

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



PROTECCION EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

TESIS

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

QUE PRESENTA EL

ING. JOSE WENCESLAO BAEZ MARTINEZ

CD, UNIVERSITARIA ABRIL DE 1997.

TM
Z5853
.M2
F. I ME
1997
B3

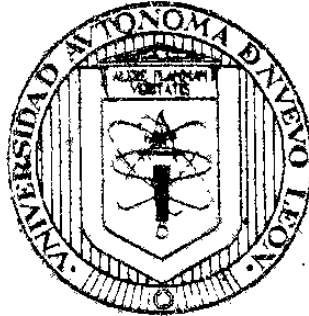
PROTEOCORONI ENI SISTEMAS ELLECTRICOS DE POTENCIA J. W. B. M.

11



1020120827

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



PROTECCION EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

TESIS

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

QUE PRESENTA EL

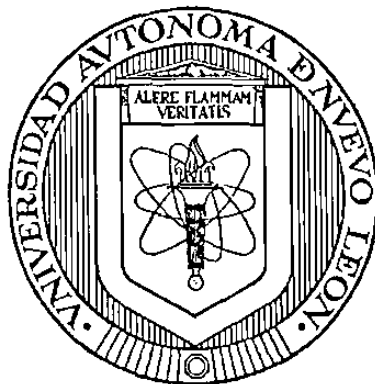
ING. JOSÉ WENCESLAO BAEZ MARTINEZ

CD UNIVERSITARIA ABRIL DE 1997



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



PROTECCION EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

QUE PRESENTA EL

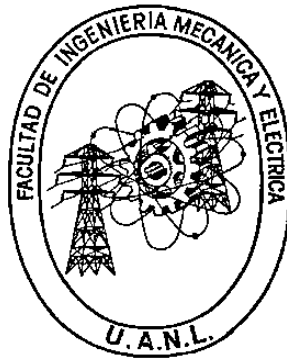
ING. JOSE WENCESLAO BAEZ MARTÍNEZ

CD. UNIVERSITARIA ABRIL DE 1997

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



PROTECCIÓN EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

QUE PRESENTA EL

ING. JOSÉ WENCESLAO BÁEZ MARTÍNEZ

CD. UNIVERSITARIA ABRIL DE 1997

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis: Protección En Sistemas Eléctricos de Potencia, realizada por el Ing. - - José Wenceslao Baez Martínez sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia.

EL COMITE DE TESIS



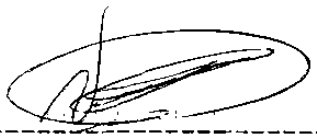
ASESOR

M.C. VICENTE CANTU GUTIERREZ



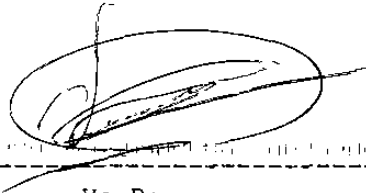
COASESOR

M.C. EVELIO GONZALEZ FLORES



COASESOR

MC. ROBERTO VILLARREAL G.



Vo.Bo.

M.C. ROBERTO VILLARREAL GARZA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Prólogo

La importancia de la protección en los sistemas eléctricos de potencia va de la mano con el avance científico y el desarrollo tecnológico en este campo. Los logros de la protección eléctrica mediante relevadores han dado sin duda alguna sus mejores resultados; basta revisar algunos textos bibliográficos y nos enteramos de la abundancia y calidad del material y conocimientos existentes, que nos ha tocado en suerte tener acceso. Ante tales circunstancias, el trabajo en esta tesis ha sido enfocado también a la protección en sistemas electrónicos de potencia, en un momento en que ésta enfrenta un periodo de transición operativo entre los relevadores tipo analógico y los de tipo digital. En aras de estos acontecimientos, se pretende que este trabajo sea una referencia básica y condensada, pero a la vez completa ante nuevos horizontes que empiezan a tomar vigencia en el capítulo de protección.

Los temas y todos los aspectos tratados en ésta tesis, se hacen en forma directa, esperando de este modo cumplir con el objetivo de base, pero si fuéramos más allá podrá ser una plataforma o una referencia introductoria para la clase de protección en el episodio correspondiente a relevadores digitales.

