



UNIVERSIDAD DISTRITAL
“Francisco José de Caldas”
Facultad Tecnológica
Tecnología en Electricidad
Ingeniería Eléctrica por ciclos

1. Información General

Espacio Académico	Análisis de fallas y protecciones			
Pensum al que pertenece	304			
Código – Grupo				
Tipo	Espacio teórico-práctico			
Área	Ingeniería Aplicada			
Créditos académicos	HTD Horas de Trabajo Directo	HTC Horas de Trabajo Cooperativo	HTA Horas de Trabajo Autónomo	Horas/semana
	4	2	3	9
	3 Créditos			
Docente	Helmuth Ortiz – heortizs@udistrital.edu.co http://comunidad.udistrital.edu.co/heortizs/			
Espacio de acompañamiento	Lunes: 12-14, Martes: 13-14, Viernes: 13-14			

2. Justificación

Esta materia permite al futuro tecnólogo o ingeniero brindar sus servicios en empresas del sector eléctrico, en etapas concernientes al análisis y la operación de sistemas de potencia, tanto en condiciones de estado estable, como en condiciones de falla, teniendo como prioridad preservar la integridad de los equipos e infraestructura del sistema. También permite que el futuro tecnólogo o ingeniero adquiera la visión de crecimiento y expansión adecuados que deben sugerirse a las empresas del sector, con miras a un permanente estado de actualización de las mismas, acorde con sus recursos y proyecciones de desarrollo.

3. Objetivos

A partir de las bases del ciclo tecnológico y del ciclo propedéutico, en cuanto a sistemas de potencia, circuitos, máquinas eléctricas, matemáticas y herramientas computacionales, se pretende que estudiante de Ingeniería compendie los siguientes objetivos:

- Iniciar al estudiante en el contexto de las fallas en los sistemas de potencia.
- Establecer los fundamentos para el modelado de los elementos de un sistema de potencia en estado transitorio.
- Describir conceptos necesarios para el análisis en estado transitorio de un sistema de potencia.
- Conocer el equipamiento y los recursos, tanto físicos como computacionales del marco que abarca el estudio de los sistemas de potencia.
- Considerar y modelar los principales tipos de fallas a partir de perturbaciones tanto de tipo eléctrico, como de tipo mecánico.
- Determinar valores críticos tanto de tensión como de corriente y tipos de duración de las fallas que coadyuven a mantener la estabilidad del sistema.
- Comprender los principios y mecanismos de funcionamiento de los equipos de protección contra fallas en sistemas de potencia.
- Identificar las principales características de un sistema de protección.
- Comprender y producir diagramas unifilares de medida, protección y control con énfasis en las protecciones.
- Comprender los procesos y equipos involucrados en el sistema de protección.

4. Requerimientos

La posibilidad de entender el discurso y la práctica objeto de trabajo en éste espacio académico radica en la articulación que el estudiante realice con los contenidos contemplados en:

- El ciclo completo de matemáticas.
- Circuitos eléctricos AC, tanto monofásicos como trifásicos (Tecnología).
- Los cursos sobre conversión electromagnética y máquinas eléctricas; transformadores, generadores de corriente alterna y los distintos tipos de motores que constituyen cargas importantes de un sistema de potencia (Tecnología).
- Redes Eléctricas (Tecnología)
- Sistemas de Potencia (ciclo Propedéutico)
- Poseer interés por la utilización de herramientas de software para el análisis de circuitos (EMTP-ATP), análisis de sistemas de distribución y potencia (NEPLAN, ETAP, WinFlow) y programación (MATLAB, MATCAD).

5. Aspectos pedagógicos

La propuesta desarrollada por el grupo de docentes del proyecto curricular de Tecnología en Electricidad e Ingeniería Eléctrica por ciclos, partió del análisis de las características generales que debe poseer todo tecnólogo, como profesional en el sector eléctrico, además de los conocimientos específicos propios de la aplicación de su carrera que debe poseer todo ingeniero, y se encuentran detallados en el perfil profesional que hace parte de la propuesta para el tránsito a créditos académicos.

Tales características, fusionadas al interior de los espacios académicos del plan de estudios son:

- Alto nivel de desarrollo de sus capacidades comunicativas.
- Habilidades para definir problemas, recoger y evaluar información, y desarrollar soluciones reales y eficientes.
- Capacidades para trabajar en equipo, habilidad para trabajar con otros.
- Habilidad para utilizar todo lo anterior a fin de encarar problemas en el complejo mundo real.

Todos los espacios académicos del plan de estudios, al igual que éste, se consideran teórico-prácticos, sustentando esta dinámica en un problema o pregunta que el estudiante debe solucionar a lo largo de las 16 semanas de duración del semestre, a modo de un proyecto o trabajo final.

