

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Sección de Estudios de Postgrado e Investigación



Algoritmos para la Protección del Transformador
de Potencia de la Central Termoeléctrica
de Tula, Hidalgo en base al Microprocesador 8086

TESIS

Que para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

Presenta

Ing. Juvenal Gerardo Maturano Rodríguez



México, D.F.



1993

**ALGORITMOS PARA LA PROTECCION
DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA
DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA DE
TULA HIDALGO EN BASE AL
MICROPROCESADOR 8086.**

RESUMEN

En la actualidad un concepto importante en el campo de la protección en sistemas eléctricos de potencia es la utilización de sistemas digitales en particular en el área de los microprocesadores, lo cual ha dado origen a éste trabajo de tesis, en el que se presenta los algoritmos de protección de los transformadores de una central termoeléctrica en base al microprocesador 8086, dando una nueva filosofía en el desarrollo de este tipo de investigación.

Como este trabajo de investigación forma parte de un proyecto global del control por computadora de las protecciones eléctricas de una central termoeléctrica, el objetivo principal de esta tesis es la implementación de algoritmos de los relevadores que intervienen en la protección de los transformadores de potencia, realización de pruebas, su respectivo análisis de resultados, y se evalúa la posibilidad de ponerse en práctica industrialmente.

Este diseño se elaboró usando el valor eficaz de la señal, que se determina en forma analógica y se implementan algoritmos de protección que trabajan en tiempo real haciendo uso de interrupciones.

Cabe señalar que el análisis de los resultados de las pruebas hace factible la implementación de este tipo de protecciones, ya que presenta una metodología para desarrollarse paralelamente con la evolución de la tecnología.

SUMMARY

Nowadays, an important concept in the field of electric power system protection is the use of digital systems in the microprocessor area. Such concept has originated this work of thesis, in which the protection algorithms of the transformers in a steam-electric power plant are presented, using for such a task the microprocessor 8086, rendering a new development philosophy in this kind of research.

Since this research is part of a global project to control electric protections in a steam-electric power plant through a computer, the main goal of this thesis is to implementation algorithms of relays taking part in the power transformers protection, to test them, to analyze results, and to evaluate their implementation as an industrial prototype.

The analogical form of rms value of the signal was used for this job, and the design of the algorithms to work in real time was performed in modular form.

It is important to point out that the analysis of the results makes feasible the implantation of this kind of protections for they present a methodologic to be developed in accordance with the evolution of technology.

INDICE

RESUMEN.	I
SUMMARY.	II
INDICE.	III
INDICE DE FIGURAS.	VI
INDICE DE TABLAS.	VIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.	IX
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 GENERALIDADES.	1
1.2 ANTECEDENTES.	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.	2
1.4 OBJETIVO.	2
1.5 CONTENIDO DE LA TESIS	2
CAPITULO 2. LA PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.	3
2.1 GENERALIDADES.	3
2.1.1 PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR.	5
2.2 TIPO DE FALLAS EN TRANSFORMADORES.	5
2.3 PROTECCIÓN DIFERENCIAL.	9
2.3.1 INTRODUCCIÓN.	9
2.3.2 RELEVADOR DIFERENCIAL PORCENTUAL.	10
2.3.3 CORRIENTE DE MAGNETIZACION.	12
2.3.4 RETENCIÓN DE ARMÓNICAS.	12
2.4 PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	12
2.4.1 INTRODUCCIÓN.	12
2.4.2 CARACTERÍSTICAS DE TIEMPO-CORRIENTE.	13
2.5 PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA.	13
2.5.1 INTRODUCCIÓN.	13
2.6 PROTECCIÓN BUCHHOLZ.	14
2.7 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA.	15

CAPITULO 3. LA PROTECCIÓN DIGITAL DEL TRANSFORMADOR.	16
3.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN DIGITAL DEL TRANSFORMADOR.	16
3.1.1 CONFIGURACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DIGITAL.	16
3.1.2 ALGORITMO GENERAL DE PROTECCIÓN.	20
3.1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN.	22
3.2 PROTECCIÓN DIFERENCIAL EN FORMA DIGITAL.	24
3.2.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL.	24
3.2.2 ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL.	25
3.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL.	27
3.3 PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE EN FORMA DIGITAL.	30
3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	30
3.3.2 ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	31
3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE SOBRECORRIENTE.	32
3.4 PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA EN FORMA DIGITAL.	34
3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA.	34
3.4.2 ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA.	35
3.4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA.	36
3.5 RELEVADOR BUCHHOLZ	37
3.6 RELEVADOR DE SOBRECARGA.	37
CAPITULO 4. PRUEBAS.	39
4.1 INTRODUCCIÓN.	39
4.2 PRUEBAS A LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL.	39
4.2.1 PRUEBA DEL ALGORITMO DIFERENCIAL.	39
4.2.2 PRUEBA DE CORRIENTES DE MAGNETIZACIÓN.	42
4.3 PRUEBAS A LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	42
4.4 PRUEBAS A LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA.	47
4.5 PRUEBA EN LABORATORIO.	50
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	58
5.1 CONCLUSIONES.	58

5.2 RECOMENDACIONES.	59
5.3 TRABAJOS FUTUROS.	60
5.4 LOGROS Y APORTACIONES.	60
BIBLIOGRAFIA.	61
APENDICE A. DISPOSITIVOS DE INTERFACE.	65
APENDICE B. DIAGRAMAS DE CIRCUITOS.	69
APENDICE C. BIBLIOTECA DE FUNCIONES.	72
APENDICE D. PROGRAMAS.	77
D.1 PROGRAMA DE PROTECCION DIFERENCIAL.	77
D.2 PROGRAMA DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE. CON CARACTERISTICA MUY INVERSA.	88
D.3 PROGRAMA DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE. CON CARACTERISTICA EXTREMADAMENTE INVERSA.	95
D.4 PROGRAMA DE PROTECCION DE FALLA A TIERRA. CON CARACTERISTICA DE TIEMPO LARGO.	100
D.5 PROGRAMA DE PROTECCION DE FALLA A TIERRA. CON CARACTERISTICA MUY INVERSA.	105
D.6 PROGRAMA DE CONFIRMACION DE DISPARO.	110
D.7 PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO.	112
D.8 PROGRAMA DE TRANSMISION DE UN CARACTER A LA CENTRAL SUPERVISORA.	113

INDICE DE FIGURAS

FIG. 2.1	PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE LOS TRANSFORMADORES PRINCIPAL Y AUXILIAR DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA.	3
FIG. 2.2	ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA CONDICIONES NORMALES O FALLAS EXTERNAS.	9
FIG. 2.3	ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA CONDICIONES DE UNA FALLA INTERNA.	10
FIG. 2.4	ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PORCENTUAL.	11
FIG. 2.5A	CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DEL RELEVADOR DIFERENCIAL.	11
FIG. 2.5B	CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DEL RELEVADOR DIFERENCIAL PORCENTUAL.	11
FIG. 2.6	CONEXIÓN PARA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASE.	13
FIG. 2.7	RELEVADOR DE TANQUE A TIERRA.	13
FIG. 2.8	RELEVADOR BUCHHOLZ.	14
FIG. 3.1	CONFIGURACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DIGITAL.	17
FIG. 3.2	CARACTERÍSTICAS DE LA COMPUTADORA PERSONAL EMPLEADA EN LAS PRUEBAS.	19
FIG. 3.3	DIAGRAMA DE FLUJO PARA DESARROLLAR PROGRAMAS EN LENGUAJE ENSAMBLADOR.	19
FIG. 3.4	DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO GENERAL DE PROTECCIONES.	21
FIG. 3.5	DIAGRAMA DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO GENERAL DE PROTECCIONES	23
FIG. 3.6	DIAGRAMA A BLOQUES DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS DE ENTRADA PARA EL ALGORITMO DIFERENCIAL.	25
FIG. 3.7	DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL.	26
FIG. 3.8	RUTINAS DEL ALGORITMO DIFERENCIAL. PARA UNA FASE.	27
FIG. 3.9	RUTINAS DEL ALGORITMO DIFERENCIAL. PARA TRES FASES.	28
FIG. 3.10	DIAGRAMA A BLOQUES DE LA SEÑAL ANALÓGICA DE ENTRADA DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE.	30
FIG. 3.11	CURVAS DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE CARACTERÍSTICA MUY INVERSA.	31
FIG. 3.12	CURVAS DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE CARACTERÍSTICA EXTREMADAMENTE INVERSA.	32
FIG. 3.13	DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	33
FIG. 3.14	RUTINAS DEL ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.	34
FIG. 3.15	CURVAS DE UN RELEVADOR DE FALLA A TIERRA DE CARACTERÍSTICA DE TIEMPO LARGO.	35
FIG. 4.1	CIRCUITO DE PRUEBA DEL RELEVADOR DIFERENCIAL.	40
FIG. 4.2	CIRCUITO DE PRUEBA DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE.	43
FIG. 4.3	PUNTOS DE PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. CARACTERÍSTICA MUY INVERSA.	46

FIG. 4.4	PUNTOS DE PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. CARACTERÍSTICA EXTREMADAMENTE INVERSA.	47
FIG. 4.5	CIRCUITO DE PRUEBA DEL RELEVADOR DE FALLA A TIE RRA.	48
FIG. 4.6	PUNTOS DE PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA. CARACTERÍSTICA DE TIEMPO LARGO.	50
FIG. 4.7	CIRCUITO DE PRUEBA PARA LA PROTECCIÓN DE UNA MAQUINA SÍNCRONA.	53
FIG. 4.8	GRÁFICAS DE LA PRUEBA DE PROTECCIÓN EN MAQUINA SÍNCRONA.	54
FIG. 4.9	MAQUINA SÍNCRONA Y RESISTENCIAS DERIVADORAS.	55
FIG. 4.10	OSCILOSCOPIO DIGITAL.	55
FIG. 4.11	CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.	56
FIG. 4.12	CIRCUITO DE DIFERENCIAS, CIRCUITO CA/CD Y COM PUTADORAS DIGITALES.	57
FIG. B.1	CIRCUITO DE DIFERENCIAS.	69
FIG. B.2	CIRCUITO DE CONVERSION DE CA A CD (VALOR EFICAZ).	89
FIG. B.3	CIRCUITO DE INTERFACE DE SALIDA.	70
FIG. B.4	CIRCUITO DE RECONOCIMIENTO.	70
FIG. B.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DIGITAL USADO EN LAS PRUEBAS.	71

INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
TABLA 4.1 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL, CON PORCENTAJE $S = 10\%$	41
TABLA 4.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL, CON PORCENTAJE $S = 20\%$	41
TABLA 4.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA MUY INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO $K = 1.0$	44
TABLA 4.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA MUY INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO $K = 0.5$	44
TABLA 4.5 TABLA DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA EXTREMAMENTE INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO $K=1.0$	45
TABLA 4.6 TABLA DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA EXTREMAMENTE INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO $K=0.4$	45
TABLA 4.7 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA. CARACTERÍSTICA DE TIEMPO LARGO.....	49

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- CA Corriente alterna.
- CD Corriente directa.
- rms Valor eficaz o rms (root medium square).
- I Corriente eficaz o rms.
- Ia Corriente de fase.
- Ib Corriente de puesta en trabajo.
- IN Corriente de tanque a neutro.
- Ie Corriente de entrada.
- Is Corriente de salida.
- Id Corriente diferencial $I_d = I_e - I_s$.
- Idfd Componente fundamental de la corriente diferencial.
- Id2a Segunda armónica de la corriente diferencial.
- Ve Voltaje de entrada de la zona protegida.
- Vs Voltaje de salida de la zona protegida.
- Ri Resistencia de entrada.
- Rr Resistencia de retroalimentación.
- Rr/Ri Ganancia del amplificador.
- K Tap de ajuste o palanca de tiempo.
- CD/A Convertidor digital a analógico.
- CA/D Convertidor analógico a digital.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN



1.1 GENERALIDADES

Un concepto importante dentro de la investigación en el campo de la protección en Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP's) es utilizar sistemas digitales, en particular en el área de los microprocesadores. Es a principios de los ochentas cuando se empieza a trabajar en esta dirección.

