



Transitorios Electromagnéticos

Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

ESPACIO ACADÉMICO (Asignatura): TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS

CÓDIGO: #

- Obligatorio (X) : Básico () Complementario ()
- Electivo () : Intrínsecas (X) Extrínsecas ()

COMPETENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

NÚMERO DE CRÉDITOS: Cuatro (4)

TIPO DE CURSO: TEÓRICO: _____ PRÁCTICO: X TEO-PRÁC: _____

Alternativas metodológicas:

Clase Magistral (), Seminario (), Seminario – Taller (X), Taller (), Prácticas (),

Proyectos tutorados (), Otro: _____



Justificación del Espacio Académico

Los sistemas eléctricos en general, se ven influenciados por una gran cantidad de señales transitorias de tensión y de corriente que pueden afectar su funcionamiento normal y los equipos que puedan estar conectados. Este tipo de señales pueden ser originadas por fenómenos internos o externos al sistema eléctrico de potencia. Los fenómenos externos son originados por descargas atmosféricas que impactan de forma directa las líneas de media y alta tensión, o por sobretensiones inducidas asociadas a los campos electromagnéticos radiados por los rayos.

Las sobretensiones de origen interno son asociadas al funcionamiento normal de algunos equipos (conexión y desconexión de grandes cargas) como motores, transformadores, reactores de compensación y bancos de compensación capacitivos. Estos equipos generan variaciones transitorias de tensión y de corriente que pueden llegar a ser catastróficas para otros equipos y el funcionamiento normal de la red.

Teniendo en cuenta los posibles efectos se hace necesario e importante estimar el comportamiento de las señales transitorias de corriente y tensión para especificar de forma correcta las protecciones a usar para la protección de los equipos. Por esta razón es necesario estudiar el comportamiento transitorio de algunos equipos y cargas eléctricas así como el comportamiento de los elementos de interrupción usados para la operación.

Para el análisis y predicción de las señales, en esta asignatura se trabajará el moldeamiento de fenómenos transitorios con herramientas como el ATP/EMTP y Matlab. El manejo de los conceptos adquiridos y el manejo de las herramientas resultan conveniente y necesario para los profesionales que trabajen en la parte de diseño u operación de equipos e instalaciones.

PRERREQUISITO Conversión electromagnética, máquinas eléctricas, Sistemas de potencia, aislamiento eléctrico, programación, Álgebra lineal, Ecuaciones Diferenciales.



Programación del Contenido

Al finalizar el curso, el estudiante estará en capacidad de analizar, entender y evaluar el origen de las señales transitorias y su comportamiento en el sistema de potencia; será capaz de evaluar las consecuencias y seleccionar los sistemas de protecciones de forma adecuada según la zona de protección y el tipo de señal o perturbación. Estos aspectos son necesarios para el diseño y planificación de sistemas eléctricos teniendo en cuenta aspectos como dimensionamiento, selección y calidad de servicio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el funcionamiento y los tipos de respuesta transitoria asociados a equipos como motores, transformadores, y bancos de condensadores.
- Reconocer, entender y aplicar las metodologías usadas para el cálculo de los transitorios en sistemas eléctricos.
- Entender el comportamiento de las señales transitorias en las redes eléctricas y usar de manera correcta los programas y herramientas de cálculo más comunes.
- Ser capaz de especificar las protecciones de sobrecorriente y sobretensión para proteger equipos contra las diferentes tipos de señales transitorias.

COMPETENCIAS DE FORMACIÓN

- Habilidades para analizar el comportamiento y efecto de los fenómenos de conexión y desconexión de cargas eléctricas.
- Conocer las causas y el origen de los transitorios electromagnéticos y sus posibles consecuencias en la operación y funcionamiento de los sistemas eléctricos.
- Modelar correctamente los sistemas eléctricos para analizar su comportamiento ante fenómenos externos como descargas eléctricas atmosféricas
- Entender y reconocer las prácticas adecuadas para la mitigación de los transitorios electromagnéticos
- Comprender la variación de los modelos eléctricos de las máquinas eléctricas frente a fallas o perturbaciones transitorias.
- Implementa soluciones prácticas en la reducción o protección contra transitorios electromagnéticos.



