



PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Especialista en contenido:	ING. NANCY BARBOZA	AUTORIZADO POR VICE RECTORADO ACADÉMICO (FIRMA Y SELLO)
Fecha de elaboración:	MAYO, 2001	
Elaborado por:	ING. WILMER LAMEDA	

FUNDAMENTACIÓN

En el programa de protección de sistemas eléctricos de potencia se pretende: Analizar esquemas de protección tanto tecnológicamente como desde el punto de vista de la ingeniería de los sistemas eléctricos de potencia.

Diseñar y operar esquemas de protección de sistemas de potencia en redes de distribución de alta tensión y media tensión. Por lo cual este se ha estructurado en nueve (9) unidades:

I	Unidad:	Estructura de redes.
II	Unidad:	Protección de sistemas eléctricos de potencia.
III	Unidad:	Transformadores Instrumentales.
IV	Unidad:	Funciones de Protección.
V	Unidad:	Equipos de Interrupción.
VI	Unidad:	Selectividad.
VII	Unidad:	Protección de diferentes elementos de la red.
VIII	Unidad:	Plan de Protección.
IX	Unidad:	Práctica de Laboratorio

Como estrategia de la enseñanza se sugieren las siguientes:

- Exposición oral.
- Estudio de casos prácticos.
- Revisión bibliográfica.
- Proyecto.
- Equipo audiovisual.
- Actividad extracátedra.

Las estrategias de estudio recomendadas señalan que el estudiante deberá asiduamente asistir a las exposiciones del facilitador. Realizará investigaciones y las pondrá en práctica. Elaborará un proyecto bajo la dirección de un profesional de la especialidad. Consultará la información técnica incluida en los manuales de los dispositivos de protección.

OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA:

Analizar los diferentes aspectos de la protección de componentes de sistemas eléctricos de potencia:

- Generadores.
- Transformadores.
- Motores.
- Subestaciones.
- Juego de barras.
- Condensadores.