Estamos de acuerdo con autores y personas conocedoras, que el dominio del tema solo es posible con la experiencia práctica en el campo, con la actualización y con la relación continua y oportuna de datos e información de los fabricantes y de instituciones que se preocupan por esta actividad.

Ing. José W. Báez Martínez.

Síntesis

Esta tesis consiste de nueve capítulos, los cuales se han desarrollado en la forma siguiente:

Capítulo No. 1: Objetivos, metodología y una introducción general.

Capítulo No. 2: Formas de protección que incluye una serie de temas en los que se abordan los principios generales, distintas formas de protección por relevadores, clasificación general de los relevadores de acuerdo con su principio de funcionamiento, construcción y sus características físicas, partes principales. Se analizan y se discuten los problemas de operación y de ajuste, ejemplo de un diagrama de protección, finalmente se trata el caso de los transformadores de corriente y transformadores de potencial

Capítulo No. 3: En este tema se estudia la respuesta de los relevadores en operación, efectos que se presentan al ocurrir un corto circuito y durante un fenómeno transitorio, efectos de los transformadores de potencia estrella-delta o delta-estrella. entre los relevadores de distancia y una falla, las oscilaciones de potencia, respuesta de los relevadores a corrientes de secuencia positiva, negativa y cero, pruebas de equipo, etc.

Capítulo No. 4: Se hacen Las diversas aplicaciones de la protección, aquí se considera la protección a generadores.

Capítulo No. 5: Protección para transformadores.

Capítulo No. 6: Protección de Barras Colectoras (Buses).

Capítulo No. 7: Protección de líneas de transmisión.

Capítulo No. 8: Introducción a Los relevadores digitales.

Capítulo No. 9: Conclusiones y comentarios finales.

En referencia a los capítulos 4, 5, 6 y 7 se procura hacer una descripción detallada y a fondo de todas las fallas, irregularidades, problemas y se sugieren las protecciones adecuadas.

El capítulo 8 consiste de una introducción, datos históricos y algunas aplicaciones, nuevas formas de protección, etc.

Indice

Capítulo 1

1.1 Objetivos	10
1.2 Metodología	10
1.3 Introducción	10

Capítulo 2

2.1 Formas de Protección	12
2.2 Protección mediante relevadores	13
2.3 Tipos de relevadores	14
2.4 Relevadores del tipo de Inducción	20
2.5 Características y funcionamiento de relevadores	23
2.5.1 Relevadores de inducción de una solo magnitud	23
2.6 Relevadores de Inducción Direccionales	25
2.7 Características de funcionamiento de un relevador direccional	28
2.8 Problemas de ajuste y cálculo de parámetros en relevadores	30
2.9 Ejemplo de un sistema de protección	36
2.10 Transformadores de Corriente	42
2.11 Transformadores de potencial	49
2.12 Divisor de voltaje	53

Capítulo 3

3.1 Respuesta de los relevadores en operación	56
3.2 Relevadores diferenciales	56
3.3 Relevadores de distancia	60
3.4 Relevador de distancia del tipo de impedancia modificado	67
3.5 Relevador de distancia del tipo de reactancia	68
3.6 Corto Circuito	70
3.7 Fenómeno transitorio	76
3.7.1 Interruptores	76
3.8 Fusibles	86

3.9 Transformadores de potencia	87
3.10 Oscilaciones de potencia y pérdida de sincronismo	91
3.10.1 Efecto de las oscilaciones de potencia o pérdida de sincronismo en relevadores de distancia	98
3.11 Respuesta de los relevadores polifásicos direccionales a los volt-amperes de secuencia (+), (-) y (O).	99