PROGRAMA SINTÉTICO

- **INTRODUCCIÓN.** Fenómenos transitorios, origen, características e impactos. Origen y tipos de señales de señales transitorias. Impacto en el comportamiento de los equipos y el sistema eléctrico en general.
- Comportamiento transitorio de motores y transformadores. Reactancia transitoria y subtransitoria, Corrientes de inrush, variaciones de tensión.
- Comportamiento transitorio de bancos de condensadores y bancos de reactores para compensación de cargas en sistemas eléctricos. Análisis de casos tipos de respuesta e impacto.
- Ondas viajeras y sobretensiones en sistemas eléctricos. Cálculos por método de Lattice, método de Domel y método de Bergeron.
- Análisis de sobretensiones y sobrecorrientes transitorias en función del tiempo y en función de la frecuencia usando los programas de simulación ATP/EMTP, MATLAB.
- Especificación de protecciones contra sobrecorriente frente a señales transitorias. Calculo capacidad de energía, de tiempos de respuesta, especificación y coordinación.
- Especificación de protecciones contra sobretensiones frente a señales transitorias. Calculo capacidad de energía, tensión residual, especificación y coordinación.
- Protecciones contra Transitorios electromagnéticos

PROGRAMA DETALLADO

1. Introducción.

- 1.1. Transitorios electromagnéticos origen e impacto
- 1.2. Sobretensiones y sobrecorrientes de origen interno
- 1.3. Sobretensiones y sobrecorrientes de origen externo
- 1.4. Efectos de las sobretensiones y sobrecorrientes en sistemas eléctricos.

2. Comportamiento transitorio de transformadores eléctricos.

- 2.1. Modelo del transformador para alta frecuencia.
- 2.2. Impedancia transitoria, efecto de circuito magnético y capacitancias parásitas.
- 2.3. Reactancia transitoria, respuesta ante conexión y desconexión del transformador
- 2.4. Corrientes de inrush

3. Comportamiento transitorio de motores eléctricos

- 3.1. Modelo del motor para alta frecuencia.
- 3.2. Reactancia transitoria y subtransitoria de las máquinas eléctricas.
- 3.3. Respuesta en conexión y desconexión
- 3.4. Corrientes de inrush.



4. Bancos de compensación

- 4.1. Modelamiento eléctrico de bancos de compensación
- 4.2. Conexión y desconexión de bancos de condensadores
- 4.3. Conexión y desconexión de bancos de reactores
- 4.4. Mecanismos de interrupción: tecnologías, características y efectos
- 4.5. Análisis de casos prácticos y mediciones.

5. Ondas viajeras y métodos de cálculo

- 5.1. Ondas viajeras
- 5.2. Comportamiento de ondas viajeras
- 5.3. Métodos gráficos: método de lattice
- 5.4. Métodos matemáticos: método de Domel y Bergeron

6. Protecciones contra sobrecorriente

- 6.1. Clasificación y especificación de las protecciones
- 6.2. Cálculos de energía y tiempos de respuesta
- 6.3. Ajuste y coordinación de protecciones
- 6.4. Normatividad

7. Protecciones contra sobretensiones

- 7.1. Clasificación y especificación de las protecciones
- 7.2. Cálculos de energía y tensiones residuales
- 7.3. Configuraciones de los dispositivos de protección
- 7.4. Ajuste y coordinación de de aislamiento
- 7.5. Normatividad



Estrategias

El curso es desarrollado fundamentalmente por el participante pero orientado por el profesor. Para ello se dará una guía acerca de cada tema y se asignará el material para estudio con ejercicios, los cuales deberá preparar cada estudiante para evaluar la asimilación del tema.