6. Descripción de créditos

Distribución de las actividades		Horas semanales	Horas semestre	Número de créditos
Clase presencial (trabajo directo)	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de conocimientos • Presentación de temas • Aclaración de dudas • Realización de ejercicios y problemas por parte del profesor y de los alumnos • Formulación de Trabajos y ensayos. • Evaluación teórica escrita 	4	64	3
Acompañamiento (trabajo cooperativo)	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de trabajos implementando software para análisis de sistemas de potencia. • Laboratorios (módulo de sistemas de potencia) • Asesoría de trabajos y ensayos • Visitas técnicas 	2	32	
Actividades extractase (trabajo autónomo)	<ul style="list-style-type: none"> • Lecturas de preparación y/o complemento a las unidades temáticas. • Utilización de herramientas de software. • Preparación de laboratorios. • Desarrollo de trabajos y ensayos 	3	48	
TOTAL		9	144	

7. Competencias e indicadores

Nombre de la unidad temática	Competencias	Indicadores de Idoneidad
Capítulo 1 Componentes simétricas y Modelado de elementos	Interpretativa Argumentativa Propositiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprende el concepto de componentes simétricas. ✓ Utiliza componentes simétricas para modelar fasores desbalanceados. ✓ Determina los circuitos de secuencia de diferentes elementos de sistemas de potencia. ✓ Determina las redes de secuencia de redes eléctricas de potencia. ✓ Comprende y maneja el modelo del generador sincrónico en estado transitorio. ✓ Comprende y maneja el modelo del motor de inducción en estado transitorio. ✓ Comprende y maneja el modelo del transformador en estado transitorio (secuencias 0, 1 y 2). ✓ Comprende y maneja el modelo de líneas de transmisión en estado transitorio (secuencias 0, 1 y 2).
Capítulo 2 Fallas simétricas y asimétricas	Interpretativa Argumentativa Propositiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprende y utiliza las herramientas de análisis sistemático para el cálculo y análisis de fallas balanceadas (simétricas). ✓ Comprende y utiliza las herramientas de análisis sistemático para el cálculo y análisis de fallas desbalanceadas (asimétricas).
Capítulo 3 Protecciones contra fallas en sistemas de potencia	Interpretativa Argumentativa Propositiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establece la importancia de la protección contra fallas como elemento del sistema de potencia. ✓ Comprende las características principales de un Sistema de Protecciones contra fallas (SP) y principales esquemas de protección. ✓ Conoce y maneja las principales funciones de protección. Conoce normas y formas para representar protecciones. ✓ Conoce y maneja los elementos de protección de un transformador. ✓ Conoce y maneja los elementos de protección de un generador. ✓ Conoce y maneja los elementos de protección de un motor de media y baja tensión. ✓ Conoce y maneja los elementos de protección de un barraje independiente de la configuración. ✓ Conoce y maneja los elementos de protección de una línea de transmisión o de distribución.
Capítulo 4 Coordinación de protecciones	Interpretativa Argumentativa Propositiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conoce y maneja el estudio de coordinación de protecciones.

8. Contenido programático

Unidad temática	Semana Sesión	Lineamientos	HSP	HSA	THS
Capítulo 1: Componentes simétricas y Modelado de elementos en estado transitorio	$\frac{1}{1}$	0. Presentación de la asignatura.	2	1	3
	$\frac{1}{2}$	1.1. Las componentes simétricas de los fasores asimétricos. 1.2. Circuitos de secuencia de impedancias en Y y Δ	2	1	3
	$\frac{1}{3}$	1.3. Potencia en términos de componentes simétricas. 1.4. Redes de secuencia.	2	1	3
	$\frac{2}{4}$	1.5. Modelado de la máquina sincrónica 1.5.1. Circuitos de secuencia de la máquina sincrónica.	2	1	3