Con esta idea en mente, se plantea un proyecto de investigación en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) con la finalidad de desarrollar "algoritmos y equipo" para la protección de los Sistemas Eléctricos de Potencia.

Este trabajo de investigación forma parte de un proyecto global del control por computadora de las protecciones eléctricas, tomando como referencia la central termoeléctrica de Tuia Hidalgo. Las cuales están constituidas en la parte inicial por los siguientes trabajos:

- a) Protección eléctrica del generador.
- b) Protección eléctrica de los transformadores principal y auxiliar.
- c) Control supervisorio de la central generadora, donde una computadora digital como unidad central ejecuta operaciones de supervisión de varios relevadores.

1.2 ANTECEDENTES

La idea del uso de la computadora digital en los sistemas de protección fue sugerida inicialmente por Last y Stalewski [2] y Morrison [3] a mediados de los sesentas. Rockefeller [4] mostró la factibilidad del uso de las computadoras digitales para la protección de una subestación y su línea de transmisión. Sachedev y Wind [5] desarrollaron y probaron un esquema de protección diferencial al generador usando una computadora híbrida. Sykes y Morrison [6] demostraron que el contenido de armónicas de la protección diferencial puede ser adaptado a la protección digital por computadora de un transformador de potencia usando técnicas de filtraje digital. A. K. Sood [7] describe la protección de una subestación implementando el paquete de software (DIPROS 1). El paquete de software fue probado en tiempo real usando datos de un modelo de sistema de potencia. German Valderrama [8] incorpora en DIPROS 1 las características de un programa de zona de la protección diferencial.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Como se puede observar, se han venido realizando avances tecnológicos en el área de las protecciones eléctricas en SEP's mediante técnicas digitales, las cuales aún no han alcanzado el grado óptimo de funcionamiento. Es por esto, que el I.E.E. a través de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (E.S.I.M.E.) se da a la tarea de contemplar una nueva filosofía para realizar relevadores digitales para la protección de la Central Termoeléctrica de Tula Hidalgo [1], con una capacidad generadora de 300 MW.

1.4 OBJETIVO

Por lo tanto este trabajo de investigación contempla los siguientes puntos a tratar:

- a) Implementación de algoritmos de los relevadores que intervienen en la protección de los transformadores principal y auxiliar, tomando como patrón el diagrama de protecciones la central termoeléctrica de Tula Hidalgo [1]. Estos algoritmos se desarrollaron en lenguaje ensamblador del microprocesador 8086.
- b) Determinar la factibilidad de llevar a cabo las protecciones de los transformadores como prototipos de tipo industrial.

1.5 CONTENIDO DE LA TESIS

El trabajo está desarrollado de la siguiente manera:

En el capítulo uno se dan los antecedentes y una descripción histórica de la protección digital de transformadores de potencia.

En el capítulo dos se da una introducción general de los sistemas de protección, se describen las fallas que presentan los transformadores y se explica el principio de operación de los relevadores electromagnéticos en la protección del transformador.

En el capítulo tres se presenta el sistema de protección digital y se describen los algoritmos de protección.

En el capítulo cuatro se describen las pruebas de simulación de los algoritmos de protección, así como los resultados, además de una prueba en laboratorio donde el disparo de una protección es transmitido a una unidad supervisora.

Y por último en el capítulo cinco se dan conclusiones, recomendaciones y aportaciones de esta tesis.

CAPITULO 2. LA PROTECCIÓN DEL TRANS- FORMADOR DE POTENCIA

2.1 GENERALIDADES

Una red eléctrica está compuesta por la generación, transformación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y para que opere en forma eficiente suministrando la energía requerida por los usuarios en sus distintos tipos: industrial, comercial, residencial y público, debe cumplir principalmente con dos aspectos;

- Tener un programa de generación óptimo.
- Contar con un sistema de protección coherente.

Se puede afirmar que el incremento en el uso de la energía eléctrica es más grande que el crecimiento de la población o que el incremento de consumo; por otra parte ningún sistema eléctrico en el mundo está exento de fallas. Partiendo de la base que los sistemas eléctricos pueden fallar, entonces de lo que se trata es de minimizar su efecto por medio de esquemas de protección diseñados para cada componente.

Para desarrollar los estudios de protección en los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP's), se consideran fundamentales los siguientes conceptos:

- La filosofía de la protección.
- El estudio de corto circuito.
- La estabilidad del sistema.

En la filosofía de la protección la importancia y grado de detalle que se da a la protección de los componentes de un sistema está en función de dos aspectos fundamentales. Primero, la importancia de los componentes del sistema: generador, transformador, línea de transmisión, barras, etcétera y segundo, las estadísticas de las fallas en los sistemas. Estas estadísticas se refieren principalmente al tipo de falla y al número de las mismas, así como al elemento en que se presentan, varían de país a país y de un sistema eléctrico a otro.

Se entiende por estabilidad en los SEP's, como la condición de sincronismo de todas las unidades generadoras para cualquier tipo de disturbio. Y desde el punto de vista del estudio, la estabilidad en estado transitorio tiene una gran importancia para determinar el sistema de protección, ya que ocurre en un tiempo desde cero hasta un segundo originada principalmente por: pérdida súbita de carga, pérdida de generación y fallas de corto circuito. El elemento alrededor del cual gira el problema de la estabilidad es el generador y por esta razón se le da la debida importancia a la protección del mismo.

En el comportamiento transitorio de un SEP, un caso de interés es el corto circuito ya que los daños que origina son que el equipo se arruine, ocasiona incendios y halla posibles explosiones. Por otra parte, los elementos que representan el mayor punto de falla en una red eléctrica, son las líneas de transmisión y por tal motivo se les da la importancia que merecen. El estudio de corto circuito se requiere para especificar los elementos principales de protección, establecer la coordinación de protecciones, determinar los efectos térmicos y dinámicos para diseño por ejemplo de tableros, y relacionarlo con otros estudios, como la estabilidad.

Los esquemas de protección tienen como propósito fundamental liberar una falla tan rápido como sea posible para proteger a las personas y a los equipos del sistema, para esto se deben considerar también las condiciones de operación del mismo, poniendo énfasis en la estabilidad; es decir, tratar de conservar la condición de sincronismo, cualquiera que sea el disturbio de la red.

El esquema general de un sistema de protección consiste en que la falla sea percibida por transductores o elementos primarios de medición, que en este caso serán los Transformadores de Corriente (TC's) y los Transformadores de Potencial (TP's). El dispositivo que ejecutará la acción de protección es el relevador, y el elemento final de la protección es el actuador, cuya función consiste en accionar el interruptor para desconectar al equipo de la falla.

Los aspectos básicos que debe satisfacer un esquema de protecciones [14, 16-18] son: la confiabilidad que se puede expresar cuantitativamente como la probabilidad de falla, la selectividad que desconectará la parte afectada en caso de falla, la discriminación donde se es capaz de establecer diferencias entre los tipos de disturbio, y la más importante, la rapidez para reducir al mínimo la duración de una falla.

El tiempo de interrupción de una falla tiene dos componentes básicos [14]: el tiempo del sistema de protección (entre 1 y 2 ciclos de corriente alterna) y el tiempo para la operación del interruptor (entre 2 y 4 ciclos), dando un total entre 3 y 6 ciclos de corriente alterna desde el momento que se presenta la falla y la liberación de la misma. El tiempo del sistema de protección se puede subdividir a su vez en: el tiempo de medición, el tiempo de arranque de la protección y el tiempo de disparo de los relevadores.

En los esquemas de protección, la protección primaria se refiere a aquella que desempeñara la acción principal y la llamada protección de respaldo, como su nombre lo indica sirve de respaldo a la principal con fines de aumento en la confiabilidad de los esquemas, para esto, a un mismo tipo de función a desempeñar en la protección principal se le asigna un relevador de distinto fabricante y/o distinta tecnología.

2.1.1 PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

El transformador de potencia constituye uno de los elementos más importantes en los sistemas eléctricos de potencia, ya sea en las grandes redes eléctricas o en las instalaciones industriales, y debe tener muy alta confiabilidad para mantener la continuidad de servicio en el sistema eléctrico. Esta confiabilidad depende además de un apropiado diseño, del cuidado en sus conexiones y de un adecuado mantenimiento, en disponer de elementos de protección contra las posibles fallas que se presenten. El grado de complejidad de la protección depende del tamaño y la importancia del transformador, de tal forma que la selectividad con otras zonas de protección puedan ser mantenidas y la estabilidad del sistema no sea dañada.

El transformador es un elemento que falla poco en comparación con otros elementos de un sistema, pero cuando falla generalmente es en forma aparatosa y grave, muchas veces con incendio. De ahí la importancia de contar con esquemas de protección rápidos y seguros. La médula de estos esquemas es la protección diferencial.

2.2 TIPO DE FALLAS EN TRANSFORMADORES

Un transformador de potencia esta sujeto a los siguientes tipos de fallas [8,18], ANSI/IEEE C37.91 [38].

1. Fallas en las terminales.
2. Fallas en los devanados.
3. Fallas incipientes.
4. Sobrecargas.
5. Cortos circuitos externos.
6. Sobretensiones generados por relámpagos y por maniobras de interrupción.

Todas las condiciones de falla producen tensiones mecánicas y térmicas en los devanados del transformador y en las conexiones con las barras.

1,2. Las fallas en las terminales y devanados son fallas internas que causan daños inmediatos, requiriéndose la liberación rápida de la falla de otro modo causan daño permanente al equipo, peligro de incendio o explosiones. La mayoría de las fallas internas que ocurren en los devanados son de fallas a tierra o de fallas entre vueltas, la severidad de las cuales depende del diseño del transformador y de los métodos del sistema de aterrizaje. La principal causa de fallas de fase son el aislamiento y fallas en el equipo de cambiadores de tap.

