

Nombre de la materia:	<b>PROTECCION Y CONTROL DE SISTEMAS ELECTRICOS</b>
Clave:	<b>IA0200-T</b>
No. De horas /semana :	<b>3</b>
Duración semanas:	<b>16</b>
Total de Horas :	<b>48</b>
No. De créditos :	<b>6</b>
Prerrequisitos :	<b>IA0600-T</b>

### **OBJETIVO :**

QUE EL ALUMNO ADQUIERA LA DESTREZA PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS DIFERENTES ESQUEMAS DE PROTECCIÓN EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN.

### **BIBLIOGRAFIA**

#### **TEXTO PRINCIPAL**

-PROCEDIMIENTO PARA COORDINACION DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION.  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.

#### **TEXTOS DE CONSULTA:**

-EL ARTE Y LA CIENCIA DE LA PROTECCION POR RELEVADORES  
C. RUSELL MASON  
EDITORIAL CONTINENTAL S.A.

-ESQUEMAS DE PROTECCION ELECTRICA  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
PRIMERA EDICION 1981

-DIAGRAMAS UNIFILARES DE ARREGLOS PARA SUBESTACIONES  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
CFE 00200-02 1995

-PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA E INTERRUPTORES  
B. RAVINDRANTH. M. CHANDER  
EDITORIAL LIMUSA  
PRIMERA EDICION 1980

#### **PROGRAMA SINTETICO:**

1	GENERALIDADES	3 HRS
2	CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	6 HRS
3	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS	6 HRS
4	HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCIONES	6 HRS
5	EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	9 HRS
6	CRITERIOS DE COORDINACION Y APLICACIÓN DE PROTECCIONES EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION	12 HRS
	EXAMENES DE ACADEMIA	6 HRS
	<b>TOTAL HORAS</b>	<b>48 HRS</b>

## **PROGRAMA DESARROLLADO:**

### **1 GENERALIDADES**

1.1	INTRODUCCIÓN	1-1
1.2	OBJETIVOS	1-2
1.3	ALCANCE	1-2
1.4	ANTECEDENTES	1-2
1.5	DESCRIPCIÓN	1-3

### **2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

2.1	DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SITRIBUCIÓN	2-1
2.1.1	CONCEPTOS BÁSICOS	2-1
2.1.2	DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	2-2
2.1.3	TENSIONES NOMINALES EN LOS SISTEMAS DE SITRIBUCIÓN	2-3
2.1.4	ARREGLOS PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	2-4
2.1.4.1	CONFIGURACIONES EN LÍNEAS DE SUBTRANSMICIÓN	2-7
2.1.4.2	CONFIGURACIONES EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN	2-9
2.1.4.3	CONFIGURACIONES EN CIRCUITOS DE DISTRIBUCIONES DE MEDIA TENSIÓN	2-12
2.1.4.4	CONFIGURACIONES DE CIRCUITOS DE BAJA TENSIÓN	2-18
2.2	NATURALEZA DE LAS FALLAS	2-19
2.2.1	FALLAS DE NATURALEZA TRANSITORIA	2-19
2.2.2	FALLAS DE NATURALEZA PERMANENTE	2-19
2.2.3	LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, LA NATURALEZA DE SUS FALLAS Y LA DEFINICIÓN DE SU SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	2-20
2.3	TIPOS DE FALLAS	2-22
2.3.1	TIPOS DE FALLAS Y CAUSAS	2-22
2.3.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS FALLAS	2-23
2.3.2.1	ÁNGULO DE FALLA	2-23
2.3.1.2	ATERRIZAMIENTO DEL SISTEMA	2-24
2.3.2.3	RESISTENCIA DE FALLA	2-26
2.3.2.4	VARIACIÓN DE LOS FASORES DURANTE FALLAS	2-27
2.4	ZONAS DE PROTECCIÓN	2-29
2.5	CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA PROTECCIÓN	2-32
2.5.1	CONFIABILIDAD	2-32
2.5.2	RAPÍDEZ	2-32
2.5.3	ECONOMÍA	2-33
2.5.4	SIMPLICIDAD	2-33
2.5.5	SELECTIVIDAD	2-34
2.6	LA PROTECCIÓN COMO ELEMENTO DE DISEÑO DE LA TIPOLOGÍA DE UN CIRCUITO	2-35
2.6.1	ANTECEDENTES DE LA PROTECCIÓN EN LOS CIRCUITOS DE MEDIA TENSIÓN	2-36
2.6.2	PROTECCIÓN DE CIRCUITOS DE MEDIA TENSIÓN	2-36
2.6.2.1	MODELOS GEOMÉTRICOS PARA ELIMENTADORES Y ÁREAS DE SUBESTACIONES	2-36
2.6.2.2	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN EN ÁREAS GEOMETRICAS	2-39

