuencia a partir de polos y ceros.</p> <p>1.4 Gráfica logarítmica de Bode.</p> <p>1.5 Margen de fase y margen de ganancia.</p> <p>1.6 Estabilidad utilizando el criterio de Nyquist.</p>
2	Compensación	<p>2.1 Introducción a la compensación de sistemas de control.</p> <p>2.2 Compensadores en adelanto de fase usando el método de lugar geométrico de las raíces.</p> <p>2.3 Compensadores en adelanto de fase usando el método de respuesta a la frecuencia.</p> <p>2.4 Compensadores en atraso de fase usando el método de lugar geométrico de las raíces.</p> <p>2.5 Compensadores en atraso de fase usando el método de respuesta a la frecuencia.</p> <p>2.6 Compensadores en atraso-adelanto usando el método de lugar geométrico de las raíces.</p> <p>2.7 Compensadores en atraso-adelanto usando el método de respuesta a la frecuencia.</p>
3	El método de espacio de estado	<p>3.1 Definición de conceptos.</p> <p>3.2 Modelación mediante variables de estado.</p> <p>3.3 Relación entre la función de transferencia y el modelo de estado.</p> <p>3.4 Transformaciones de semejanza.</p> <p>3.5 Solución de la ecuación de estado lineal e invariante en el tiempo.</p> <p>3.6 Análisis de Estabilidad, controlabilidad y observabilidad.</p> <p>3.7 Diseño de compensadores</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Respuesta a la Frecuencia.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interpreta gráficas y aplica métodos de respuesta a la frecuencia para analizar sistemas de control y dispositivos utilizados en eléctrica y electrónica. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar y seleccionar información relacionada con la respuesta a la frecuencia de dispositivos eléctricos, electrónicos, mecánicos, etc., en revistas técnicas, folletos, libros o Internet. • Analizar e interpretar las gráficas de respuesta a la frecuencia presentadas en reportes técnicos. • Investigar acerca de fenómenos físicos en los que se observe los problemas que pueden causar las frecuencias de resonancia, sobre todo en sistemas mecánicos. • Interpretar como se aprovecha la frecuencia de resonancia en los circuitos eléctricos y electrónicos. • Determinar las frecuencias útiles de los circuitos analizados. • Desarrollar un ensayo sobre las diferentes técnicas que se emplean para representar la respuesta a la frecuencia. • Investigar el teorema de mapeo conforme para la estabilidad. • Analizar y resolver problemas en los que aplique las técnicas de respuesta a la frecuencia. • Aplicar los métodos de respuesta a la frecuencia para determinar la estabilidad de un sistema representado a partir de su función de transferencia.
Compensación	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica los métodos de lugar geométrico de las raíces y de respuesta a la frecuencia para diseñar compensadores que mejoren la respuesta en lazo cerrado de un sistema de control. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar aplicaciones de los compensadores. • Identificar la relación que existe entre un controlador y un compensador. • Desarrollar un ensayo sobre las ventajas y desventajas entre el control PID y los compensadores. • Identificar los diferentes modelos matemáticos de los compensadores en función de su respuesta a la frecuencia.

<p>práctica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar como se relaciona la función de transferencia de un compensador con los elementos físicos que lo integran. • Identificar las limitaciones del modelo físico con respecto al modelo matemático. • Determinar las características de respuesta a la frecuencia de cada uno de los compensadores tratados. • Determinar el ángulo máximo a compensar a partir de la ubicación de los polos y ceros. • Verificar el comportamiento de los compensadores como filtros pasa-baja, pasa-alta y pasa-banda. • Utilizar las técnicas de compensación para el diseño de un compensador que satisfaga las condiciones requeridas.
<p>El método de espacio de estado.</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliza la representación en espacio de estado para modelar y analizar sistemas físicos, y diseñar compensadores que mejoren la respuesta de sistemas de control. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una investigación documental acerca de los conceptos de espacio de estado. • Clasificar las aplicaciones del espacio de estado en sistemas de control. • Modelar sistemas físicos (eléctricos, electrónicos, mecánicos) utilizando la representación de espacio de estado. • Establecer la metodología para realizar transformaciones entre una Función de Transferencia y una representación en espacio de estado. • Aplicar el concepto de eigenvalores y eigenvectores. • Analizar el comportamiento de los sistemas de control al modificar los conceptos de eigenvalores y eigenvectores. • Identificar las diferentes formas de representación de sistemas físicos mediante las transformaciones de semejanza o similaridad. • Aplicar los conceptos de observabilidad y controlabilidad a sistemas físicos. • Diseñar compensadores con base en la representación de espacio de estado.