3. Las fallas incipientes son fallas internas que no presentan inmediatamente peligro. Sin embargo, pueden dar lugar a fallas mayores si no son liberadas tan pronto como sea posible, Las

principales fallas de este grupo son fallas en el aislamiento superficial de la laminación del núcleo, conexiones de alta resistencia o defectuosas en los embobinados y fallas en el aceite debido a pérdidas u obstrucción en el flujo del aceite. En cualquiera de los casos ocurrirá un sobrecalentamiento. Debe enfatizarse que la adopción de protección contra fallas de los grupos 1 y 2 no detectan las fallas del grupo 3, mientras que la protección aplicada para detectar las fallas del grupo 3 no puede necesariamente detectar fallas en terminales, y no son suficientemente rápidas para liberar otras fallas de los grupos 1 y 2, por lo que, las protecciones aplicadas contra diferentes tipos de fallas internas no deberán ser tratadas como alternativa pero si complementarias la una de la otra.

4. Las sobrecargas pueden ser sostenidas durante largos períodos, siendo limitadas solamente por el rango de temperatura permitida en los devanados y por el medio refrigerante. Excesivas sobrecargas resultan en un deterioro del aislamiento y fallas subsecuentes. Es usual monitorear las condiciones de temperatura de los devanados y del aceite y se inicializa una alarma cuando los límites de temperatura están excedidos.

5. Los cortos circuitos externos son corrientes excesivas limitadas solamente por la reactancia del transformador y el lugar donde esta ocurre. Para la protección de corto circuito externo, normalmente se utilizan relevadores de sobrecorriente con retardo de tiempo o fusibles. La coordinación apropiada de esta protección de respaldo del transformador deberá ser realizada con el esquema de protección primaria asociado con el transformador mismo, sin embargo, deberá ser hecha de tal forma que esta protección no opere bajo condiciones de falla externa.

6. Las sobretensiones mayores son ocasionadas por efectos de disturbios atmosféricos (relámpagos). Estos disturbios toman la forma de impulsos caracterizados por una rápida elevación a su valor máximo o de cresta y por un lento descenso hacia cero. Asi sobretensiones frecuentes y sucesivas dan origen a varios impulsos. Por sus altas amplitudes y frecuencias, estas sobretensiones pueden alcanzar el devanado de un transformador, rompiendo el aislamiento entre las vueltas, particularmente de vueltas adyacentes a las líneas de la terminal, causando cortos circuitos entre vueltas y produciendo daños extensivos al devanado del transformador. El efecto de estas descargas pueden ser minimizadas adecuando pararrayos montados adyacentes a las terminales del transformador para descargar o desviar las sobretensiones. Las sobretensiones producidas por maniobras de interrupción son mayores cuando hay reencendido intermitente originando un arco dentro del interruptor.

Como se menciona desde la introducción, esta tesis, toma como referencia la central termoeléctrica de Tula Hidalgo [1], con una capacidad generadora de 300 MW. La figura 2.1 muestra el diagrama de protecciones de los transformadores de potencia y auxiliar de

esta central generadora, y de donde se observan las protecciones siguientes:

Protección contra fallas internas

Buchholz (63).
Diferencial (87).

Protección contra fallas externas

Sobrecorriente (51).
Tanque a tierra (51).
Sobrecarga (49).

Estas protecciones cumplen con las normas ANSI/IEEE C37.91 [38] que muestran una guía para aplicar protección de relevadores a transformadores de potencia.

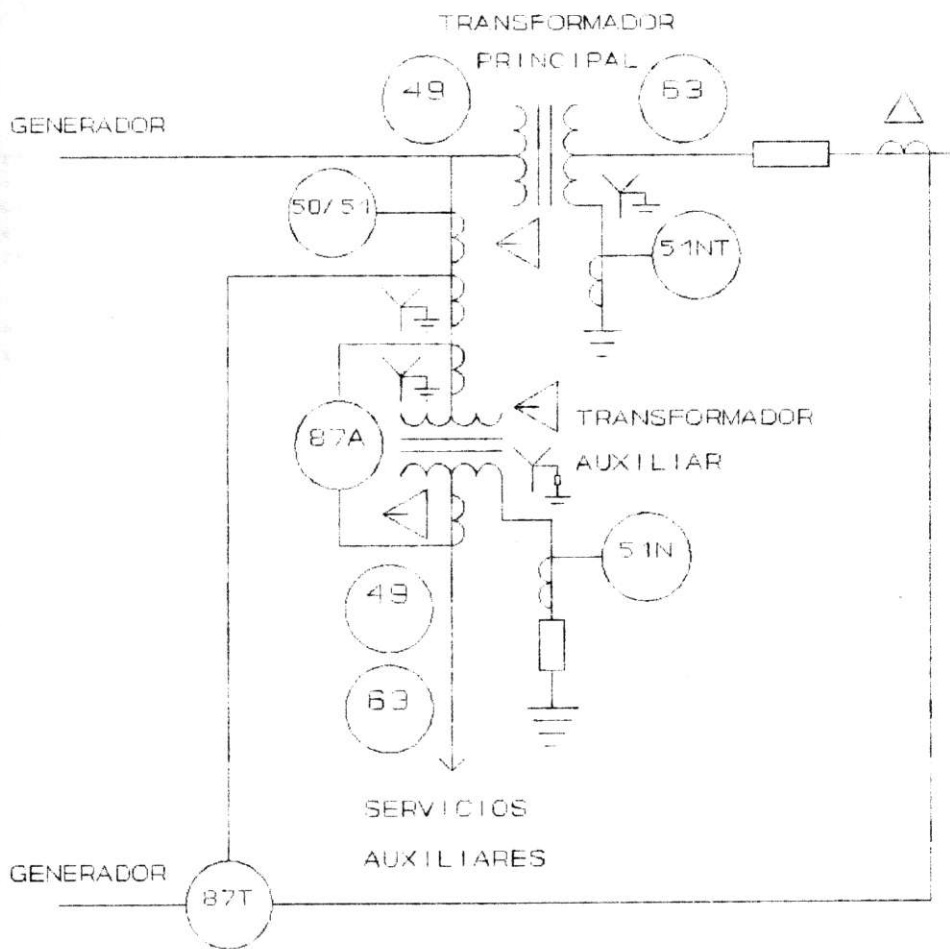


FIG. 2.1 PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE LOS TRANSFORMADORES PRINCIPAL Y AUXILIAR DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA.

2.3 PROTECCIÓN DIFERENCIAL

2.3.1 INTRODUCCIÓN

El relevador diferencial, es la principal protección del transformador contra fallas internas de fase a fase y de fase a tierra. Por lo general se aplica a transformadores con potencias del orden de 5MVA o más y considera como elemento protegido al devanado completo y en ocasiones se cubre hasta la boquilla del transformador.

"El relevador diferencial es aquel que funciona cuando el vector diferencia de dos o más magnitudes eléctricas similares excede una cantidad predeterminada". El ejemplo más simple de un arreglo de protección diferencial se muestra en la figura 2.2, donde la polaridad de los TC's hacen que sus corrientes secundarias circulen normalmente sin pasar a través del relevador durante condiciones de carga o de fallas externas. La bobina del relevador recibe el vector de las corrientes secundarias, el cual normalmente es cero.

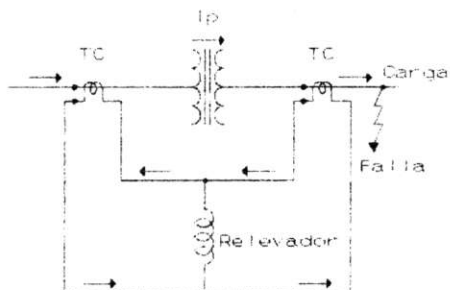


FIG. 2.2 ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA CONDICIONES NORMALES O FALLAS EXTERNAS.

Pero si se desarrolla un corto circuito en cualquier parte entre los dos TC's, fluye una corriente en el devanado del relevador para provocar su operación, figura 2.3. Es decir, la corriente del relevador diferencial será proporcional al vector diferencial entre las corrientes que entran y las que salen del circuito protegido; y si la corriente diferencial excede el valor de puesta en trabajo del relevador, éste funcionará.

Se debe poner especial cuidado en emplear TC's exclusivamente para la protección diferencial, y revisar cuidadosamente su polaridad y su faseo.

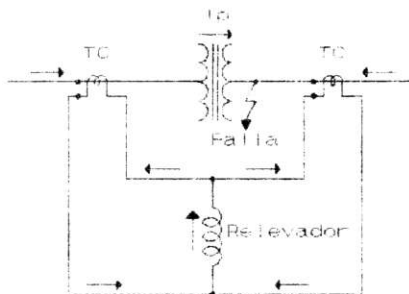


FIG. 2.3 ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PARA CONDICIONES DE UNA FALLA INTERNA.

En la práctica, se presentan tres problemas principales:

1. Diferente nivel de voltaje; incluye taps, por lo tanto, diferentes corrientes primarias en los circuitos conectados a los transformadores de corriente.
2. Errores en los transformadores de corriente, diferentes tipos, rangos y características, particularmente en corrientes altas.
3. La corriente de magnetización (inrush current), que aparece en el relevador diferencial como una falla interna.

Los tres puntos mencionados tienden a hacer que el relevador opere innecesariamente (los dos primeros puntos bajo condiciones de falla externa). Para eliminar estos inconvenientes el relevador diferencial porcentual ha sido desarrollado, y ahora se adoptan como la práctica general en la protección de grandes transformadores de potencia.

En el punto tres, las prácticas iniciales eran desensibilizar los relevadores por un corto tiempo hasta que la corriente de magnetización haya decaído suficientemente. Ahora, la práctica es retener el contenido armónico de la corriente de magnetización.

2.3.2 RELEVADOR DIFERENCIAL PORCENTUAL

En la figura 2.4 se observa que la bobina de operación es la suma vectorial de las corrientes que llegan al transformador y que cada una de las bobinas de retención es alimentada con la corriente aportada por el TC al que se conecta. La corriente diferencial requerida para operar el relevador es expresada como un porcentaje de la corriente que pasa por las bobinas R y el rango está en términos de un porcentaje.

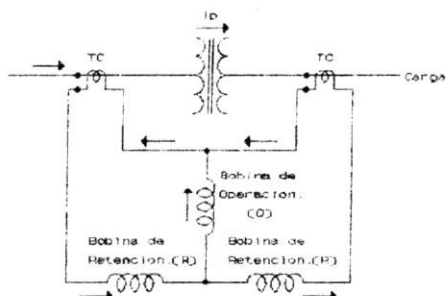


FIG. 2.4 ESQUEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL PORCENTUAL.

En falla externa, cuando la operación no es requerida, casi ninguna corriente deberá fluir a través de la bobina de operación. En una falla interna la corriente diferencial se incrementa sustancialmente, haciendo que el relevador opere si el porcentaje se ha excedido.

La característica de operación de los relevadores diferenciales porcentuales, se muestra en la figura 2.5B.

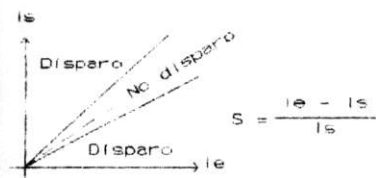


FIG. 2.5A CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DEL RELEVADOR DIFERENCIAL.

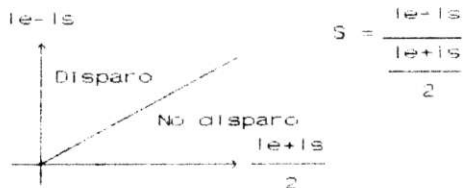


FIG. 2.5B CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DEL RELEVADOR DIFERENCIAL PORCENTUAL.

