

ANÁLISIS ARMÓNICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

Clave:	MCIEA - 0225
Línea de investigación:	Transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica
Tipo:	Asignatura optativa
Horas teoría:	48
Horas prácticas:	0
Horas trabajo adicional:	120
Horas totales:	168
Créditos:	6
Pre-requisitos:	No tiene
Correquisitos:	Materias básicas

OBJETIVO

- Adquirir el conocimiento sobre los conceptos básicos de propagación de armónicas en redes eléctricas. Estos conocimientos serán aplicados a los sistemas eléctricos de potencia, distribución e industriales. Los conocimientos obtenidos están enfocados a estudiar, analizar y proponer técnicas de estudio y control de las armónicas en redes eléctricas.
- Adquirir el conocimiento sobre los conceptos de modelado y análisis de elementos de los sistemas de potencia y distribución, para estudios de propagación de armónicas. Estos dispositivos abarcan desde líneas de transmisión hasta dispositivos FACTS. Los conocimientos obtenidos están enfocados hacia el análisis de problemas de interacciones armónicas en los sistemas de potencia.

APORTACIÓN AL PERFIL DEL GRADUADO

La materia contribuye a que el estudiante se forme en el área propagación de armónicas en redes eléctricas. El perfil del graduado tendrá conocimiento en:

- Conocer y aplicar los conceptos de análisis de Fourier y circuitos eléctricos al estudio de los mismos.
- Conocer la forma de estudiar y relacionar las corrientes armónicas, y voltajes armónicos en las redes eléctricas.
- Conocer y analizar la forma en que se generan, y se propagación las armónicas en las redes eléctricas.
- Conocer y estudiar las técnicas de control de armónicas.
- Estudiar y aplicar las técnicas de estudio para la propagación de las armónicas
- Aplicar estándares para el control de armónicas.
- Análisis de funciones ortogonales.

- Conocer la modelación usando funciones ortogonales, principalmente la serie compleja de Fourier.
- Aplicar los conceptos de modelación en el dominio armónico a los principales elementos del sistema de potencia.
- Conocer a detalle las técnicas de modelación para estudios armónicos.
- Conocer comportamiento de las redes eléctricas desde un punto de vista armónico, basado en estudios analíticos.
- Estudiar y analizar las tendencias tecnológicas en los sistemas de potencia desde el punto de vista armónico. Tecnologías mostradas desde el concepto de dispositivos FACTS y su implicación en resonancias armónicas en las redes de potencia.

CONTENIDO TEMÁTICO POR TEMAS Y SUBTEMAS

Unidad	Temas	Subtemas
1	Análisis de circuitos en condiciones no sinusoidales Tiempo: 4 hrs.	1. Introducción 2. Funciones periódicas 3. Conceptos fundamentales 4. Circuitos lineales con alimentación sinusoidal 5. Circuitos no lineales con alimentación sinusoidal 6. Circuitos lineales o no lineales con alimentación no sinusoidal
2	Generación de armónicas Tiempo: 4 hrs.	1. Convertidores 2. Hornos de inducción 3. Compensadores estáticos de potencia 4. Hornos de arco eléctricos 5. Saturación de transformadores 6. Lámparas fluorescentes 7. Equipo de cómputo 8. Equipo doméstico
3	Efecto de las armónicas Tiempo: 4 hrs.	1. Maquinas rotatorias 2. Protecciones 3. Equipo electrónico 4. Medición 5. Capacitares 6. Pérdidas 7. Armónicas en los sistemas de distribución
4	Control de la propagación de armónicas Tiempo: 4 hrs	1. Técnicas para la mitigación de armónicas 2. Filtros activos 3. Filtros pasivos 4. Resonancia 5. Corrección del factor de potencia en sistemas con armónicas 6. Estándar 519-1992