8. Práctica(s)

1. Determinar y graficar en una escala semilogarítmica, la respuesta a la frecuencia de redes eléctricas RC y RLC, empleando un generador de señales y un osciloscopio.
2. Determinar y graficar en una escala semilogarítmica, la respuesta a la frecuencia de un circuito electrónico construido con amplificadores operacionales o con transistores BJT, utilizando un generador de señales y un osciloscopio.
3. Verificar la respuesta en frecuencia obtenida experimentalmente utilizando herramientas computacionales de simulación
4. Construir un compensador de atraso, un compensador en adelante y un compensador en adelante – atraso, con amplificadores operacionales y determinar su respuesta a la frecuencia identificando el rango de frecuencia en el cual trabaja adecuadamente.
5. Verificar la respuesta en frecuencia de los compensadores obtenida experimentalmente utilizando herramientas computacionales de simulación
6. Implementar una red eléctrica (RLC) o electrónica (con amplificadores operacionales) y observar la respuesta de alguna variable de interés mediante el uso de un osciloscopio ante una señal conocida y verificar los resultados utilizando herramientas computacionales.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual y legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Debe aplicarse evaluación:

- **Diagnóstica**, al inicio del curso, sin que se considere para la evaluación sumativa.
- **Formativa**, durante el desarrollo de la asignatura, apoyándose en los instrumentos y herramientas que se señalan a continuación.
- **Sumativa**, al final, para determinar la valoración numérica de la asignatura se debe basar en los niveles de desempeño establecidos en el Lineamiento para la Evaluación y Acreditación de Asignaturas vigente.

Se recomienda el uso de la coevaluación, autoevaluación y heteroevaluación.

Todos los productos deben de estar contenidos en el portafolios de evidencias que el alumno integrará durante el desarrollo de la asignatura. El docente tendrá en resguardo dicho portafolios al finalizar el curso. El portafolios de evidencias puede ser electrónico.

Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:

Instrumentos	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Mapa conceptual • Problemario • Examen teórico/práctico • Esquemas • Representaciones gráficas o esquemáticas • Mapas mentales • Ensayos • Reportes de prácticas • Resúmenes • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Rúbrica • Lista de cotejo • Matriz de valoración • Guía de observación

11. Fuentes de información

1. Hernández G. R. (2010). *Introducción a los sistemas de control: conceptos, aplicaciones y simulación con Matlab*. Prentice Hall.
2. Ogata, K., (2011). *Modern Control Engineering*, (5ª. Ed.). Prentice-Hall.
3. Diestefano, J. J, (2010). *Feedback and Control Systems*, (5ª Ed.). Mc. Graw Hill
4. Kuo, B., (2009). *Automatic Control Systems*,(9a. Ed.). Wiley
5. Dorf, R. C., (2010). *Modern Control Systems*, (12ª. Ed.). Pearson-Prentice Hall.
6. Umez E. E., (2001). *Dinámica de sistemas y control*, (1ª. Ed.). Thomson International.
7. Houpis, C. H., Sheldon S. y D'azzo, J. J., (2003). *Linear control system analysis & design*, (5ª Ed.). C.R.C. Press.
8. Rohrs, M. S., *Sistemas de control lineal*, Ed. Mc. Graw Hill.
9. Bolton, W., *Ingeniería de control*, Ed. Alfaomega.

10. Phillips & Harbor, *Feedback control systems*, Ed. Prentice Hall.
11. Etter, D.,(1998). Solución de problemas de ingeniería con MatLab, Mc. Graw Hill.
12. Ogata, K., (1998). *Problemas de ingeniería de control usando MatLab*, (1ª. Ed.). Prentice Hall.
13. Creus S. A., *Simulación y control de procesos por ordenador*, Alfa-Omega.18.Nise, Norman S., última edición, Sistemas de control para ingeniería, Ed CECSA.
14. Kart J. A. y Tore H., (2009). *Control PID avanzado*, (1ª. Ed.). Prentice Hall: España.
15. Lewis, P. H. y Yang Ch.(1999). *Sistemas de control en ingeniería*, (1ª. Ed.). Prentice Hall.
16. Bolzer, P., (2009). *Fundamentos de control automático*, (3ª Ed.). Mc. Graw Hill.
17. Smith, C. A. y Corripio, A. B.,(1995). “*Control automático de procesos. Teoría y práctica*”, (1ª. Ed.). Limusa.
18. Barrientos, A., M., Sanz, F., y Gamboa R., Ernesto, (2011). *Control de sistemas continuos “Problemas resueltos”*, (1ª Ed. Español). Mc. Graw Hill.