Algunas condiciones que se deben satisfacer en la aplicación de la protección diferencial a transformadores son las siguientes:

- La conexión de los TC's conectados en ambos extremos del transformador protegido debe ser contraria en cada caso a la del devanado correspondiente del transformador de potencia, para evitar errores de defasamiento en las señales de corriente.
- La clase de precisión de los TC's en ambos extremos debe ser la misma.
- El relevador no debe operar con sobrecargas o fallas externas a su zona de operación.
- La sensibilidad del relevador debe ser tal que sólo opere con fallas severas.

2.3.3 CORRIENTE DE MAGNETIZACION

Cuando un transformador se energiza inicialmente, aparece una corriente de magnetización, donde su magnitud y duración [14] son afectadas por:

1. El tamaño del transformador o banco de transformadores.
2. La capacidad instalada del sistema de potencia.
3. La impedancia del sistema de la fuente al transformador.
4. Tipo de acero usado en el transformador.
5. Flujo residual en el núcleo.

La magnitud máxima de la corriente de magnetización se presenta cuando en el instante de energización la onda de voltaje está próxima a cero, además del magnetismo residual en el núcleo.

2.3.4 RETENCIÓN DE ARMÓNICAS

El método de retención de armónicas hace que el relevador diferencial se auto desensibilize durante el período de magnetización, pero el relevador es sensible si un corto circuito ocurre en el transformador durante este período.

El relevador está habilitado para distinguir entre corriente de magnetización y corriente de falla por la diferencia en la forma de onda. Las corrientes de magnetización están caracterizadas por grandes componentes armónicos que no se presentan en corrientes de corto circuito.

Sonnemann [19] concluyó que la armónica predominante en corrientes de magnetización es la segunda con un teórico valor mínimo de 17 por ciento de la fundamental.

Relevadores modernos [20, 21] filtran la segunda armónica de la corriente diferencial, la rectifican, y adicionan a ésta el porcentaje del contenido de la bobina. La bobina de operación recibe sólo la componente fundamental de la corriente diferencial. El relevador es ajustado de tal forma que no opere cuando la segunda armónica exceda el 15% de la fundamental.

2.4 PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

2.4.1 INTRODUCCIÓN

La protección de sobrecorriente nos da protección contra la falla de fase y es una protección de respaldo del transformador ya que protege contra fallas externas para evitar daños en caso de que no se libere la falla. Los relevadores utilizados para esta protección normalmente son de sobrecorriente de tiempo inverso y de preferencia deben conectarse a distintos TC's que los asociados con los relevadores diferenciales. El esquema de conexión para esta

protección se muestra en la figura 2.6, y sólo se aplica al transformador auxiliar.

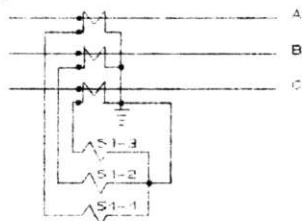


FIG. 2.6 CONEXIÓN PARA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE FASE.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS DE TIEMPO-CORRIENTE

Variando la distancia de recorrido para cerrar un contacto se varía el tiempo de operación, a este ajuste le llamamos puesta en trabajo que tiene una numeración del 1 al 10 en algunos casos o equivalentes y cada número corresponde a una curva característica (estas curvas varían de acuerdo con la marca del relevador). El relevador de sobrecorriente puede ser ajustado a 200% de la capacidad del transformador, con retardo de tiempo y sin disparo instantáneo.

2.5 PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA

2.5.1 INTRODUCCIÓN

Esta protección se implementa para fallas a tierra en el tanque, y considerando que la mayoría de los transformadores de potencia están conectados en estrella aterrizada, opera como un respaldo de la protección diferencial.

La figura 2.7 muestra la conexión de un relevador de sobrecorriente en el tanque del transformador a tierra para ser sensible a las fallas de tierra.

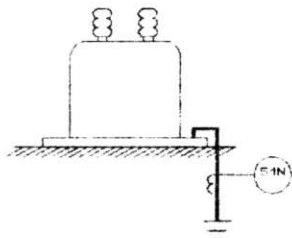


FIG. 2.7 RELEVADOR DE TANQUE A TIERRA.

En una carga equilibrada las corrientes de las tres fases están a 120 grados y son iguales en magnitud, la suma fasorial de ellas es igual a cero, por tanto, la corriente en el neutro es igual a cero (o casi cero).

Con una carga desequilibrada, las corrientes en las tres fases no están a 120 grados, por lo que la corriente en el neutro es la suma de las corrientes en las tres fases.

Una falla a tierra en una de las fases trae consigo desequilibrio en la carga y en los ángulos de las fases, por lo tanto hay corrientes en el neutro de los TC's y por consiguiente opera la protección de sobrecorriente de tierra si alcanza el mínimo o lo supera.

Las características de funcionamiento y las curvas de tiempo-corriente son similares a los relevadores de sobrecorriente de fase. Los relevadores para falla de tierra se ajustan para operar entre el 30 y 70% de la carga nominal.

2.6 PROTECCIÓN BUCHHOLZ

La protección Buchholz es aplicable solo a transformadores que tienen tanque conservador, por lo que generalmente se adopta para transformadores de potencias de 5 MVA o mayores.

El relevador Buchholz, figura 2.8, opera bajo el principio de presencia de gases y sobrepresión que se manifiestan como producto de una falla en el interior del transformador. Esta protección tiene dos señales; una de alarma que indica presencia de gases, y otra de disparo que actúa cuando se presenta la sobrepresión y hay un desplazamiento brusco de aceite del tanque principal al tanque conservador, tendiendo a recircular. La señal de disparo de esta protección actúa en forma lenta y por lo general es un respaldo de la diferencial.

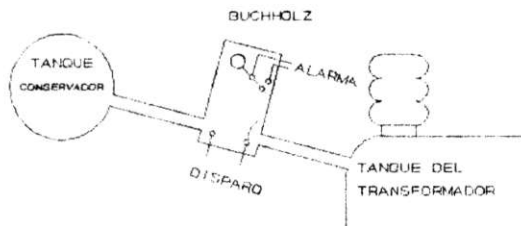


FIG. 2.8 RELEVADOR BUCHHOLZ.

Si el transformador sufre de pérdida de aceite ocasiona que el nivel de aceite baje hacia el relevador, primero se activa la

alarma y luego se ejecutará el circuito de disparo. Aunque este relevador es capaz de operar con gran rapidez para fallas internas severas, su característica más importante es la sensibilidad a fallas en el aislamiento superficial de la laminación del núcleo, conexiones de alta resistencia o defectuosas en los embobinados y fallas en el aceite.

2.7 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA

Esta protección protege los devanados y los aislamientos del transformador contra los efectos de la temperatura por sobrecarga. Por lo general, los transformadores tienen un termómetro inmerso en el aceite por medio de un tubo capilar, cuya función es detectar la temperatura en la parte superior del aceite. Este termómetro tiene un contacto para arrancar los motores de los ventiladores cuando se llega a los 60 grados centígrados, considerando que la temperatura en los transformadores es normalmente de 55 grados centígrados, y otro contacto envía una señal de alarma al llegar la temperatura a los 80 grados centígrados.

CAPITULO 3. LA PROTECCIÓN DIGITAL DEL TRANSFORMADOR

3.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN DIGITAL DEL TRANSFORMADOR

En el capítulo anterior se discutió la protección del transformador de potencia, y se presentó el principio de operación de los relevadores electromagnéticos. En este capítulo se muestra una descripción del sistema de protección digital y se incorporan los algoritmos de protección del transformador.

3.1.1 CONFIGURACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DIGITAL

Quando ocurre una falla, los voltajes y corrientes del sistema cambian apreciablemente, por lo que estos cambios pueden ser usados para detectar fallas. Y puesto que una computadora digital únicamente procesa información digital, es necesario digitalizar las señales de voltaje y corriente. La figura 3.1 muestra la configuración general del sistema de protección digital, que se compone básicamente de cuatro partes:

1. **Circuito de entrada.** La información analógica de las corrientes provenientes de TC's, se acondicionan para alimentar a la computadora digital.

Las señales analógicas requeridas para la protección del transformador, se toman de los TC's, y estas son: para el transformador principal una corriente de neutro y para el transformador auxiliar, tres corrientes de entrada de la zona protegida, tres corrientes de salida de la zona protegida, tres corrientes de fase y una corriente de neutro.

Para cada señal proveniente de los TC's debe haber un circuito de aislamiento eléctrico, además de un dispositivo para convertir los valores de corriente de 0 a 5A a valores de 0 a 5V (por ejemplo, resistencias derivadoras). Hay que tomar en cuenta que la corriente secundaria del TC no debe ser mayor a 5A, y la corriente máxima de falla que el TC soportará por diseño [37] no deberá exceder a 20 veces este valor nominal, norma ANSI/IEEE C57.13 [38]. Para el desarrollo de la prueba en laboratorio, se empleo una resistencia derivadora de alambre donde por cada 50 amperes que pasan por ellas dan una lectura de 100 mV.

Se agrega, en caso de la protección diferencial, un procesamiento analógico de la señal, evitando que la computadora ocupe tiempo de máquina, como es la realización de diferencias vectoriales con amplificadores operacionales.

El amplificador operacional utilizado para armar el circuito de diferencias fue el LM4250/LM4250C [Apéndice C] cuya salida S