UNIDAD I		OBJETIVO TERMINAL	
ESTRUCTURAS DE REDES		ANALIZAR AMPLIAMENTE LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES DE LAS REDES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA Y LOS DIFERENTES SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
5%			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Definir los elementos que componen los sistemas eléctricos de potencia. 2. Estudiar las normas ANSI e IEC aplicables a los sistemas eléctricos de potencia. 3. Definir las configuraciones estándares de redes. 4. Analizar los sistemas de puesta a tierra del neutro.	• Objetivos de un sistema de protección. Componentes básicos. Características funcionales. • Aplicación de las normas ANSI e IEC. Diagramas y símbolos. • Estructura general de redes. • Redes industriales con producción interna. • Ejemplos de redes típicas. • Diferentes sistemas de puesta a tierra – definición de arreglos. • Sistemas de puesta a tierra en baja tensión. • Sistemas de puesta a tierra en media tensión. • Instalación específicas.	• Exposición Oral. • Estudios de casos prácticos, ejercicios. • Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
• Formativa. Pruebas escritas cortas. • Sumatoria. Pruebas escritas largas. • Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD II		OBJETIVO TERMINAL	
PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA		ANALIZAR LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE LAS PROTECCIONES AT (ALTA TENSIÓN) Y MT (MEDIA TENSIÓN).	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Definir las fallas principales que ocurren en las redes y en las máquinas eléctricas. 2. Determinar la corriente de corto circuito y formas de onda. 3. Analizar los métodos de cálculo de corrientes de corto circuito. 4. Analizar las consecuencias de los corto circuitos.	• Características de los corto circuitos. • Otros tipos de fallas. • Componentes simétricas. • Cálculo e importancia del corto circuito mínimo. • Efecto térmico. Efecto electrodinámico. • Caídas de voltaje. • Voltajes inducidos en circuitos de control remoto.	• Exposición Oral. • Estudios de casos prácticos, ejercicios. • Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
• Formativa. Pruebas escritas cortas. • Sumatoria. Pruebas escritas largas. • Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD III		OBJETIVO TERMINAL	
TRANSFORMADORES INSTRUMENTALES		ANALIZAR LAS REGLAS GENERALES DE UTILIZACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y TRANSFORMADORES DE TENSIÓN EN LAS REDES ELÉCTRICAS.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Definir las especificaciones y parámetros de los transformadores. 2. Analizar el cumplimiento de estándares internacionales usados en protección y medición. 3. Analizar el uso de transformadores instrumentales fuera de sus valores nominales.	- Reglas de aplicación general. - Uso de CT's en redes eléctricas. - Estándar IEC 185. Medición y protección. - Estándar IEC 186. Medición y protección. - Ejemplo –rating plate- en transformadores de corriente. - Ejemplo –rating plate- en transformadores de tensión.	- Exposición Oral. - Estudios de casos prácticos, ejercicios. - Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
- Formativa. Pruebas escritas cortas. - Sumatoria. Pruebas escritas largas. - Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD IV		OBJETIVO TERMINAL	
FUNCIONES DE PROTECCIÓN		ANALIZAR LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN ELÉCTRICAS.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Definir los relés de protección. 2. Analizar la protección de sobrecorriente. 3. Analizar la protección direccional. 4. Analizar la protección diferencial. 5. Analizar las protecciones específicas de las máquinas y equipos eléctricos.	• Código ANSI. • Relés de atracción electromagnética. • Relés numéricos. • Protección de sobrecorriente de fase ANSI 50 51. • Protección de falla a tierra. ANSI 50/N 51/N o G. • Protección de sobrecorriente direccional. ANSI 67. • Protección de falla a tierra direccional. ANSI 67 N. • Protección diferencial. ANSI 87 x. • Protección de motores y transformadores.	• Exposición Oral. • Estudios de casos prácticos, ejercicios. • Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
• Formativa. Pruebas escritas cortas. • Sumatoria. Pruebas escritas largas. • Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD V		OBJETIVO TERMINAL	
EQUIPOS DE INTERRUPCIÓN		ANALIZAR LAS ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DE FUSIBLES Y CIRCUITOS BREAKERS.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Analizar las especificaciones de equipos de baja tensión. 2. Analizar las especificaciones de equipos de media tensión. 3. Analizar las características de los fusibles en media tensión.	- Definiciones. - Circuits breakers en baja tensión. - Circuits breakers en media tensión. Estándar IC 56. - Fusibles en baja tensión. - Fusibles en media tensión.	- Exposición Oral. - Estudios de casos prácticos, ejercicios. - Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
- Formativa. Pruebas escritas cortas. - Sumatoria. Pruebas escritas largas. - Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD VI		OBJETIVO TERMINAL	
SELECTIVIDAD		ANALIZAR LOS DIFERENTES SISTEMAS DE SELECTIVIDAD.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Analizar las selectividad amperimétrica. 2. Analizar las selectividad cronométrica. 3. Analizar las selectividad lógica. 4. Analizar las selectividad direccional. 5. Analizar las selectividad por protección diferencial. 6. Analizar las selectividad entre fusibles y circuits breaker	- Definiciones. - La selectividad amperimétrica. Ejemplos. - La selectividad cronométrica. Ejemplos. - La selectividad lógica. Ejemplos. - La selectividad direccional. Ejemplos. - La selectividad por protección diferencial. Ejemplos. - Fusibles aguas abajo del circuits breaker. - Fusibles aguas arriba del circuits breaker.	- Exposición Oral. - Estudios de casos prácticos, ejercicios. - Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
- Formativa. Pruebas escritas cortas. - Sumatoria. Pruebas escritas largas. - Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD VII		OBJETIVO TERMINAL	
PROTECCIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS DE LA RED.		ANALIZAR LAS APLICACIONES DE LAS PROTECCIONES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Analizar la protección de redes. 2. Analizar la protección de juego de barras. 3. Analizar la protección de transformadores. 4. Analizar la protección de motores. 5. Analizar la protección de generadores. 6. Analizar la protección de banco de condensadores. 7. Analizar la protección de circuitos de iluminación. 8. Analizar la protección de instalaciones en DC.	• Requerimientos de protección para redes con una llegada. • Requerimientos de protección para redes con una llegadas en paralelo. • Protección del juego de barras usando selectividad lógica. • Protección del juego de barras usando protección diferencial de alta impedancia. • Transformadores. Corriente inrush. • Fallas en transformadores. • Protección en transformadores. • Protección de motores MT. • Indicadores de ajuste para la protección de motores. • Ejemplos de protección de generador. • Indicadores de ajuste para la protección de generadores. • Protección de condensadores. Fenómenos eléctricos relativos a la energización. • Determinación de circuit breakers de acuerdo al tipo de lampara. • Protección de instalaciones en CC.	• Exposición Oral. • Estudios de casos prácticos, ejercicios. • Revisión Bibliográfica.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
• Formativa. Pruebas escritas cortas. • Sumatoria. Pruebas escritas largas. • Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD VIII		OBJETIVO TERMINAL	
PLAN DE PROTECCIÓN		COORDINAR LAS PROTECCIONES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.	
DURACION			
2 SEMANAS			
EVALUACION			
10 %			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Calcular las fallas necesarias para elegir el esquema de protección. 2. Elegir los equipos de interrupción. 3. Elegir los relés de protección. 4. Preparar una propuesta de protección a un sistema.	• Estudio de caso. • Selección por catálogos de equipos y relés. • Presentación de proyectos.	• Tutoriar proyecto. • Revisión de casos prácticos. • Revisión Bibliográfica	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
• Formativa. Pruebas escritas cortas. • Sumatoria. Pruebas escritas largas. • Exposiciones y demostraciones.			

UNIDAD IX		OBJETIVO TERMINAL	
PRÁCTICAS DE LABORATORIO		VERIFICAR LOS PRINCIPIOS BÁSICOS SOBRE LAS CUALES SE FUNDAMENTAN LAS PROTECCIONES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.	
DURACION			
DE ACUERDO A LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA			
EVALUACION			
25%			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	CONTENIDO	ESTRATEGIAS DE INSTRUCCION	
1. Diferenciar el modo de programación de los relés SEPAM 1000 y SEPAM 2000. 2. Determinar el número de funciones disponibles en cada tipo de relé. 3. Determinar el esquema de conexiones adecuados para cada función. 4. comprobar que el relé actúe dentro de los ajustes de tiempo y corriente. 5. Verificar que los tiempos de operación concuerdan con el tipo de curva utilizada. 6. comprobar el efecto del cambio de relación de vueltas en el transformador de corriente .	• Máximo de corriente de fase SEPAM 1000. • Máximo de corriente de fase SEPAM 2000. • Máximo de corriente a tierra SEPAM 1000. • Máximo de corriente a tierra SEPAM 2000. • Imagen térmica SEPAM 1000. • Imagen térmica SEPAM 2000. • Mínimo de corriente de fase SEPAM 1000. • Mínimo de corriente de fase SEPAM 2000.	• Uso de los instrumentos de laboratorio para la demostración de los objetivos establecidos.	
ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN			
• Evaluar los conocimientos teóricos pre-laboratorios. • Evaluar las destrezas en la práctica. Demostraciones prácticas. • Evaluar lo aprendido en la práctica mediante exámenes cortos. • Evaluar el informe de cada práctica.			

BIBLIOGRAFÍA

Electrical Distribution – System Protection. Cooper Industries. USA. 1990.

Enríquez Harper Gilberto. **Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión.** 2da Edición. Noriega Editores. España. 1996.

Enríquez Harper Gilberto. **Protección de Instalaciones Eléctricas, Industriales y Comerciales.** Noriega Editores. España. 1996.

Gers Juan Manuel. **Aplicación de Protecciones Eléctricas a Sistemas de Potencia.** Centro Editorial Univalle. España. 1993.

Groos Charles A. **Análisis de Sistemas de Potencia.** Editorial Interamericana. México. 1982.

Mason C.R. **The Art and Science of Protective Relaying.** John Willey and Sons. USA. 1998.

Montane Paulino. **Protecciones en las Instalaciones Eléctricas. Evolución y Perspectivas.** 2da Edición. Editorial Marcombo. España. 1993.

Montane. P. **Protecciones en las instalaciones eléctricas.** Marcombo Editores. España. 1996.

Ravindranath Et. Al. **Protección de Sistemas de Potencia e Interruptores.** Noriega Editores. España. 1996.

SIEMENS. **Power Engineering Guide – Transmission and Distribution.** 4ta Edición. 2000.

Smith Robert y Prabakara F.S. **Industrial and Commercial Power System Handbook.** Editorial Mc Graw Hill. USA. 1995.

The Electricity Council. **Power System Protection.** 2da Edición. U.K. 1986.

Warrington A.R. **Protective Relays: Their Theory and Practice.** 2da Edición. Chapman & Hall. London. 1968.

Weedy B.M. **Sistemas Eléctricos de Gran Potencia.** Editorial Reverté. España. 1978.

Páginas Web:

Coordinación de Protecciones en Transformadores de Potencia: www.energuia.com/

Transformer Turn Relays: <http://xnet.rrc.mb.ca/janaj/protective.htm>

Transformer Turn Ratio: www.transcat.com/

Manual para el cálculo coordinado de las secciones de los cables y sus protecciones:
www.energuia.com/

Institute of electrical and electronics engineers: www.IEEE.org/

General Electric: www.geindustrial.com/ y [www.GE.org./](http://www.GE.org/)

Asea Brown Boveri: www.abb.com/

Schneider Electric: www.schneiderelectric.com/

Alstom: www.alstom.com/