Capítulo 4

4.1 Como protegen los relevadores	105
4.2 Protección a generadores	106
4.2.1 Protección contra corto circuito de los arrollamientos del estator.	106
4.2.2 Protección contra fallas a tierra en el Estator	109
4.2.3 Protección contra pérdida de campo	113
4.2.4 Protección contra fallas a tierra en el campo	117
4.2.5 Protección contra fallas internas en el sistema de excitación	119
4.2.6 Protección contra sobrevoltaje	120
4.2.7 Protección contra sobreexcitación	122
4.2.8 Protección de respaldo a tierra	125
4.2.9 Protección de respaldo de fase	126
4.2.10 Protección de sobrecorriente de secuencia negativa	130
4.2.11 Protección contra temperatura alta en el estator	133
4.2.12 Protección de voltaje balanceado	134
4.2.13 Protección de potencia Inversa	136
4.2.14 Protección de baja frecuencia	138
4.2.15 Disparo después de descarga	140

Capítulo 5

5.1 Protección de Transformadores	142
5.1.1 La derivación de la corriente de secuencia cero	144
5.1.2 Relaciones de Los transformadores de corriente para relevadores Diferenciales	145
5.1.3 Selección de la pendiente en porcentaje para relevadores diferenciales	146
5.1.4 Efecto de la corriente magnetizante transitoria	

de conexión en relevadores diferenciales	146
5.1.5 Protección de bancos de transformadores en paralelo	151
5.1.6 Protección contra corto circuito con relevadores de sobrecorriente	152
5.1.7 El relevador Buchholz	153
5.1.8 Relevador de protección de puesta a tierra	154
5.1.9 Disparo Remoto	154
5.1.10 Protección de respaldo contra falla externa	155
5.1.11 Transformadores de regulación	157
5.1.12 Protección de respaldo contra falla externa (2)	159
5.1.13 Reguladores de voltaje escalonados	160
5.1.14 Transformadores de puesta a tierra	160
5.1.15 Transformadores de Hornos Eléctricos	161
5.1.16 Transformadores de Rectificadores de Potencia	162

Capítulo 6

6.1 Protección de Barras Colectoras.	163
6.1.1 Protección diferencial de corriente con relevadores de sobrecorriente	164
6.1.2 Protección diferencial parcial	167
6.1.3 Protección diferencial de corriente con relevadores de porcentaje	167
6.1.4 Protección diferencial de tensión con "Acopladores Lineales"	169
6.1.5 Protección diferencial de corriente con relevadores de sobretensión	170
6.1.6 Protección combinada de transformador de potencia con barra colectora	171
6.1.7 Protección de Barra colectora en anillo	172

Capítulo 7

7.1. Protección de Líneas de transmisión	175
7.1.1. Protección con relevadores o sobrecorriente	175
7.1.2. Uso de relevadores de sobrecorriente Instantáneos	177
7.1.3. La característica direccional	177
7.2. Protección de líneas con relevadores de distancia	188

7.2.1. Selección entre Impedancia, Reactancia o Mho	188
7.2.2. Ajuste de relevadores de distancia	189
7.2.3. El efecto de los arcos en el funcionamiento de los relevadores de distancia	192
7.2.4. Efecto de fuentes de corriente intermedias en el funcionamiento de los relevadores de distancia	193
7.2.5. Sobrealcance debido a ondas de corriente descentrada	194
7.2.6. Uso de una Baja Tensión	195
7.2.7. Efecto de la corriente magnetizante transitoria de conexión del transformador de potencia	197
7.2.8. Conexiones de los relevadores de distancia a tierra	197
7.3. Protección de Líneas con Relevadores Piloto	200
7.3.1. Protección por Hilo Piloto	201
7.3.2. Protección de líneas de terminales múltiples	201
7.3.3. Protección Piloto por Corriente Portadora	203
7.3.4. Atenuación de la corriente Portadora	203
7.3.5. Comparación de Fase	204
7.3.6. Protección de líneas de terminales múltiples (2)	204
7.3.7. Comparación Direccional	206
7.3.8. Protección de Líneas de terminales múltiples (3)	208
7.3.9. Comparación de Fase u direccional combinadas	213
7.3.10. Onda Centimétrica	214

Capítulo 8

8.1. Introducción a Los Relevadores digitales	216
8.1.1. Componentes de un Relevador Digital	218

Capítulo 9

9.1. Conclusiones y Comentarios Finales	222
Descripción de una operación de Mantenimiento y ajuste para relevadores de protección	223
Bibliografía	226
Listado de Tablas	227
Listado de Gráficas	227
Resumen Autobiográfico.	231