1. Se adquirirán los conocimientos básicos a través de clases magistrales acompañadas de ejercicios prácticos.
2. Se profundizarán los conocimientos con el desarrollo de temas complementarios realizados mediante talleres prácticos y trabajos de investigación.
3. Se desarrollarán prácticas de laboratorio y exposiciones de temas complementarios o de profundización al contenido de la asignatura. Las herramientas a usar para la solución de ejercicios son EMTP/ATP, NEPLAN y MATLAB.
4. El último trabajo práctico de la asignatura corresponde a un trabajo que corresponde a un análisis de caso donde se aplicarán los conceptos, se harán simulaciones y se seleccionarán y coordinarán protecciones eléctricas siguiendo las metodologías y normatividad específicas para cada caso. La propuesta de este trabajo podrá ser original de los alumnos o especificado por el profesor. Los resultados y el análisis se deben presentar en forma de paper siguiendo las metodologías IEEE. En esta se deben describir todos los aspectos y criterios usados durante el desarrollo del trabajo, presentar los resultados de simulaciones y análisis y evaluar la efectividad de las soluciones planteadas desde un punto de vista práctico y real. Este informe se complementará con una presentación oral de 15 minutos en una sesión especial con los participantes del curso. Los "papers" entregados serán depositados en la Biblioteca de la Universidad, pudiendo servir de referencia bibliográfica en trabajos futuros.
5. El docente brindará una hora semanal para consultas presenciales, que permitan evacuar las dudas que pudieran surgir en cualquiera de las actividades planteadas.

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/ semana	Horas Estudiante/ semana	Total Horas Estudiante/ semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 18 semanas	
	3	1	8	4	12	192	4

Trabajo Presencial Directo (TD): trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

Trabajo Mediado-Cooperativo (TC): Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

Trabajo Autónomo (TA): Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)



Recursos

RECURSOS FÍSICOS REQUERIDOS

- Disponibilidad de las Presentaciones de las clases teóricas en medio magnético.
- Ayudas audiovisuales: retroproyectors de acetatos, de filmillas o diapositivas, y de presentación de imágenes de computador.
- Documentación técnica de soporte, ejercicios con análisis de caso y papers
- Programas o software requeridos: 1. EMTP/ATP, NEPLAN y MATLAB

BIBLIOGRAFÍA

- Power system electromagnetic transient simulations. IET power and energy series 39. Neville Watson and Jos Arrillaga
- Electromagnetic transients in power systems. Research studies press, ldy. 1996. Pritindra Chowdhuri
- Transients in power systems. Wiley
- Computation of power system transients. J.P. Bickford, N.Mullineus. Peter peregrinus Ltd.
- Power system transients, parameter determination. CRC Press. Juan A. Martinez Velasco 2010.
- Transient in electrical system. J.C. Das.
- Electro-Mangetic Transient Program EMTP. Theory book
- IEEE protection standards
- Disturbance analysis for power systems. Wiley, IEEE. Mohamed A. Ibrahim

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

- IEEE Trans on electromagnetic compatibility.
- Proceedings of the IEEE.

Organización / Tiempos

Se recomienda trabajar una unidad cada cuatro semanas, trabajar en pequeños grupos de estudiantes, utilizar Internet para comunicarse con los estudiantes para revisiones de avances y solución de preguntas (esto considerarlo entre las horas de trabajo cooperativo).



Evaluación

TIPO DE EVALUACIÓN		FECHA	PORCENTAJE
PRIMERA NOTA	<ul style="list-style-type: none">Evaluaciones parciales escritas e individuales consistentes en preguntas teóricas y/o problemas de aplicación.Trabajos teórico-prácticos desarrollados durante el curso.	Ver calendario académico	35%
SEGUNDA NOTA	<ul style="list-style-type: none">Evaluaciones parciales escritas e individuales consistentes en preguntas teóricas y/o problemas de aplicación.Trabajos teórico-prácticos desarrollados durante el curso.	Ver calendario académico	35%
EXAM. FINAL	<ul style="list-style-type: none">Trabajo de investigación o aplicación escrito en forma de "paper".Exposición oral de 15 minutos del trabajo de investigación o aplicación.	Ver calendario académico	30%

ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO

1. Evaluación del desempeño docente
2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.
3. Autoevaluación y Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.

Datos Docente

Nombre:

Pregrado:

Postgrado:

Correo Electrónico: