

**CAMPO DICIPLINARIO
DE
SISTEMAS POTENCIA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
LICENCIATURA: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:				
Protección de Sistemas Eléctricos				
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA				
MODALIDAD: Curso		CLAVE: 1921		
TIPO DE ASIGNATURA: Teórico – Práctica				
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE: Noveno				
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria de Elección				
NÚMERO DE CRÉDITOS:		8		
HORAS DE CLASE A LA SEMANA: 5	Teóricas: 3	Prácticas: 2	Semanas de clase: 16	TOTAL DE HORAS: 80
SERIACIÓN OBLIGATORIA ANTECEDENTE:		Ninguna		
SERIACIÓN OBLIGATORIA SUBSECUENTE:		Ninguna		

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar el curso, el alumno conocerá el análisis que se requiere para seleccionar adecuadamente los elementos de protección que se utilizan para brindar protección en los sistemas eléctricos de potencia

ÍNDICE TEMÁTICO			
UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas Prácticas
1	Análisis de corto circuito	10	2
2	Transformadores de medición y de instrumentación, filtros	10	6
3	Elementos de protección	10	6
4	Aplicación de los dispositivos de protección	14	18
5	Equipo de medición	4	0
	Total de Horas	48	32
	Suma Total de las Horas	80	

CONTENIDO TEMÁTICO

1. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO

- 1.1. Cortocircuito trifásico en sistemas pequeños (cálculo a mano).
 - 1.1.1. Método de la Z Loop.
 - 1.1.2. Método Z bus. Evaluación.
- 1.2. Asimetría de corrientes de cortocircuito.
- 1.3. Aplicaciones (interruptores, coordinación de protecciones, etc.)
- 1.4. Componentes simétricas.
- 1.5. Circuitos equivalentes de transformadores para secuencia cero.
- 1.6. Cálculo de circuito desbalanceado.
 - 1.6.1. Interconexión de fallas.
 - 1.6.2. Aplicaciones.

2. TRANSFORMADORES DE MEDICIÓN, PROTECCIÓN Y FILTROS

- 2.1. Transformadores de corriente de altas y bajas impedancias.
 - 2.1.1. Circuito equivalente.
- 2.2. Precisión para medición, burden, clase para protección.
- 2.3. saturación y consecuencias.
- 2.4. Transformadores de potencial.
- 2.5. Transformadores de potencial capacitivo.
- 2.6. Análisis de filtros para secuencia positiva, negativa y cero.

3. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

- 3.1. Características constructivas y principio de funcionamiento de los diversos dispositivos de protección (interruptores de potencia y relevadores).
- 3.2. La protección por relevadores.
- 3.3. Simbología y nomenclatura utilizada.
- 3.4. Clasificación y funcionamiento de los relevadores de sobrecorriente.
- 3.5. Protección de sobrecorriente direccional.
- 3.6. Protección diferencial.
- 3.7. Protección de distancia.
- 3.8. Protección piloto.
- 3.9. Esquema de la protección de distancia.
- 3.10. Esquema de la protección diferencial de corriente.
- 3.11. Protección diferencial por hilo piloto de corriente circulante.
- 3.12. Protección por hilo piloto.
- 3.13. Esquemas de protección por comparación de fase.
- 3.14. Esquema de comparación direccional de bloqueo.

4. APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

- 4.1. Protección de líneas de transmisión y subtransmisión.
- 4.2. Protección de bancos de potencia para transmisión, subtransmisión y distribución.

- 4.3. Protección de bancos de tierra.
- 4.4. Protección de alimentadores.
- 4.5. Protección de banco de capacitores.
- 4.6. Protección diferencial de barras colectoras.
- 4.7. Protección por falla de interruptor.

5. EQUIPO DE MEDICIÓN

- 5.1. Introducción.
- 5.2. Amperímetros.
- 5.3. Wattímetros.
- 5.4. Varímetros.
- 5.5. Watthorímetros.
- 5.6. Varhorímetros.
- 5.7. Frecuencímetros.
- 5.8. Multimetro.
- 5.9. Simbología y nomenclatura utilizada.

6. PRÁCTICAS

1. Transformador de corriente para dispositivos de protección.
2. Transformador de potencial para dispositivos de protección.
3. Réle de sobretensión y tensión baja.
4. Relé direccional de potencia.
5. Relé de tiempo inverso.
6. Relé direccional.
7. Relé de servicio de corto circuito a tierra.
8. Relé a distancia.
9. Coordinación de protecciones I
10. Coordinación de protecciones II

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Gurevich Vladimir, *Electric relays principles and applications*, CRC press, 2006.
- Mujal Rosas, Ramón M., *Protección de sistemas eléctricos de potencia Ediciones UPC*, 2002.
- Blackburn J. Lewis, *Protective Relaying Principles and Application*, Edt. Marcel Dekker, Inc. USA; 2005.
- Turan Gonen, *Electrical power transmission, system engineering*, 2a Edition, CRC press, 2009.
- Jeffs Eric, *Generating power at high efficiency*, CRC press, 2008.
- *Manual de diseño de subestaciones, luz y fuerza del centro*, 2003.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA.

- Enríquez Harper Gilberto, *Fundamentos De Protección De Sistema Eléctricos Por Relevadores*, 2ª edición, Noriega ; 2005.
- Horewitz, Stanley , Phadke, Arun *Power System Relaying USA* John Wiley and Sons, 2000.
- Wright, A., Christopolous, C. *Electrical Power System Protection*. England Chapman and Hall, 2001.
- Donald Reimert, *Protective relaying for power generation system*, CRC press, 2006.

SITIOS WEB RECOMENDADOS

- <http://www.dgbiblio.unam.mx> (librunam, tesiunam, bases de datos digitales)
- <http://www.copernic.com>
- http://www.ieee.org.mx/IEEE_Seccion_Mexico.html

**SUGERENCIAS DIDACTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA
ASIGNATURA**

SUGERENCIAS DIDACTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	√
Exposición audiovisual	√
Ejercicios dentro de clase	√
Ejercicios fuera del aula	√
Lecturas obligatorias	√
Trabajo de investigación	√
Practicas de taller	√
Practicas de campo	√
Otras	√

MECANISMOS DE EVALUACIÓN

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	√
Examen final	√
Trabajos y tareas fuera del aula	√
Participación en clase	√
Asistencia	√
Exposición de seminarios por los alumnos	√

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Mecánica y eléctrica, o ingeniería eléctrica	Maestría en ingeniería eléctrica	Eléctrica	Eléctrica



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
LICENCIATURA: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:					
Sistemas Eléctricos de Potencia II					
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA					
MODALIDAD: Curso		CLAVE: 1924			
TIPO DE ASIGNATURA: Teórico-práctica					
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE: Noveno					
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria de Elección					
NÚMERO DE CRÉDITOS: 8					
HORAS DE CLASE A LA SEMANA:	5	Teóricas: 3	Prácticas: 2	Semanas de clase: 16	TOTAL DE HORAS: 80
SERIACIÓN OBLIGATORIA ANTECEDENTE: Ninguna					
SERIACIÓN OBLIGATORIA SUBSECUENTE: Ninguna					

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar el curso, el alumno será capaz de analizar las fallas asimétricas que se presentan en los sistemas eléctricos de potencia, además conocerá como se lleva a cabo la coordinación de aislamiento.

ÍNDICE TEMÁTICO			
UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas Prácticas
1	Fallas simétricas	6	4
2	Componentes simétricas	10	4
3	Circuitos equivalentes de secuencia positiva, negativa y cero de máquinas rotatorias y transformadores	6	6
4	Fallas asimétricas	8	6
5	Sobrevoltajes en los sistemas eléctricos	8	6
6	Criterios para la coordinación de aislamiento	10	6
Total de Horas		48	32
Suma Total de las Horas		80	

CONTENIDO TEMÁTICO

1. FALLAS SIMÉTRICAS

- 1.1. Conceptos generales. Respuesta transitoria en circuitos RL visto desde un sistema eléctrico de potencia.
- 1.2. Respuesta transitoria de un generador síncrona.
- 1.3. Corriente de cortocircuito en un generador síncrono sin carga.
- 1.4. Matriz de impedancias y Matriz de admitancias.
- 1.5. Estudio de cortocircuito en un sistema eléctrico de potencia.
- 1.6. La Z bus, para el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásico en un sistema eléctrico de potencia. Uso de software

2. COMPONENTES SIMÉTRICAS

- 2.1. Componentes de secuencia positiva, negativa y cero propias y mutuas de un sistema trifásico, sin y con cables de guarda.
- 2.2. Componente de secuencia: voltaje balanceado de línea a neutro.
- 2.3. Componentes de secuencia, para Corrientes con diferentes secuencia de fases.
- 2.4. Componentes de secuencia: para corrientes desbalanceadas.
- 2.5. Impedancia de secuencia positiva, negativa y cero propias y mutuas de un sistema trifásico, sin y con cables de guarda. Uso de software

3. CIRCUITOS EQUIVALENTES DE SECUENCIA POSITIVA, NEGATIVA Y CERO DE MÁQUINAS ROTATORIAS, TRANSFORMADORES

- 3.1. Redes de secuencia de máquinas rotatorias.
- 3.2. Circuitos equivalentes en por unidad de transformadores trifásicos. conectados en estrella-estrella, estrella-delta, delta-delta y zig-zag.
- 3.3. Modelos de secuencia por unidad de transformadores trifásicos contres devanados.
- 3.4. Potencia en redes de secuencia.
- 3.5. Bancos de tierra.

4. CÁLCULO DE FALLAS EN CIRCUITOS DESEQUILIBRADOS EN LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- 4.1. Representación de un sistema.
- 4.2. Cálculo de fallas de sistema eléctrico: falla trifásica, bifásica, bifásica a tierra, y de fase a tierra.
- 4.3. Desequilibrios debidos a una o dos fases abiertas.
- 4.4. Carga trifásica desequilibrada.
- 4.5. Aplicación de las computadoras digitales al cálculo de fallas:
- 4.6. Matriz de impedancia de circuito-corto. Uso desoftware

5. SOBREVOLTAJES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

- 5.1. Características de los aislamientos.
- 5.2. Clasificación de las sobretensiones
- 5.3. Sobrevoltajes debido a fallas de aislamiento.
- 5.4. Sobrevoltajes debido a fenómenos de ferro resonancia.
- 5.5. Sobrevoltajes debido a la operación de interruptores; su estudio mediante circuitos equivalentes con parámetros concentrados.
- 5.6. Sobrevoltajes debido a descargas atmosféricas.
- 5.7. Propagación de los voltajes por las líneas de transmisión.
- 5.8. Analizador de transitorios.
- 5.9. Cálculo transitorio con una computadora digital.

6. CRITERIOS PARA LA COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

- 6.1. Análisis del sistema.
- 6.2. Tensiones normalizadas y máximas del equipo.
- 6.3. Pararrayos.
- 6.4. Cables de guarda.
- 6.5. Elección del nivel de aislamiento.
- 6.6. Coordinación del aislamiento de las distintas componentes de un sistema eléctrico.
- 6.7. Método estadístico de coordinación del aislamiento.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Checa Luis María, *Líneas de transporte de energía* 3a. edición, Alfaomega Marcombo, 2000.
- Kothari, D.P., *Sistemas Eléctricos de Potencia*, 3ª edición, Mac. Graw Hill, 2008.
- Martín, José Raúl, *Diseño de subestaciones eléctricas*, Editorial División de Ingeniería de la UNAM. 2000.
- Duncan Glover, *Sistemas de potencia análisis y diseño*, Thomson, 2003.
- Viqueira Landa Jacinto; *Redes eléctricas II*; Facultad de Ingeniería UNAM; 2004.
- Martínez Velasco Juan Antonio, *Coordinación de Aislamiento en redes*, Mc Graw Hill, 2007.
- J. c. Das; *Power System Analysis*; CRC PRESS; 2006

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA.

- saadat Hadi, *Power system analysis*, 2a edition, Mc Graw Hill, 2002.
- Abraham I. Pressman; *Switching power supplí design*, 3ª ed; Mc. Graw Hill; 2009

SITIOS WEB RECOMENDADOS

- <http://www.dgbiblio.unam.mx> (librunam, tesunam, bases de datos digitales)
- <http://www.copernic.com>
- http://www.ieee.org.mx/IEEE_Seccion_Mexico.html

SUGERENCIAS DIDACTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

SUGERENCIAS DIDACTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	√
Exposición audiovisual	√
Ejercicios dentro de clase	√
Ejercicios fuera del aula	√
Lecturas obligatorias	√
Trabajo de investigación	√
Practicas de taller	√
Practicas de campo	
Otras	

MECANISMOS DE EVALUACIÓN

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	√
Examen final	√
Trabajos y tareas fuera del aula	√
Participación en clase	√
Asistencia	√
Exposición de seminarios por los alumnos	√

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Mecánica y eléctrica, o ingeniería eléctrica	Maestría en ingeniería eléctrica	Eléctrica	Eléctrica



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
LICENCIATURA: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:					
Subestaciones Eléctricas					
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA					
MODALIDAD: Curso		CLAVE: 1926			
TIPO DE ASIGNATURA: Teórica					
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE: Noveno					
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria de Elección					
NÚMERO DE CRÉDITOS: 8					
HORAS DE CLASE A LA SEMANA:	4	Teóricas: 4	Prácticas: 0	Semanas de clase: 16	TOTAL DE HORAS: 64
SERIANCIÓN OBLIGATORIA ANTECEDENTE: Ninguna					
SERIANCIÓN OBLIGATORIA SUBSECUENTE: Ninguna					

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar el curso el alumno tendrá los conocimientos que se requieren para la transmisión y distribución de la energía eléctrica que la integran.

ÍNDICE TEMÁTICO			
UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas Prácticas
1	Características de la Subestación Eléctrica	5	0
2	Arreglos	10	0
3	Equipo Principal	10	0
4	Barras Colectoras	8	0
5	Redes de Tierra	9	0
6	Sistemas Auxiliares	7	0
7	Subestaciones Especiales	6	0
8	Pruebas y Puesta en Servicio	9	0
	Total de Horas	64	0
	Suma Total de Horas	64	

CONTENIDO TEMÁTICO

1 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

- 1.1. Conceptos generales.
- 1.2. Clasificación de las subestaciones eléctricas.
- 1.3. Diagramas de conexiones.
- 1.4. Capacidad de transformación en subestaciones de distribución.
 - 1.4.1. Diagrama de conexiones.
- 1.5. Capacidad de transformación en subestaciones de subtransmisión.
 - 1.5.1. Diagrama de conexiones.
- 1.6. Capacidad de transformación en subestaciones de transmisión.
 - 1.6.1. Diagrama de conexiones.
- 1.7. Subestaciones eléctricas industriales, carga instalada, diagrama de conexiones.
- 1.8. subestaciones encapsuladas en Sexafloruro de Azufre (SF₆).

2 ARREGLOS

- 2.1. Continuidad de servicio, flexibilidad de operación, condiciones para el mantenimiento del equipo.
- 2.2. Superficie requerida.
- 2.3. Arreglos comunes (barra sencilla, doble barra con interruptor comodín, doble barra con interruptor de amarre, interruptor y medio, anillo, etc.).
- 2.4. Aplicación en las subestaciones de transmisión, subtransmisión y distribución.
- 2.5. Nomenclatura.

3 EQUIPO PRINCIPAL

- 3.1. Nivel de aislamiento.
- 3.2. Coordinación de aislamiento.
- 3.3. Descargas parciales.
- 3.4. Transformador de potencia.
- 3.5. Transformadores de instrumento.
- 3.6. Banco de capacitores.
- 3.7. Interruptores.
- 3.8. Apartarrayos.
- 3.9. Cuchillas desconectadoras.
- 3.10. Componentes y auxiliares.

4 BARRAS COLECTORAS

- 4.1. Tipos de barras.
- 4.2. Materiales y accesorios.
- 4.3. Aisladores.
- 4.4. Distancia entre partes vivas.
- 4.5. Barras aisladas en gas Sexafloruro de Azufre (SF₆).

5 REDES DE TIERRA

- 5.1. Necesidad de la red.
- 5.2. Elementos de la red.
- 5.3. Límites de corriente.
- 5.4. Factores de diseño.

6 SISTEMAS AUXILIARES

- 6.1. Alumbrado.
- 6.2. Sistema contra incendio.
- 6.3. Aire acondicionado.

7 SUBESTACIONES ESPECIALES

- 7.1. Subestaciones rectificadoras.
- 7.2. Subestaciones inversoras.

8 PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

- 8.1. Tipos de pruebas.
- 8.2. Pruebas en circuitos de control, protección y medición.
- 8.3. Faseo.
- 8.4. Puesta en servicio.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Martín, José Raúl, *Diseño de subestaciones eléctricas*, Editorial División de Ingeniería de la UNAM. 2000.
- Luz y Fuerza del Centro, *Manual de diseño de subestaciones*, Editorial Luz y Fuerza del Centro, 2003.
- Viqueira Landa Jacinto; *Redes eléctricas III*; Facultad de Ingeniería UNAM; 2004.
- Enríquez Harper, Gilberto, *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*, Editorial LIMUSA, 2005.
- Abraham I. Pressman; *Switching power supplí design*, 3ª ed; Mc. Graw Hill; 2009.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Enríquez Harper, Gilberto, *Fundamentos de protección de sistemas eléctricos por relevadores*, 2ª Ed., Editorial Noriega, 2005.
- Guirardo Torres, Rafael, Asensi Orosa, Rafael, *Tecnología eléctrica*, 1ª Ed., Editorial Mc Graw Hill, 2006.

SITIOS WEB RECOMENDADOS

- <http://www.dgbiblio.unam.mx> (librunam, tesunam, bases de datos digitales)
- <http://www.copernic.com>
- http://www.ieee.org.mx/IEEE_Seccion_Mexico.html

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	✓
Exposición audiovisual	✓
Ejercicios dentro de clase	✓
Ejercicios fuera del aula	✓
Lecturas obligatorias	✓
Trabajo de investigación	✓
Prácticas de taller	
Prácticas de campo	
Otras	

MECANISMOS DE EVALUACIÓN

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	✓
Examen final	✓
Trabajos y tareas fuera del aula	✓
Participación en clase	✓
Asistencia	✓
Exposición de seminarios por los alumnos	✓

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Mecánica Eléctrica o, Ingeniería Eléctrica.	Maestría en Ingeniería Eléctrica	Sistemas Eléctricos de Potencia	Subestaciones