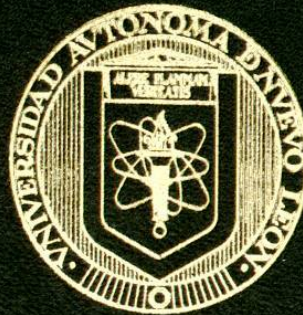


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



LA IMPORTANCIA DE LAS PROTECCIONES CONTRA  
SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS  
DE POTENCIA

POR

ING. JUAN RAMON CHAVEZ CONTRERAS

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD  
EN POTENCIA

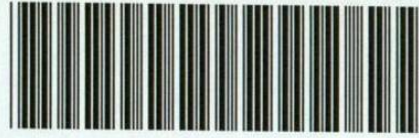
MONTERREY, N. L.

JUNIO DE 1999

J R R O C H C

LA IMPORTANCIA DE LAS PROTECCIONES CONTRA  
SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS  
DE POTENCIA

TM  
TK2861  
Ch3  
c. 1



1080087883

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



LA IMPORTANCIA DE LAS PROTECCIONES CONTRA  
SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS  
DE POTENCIA

FOR  
ING. JUAN RAMON CHAVEZ CONTRERAS

T E S I S  
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD  
EN POTENCIA

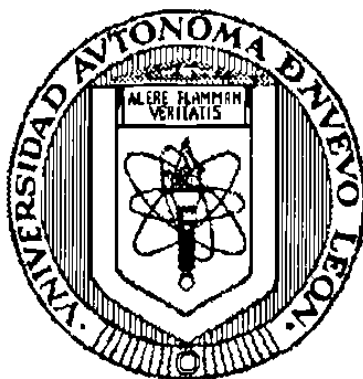
MONTERREY, N. L.

JUNIO DE 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



LA IMPORTANCIA DE LAS PROTECCIONES CONTRA  
SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE  
POTENCIA

POR

ING. JUAN RAMON CHAVEZ CONTRERAS

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

MONTERREY, N.L. JUNIO 1999

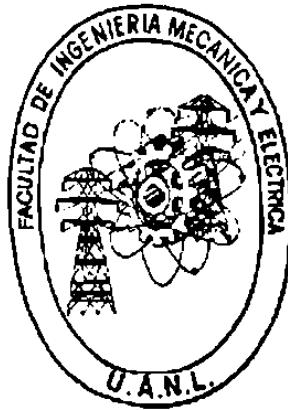
BUMI RANGEL FIAS  
UANL  
FONDO  
TESIS

BUMI RANGEL FIAS  
UANL  
FON O  
TESIS MAES RM

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



LA IMPORTANCIA DE LAS PROTECCIONES CONTRA  
SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE  
POTENCIA

POR

ING. JUAN RAMON CHAVEZ CONTRERAS

TESIS

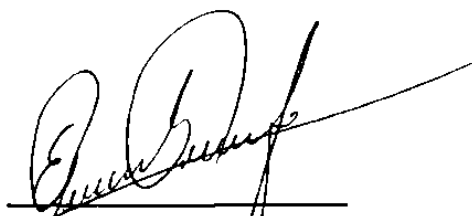
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

MONTERREY, N.L. JUNIO 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA.  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “La Importancia de las Protecciones Contra Sobrecorrientes en los Sistemas Eléctricos de Potencia”, realizada por el alumno Ing. Juan Ramón Chávez Contreras, matrícula 060096 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia.

El comité de Tesis




Asesor

M.C. Evelio P. González Flores



Coasesor

M.C. Felix González Estrada



Coasesor

M.C. Armando Páez Ordoñez



Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza  
División de Estudios de Post-grado

San Nicolas de los Garza, N.L. a 28 de Mayo de 1999



## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al M.C. Evelio P. González Flores asesor de esta tesis, al M.C. Marco Antonio Méndez Cavazos por su valiosa atención que le dedico a la elaboración de esta tesis, también al Dr. Fernando Betancour Ramírez, M.C. Enrique Betancour y al Dr. Cesar Elizondo con los cuales lleve algunas materias de la maestría por sus experiencias y apoyo.