Unidad	Temas	Subtemas
5	Propagación de armónicas en redes largas Tiempo: 4 hrs	1. Trayectoria de las armónicas 2. Armónicas y su relación con las corrientes de secuencias 3. Modelado de la red eléctrica 4. Respuesta a la frecuencia del sistema 5. Método de inyección de armónicas
6	Modelación Tiempo: 3 hrs.	1. Armónicas en los sistemas eléctricos 2. Técnicas de modelación
7	Funciones ortogonales Tiempo: 3 hrs.	1. Definición de funciones ortogonales 2. Funciones periódicas 3. Series de Fourier
8	Evaluación de funciones no lineales Tiempo: 4 hrs.	1. Evaluación polinomial 2. Dominio complejo armónico 3. Aproximación analítica de la característica de saturación 4. Linealización en el dominio armónico 5. Relaciones dinámicas: equivalente Norton 6. Relaciones lineales 7. Saturación de transformador
9	Líneas de transmisión Tiempo: 6 hrs.	1. Evaluación de parámetros concentrados 2. Matriz de coeficientes de potencial 3. Matriz de impedancia serie 4. Matriz de impedancia de efecto piel 5. Evaluación de parámetros distribuidos 6. Propagación de armónicas en líneas de transmisión 7. Efectos de la transposición 8. Equivalente de línea monofásica
10	Arco eléctrico Tiempo: 2 hrs.	1. Modelo del horno de arco eléctrico 2. Modelo de lámparas de arco
11	Compensador estático de VARS (CEV) Tiempo: 2 hrs.	1. Operación de un CEV 2. Operación del TCR monofásico 3. Modelo monofásicos del TCR 4. Modelo trifásicos del TCR 5. Modelo del CEV
12	Compensador serie (TCSC) Tiempo: 2 hrs.	1. Operación del TCSC 2. Modelo del TCSC
13	Compensador estático (STATCOM) Tiempo: 2 hrs.	1. Operación del STATCOM 2. STATCOM basado en un convertidor PWM 3. Modelo del convertidor PWM 4. Modelo del STATCOM

Unidad	Temas	Subtemas
14	Dominio armónico extendido Tiempo: 4 hrs.	1. Transformación de las ecuaciones de estado 2. Análisis dinámico de las armónicas 3. Ejemplos de aplicación

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL CURSO

Queda a elección del docente manejar un problema específico para cada unidad, o bien un solo problema para todo el curso.

SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

- A través del desarrollo de simulaciones de los problemas planteados en clases.
- Esta asignatura no está diseñada para exámenes, pues la materia requiere de mucho trabajo computacional.
- Elaboración de proyectos de simulación planteados en clases

BIBLIOGRAFÍA Y SOFTWARE DE APOYO

- [1] E. Acha, M. Madrigal Power Systems Harmonics: Computer Modelling and Analysis
- [2] John Wiley & Sons, 2001.
- [3] W. Shepherd & P. Zand Energy Flow and Power Factor in Nonsinusoidal Circuits
- [4] Cambridge University Press, 1979.
- [5] R.N. Bracewell, The Fourier Transform and its Application
- [6] McGraw-Hill, 1965.
- [7] Hwei P. Hsu, Análisis de Fourier, Addison-Wesley Iberoamérica, 1987.
- [8] IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems IEEE Std 519-1992, IEEE Press.
- [9] IEEE Recommended Practice For Electric Power Distribution For Industrial Plants
- [10] IEEE Std 141-1993, IEEE Red Book, December 1993.
- [11] IEEE Recommended Practice For Industrial And Comercial Power Systems Analysis IEEE Std 399-1990, Brown Book, May 1990.
- [12] R.C. Dugan, M.F. Mcgranaghan, Electrical Power Systems Quality, McGrall-Hill, 1996.
- [13] G.T. Heydt, Electric Power Quality, Stars in a Circle Publications, 1991.
- [14] N.G. Hingorani, L. Gyugyi Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems IEEE Press, New York, 2000.
- [15] Y.H. Song, A.T. Johns Flexible Ac Transmission Systems (FACTS). The Institute Of Electrical Engineers, London, 1999.
- [16] Varios Artículos De Investigación Publicados Por La Organización Internacional IEEE

PRÁCTICAS PROPUESTAS

Se sugieren prácticas para explicar los temas, las prácticas a elección del instructor.