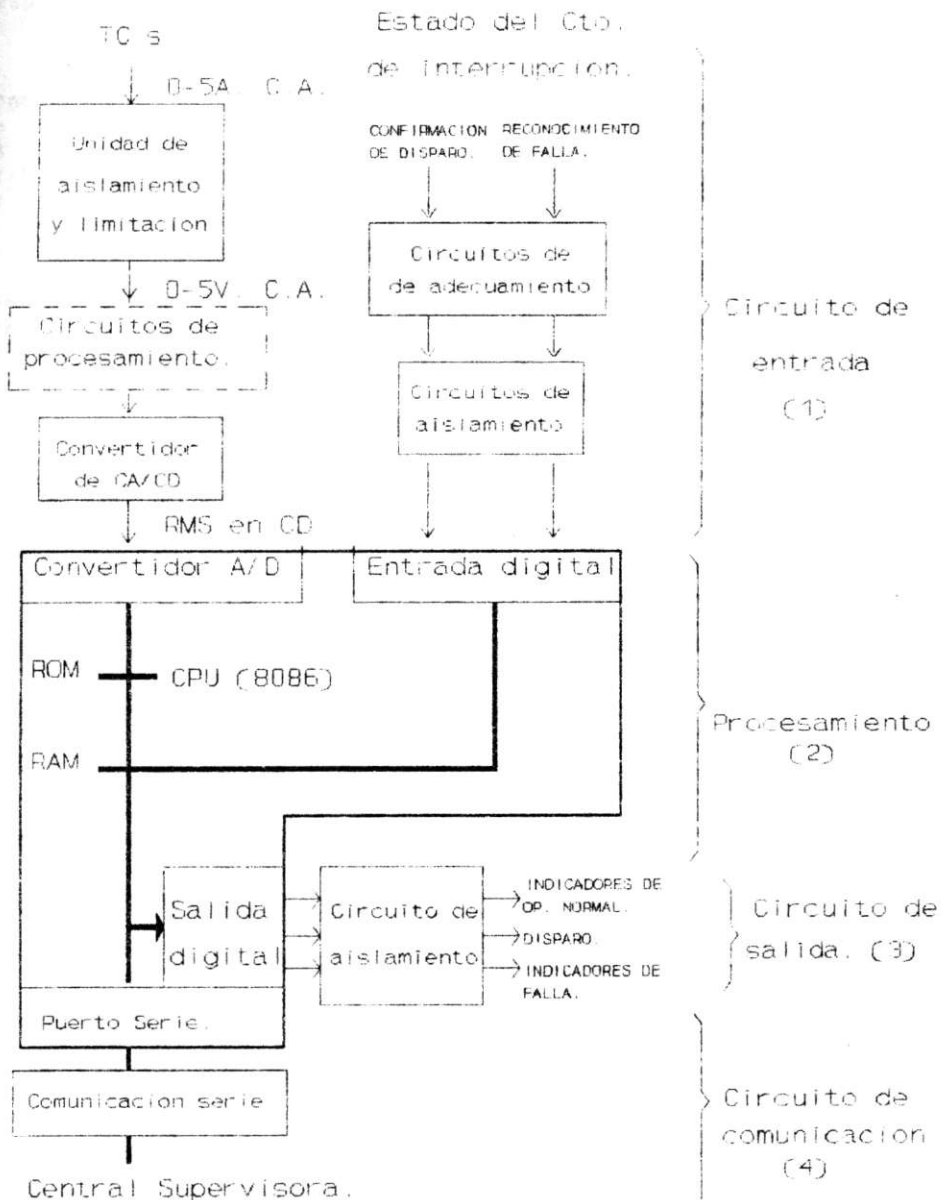


FIG. 3.1 CONFIGURACIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DIGITAL.

responde a la siguiente ecuación:

$$S = (R_r/R_i) * (V_e - V_s)$$

Donde:

V_e es el voltaje de entrada de la zona protegida.

V_s es el voltaje de salida de la zona protegida.

R_r/R_i es la ganancia del amplificador.

R_r y R_i son resistencias de carbón.

El convertidor rms AD736 [Apéndice B] calcula el valor eficaz, y este valor en corriente directa alimenta a la computadora digital. Se emplea con el fin de ahorrar tiempo de procesamiento digital y tener un mayor número de algoritmos de protección en una sola computadora. Este convertidor proporciona una alta exactitud para entradas de onda con crestas de 1 a 3, casi no tiene errores de lectura para anchos de banda que excedan 10 KHz y consume 1 mW.

2. Operación de procesamiento. Las señales analógicas son digitalizadas por medio de un convertidor analógico digital, se ejecutan los algoritmos de protección, y se decide si procede algún disparo.

Se empleó la tarjeta PCL-714 Super-Lab Card [Apéndice B], que permite introducir y obtener información ya sea analógica o digital; incluye 16 entradas analógicas, 16 entradas digitales y 16 salidas digitales. Con 14 bits de resolución para ambas conversiones analógico/digital (CA/D) y digital a analógico (CD/A) y emplea una circuitería de aproximaciones sucesivas con un tiempo de conversión menor de 40 microseg.

El sistema de protección fue implementado en la computadora personal Olivetti M24, figura 3.2, la cual emplea al microprocesador 8086 [Apéndice B] que constituye el núcleo del relevador digital con una palabra de 16 bits y velocidad de procesamiento de 5 Mhz, y se emplearon también el coprocesador matemático, el controlador de interrupciones, el temporizador y los circuitos de interface serie y paralelo [Apéndice B]. Los algoritmos de protección fueron editados en el lenguaje ensamblador de este microprocesador, para que los comandos tengan mayor nivel de detalle (acceso a los recursos de la computadora) y mayor rapidez en su ejecución.

Los algoritmos se realizaron en forma modular, con el fin de aprovechar las ventajas de una programación más fácil para: depurar, poner a punto, modificar y un mejor mantenimiento de las rutinas. Además de favorecer el diseño de arriba a abajo.

Los programas ejecutables .EXE [31], se realizaron de acuerdo con el procedimiento mostrado en la figura 3.3.

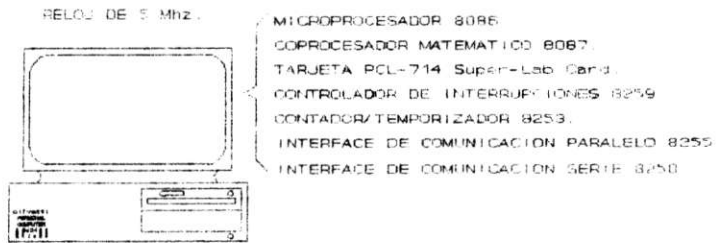


FIG. 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA COMPUTADORA PERSONAL EMPLEADA EN LAS PRUEBAS.

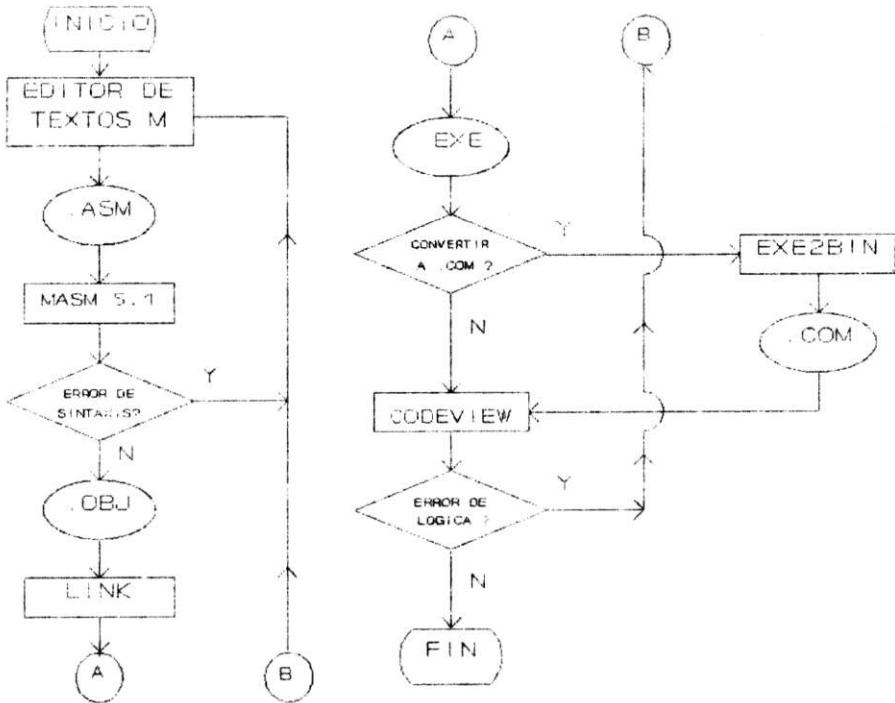


FIG. 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO PARA DESARROLLAR PROGRAMAS EN LENGUAJE ENSAMBLADOR.

3. Circuito de salida. La función de esta parte consiste en transferir el comando de disparo a los circuitos de interrupción de la falla.

Para cada protección, el comando de disparo se realiza a través de una salida digital para activar el relevador de campo, la cual fue simulada con una interface de potencia compuesta por un foco de 60 watts a 120 volts de corriente alterna (C.A.) [Apéndice C], con su correspondiente optoacoplamiento para tener aislamiento eléctrico. Además de una salida digital para activar dispositivos de indicación visual en caso de falla o de operación normal.

4. Circuito de comunicación con la Central Supervisora. En esta última parte se envía el código de la protección activada.

Se emplea el estándar RS-232 en su forma más simple con tres cables: transmisión, recepción y tierra. Que comunican el sistema mínimo del microprocesador con una computadora central como unidad supervisora.

Por anticipado se menciona que no habrá mayores problemas si se diseña un esquema para un sistema de una sola fase, ya que el método de detección de un disturbio en una fase se realiza también para las otras fases, pero cada uno opera independientemente.

3.1.2 ALGORITMO GENERAL DE PROTECCIÓN

A continuación se realiza una breve descripción del diagrama de flujo (por bloques), del algoritmo general de protecciones del transformador de potencia, figura 3.4.

A) Se declaran las condiciones iniciales de los relevadores, donde se establecen los valores para su puesta en trabajo.

B) Cada algoritmo de protección diseñado como una subrutina, lee los valores de las señales y básicamente ejecuta la siguiente lógica para la detección de falla:

- a) Cada relevador al detectar cualquier anomalía, coloca un banderita de falla, esto se realiza para que la lógica de detección se lleve a cabo en la menor cantidad de tiempo y sea lo suficientemente sensitivo para detectar todo tipo de falla. Esta lógica de detección de falla no detecta picos o transitorios, y si en posteriores lecturas se sigue detectando el disturbio, entonces se considera que existe una falla. La cantidad de tiempo a considerar desde el momento en que se presente la falla hasta el momento de disparo no debe de ser mayor de dos ciclos de C.A. para la protección principal.
- b) Cuando una subrutina de protección detecta la primera falla, el microprocesador abandona sus funciones de supervisión en estado normal y encauza su esfuerzo para calcular un retardo de tiempo (si el relevador es de