A Industria del Alkali S.A. de C.V. del grupo Vitro por la oportunidad que se me brindo y su apoyo Económico y de tiempo para poder llevar a cabo dicha maestría.

A mi familia por su confianza, paciencia y soporte que siempre me han brindado.

## Dedicatorias

### A Dios . . . .

Por permitirme nacer . . . . y vivir

### A mi Esposa . . . .

Carmen Gutiérrez Yañez

Por su gran amor, cariño, comprensión y afecto.

### A mis Hijas . . . .

Carmen Elizabeth

Verónica Aydee

Claudia Anahi

Por su gran amor, cariño, comprensión y afecto.

### A mis Padres . . . .

Rosendo Chávez Limón

Carmen Contreras Lugo

Por su gran cariño y apoyo incondicional

### A mis Maestros . . . .

Por compartirme sus conocimientos y experiencias

### A mis Amigos y Compañeros . . . .

Por regalarme un tesoro . . . su amistad

A todas las personas que de una u otra  
forma han estado conmigo en las buenas  
Y las malas situaciones de mi vida.

## PROLOGO

El constante crecimiento de las poblaciones origina una demanda eléctrica que cada día se incrementa y que los usuarios exigen de mayor calidad de sus suministros; La capacidad para cubrir dicha demanda se puede tomar como un indicador del desarrollo de su economía nacional, ante tal incremento y situaciones que se ven próximas a suceder, como sería la interconexión de redes eléctricas con el extranjero, con la finalidad de importar energía eléctrica que resulte más económica para asegurar un beneficio que impactará directamente en el crecimiento de la economía de nuestro país. Como consecuencia de lo anterior, nuestro sistema eléctrico deberá de ser de mayor calidad para poder competir ante tal situación, esta calidad depende en gran parte de la aplicación apropiada de las protecciones eléctricas que garantizan un funcionamiento confiable y seguro de los sistemas eléctricos de potencia.

Por lo expuesto anteriormente, el presente trabajo lleva la intención de brindar al ingeniero que inicia en el estudio de relevadores de protección, la información necesaria, así como las herramientas básicas que le serán suficientes para utilizar equipo de protección con los cuales tiene que tratar en el transcurso de su carrera profesional.

El aspecto conceptual de la protección en los sistemas eléctricos de potencia representa un punto muy importante, especialmente con la orientación hacia la aplicación de los esquemas de protección, motivo por el cual este trabajo se ha desarrollado haciendo énfasis en los fundamentos de la aplicación de relevadores en

sistemas eléctricos de potencia, ilustrando en cada capítulo material objetivo y a su vez didáctico.

Existe una aceleración en el desarrollo de nuevas tecnologías en la construcción, desarrollo y aplicación de nuevos relevadores de protección, todo esto debido al crecimiento de nuevas plantas generadoras, líneas de transmisión, subestaciones etc. Que acarrearán como resultado un cambio en la topología de los sistemas eléctricos de potencia importante. Ante tal situación, cabe aclarar que el presente trabajo no pretende cubrir todos los análisis profundos del arte de la protección por relevadores, ya que esta rama de ingeniería eléctrica resulta ser una especialidad tan celosa que requiere de muchísima información, cursos de especialización y actualización y sobre todo de bastantes años de experiencia en la aplicación, para poder llegar a tomar el rango de ingeniero en protecciones.