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

	$\frac{2}{5}$	1.5.2. Estado transitorio y subtransitorio			
	$\frac{2}{6}$	1.6. Modelado de la máquina de inducción. 1.6.1. Circuitos de secuencia de la máquina de inducción.	2	1	3
	$\frac{3}{7}$	1.7. Modelado del transformador 1.7.1. Circuitos de secuencia del transformador.	2	1	3
	$\frac{3}{8}$	1.8. Modelado de las líneas de transmisión. 1.8.1. Circuitos de secuencia de la línea de transmisión.	2	1	3
	$\frac{3}{9}$	Taller Software: 1. Modelado de elementos en estado transitorio.	2	1	3
	$\frac{4}{10}$	PRIMER EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 1	2	1	3
Capítulo 2: Fallas simétricas y asimétricas	$\frac{4}{11}$	2.1. Voltajes internos de máquinas con carga bajo condiciones de falla 2.2. Fallas simétricas 2.2.1. Tipos de fallas simétricas en sistemas de potencia.	2	1	3
	$\frac{4}{12}$	2.2.2. Cálculo de fallas simétricas usando matriz de impedancia	2	1	3
	$\frac{5}{13}$	2.2.3. Cálculo de fallas simétricas usando los circuitos equivalentes de la matriz de impedancia	2	1	3
	$\frac{5}{14}$	2.3. Fallas asimétricas 2.3.1. Tipos de fallas asimétricas en sistemas de potencia. 2.3.2. Cálculos en falla línea – tierra.	2	1	3
	$\frac{5}{15}$	2.3.3. Cálculos en falla línea – línea.	2	1	3
	$\frac{6}{16}$	2.3.4. Cálculos en falla doble línea – tierra.			
	$\frac{6}{17}$	2.3.5. Cálculos en falla serie (conductor abierto).	2	1	3
	$\frac{6}{18}$	Taller Software: 2. Análisis de corto circuito (fallas simétricas y asimétricas).	2	1	3
	$\frac{7}{19}$	SEGUNDO EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 2	2	1	3
Capítulo 3: Protecciones contra fallas en sistemas de potencia	$\frac{7}{20}$	3.1. Definición y funciones del SP. 3.1.1. Definición de Sistema de e Protección dentro del Sistema eléctrico de potencia. 3.1.2. Funciones del sistema de protección. 3.1.3. Vocabulario básico. 3.1.4. Elementos básicos.	2	1	3
	$\frac{7}{21}$	3.2. Características de un SP y principales esquemas de protección. 3.2.1. Selectividad 3.2.2. Economía. 3.2.3. Fiabilidad.	2	1	3

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica**

	3.2.4. Seguridad. 3.2.5. Velocidad. 3.2.6. Simplicidad.			
<u>8</u> 22	3.2.7. Descripción de las funciones ANSI y principales funciones de protección 3.2.8. Funciones ANSI. 3.2.9. Consideraciones IEC.	2	1	3
<u>8</u> 23	3.3. Principales funciones de protección: 3.3.1. Chequeo de sincronismo. 3.3.2. Sobre carga y cortocircuito. 3.3.3. Protección diferencial. 3.3.4. Direccionalidad. 3.3.5. Función de distancia. 3.3.6. Disparo y bloqueo.	2	1	3
<u>8</u> 24	3.4. Protecciones de equipos 3.4.1. Protección del transformador 3.4.1.1. Protección de transformadores de distribución.	2	1	3
<u>9</u> 25	3.4.1.2. Protección de transformadores de potencia: 3.4.1.3. Protección principal: Diferencial 3.4.1.4. Protecciones de respaldo. 3.4.1.5. Protecciones mecánicas y térmicas.	2	1	3
<u>9</u> 26	3.4.2. Protección del generador 3.4.2.1. Protección principal: sobrecarga y cortocircuito.	2	1	3
<u>9</u> 27	3.4.2.2. Protecciones de respaldo. 3.4.2.3. Principales esquemas.	2	1	3
<u>10</u> 28	3.4.3. Protección del motor 3.4.3.1. Protección principal: Sobrecarga y cortocircuito.	2	1	3
<u>10</u> 29	3.4.3.2. Protecciones de respaldo. 3.4.3.3. Principales esquemas en media y baja tensión.	2	1	3
<u>10</u> 30	3.4.4. Protección de barrajes 3.4.4.1. Protección de barrajes con interbloqueos.	2	1	3
<u>11</u> 31	3.4.4.2. Protección diferencial de barrajes del tipo alta impedancia. 3.4.5. Protección diferencial de barrajes de tipo baja impedancia o porcentual.	2	1	3
<u>11</u> 32	3.4.6. Protección de líneas 3.4.6.1. Para Líneas de Distribución y redes: Esquemas de protección.	2	1	3
<u>11</u> 33	3.4.6.2. Para líneas de transmisión cortas. Esquemas con protección de sobrecarga y cortocircuito de línea y simplificados.	2	1	3
<u>12</u> 34	3.4.6.3. Para líneas de transmisión largas: Tipos de relé de distancia. Ajustes a relés de distancia. Identificación y asignación de zonas al relé de distancia. 3.4.6.4. Aplicaciones de los relés de distancia.	2	1	3
<u>12</u> 35	Taller Software: 3. Modelado de dispositivos de protección (relés,	2	1	3

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

		interruptores, fusibles).			
	<u>12</u> 36	Laboratorio: 4. Principio de funcionamiento de protecciones: Protección contra sobrecarga y cortocircuito, protección de voltaje.	2	1	3
	<u>13</u> 37	Laboratorio: 5. Principio de funcionamiento de protecciones: Protección diferencial de barras y de transformador.	2	1	3
	<u>13</u> 38	6. Principio de funcionamiento de protecciones: Protección direccional y protección de distancia.			
	<u>13</u> 39	TERCER EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 3	2	1	3