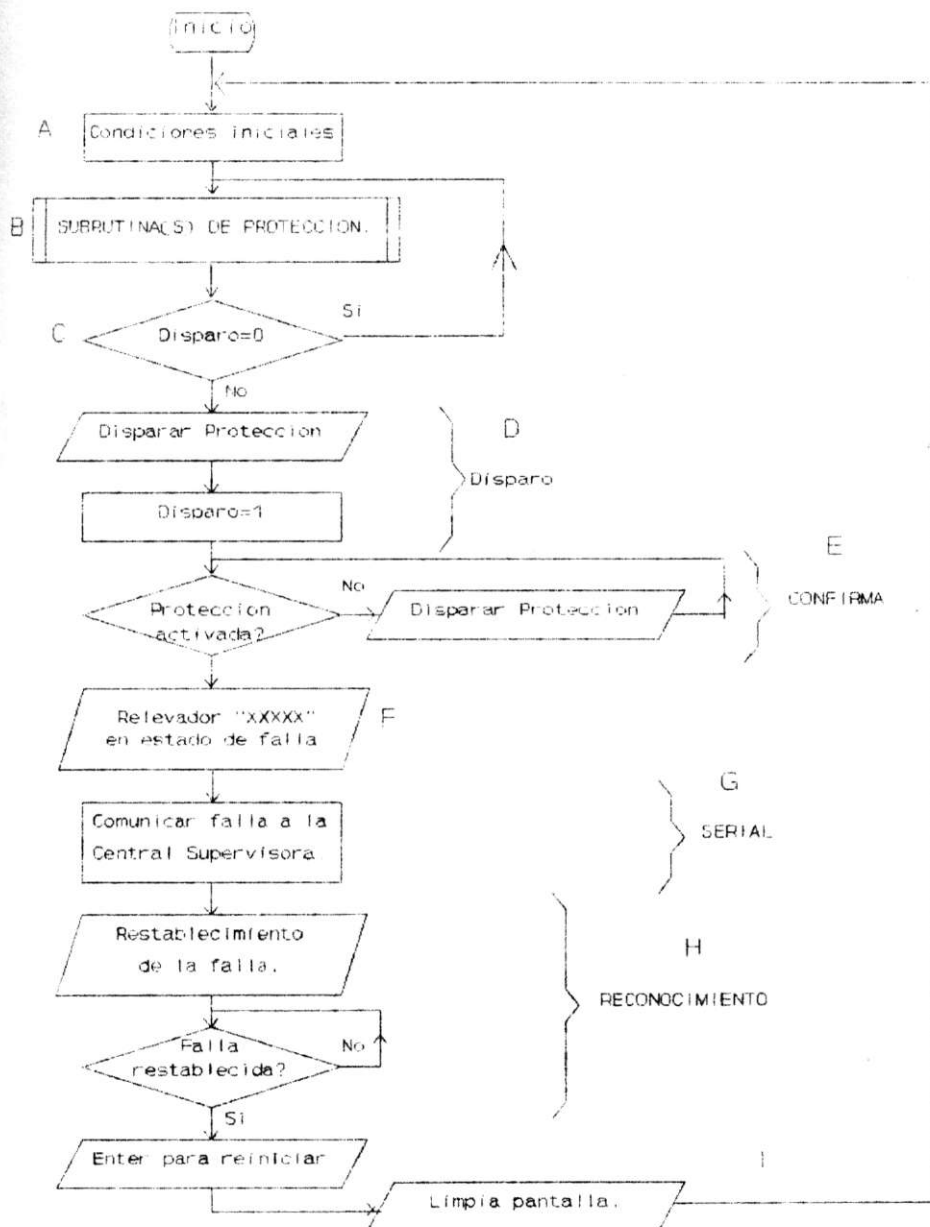


FIG. 3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO GENERAL DE PROTECCIONES.

retardo), por medio del coprocesador matemático 8087 [Apéndice B], y se inicializa un temporizador externo 8253 [Apéndice B]. Lo anterior hace posible que el algoritmo verifique el estado de otra protección y trabaje en tiempo real, por medio de interrupciones [32].

c) Existirá una falla declarada si en posteriores lecturas continúa la anomalía y algún temporizador ya inicializado termina su cuenta. Entonces el temporizador manda una señal para interrumpir al microprocesador, aquí se emplea el controlador de interrupciones programable 8259 [Apéndice B] para manejar hasta 8 niveles de petición de interrupción. La interrupción activa una rutina de servicio donde se manda abrir el interruptor para liberar la falla y poner la bandera de disparo.

C) Al terminar de checar el estado de las subrutinas de protección, se pregunta por la bandera de disparo. Si la bandera está limpia, regresa nuevamente a checar subrutinas de protección.

D) Pero si la bandera de disparo es puesta, se dispara protección para dar mayor confiabilidad al sistema.

E) Si una protección ha sido activada, el interruptor envía una señal al microprocesador para confirmar el disparo. En caso de no activación se genera otra señal de disparo.

F) El sistema digital despliega un mensaje de protección activada en forma visual.

G) Se transmite al centro de supervisión en forma serie asíncrona y con el estándar RS-232, el código correspondiente de la protección activada.

H) El sistema digital entra a una rutina de tiempo para leer por medio de un interruptor que la falla ha sido restablecida.

I) En este tiempo de espera, los límites de tolerancia, como la puesta en trabajo del relevador, podrán ser ajustados desde la central antes de reiniciar la supervisión.

3.1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN

Un diagrama de flujo de las rutinas empleadas en el algoritmo general de protecciones se muestra en la figura 3.5, y una breve descripción de estas se realiza a continuación:

La rutina CONDINIC inicializa bandera de disparo y banderas de retardo, además de inicializar los puertos de salida digital. Ejecutándose a continuación la rutina INITABLA TIMER para colocar en la tabla de vectores de interrupción la dirección de la rutina de servicio del temporizador.

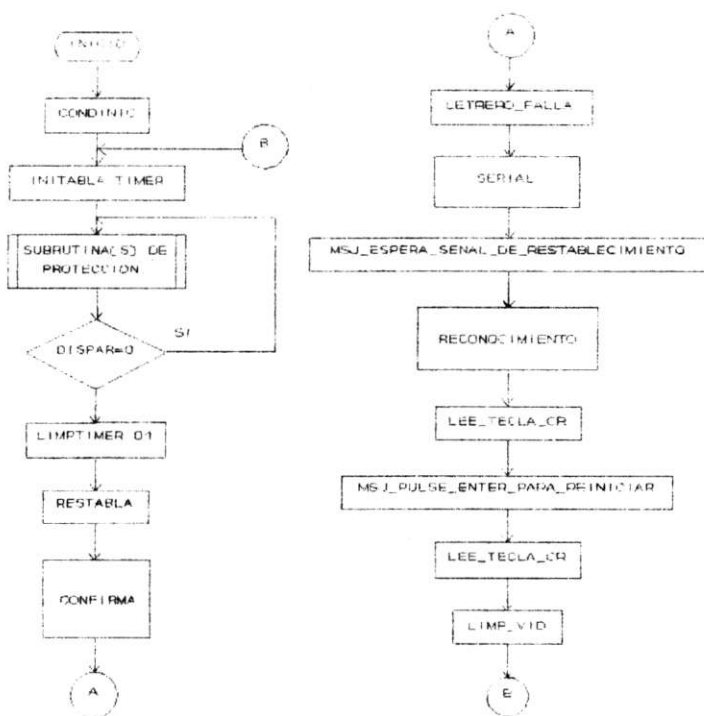


FIG. 3.5 DIAGRAMA DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO GENERAL DE PROTECCIONES

A continuación se ejecuta la rutina de protección para cada relevador. Al entrar en esta rutina de protección se leen variables y se declara el estado del relevador. Si no hay falla sigue leyendo valores o lee otro relevador, pero si hay una falla declarada, una subrutina de servicio es activada la cual manda abrir el interruptor, coloca bandera de disparo y almacena código de relevador para transmitirse posteriormente a la central supervisora.

Después se prueba la bandera de disparo DISPAR, si esta bandera es cero, indica que no hay ninguna señal de disparo. En caso contrario si la bandera es 1, una señal de disparo ha sido puesta.

La rutina LIMPTIMER deshabilita el temporizador que ocasionó la interrupción y con RESTABLA se restablece la tabla de vectores de interrupción

La rutina CONFIRMA verifica por lectura de puerto digital si el interruptor en campo fue activado, si no fue activado se generara otro disparo. En seguida se desplegara el mensaje "Falla relevador de XXXXXXX" con la rutina LETRERO. El estado de la protección se observa mediante dos diodos emisores de luz (led), uno de color verde indica estado normal de operación, es decir, la protección no ha sido activada. Y el otro de color rojo indica estado de falla y activación de la protección.

El sistema de protección digital con la rutina SERIAL transmite el código de la protección activada a la central supervisora a través del dispositivo de comunicación (UART Transmisor/Receptor Universal Asincrono [Apéndice B]). La central espera el restablecimiento de falla con la rutina RECONOCI, que aparece con un mensaje visual y lee puerto digital. Después de un tiempo desaparece mensaje.

Por último se ejecuta la rutina REINICIAR para reinicializar el sistema de protección. En este momento se pueden ajustar protecciones, cambiar características o hacer cambios de puertos de entrada/salida (E/S). El programa restablece la salidas digitales de la protección, las alarmas y reinicia la supervisión.

3.2 PROTECCIÓN DIFERENCIAL EN FORMA DIGITAL

3.2.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

La protección del transformador debe ser capaz de:

1. Discriminar entre fallas dentro y fuera de la zona de protección del transformador.
2. Tener sensibilidad para detectar la más pequeña corriente de falla.
3. Operar entre uno y dos ciclos en caso de ocurrir falla.
4. Diferenciar entre corrientes de falla o corrientes de magnetización, para evitar disparos falsos debido a estas últimas.

La figura 3.6 presenta un diagrama a bloques de las señales analógicas necesarias para que el algoritmo de protección diferencial pueda determinar la existencia o no existencia de falla. Por lo tanto, los bloques C y D se emplean para detectar los tres primeros puntos.

En la trayectoria D la corriente de entrada y la corriente de salida de la zona protegida entran a un amplificador de diferencias, se calcula el vector diferencia. y convertidores rms determinan el valor eficaz de la señal en corriente directa.

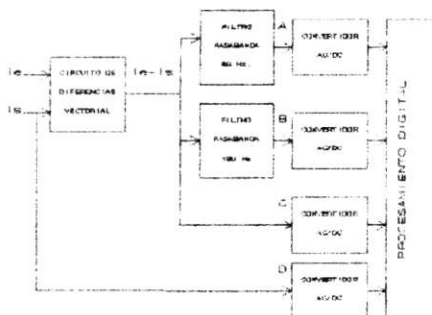


FIG. 3.6 DIAGRAMA A BLOQUES DE LAS SEÑALES ANALÓGICAS DE ENTRADA PARA EL ALGORITMO DIFERENCIAL.

Mientras que en la trayectoria C la señal de salida de la zona protegida entra al convertidor rms para calcular su valor eficaz.

Para probar el cuarto punto, la componente fundamental de la corriente diferencial se compara con la componente de la segunda armónica. La determinación de las componentes armónicas de la corriente diferencial, se realiza por medio de filtros pasabanda de 60 y 120 hz, como se muestra en las trayectorias del bloque A y B.

De lo explicado anteriormente las variables de entrada para cubrir la protección diferencial de una sola fase son:

- Una corriente de entrada: I_e ,
- Una corriente de salida: I_s ,
- La componente fundamental de la corriente diferencial: I_{df} .
- La segunda armónica de la corriente diferencial: I_{d2a} ,
- Una entrada digital de confirmación de disparo,
- Una entrada digital de restablecimiento de falla.

Y las variables de salida para cubrir la protección son:

- Salida digital de disparo activada por el relevador de esta protección 86T,
- Salida digital para activar un dispositivo de indicación visual en caso de falla.

3.2.2 ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

La figura 3.7 muestra el algoritmo de protección diferencial empleando el microprocesador 8086; la descripción (por bloques) de la lógica es la siguiente:

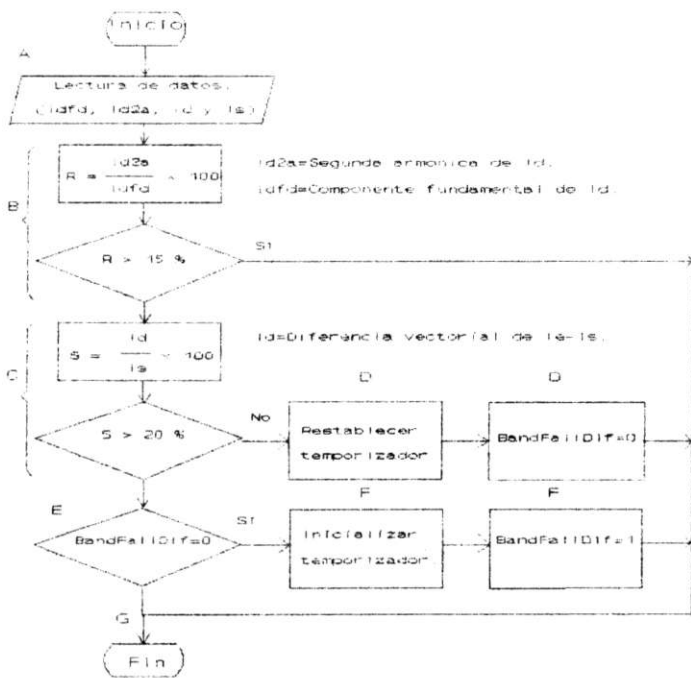


FIG. 3.7 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL.