## INDICE

### LA IMPORTANCIA DE LAS PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.

Prologo.....	iii
Indice.....	v
Síntesis .....	ix
Listado de Tablas.....	xi
Listado de Figuras.....	xii
Capitulo 1. -Introducción.....	1
1.1- Descripción del problema a Resolver .....	1
1.2- Objetivo de la Tesis.....	1
1.3- Justificación del trabajo de la tesis. ....	2
1.4- Metodología.....	2
1.5- Limites del Estudio.....	2
1.6- Revisión Bibliográfica .....	3
Capitulo 2. - La Protección de los sistemas eléctricos de potencia. ....	5
2.1- Estadística de las Fallas.....	5
2.2. - Las Causas que originan Falla en el Sistema. ....	6
2.2.1- Sobre Carga .....	6
2.2.2. - Corto Circuito. ....	7
2.2.3. - Caída de Tensión. ....	8
2.2.4. - Elevación de Tensión. ....	8
2.2.5. - Inversión del Flujo de Potencia.....	8
2.2.6. - Variación de Frecuencia.....	8
2.3. - Elementos que intervienen en un Sistema de Protección. ....	9
2.4. - Transformador de Instrumento.....	12
2.5. - Transformadores de Corriente.....	12
2.6. - La Evaluación del uso de Protección por Relevadores.....	13
Capitulo 3. - Conceptos Básicos de la Protección con Relevadores.....	14
3.1. - Introducción.....	14
3.2. Numero y tipo de Relevadores.....	24
3.3. - Protección Primaria.....	31
3.4. - Protección de Respaldo.....	31
3.5. - Respaldo Local.....	33
3.6. - Respaldo Remoto .....	34
3.7. - Zonas de Detección y Zonas de Libramiento. ....	35
3.8. - Protección de Respaldo por falla de Interruptor. ....	38
3.8.1. - Respaldo Local .....	39
3.9. - Respaldo Remoto. ....	40
3.9. - Características de Operación.....	41
Capitulo 4. - Características y Fundamentos de la Operación de los Diferentes Tipos de Relevadores de Protección.....	42
4.1. - Introducción. ....	42
4.2. - Clasificación de los Relés.....	43
4.3. - Principios en que se basan los relevadores.....	44

4.4. - Características.....	49
4.5. - Reposición (Reset).....	52
4.6. - Relevadores de Inducción Direccionales.....	52
4.7. - Construcción y operación.....	53
4.8. - Unidad Direccional.....	54
4.9. - Características de Funcionamiento.....	58
4.9.1. - El Efecto de los Transitorios en el Funcionamiento de Los Relevadores.....	59
4.9.2. - El Efecto de la Frecuencia en el Par Neto del Relevador.....	60
4.10. - Características de Tiempo para Diferentes Tipos de Estructuras Actuantes.....	60
4.11. - La Ecuación Universal del Par de Un Relevador.....	60
Capitulo 5. - Transformadores de Instrumentos para Relevadores.....	61
5.1. - Introducción.....	61
5.2. - Transformadores de Corriente.....	62
5.2.1. - Especificaciones Técnicas.....	64
5.3. - Transformadores de Potencial.....	70
5.3.1. - Transformadores de Potencial del Tipo Magnético.....	71
5.3.2. - Transformadores de Potencial del Tipo Capacitivo.....	73
5.4 Especificaciones técnicas.....	75
Capitulo 6. - Descripción General de la Protección de Sobrecorriente, Direccional, Diferencial y de Distancia.....	76
6.1. - Protección de Sobrecorriente.....	76
6.2. - Ejemplo de un ajuste.....	80
6.3. - Diagramas de Conexiones de una Protección de Sobrecorriente y Tierra.....	80
6.4. - Conmutador de fases de amperímetro.....	85
6.5. - Protección direccional.....	86
6.5.1. - Principios en que se Basan estos Relevadores.....	89
6.4. - Relevadores Direccionales aplicados a la Protección de Fallas a Tierra.....	95
6.7.1. - Polarización.....	97
6.8. - Protección Diferencial.....	99
6.9. - Características de por ciento pendiente de un relevador diferencial ..	103
6.10. - Características del tiempo.....	106
6.11. - Restricción de Armónicas.....	107
6.12. - Protección de Distancia.....	108
6.13. - Descripción.....	109
6.14. - Aplicación.....	109
6.15. - Principios de operación.....	110
6.16. - Características de operación.....	112
6.17. - Componentes principales que consta un rele de Distancia.....	115
Capitulo 7. – Características Ajustes y Limites de los Relevadores.....	116
7.1.- Características de Tiempo-Corriente.....	116
7.1.1.- Relevadores Definidos Tiempo-Corriente.....	116
7.1.2.- Relevadores Inversos de Tiempo-Corriente.....	118

7.1.3.-Relevadores de Tiempo Definido contra Inversos.....	119
7.1.4.- Relevadores de Tiempo Inverso Definido .....	120
7.1.5.- Monitoriando el Voltaje .....	124
7.1.6.- Relevadores Instantáneos de Sobrecarga .....	124
7.1.7.- Relevadores de Tiempo Sobrecorriente extremadamente Inverso.....	127
7.1.8.- Características Especiales de los Relevadores.....	128
7.2.- Aplicación de los Relevadores de Tiempo-Corriente.....	128
7.2.1.- Reglas para el Ajuste de Relevadores en Falla de Fase.....	130
7.2.1.1 Reglas para el Ajuste de Relevadores en Falla a Tierra.....	131
7.2.2.- Aplicación Típica de Relevadores.....	132
7.2.3.- Perfeccionamiento de Selectividad .....	133
7.2.4.- Aplicación de Unidades Instantáneas.....	134
7.2.5.- Aplicación de los Relevadores muy inversos de Tiempo-Corriente .....	135
7.2.6.- Aplicación de los Relevadores Extremadamente inversos de Tiempo-Corriente.....	137
7.3.- Límites permisibles de Error.....	138
7.3.1.- Nuevo Método de Definir los Límites de Error.....	139
7.3.2.- Método de Definición de la Forma de la Característica .....	144
7.4.- Rangos de Relevadores de Sobrecorriente.....	145
7.4.1.- Fallas de Fase.....	146
7.4.2.- Fallas a Tierra .....	146
7.4.3.- Progresión Geométrica contra Aritmética del Ajuste .....	146
7.5.- Protección direccional de sobrecorriente .....	147
7.5.1. - Fallas de Fase.....	149
7.5.2. - Fallas a Tierra .....	156
7.5.3. - Relevadores de Poder de Secuencia Cero .....	169
7.5.4. - Doble Polarización.....	170
7.6. - Disparos de Corriente Alterna.....	171
7.7. - Esquemas de Protección Usando Relevadores de Sobrecorriente.....	172
7.8. - Construcción de Relevadores de Tiempo-Corriente.....	174
Capítulo 8. - Esquemas de Protección de Sobrecorriente y su Mantenimiento.....	180
8.1. - Requerimientos de un Esquema de Protección.....	180
8.2. - Partes Básicas de un Esquema de Protección a Base de Relés.....	181
8.3. - Nomenclatura para Designación de Equipo. ....	182
8.4. - Mantenimiento Preventivo y su Periodicidad. ....	182
8.5 - Actividades del Mantenimiento Preventivo de Esquemas a Base de Relés.....	183
8.6. - Interpretación de Resultados de Mantenimiento a Relevadores.....	187
8.7. - Mantenimiento de Esquemas a Base de Fusibles. ....	188
8.8. - Mantenimiento a Esquemas de Interruptores de Baja Tensión (Electromagnéticos. ....	188
Capítulo 9.- Conclusiones y Recomendaciones .....	194
9.1.- Conclusiones.....	194
9.2.- Recomendaciones .....	196

Glosario de conceptos de los capítulos .....	197
Glosario de las fotografías del caso real .....	200
Bibliografía .....	210
Resumen Autobiográfico .....	211



## SINTESIS

### **Capítulo 1. – Introducción**

Este capítulo tiene la finalidad de brindar la información necesaria a las personas que están relacionadas con la rama de la ingeniería eléctrica, sobre el estudio de los principios y fundamentos básicos de la operación, funcionamiento y la aplicación de los relevadores de protección utilizados en los sistemas eléctricos de potencia, deseando que el presente sea la plataforma para iniciar el estudio de esta rama de la ingeniería, que resulta ser toda una especialidad, y que es imprescindible su aparición en todo sistema eléctrico de potencia, ya que con esta se garantizan la seguridad, estabilidad y calidad de su operación.

Ya que va encaminada hacia los problemas que se pueden tener en las Industrias que manejen grandes consumos de kilowatts.

### **Capítulo 2. – La Protección de los Sistemas Eléctricos de Potencia**

Este capítulo trata de los antecedentes de la protección por medio de relevadores, mencionando las fallas que se originan en un sistema eléctrico de potencia, así como las estadísticas de ocurrencia de las mismas, producto de la recopilación de años de experiencia. También se enuncia los elementos que intervienen en un sistema de protección.

### **Capítulo 3. – Conceptos Básicos y Consideraciones Fundamentales en la Protección por Relevadores.**

Este capítulo expone los conceptos y fundamentos básicos que son objeto de estudio para introducirse al campo de la protección por relevadores, desde diferentes tipos de relevadores, filosofía de la protección para las conexiones típicas en C.A. y circuitos de disparo en C.D.

#### **Capítulo 4. – Principios, Características y Fundamentos de la Operación de los diferentes Tipos de Relevadores de Protección.**

En este capítulo se estudian los principios, características y fundamentos de la operación de los relés que se clasifican de acuerdo a sus características constructivas, principio de funcionamiento y tipos de operación para las diferentes estructuras actuantes,

Además se muestran las partes más importantes que los constituyen, así como los diagramas vectoriales para par máximo. Finalizando con el efecto de los transitorios y de la frecuencia en su funcionamiento.

#### **Capítulo 5. – Transformadores de Instrumentos para Relevadores.**

Aquí se mencionan los dispositivos utilizados para determinar parámetros de los circuitos eléctricos, como las señales de voltaje y corriente principalmente, se analiza el diagrama elemental de un transformador de corriente y el de potencial así mismo enunciando las principales especificaciones técnicas correspondientes.

#### **Capítulo 6. – Descripción General de la Protección de Sobrecorriente Direccional, Diferencial y de Distancia.**

Capítulo dedicado a la descripción y aplicación general de las protecciones de sobrecorrientes, Direccional, diferencial y de distancia, donde se muestran los diagramas de conexiones y de principios de operación, así como se representan con figuras las partes principales que constituyen a estos tipos de relevadores.

#### **Capítulo 7. – Protección por medio de Relevadores de Sobrecorriente**

En este capítulo se ven los Esquemas de Protección, Construcción, Características, límites y Aplicaciones de los Relevadores de Sobrecorriente y Direccionales.

## **Capítulo 8. – Esquemas de Protección de Sobrecorriente y su Mantenimiento Preventivo.**

Este capítulo trata que partiendo de la realidad de que no existe y tampoco es posible diseñar un sistema eléctrico en el que no ocurran fallas, en el proyecto de cualquier instalación eléctrica se deben de considerar dos prevenciones:

1. Efectuar un diseño en el cual se minimice la posibilidad de ocurrencia de falla, con el consiguiente incremento en el costo de la instalación, sin llegar a eliminar este riesgo.
2. Incluir en el diseño elementos que detecten las fallas y disminuyan los efectos negativos de las mismas. estos elementos son los esquemas de protección y lo constituyen los fusibles, relevadores, transformadores de instrumento, interruptores, cableado etc.

Por lo anterior podemos resumir y destacar que los esquemas de protección se instalan en un sistema de potencia con la finalidad de retirar o desconectar en forma rápida el elemento o componente de la red que sufre un corto circuito o que funciona en forma anormal y que de no hacerlo afectara al resto del sistema.

## **Capítulo 9. – Conclusiones y Recomendaciones.**

En este capítulo trata de que toda red eléctrica por nueva que sea, Requiere de protección y toda protección requieren análisis de operación secuencial (estudio de Coordinación), apoyado por un programa de mantenimiento.

El costo de ejecución de estudio de coordinación y programas de mantenimiento, siempre será menor al de reparación del equipo dañado y perdida de producción que puede provocarse con una falla de esquemas de protección de potencia, Por fallas del sistema eléctrico.

En caso de que la compañía carezca de personal capacitado y/o equipo de prueba, Existen empresas que suministran servicios de elaboración de estudios y ejecución de Mantenimiento Preventivo y Correctivo en dispositivos de Protección.

**LISTADO DE TABLAS**

<b>TABLA</b>	<b>PAGINA</b>
Tabla 2A Fallas en los diferentes Equipos de un Sistema de Potencia -----	5
Tabla 2B Tipo de fallas y ocurrencia -----	6
Ejemplo 3.13 Tabla de detección de libramiento con 10 Zonas -----	38
Tabla 6.1 Componentes de ondas -----	108
Tabla 7.1 Características de porcentaje de error de tiempo permitido -----	142
Tabla 7.2 Características de porcentaje de error de tiempo permitido -----	143
Tabla 7.3 Estándar de las derivaciones de corriente -----	146
Tabla 7.4 Estándar de las derivaciones de corriente del pick-up del Relevador -	147
Tabla 8.1 Periodo de mantenimiento de los aparatos -----	183

## TABLA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
Figura 2.1 Limites de Sobrecarga-----	7
Figura 2.2 Diagrama de Flujo de Sistema de Protección-----	9
Figura 2.3 Lógica de un Esquema de Protección Elemental-----	11
Figura 2.4 Esquema de un transformador de Corriente-----	12
Figura 3.1 Sistema típico y su zona de Protección-----	17
Figura 3.2 Principio de la Protección doble alrededor de un Interruptor-----	18
figura 3.3 Conexiones típicas de C.A. de Relés Protectores-----	20
Figura 3.4 Circuito Típico de control de Disparo-----	22
Figura 3.5 Relés del tipo apertura de Circuito-----	23
Figura 3.6 Un esquema de un circuito de control para un Interruptor-----	24
Figura 3.8 Diagrama unifilar de respaldo local-----	33
Figura 3.9 Diagrama unifilar de respaldo remoto-----	34
Figura 3.10 Diagrama unifilar de Zonas de detección-----	35
Figura 3.11 Diagrama Unifilar de Punto de falla tipo R-----	36
Figura 3.12 Diagrama de detección y Libramiento-----	37
Figura 3.13 Tabla de Detección de Libramiento-----	37
Figura 3.14 Una falla de respaldo local-----	39
Figura 3.15 Una falla en respaldo remoto-----	40
Figura 4.1 Partes de un relevador-----	44
Figura 4.2 Una placa de material de aluminio con fuerzas de atracción-----	45
Figura 4.3 Esquema de un disco de inducción con bobina magnética-----	47
Figura 4.4 Esquema de un relevador de sobrecorriente-----	48
Figura 4.5 Esquema de un relevador con dos bobinas-----	49
Figura 4.6 Diagrama vectorial para el par máximo en un relé direccional-----	57
Figura 4.7 característica de funcionamiento de un relé direccional-----	59
Figura 5.1 Diagrama elemental de un transformador de corriente-----	62

FIGURA	PAGINA
Figura 5.2 Curva de respuesta para un relevador (51) o sobrecorriente de inducción -----	66
Figura 5.3 Diagrama elemental de un transformador de potencial tipo magnético	72
Figura 5.4 Transformador de potencial de varias relaciones -----	73
Figura 5.5 Diagrama elemental del transformador de potencial tipo capacitivo--	74
Figura 6.1 Diagrama de un sistema en cascada-----	78
Figura 6.2 Diagrama de conexiones de una protección de sobrecorriente-----	82
Figura 6.3 Diagrama elemental del relevador de sobrecorriente -----	83
Figura 6.4 a Switch de control-----	83
Figura 6.4 b Switch del control del interruptor -----	84
Figura 6.4 c Diagrama de un conmutador de fases-----	85
Figura 6.4 d Posición de contactos del Amperímetro modelo 16SB1-CA7 -----	85
Figura 6.4 Muestra de un tablero de control -----	86
Figura 6.5 Anillo de una subestacion en derivaciones-----	87
Figura 6.6 Ejemplo de una aplicación de protección -----	88
Figura 6.7 Diagrama de los vectores donde opera el relevador-----	90
Figura 6.8 Conexiones internas y externas de un relevador direccional -----	90
Figura 6.9 Tipos de conexiones en diagrama vectorial -----	92
Figura 6.10 Tipo de conexiones de los T.P.-----	94
Figura 6.11 Diagrama de conexión de T.P. con conexión a tierra-----	96
Figura 6.12 Diagrama de conexión de T.P. con polarización -----	97
Figura 6.13 a Diagrama de polarización con falla a tierra entre circuitos -----	98
Figura 6.13 b Diagrama de polarización con falla a tierra en la alimentación ----	99
Figura 6.14 a Diagrama de flujos de corriente en relevador diferencial normal -	100
Figura 6.15 Diagrama de flujos de corriente en relevador diferencial con falla -	101
Figura 6.16 Diagrama de flujos de corriente en relevador diferencial con bobina restrictora -----	102
Figura 6.17 Diagrama de diferencia de corriente $I_1$ y $I_2$ -----	105