Unidad temática	Semana Sesión	Lineamientos	HSP	HSA	THS
Capítulo 4: Coordinación de protecciones	<u>14</u> 40	4.1. Coordinación de protecciones en sistemas radiales.	2	1	3
	<u>14</u> 41	4.2. Coordinación de protecciones en sistemas radiales.	2	1	3
	<u>14</u> 42	4.3. Coordinación de protecciones en sistemas enmallados. 4.3.1. Coordinación de protecciones de distancia. 4.3.2. Protección combinada Transformador - línea	2	1	3
	<u>15</u> 43	Taller Software: 6. Coordinación de protecciones en sistemas radiales.	2	1	3
	<u>15</u> 44	Taller Software: 7. Coordinación de protecciones en sistemas enmallados.	2	1	3
	<u>15</u> 45	Laboratorio: 8. Principio de funcionamiento de protecciones: Coordinación de protecciones.	2	1	3
	<u>16</u> 46	CUARTO EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 4	2	1	3

TOTAL	96	48	144
--------------	-----------	-----------	------------

9. Estrategias de evaluación

Parciales:	X	Trabajos y Ensayos:	X
------------	---	---------------------	---

10. Valoración de las estrategias de evaluación

	Estrategia	Porcentaje	Temas a evaluar	Fechas de evaluación
1^{ra} Nota	Parcial	15%	Capítulo 1	
2^{da} Nota	Parcial	15%	Capítulo 2	
3^{ra} Nota	Parcial	15%	Capítulo 3	
4^{ta} Nota	Parcial	15%	Capítulo 4	

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

5^{ta} Nota	Laboratorios	20%	Todo el tema del curso
6^{ta} Nota	Trabajo	15%	Análisis de fallas y coordinación de protecciones en un sistema de N nodos
7^{ma} Nota	Q&T	5%	Preparación de clase

11. Bibliografía y demás fuentes de documentación

- GRAINGER, J. y STEVENSON, W. D. Jr. Análisis de Sistemas de Potencia. McGraw Hill-Interamericana. México. 1996.
- BLACKBURN, LEWIS. Symmetrical Components for Power Systems Engineering (Electrical and Computer Engineering). New York, 1993.
- BARÓN, A. y FLÓREZ, L. Introducción al Análisis de Sistemas de Potencia en Estado Estacionario Volumen I: Conceptos básicos, fundamentos y alcance funcional. Facultad de Ingeniería Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. 1995.
- BARÓN, A. y FLÓREZ, L. Introducción al Análisis de Sistemas de Potencia. Volumen II: Modelos de Elementos. Facultad de Ingeniería Publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. 1995.
- GÓMEZ, A; MARTÍNEZ, J. L.; ROSENDO, J. A.; ROMERO, E. y RIQUELME, J. M. Sistemas Eléctricos de Potencia, Problemas y ejercicios resueltos. Pearson Educación, S. A. Madrid. 2003.
- NASAR, S. A. Sistemas Eléctricos de Potencia. McGraw Hill-Interamericana. México. 1991.
- ELGERD, O. I. Electric Energy Systems Theory. McGraw Hill. 1982.
- SAADAT, H. Power Systems Analysis. McGraw-Hill, 1988.
- GROSS, Ch. Power Systems Analysis. John Wiley & Sons, 1979.
- ANTHONY, Michael A. Electric power system protection and coordination: a design handbook for overcurrent protection / New York: McGraw-Hill, 1994.
- ANDERSON, PAUL. Power System Protection. Wiley-IEEE Press, New York, 1998.
- José Carlos Romero, Francisco Vega. Protecciones Eléctricas. Universidad Nacional de Colombia. 2001.
- International Electrical and Electronics Engineers. Serie IEEE Std. C37, Guía para la protección de equipos y sistemas de potencia y distribución.
- International Electrical and Electronics Engineers. IEEE Std. 242 (Buff Book) IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems. New York, 2001.
- Antonio Mejía Umaña. Transporte de Energía Eléctrica. Conferencias Universidad Nacional de Colombia 2006.
- ABB/ Westinghouse Electric Corporation Transmission and Distribution Reference Book. 1985.
- EPRI. Transmisión Line Reference Book 115 – 138 KV. 1978.
- Carlos Felipe Ramírez. Subestaciones de alta y extra alta tensión. Editorial Mejía Villegas S.A. 1991.
- José Carlos Romero. Subestaciones: Fundamentos Teóricos y Consideraciones. Universidad Nacional de Colombia. 2001.
- TURAN, Gonen. Electric power distribution system engineering. New York: McGraw-Hill Book. 1986.