A) Para detectar corriente de falla se toman lecturas de la corriente de salida de la zona protegida (I_s) y la corriente diferencial ($I_d=I_e-I_s$). Y para detectar corrientes de magnetización, se toman lecturas de la componente fundamental de la corriente diferencial (I_{dfd}) y la segunda armónica de la corriente diferencial (I_{d2a}).

B) Se determina si hay corriente de magnetización, en donde el coprocesador matemático calcula $I_{d2a}/I_{dfda} \cdot 100$ y se compara con 15%. Si es mayor hay corriente de magnetización y abandona la subrutina, pero si es menor.

C) Se prueba el estado del relevador, el coprocesador matemático calcula $I_d/I_s \cdot 100$, es decir $(I_e-I_s)/I_s \cdot 100$ y se compara con porcentaje (del orden de 20 a 50%).

D) Si no hay falla (porcentaje mayor), deshabilita el temporizador, limpia bandera de retardo ($BandFallDif=0$), y sale de la rutina.

E) Si hay falla (porcentaje menor), se revisa la bandera de retardo:

F) Si la bandera de retardo está limpia, se habilita un temporizador externo con retardo fijo y pone la bandera de retardo y abandona el algoritmo.

G) Pero si hay bandera de retardo, indica que ya se inicializó el temporizador y continúa la secuencia del algoritmo.

Existirá una falla declarada cuando el temporizador termine su retardo interrumpiendo al microprocesador, activándose la rutina de servicio TIMER. Esta rutina manda abrir al interruptor colocando una bandera de disparo y almacena el código del relevador para transmitirse posteriormente a la central supervisora.

3.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

La figura 3.8 muestra las rutinas del algoritmo de protección diferencial para una fase, mientras la figura 3.9 muestra las rutinas del algoritmo de protección para tres fases. Una breve descripción de las rutinas se da a continuación:

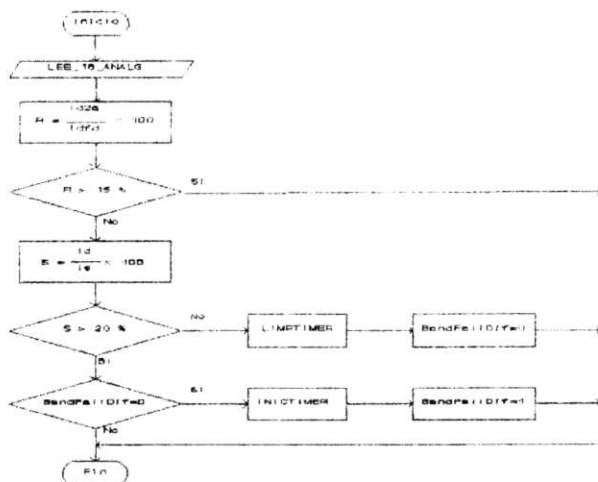


FIG. 3.8 RUTINAS DEL ALGORITMO DIFERENCIAL, PARA UNA FASE.

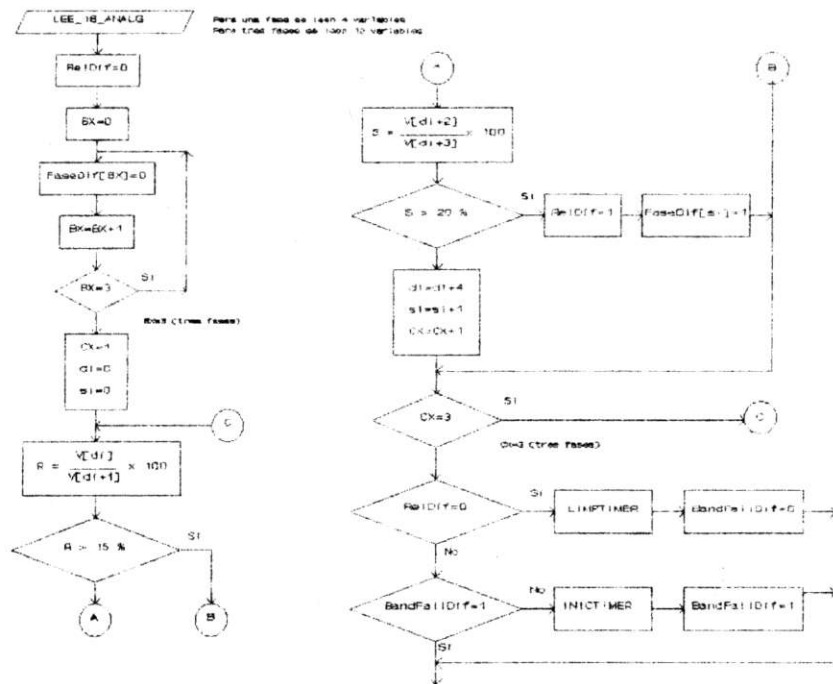


FIG. 3.9 RUTINAS DEL ALGORITMO DIFERENCIAL. PARA TRES FASES.

Nombre de la rutina: CONDINIC.

Entrada: Ninguna.

Salida: Inicializa la bandera de estado y los puertos digitales de E/S.

Descripción: Se programan los puertos de salida digital 13 y 14 (despliegan ceros), además de limpiar la bandera de cada fase DIFASE[0]..DIFASE[2], la bandera de primera falla "BandFaIIDif" y la bandera de disparo "Disparo".

Nombre de la rutina: DIFERENCIAL.

Entrada: La corriente de salida de la zona protegida I_s , la diferencia de corriente vectorial $I_d = I_e - I_s$, la componente fundamental de la diferencia de corriente (I_{dfd}) y la segunda armónica de la diferencia de corriente (I_{d2a}).

Salida: Bandera de falla "RelDif".

Descripción: Por medio de la rutina LEE_16_ANALG se almacenan en las localidades de memoria los valores I_s , $I_d = I_e - I_s$, I_{dfd} y I_{d2a} respectivamente. Se pone la bandera de falla "RelDif" igual a cero y las banderas de fase FaseDif[0] a FaseDif[2] igual a cero.

Para cada fase, se calcula $R = Id_{2a} / Id_{fd} * 100$ y se compara con 15%, si R es mayor hay corriente de magnetización y se abandona el algoritmo, pero si R es menor:

Se prueba el estado del relevador, calculando $S = Id / I_s * 100$ y se compara con porcentaje. Si S es menor se abandona subrutina. Pero si hay falla (S es mayor), se pone bandera "RelDif" y bandera de fase igual a uno. Y se abandona la rutina.

Cuando se sale de la subrutina DIFERENCIAL se revisa la bandera de falla "RelDif", si

- Si la bandera de falla es cero, se desactiva temporizador con LIMPTIMER y se limpia la bandera de retardo "BanFallDif" con cero, y se sale a revisar bandera de disparo.
- Pero si hay bandera de retardo (RelDif=1), se revisa bandera de primera falla "BanFallDif", si esta última es cero, se arranca un temporizador de 50 mseg. con INIC-TIMER y pone bandera de retardo BandFallDif igual a uno y se va a revisar la bandera de disparo. Pero si la bandera "BandFallDif" es igual a uno, indica que ya se inicializó el temporizador y sale del algoritmo. Si en posteriores lecturas el disturbio continua, la bandera de retardo no cambia, y al terminar el retardo, el temporizador interrumpe al microprocesador para ejecutar la rutina de servicio TIMER, pues se ha detectado la presencia de una falla.

Nombre de la rutina: TIMER.

Entrada: La señal de interrupción del canal 0 del temporizador 8253 en la terminal RQ0 del controlador de interrupciones 8259.

Salida: La señal de disparo por el bit 0 del puerto 13 de la tarjeta de CA/D. La bandera de disparo en 1 y el código de falla de la protección diferencial en memoria.

Descripción: En el momento en que el temporizador 8253 termina su retardo solicita una señal de interrupción en la terminal RQ0 del controlador de interrupciones 8259. Esta rutina saca una señal de disparo por el bit 0 del puerto 13 de la tarjeta de CA/D correspondiente a la protección diferencial. A continuación esta rutina pone la bandera de disparo en "1" y carga el código de falla de la protección diferencial en memoria. Por último deshabilita la interrupción RQ0 del 8259 para que la salida del canal cero del 8253 no produzca otra interrupción.

3.3 PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE EN FORMA DIGITAL

3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

La figura 3.10 muestra un diagrama a bloques de la señal analógica (corriente de fase) para que el algoritmo de sobrecorriente detecte la existencia o no existencia de falla. Se observa que la corriente de fase ya acondicionada pasa a través de un convertidor CA/rms en CD para determinar el valor eficaz de la señal en corriente directa y posteriormente alimentar a la computadora digital.

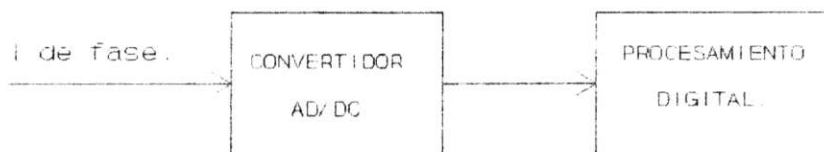


FIG. 3.10 DIAGRAMA A BLOQUES DE LA SEÑAL ANALÓGICA DE ENTRADA DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE.

Las variables de entrada para cubrir la protección de sobrecorriente de una sola fase son:

- Una corriente de fase: I_a .
- Una entrada digital de confirmación de disparo.
- Una entrada digital para restablecimiento de falla.

Y las variables de salida para cubrir la protección son:

- Salida digital de disparo activada por el relevador de esta protección 51T.
- Salida digital para activar un dispositivo de indicación visual en caso de falla.
- Salida digital para alarma sonora en caso de falla.

El algoritmo de protección en caso de falla calcula un retardo que ilustra las relaciones de la corriente como un múltiplo de los taps de ajuste contra la operación en segundos, de dos distintas curvas características [23], figuras 3.11 y 3.12.

Donde:

- K es el tap de ajuste de 0.1 a 1.0 en pasos de 0.1.
- I es la corriente leída.
- I_b es la corriente base de puesta en trabajo.

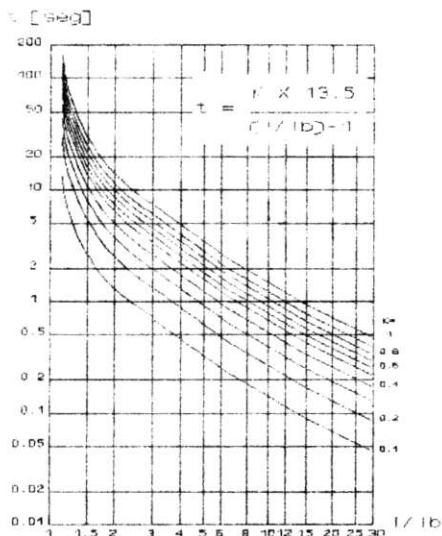


FIG. 3.11 CURVAS DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE CARACTERÍSTICA MUY INVERSA.