FIGURA	PAGINA
Figura 6.18 Múltiplos de la mínima corriente de operación -----	106
Figura 6.19 Diagrama de la característica de operación -----	113
Figura 7.1 Graduación de la corriente a través de un transformador de impedancia -----	117
Figura 7.2 Graduación de la corriente con fusible -----	118
Fig. 7.3 a y b Graduación del tiempo definido sobre un circuito radial-----	119
Figura 7.4 Relevador de tiempo-corriente definido contra inverso-----	120
Figura 7.5 Características de tiempo corriente de la B.B.S.-----	122
Figura 7.6 Escala logarítmica para Relevador I.D.T.M.-----	123
Figura 7.7 Curva característica de los Relevadores inversos -----	123
Figura 7.8 Reducción de los ajustes de tiempo por Adición -----	124
Figura 7.9 Arreglo de la bobina del relevador para cero error en la derivación -	136
Figura 7.10 Esquema de protección direccional de sobrecorriente-----	149
Figura 7.11 Relevador tiempo-corriente para control direccional-----	151
Figura 7.12 Conexiones de un relevador de corriente residual -----	157
Figura 7.13 La corriente residual puede fluir solo entre un neutro aterrizado y una falla a tierra-----	158
Figura 7.14 a Distribución de un sistema múltiple aterrizado -----	160
Figura 7.14 b Distribución de la secuencia cero en KW y KVAR -----	160
Figura 7.15 Características de tiempo corriente -----	161
Figura 7.16 Característica de tiempo-distancia -----	161
Figura 7.17 Característica de tiempo-distancia de un relevador-----	162
Figura 7.18 Cantidades de secuencia cero sobre sistemas con compensadores neutral -----	163
Figura 7.19 Diagrama de potencial de polarización con estrella-abierta -----	165
Figura 7.20 Corriente de polarización con un transformador de potencia-----	166

FIGURA	PAGINA
Figura 7.21 a) Polarización de un autotransformador-----	167
b) Polarización con Y-Y promedio de un transformador de potencia	167
Figura 7.22 Relevador de tierra restringente con bloqueo transitoria -----	169
Figura 7.23 Disparo abierto de un relevador direccional de secuencia cero ----	171
Figura 7.24 a) Disparo con corriente alterna con reactores -----	175
b) Disparo con relevadores -----	175
Figura 7.25 Protección de líneas rurales con relevador y fuente solamente-----	176
Figura 7.26 a Construcción de electro magnetos Watthorimetro -----	176
Figura 7.26 b Construcción de electro magnetos polo de sombra -----	177
Figura 7.26 c Construcción de electro magnetos tipo E -----	177
Figura 7.27 Relevador de tiempo inverso de disco impreso -----	178
Figura 7.28 Relevador de disco impreso $I^2 t = K$ -----	179
Figura 8.1 y 2 Esquemas de protección y partes básicas y mantenimiento-----	190
Figura 8.3 Hoja de prueba de relevadores 50 / 51 -----	191
Figura 8.4 Hoja de prueba para relevadores 87-----	192
Figura 8.5 Hoja de prueba de interruptores de baja tensión-----	193