### **3 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS**

3.1	TRANSFORMADORES	3-1
3.1.1	CURVA DE DAÑO	3-1
3.1.1.1	CATEGORIA I	3-3
3.1.1.2	CATEGORIA II	3-4
3.1.1.3	CATEGORIA III	3-6
3.1.1.4	CATEGORIA IV	3-8
3.1.2.	CORRIENTE DE MAGNETIZACION	3-10
3.1.3	CORRIENTE DE CARGA FRIA	3-11
3.1.4	CONEXIONES DE TRANSFORMADORES	3-11
3.1.5	EJEMPLO	3-13
3.2	CONDUCTORES Y CABLES	3-16
3.2.1	CONDUCTORES EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION	3-16
3.3	CAPACITORES	3-26
3.4	REGULADORES DE VOLTAJE Y AUTO-REGULADORES	3-28
3.4.1	EJEMPLO	3-29

### **4 HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCIONES**

4.1	RECOPIACIÓN DE DATOS	4-2
4.1.1	TIPOS DE CANTIDADES	4-2
4.1.2	FUENTES DE DATOS	4-2
4.1.3	ALMACENAMIENTO Y ANEJO DE DATOS	4-3
4.1.4	ACTUALIZACIONES	4-2
4.1.5	DATOS NECESARIOS PARA LOS CALCULOS Y ESTUDIOS REQUERIDOS EN LA COORDINACION DE PROTECCIONES	4-3
4.2	MODELADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	4-5
4.2	REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	4-5
4.2.2	COMPONENTES SIMETRICAS	4-7
4.2.2.1	EJEMPLO	4-9
4.2.2.2	REGLAS Y RESTRICCIONES	4-11
4.2.3	EL METODO POR UNIDAD	4-13
4.2.4	MODELOS DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	4-15
4.2.4.1	TRANSFORMADORES	4-15
4.2.4.1.1	EJEMPLO	4-16
4.2.4.2	LINEAS AEREAS	4-17
4.2.4.2.1	IMPEDANCIA DE SECUENCIA POSITIVA Y NEGATIVA DE LÍNEAS AÉREAS	4-17
4.2.4.2.2	IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO PARA LÍNEAS AÉREAS	4-19
4.2.4.3	LÍNEAS SUBTERRÁNEAS	4-21
4.2.4.3.1	IMPEDANCIA DE SECUENCIA POSTIVA Y NEGATIVA PARA LÍNEAS SUBTERRÁNEAS	4-22
4.2.4.3.2	IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO PARA LÍNEAS SUBTERRÁNEAS	4-23
4.2.5	REPRESENTACIÓN EN P.U.	4-27
4.2.5.1	EJEMPLO	4-28
4.3	ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO	4-33
4.3.1	TEORIA BASICA	4-33
4.3.2	DATOS REQUERIDOS PARA EL ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO	4-36
4.3.3	FALLA TRIFASICA	4-37
4.3.4	FALLA DE UNA FASE A TIERRA CON RESISTENCIA	4-39
4.3.5	CONSIDERACIONES PARA LOS DISTINTOS DE FALLA	4-41
4.3.6	INTERPRETACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO	4-43
4.3.7	EJEMPLO	4-43
4.3.8	CALCULO DE CORTO CIRCUITO CON COMPUTADORA	4-46
4.4	ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCIONES	4-47
4.4.1	PRINCIPIOS BASICOS PARA LA COORDINACION DE PROTECCIONES	4-48
4.4.2	COORDINACION POR MAGNITUD DE CORRIENTE	4-49
4.4.3	COORDINACION POR TIEMPO	4-51
4.4.4	INTERPRETACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	4-55

### **5 EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN**

5.1	FUSIBLES	5-1
5.1.1	CONSTRUCCIÓN	5-1
5.1.2	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	5-3
5.1.3	TIPOS DE FUSIBLES	5-5
5.1.3.1	FUSIBLES TIPO EXPULSIÓN	5-5

5.1.3.2	FUSIBLES DE TRIPLE DISPARO	5-7
5.1.3.3	FUSIBLES DE VACÍO	5-8
5.1.3.4	FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE	5-8
5.1.3.5	FUSIBLES EN HEXAFLUORURO DE AZUFRE	5-10
5.1.3.6	FUSIBLES DE POTENCIA	5-11
5.1.4	SELECCIÓN DE FUSIBLES	5-16
5.1.4.1	SELECCIÓN DE LA CURVA DE OPERACIÓN	5-18
5.2	RESTAURADOR	5-20
5.2.1	CONSTRUCCIÓN	5-22
5.2.2	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	5-23
5.2.3	CARACTERÍSTICAS DE TIEMPO-CORRIENTE Y SECUENCIA DE OPERACIÓN	5-24
5.2.4	TIPOS DE RESTAURADORES	5-26
5.2.4.1	RESTAURADORES DE CONTROL HIDRAULICO CON INTERRUPCION EN VACÍO	5-26
5.2.4.2	RESTAURADORES DE CONTROL MICROPROCESADO EN SF	5-27
5.2.4.2.1	MECANISMO DE CIERRE	5-29
5.2.4.2.2	MODULO DE CONTROL	5-29
5.2.4.3	RESTAURADORES DE CONTROL HIDRAULICO	5-29
5.2.4.3.1	SISTEMA DE CONTROL HIDRAULICO SIMPLE	5-29
5.2.4.3.2	SISTEMA DE CONTROL HIDRAULICO DOBLE	5-32
5.2.4.4	RESTAURADORES CON CONTROL ELECTRONICO	5-33
5.2.5	SELECCIÓN Y UBICACIÓN	5-34
5.3	SECCIONALIZADOR	5-35
5.3.1	CONSTRUCCIÓN	5-35
5.3.2	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	5-36
5.3.2.1	OPERACIÓN CON SECCIONALIZADORES CON CONTROL HIDRÁULICO	5-37
5.3.2.2	OPERACIÓN CON SECCIONALIZADORES TIPO ELECTRÓNICO	5-40
5.3.2.3	OPERACIÓN CON SECCIONALIZADORES TIPO ELECTRÓNICO MONOFÁSICO	5-41
5.3.3	FACTORES QUE SE UTILIZAN EN LA SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SECCIONALIZADORES	5-42
5.3.4	SOBRECORRIENTES DE CORTA DURACIÓN EN SECCIONALIZADORES CON BOBINA SERIE	5-42
5.4	RELEVADORES	5-45
5.4.1	TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE	5-46
5.4.1.1	DEFINICIONES	5-47
5.4.1.2	RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE ELECTROMAGNÉTICO	5-47
5.4.1.2.1	RELEVADOR DE ATRACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA	5-47
5.4.1.2.2	RELEVADOR DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA	5-49
5.4.1.3	RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE ESTÁTICO	5-51
5.4.1.4	RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DIGITAL (NUMÉRICO O MICROPROCESADO)	5-53
5.4.2	EQUIPO ASOCIADO A LOS RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE	5-58
5.4.2.1	INTERRUPTOR DE POTENCIA	5-58
5.4.2.2	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	5-59
5.4.2.2.1	CLASIFICACION ANSI DE LA PRECISIÓN	5-61
5.4.2.2.2	EJEMPLO	5-63
5.4.2.2.3	EJEMPLO	5-64
5.4.2.2.4	EJEMPLO	5-65
5.4.2.2.5	TIPOS DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	5-69
5.4.2.2.6	CONEXIONES DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	5-70
5.4.2.2.7	EFFECTOS DE LAS CORRIENTES DE FALLA EN LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	5-73
5.4.2.2.8	EJEMPLO	5-74
<b>6</b>	<b>CRITERIOS DE COORDINACION Y APLICACIÓN DE PROTECCIONES EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION</b>	
6.1	CRITERIOS DE APLICACIÓN DE ESQUEMAS DE PROTECCIÓN EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN	6-1
6.1.1	ESQUEMAS DE PROTECCIÓN PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA MAYORES DE 10 MVA	6-2
6.1.2	ESQUEMAS DE PROTECCIÓN PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIA MENORES DEN 10 MVA	6-4
6.1.3	ESQUEMAS DE PROTECCIÓN PARA ALIMENTADORES DE CIRCUITOS PRIMARIOS DE DISTRIBUCIÓN	6-6
6.1.4	CONSIDERACIONES DE APLICACIÓN EN LA SELECCIÓN DE LOS ESQUEMAS DE PROTECCIÓN	6-9
6.1.5	CRITERIOS BÁSICOS DE AJUSTE PARA LOS ESQUEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN	6-11
6.1.5.1	PROTECCIÓN EN ALTA TENSIÓN DEL TRANSFORMADOR	6-12
6.1.5.2	PROTECCIÓN DE NEUTRO EN BAJA TENSIÓN DEL TRANSFORMADOR	6-12
6.1.5.3	PROTECCIÓN EN BAJA TENSIÓN DEL TRANSFORMADOR	6-13
6.1.5.4	PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR DE DISTRIBUCIÓN	6-14
6.2	CRITERIOS DE APLICACIÓN DE PROTECCIONES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN	6-15
6.2.1	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN EN FALLAS PERMANENTES	6-16
6.2.2	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA FALLAS TRANSITORIAS	6-16

6.2.3	LA PROTECCIÓN CONTRA FALLAS PERMANENTES Y TRANSITORIAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	6-17
6.3	CRITERIOS DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	6-21
6.3.1	CRITERIO DE COORDINACIÓN RELEVADOR-RELEVADOR	6-23
6.3.2	CRITERIO DE COORDINACIÓN RELEVADOR-RESTAURADOR	6-25
6.3.3	CRITERIO DE COORDINACIÓN RELEVADOR-FUSIBLE	6-31
6.3.4	CRITERIO DE COORDINACIÓN RELEVADOR-SECCIONALIZADOR	6-36
6.3.5	CRITERIO DE COORDINACIÓN RELEVADOR-SECCIONALIZADOR-FUSIBLE	6-39
6.3.6	CRITERIO DE COORDINACIÓN RESTAURADOR-RESTAURADOR	6-41
6.3.6.1	MÉTODO I	6-43
6.3.6.2	MÉTODO II	6-44
6.3.6.3	MÉTODO III	6-45
6.3.6.4	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MÉTODOS I, II Y III	6-46
6.3.6.5	COORDINACIÓN DE RESTAURADPORES ELECTRÓNICOS	6-54
6.3.7	CRITERIO DE COORDINACIÓN RESTAURADOR-FUSIBLE	6-55
6.3.7.1	SECUENCIA 2A-2B	6-57
6.3.7.2	SECUENCIA 1A-3B Y 1A-2B	6-57
6.3.7.3	SECUENCIA 3A-1B, 2A-1B Y 1A-1B	6-58
6.3.7.4	SECUENCIA 4A, 3A Y 2A	6-58
6.3.7.5	SECUENCIA 4B, 3B Y 2B	6-58
6.3.8	CRITERIO DE COORDINACIÓN RESTAURADOR-SECCIONALIZADOR	6-59
6.3.9	CRITERIO DE COORDINACIÓN RESTAURADOR-SECCIONALIZADOR-FUSIBLE	6-63
6.3.10	CRITERIO DE COORDINACIÓN FUSIBLE-RELEVADOR	6-66
6.3.11	CRITERIO DE COORDINACIÓN FUSIBLE-RESTAURADOR	6-72

Metodología de enseñanza-aprendizaje:

Revisión de conceptos, análisis y solución de problemas en clase:	( X )
Lectura de material fuera de clase:	( X )
Ejercicios fuera de clase (tareas):	( X )
Investigación documental:	( X )
Elaboración de reportes técnicos o proyectos:	( X )
Prácticas de laboratorio en una materia asociada:	( )
Visitas a la industria:	( X )

Metodología de evaluación:

Asistencia:	( X )
Tareas:	( X )
Elaboración de reportes técnicos o proyectos:	( X )
Exámenes de Academia o Departamentales	( X )

ULTIMA REVISION MAYO 2008