3.3.2 ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

La figura 3.13 muestra el diagrama de flujo del algoritmo de la protección de sobrecorriente.

La rutina CONDINIC despliega en los puertos de salida digital 13 y 14 ceros, además de inicializar la bandera de primera falla "BSC" y la bandera de disparo "DISPAR". La rutina CALKSC calcula el numerador de la ecuación característica del relevador ya que este valor no es modificable.

La rutina SOBRECORRIENTE contiene el algoritmo de la protección de sobrecorriente, donde:

- a) Se lee la corriente de campo a través de la rutina LEE_16_ANALG y se almacena en IREAL.
- b) Calcula el estado del relevador, preguntando si en esta hay falla o no hay falla. Compara corriente leída IREAL con corriente nominal INOM.
- c) Si no hay falla (IREAL < INOM), deshabilita temporizador y limpia bandera de retardo (BSC=0). Se abandona la rutina para leer otra nueva variable.
- d) Si hay falla (IREAL > INOM), revisa BSC bandera de retardo.

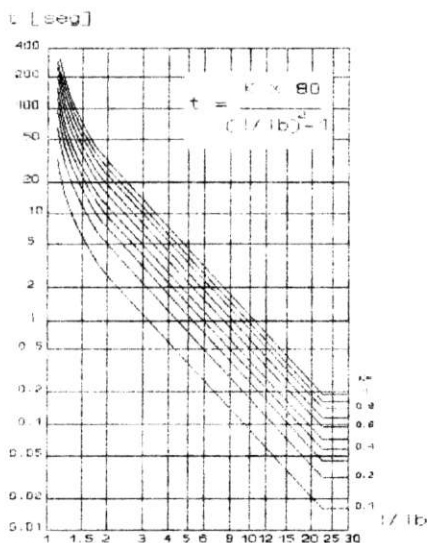


FIG. 3.12 CURVAS DE UN RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE CARACTERÍSTICA EXTREMADAMENTE INVERSA.

- Si la bandera de retardo esta limpia, calcula retardo, inicializa contador TCA1=0, habilita el temporizador, y pone bandera de retardo. El tiempo de retardo será función de la corriente de falla.
- Si hay bandera de retardo, indica que ya se calculo retardo y regresa a leer una nueva variable. La bandera de retardo se usa para evitar que un transitorio se detecte como falla del relevador.

Existirá una falla declarada cuando el temporizador interrumpa al microprocesador, activandose la rutina de servicio TIMER. Esta rutina incrementa TCA1 y lo compara con TCRSC calculado, si el temporizador ha terminado su cuenta de retardo, manda abrir el interruptor, colocando bandera de disparo y, almacena código del relevador para transmitirse posteriormente a la central supervisora.

3.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE SOBRECORRIENTE

Una descripción de las rutinas del relevador de sobrecorriente, figura 3.14, se describen a continuación:

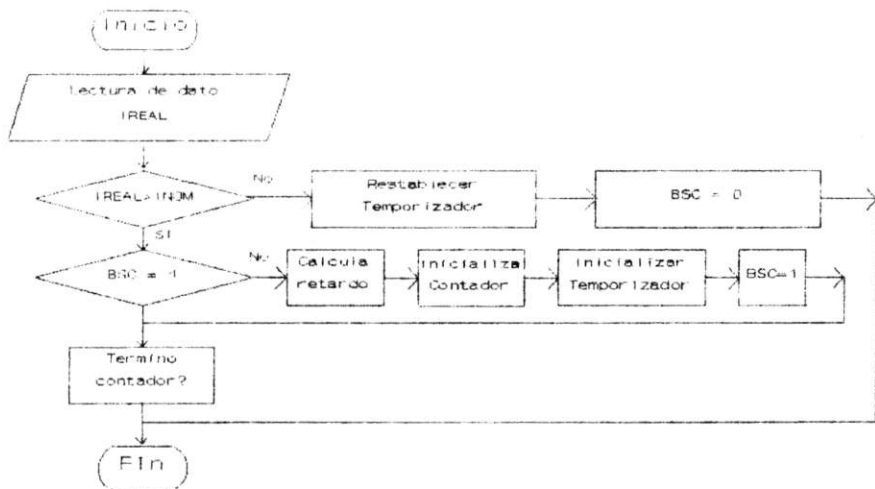


FIG. 3.13 DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.

Nombre: SOBRECORRIENTE.

Entrada: Valor en memoria de la corriente actual IREAL.

Salida: Bandera de primera falla "BSC".

Descripción: Compara corriente leída con corriente nominal, si es menor deshabilita el temporizador, limpia la bandera de falla, y sigue ejecutando secuencia de instrucciones. Si es mayor pregunta por la bandera de primera falla BSC, si esta es cero calcula el tiempo de retardo e inicializa el timer y pone la bandera BSC=1. Si BSC=1 ya no se arranca el temporizador, pues este ya ha sido arrancado. La bandera de primera falla se usa para evitar que un transitorio se detecte como falla del relevador.

Nombre: CALKSC

Entrada: Constante de conversión de 50 mseg., constante del relé, tap del relevador, y corriente nominal.

Salida: En KRELSC.

Descripción: Calcula el numerador de la ecuación característica del relevador, multiplicando las entradas y almacenando el resultado en KRELSC.

Nombre: CAL2TIMER.

Entrada: KRELSC numerador de la ecuación, corriente nominal y corriente de lectura.

Salida: Valor calculado en TCRSC.

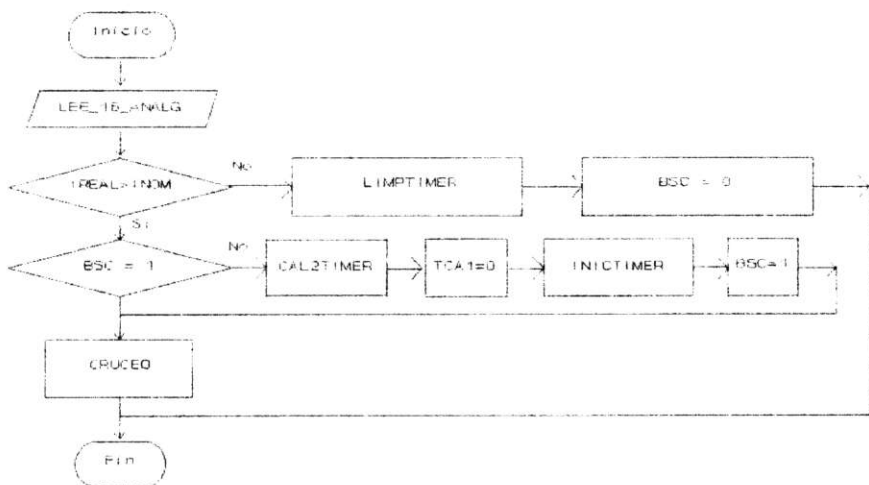


FIG. 3.14 RUTINAS DEL ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE.

Descripción: Con corriente real y corriente nominal se realiza una resta, el resultado es el divisor de KRELSC. El resultado es almacenado en TCRSC.

- a) Calcula el estado del relevador, preguntando si esta en falla o no falla.
- b) Si no hay falla, limpia temporizador y pone bandera de retardo o primera falla. Salir
- c) Si hay falla, revisa bandera de retardo.
 - Si la bandera de retardo esta limpia, calcula retardo e inicializa un temporizador externo y pone bandera de retardo. El tiempo de retardo será función de la corriente de falla.
 - Si hay bandera de retardo, indica que ya se calculo retardo y seguirá la secuencia del algoritmo.

3.4 PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA EN FORMA DIGITAL

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA

Las variables de entrada para cubrir la protección de falla a tierra son:

- Una corriente de tanque a tierra: IN.
- Una entrada digital de confirmación de disparo.

- Una entrada digital para restablecimiento de la protección.
- Y las variables de salida para cubrir la protección son:
- Salida digital de disparo activada por el relevador de esta protección 5IN.
 - Salida digital para activar un dispositivo de indicación visual en caso de falla.
 - Salida digital para alarma sonora en caso de falla.

La figura 3.15 muestra la característica de retardo [23] calculada por el algoritmo en caso de falla a tierra.

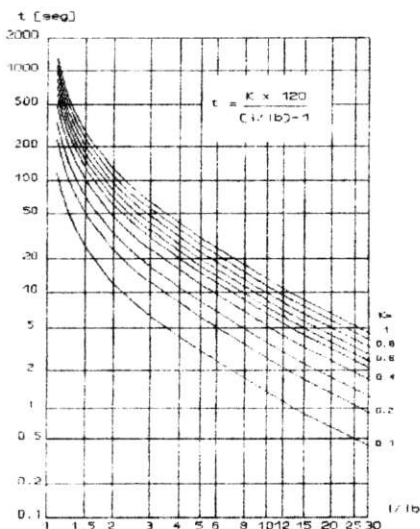


FIG. 3.15 CURVAS DE UN RELEVADOR DE FALLA A TIERRA DE CARACTERÍSTICA DE TIEMPO LARGO.

3.4.2 ALGORITMO DE LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA

Una descripción del algoritmo de la protección de falla a tierra se realiza a continuación:

La rutina CONDINIC despliega en los puertos de salida digital 13 y 14 ceros, además de inicializar la bandera de primera falla "BFT" y la bandera de disparo "DISPAR". La rutina CALKFT calcula el numerador de la ecuación característica del relevador ya que este valor no es modificable.

La rutina FALLTANQTIERRA contiene el algoritmo de la protección de falla de tanque a tierra, donde:

- a) Se lee la corriente de campo y se almacena en INEUTRO.
- b) Calcula el estado del relevador, preguntando si esta hay falla o no hay falla. Comparando corriente leída INEUTRO con corriente referencia INREF.
- c) Si no hay falla ($INEUTRO < INREF$), deshabilita temporizador y limpia bandera de retardo ($BFT=0$). Y sale de la rutina a leer otra nueva variable.
- d) Si hay falla ($INEUTRO > INREF$), revisa BSC bandera de retardo.
 - Si la bandera de retardo está limpia, calcula retardo, inicializa contador $TCA1=0$, habilita el temporizador, y pone bandera de retardo. El tiempo de retardo será función de la corriente de falla.
 - Si hay bandera de retardo, indica que ya se calculo retardo y regresa a leer una nueva variable. La bandera de retardo se usa para evitar que un transitorio se detecte como falla del relevador.

Existirá una falla declarada cuando el temporizador interrumpe al microprocesador activandose la rutina de servicio TIMER. Esta rutina incrementa TCA1 y lo compara con TCRSC calculado, si el temporizador ha terminado su cuenta de retardo, manda abrir el interruptor, colocando bandera de disparo, y almacena el código del elevador para transmitirse posteriormente a la central supervisora.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS RUTINAS DEL ALGORITMO DE PROTECCIÓN DE ALLA A TIERRA

Las rutinas del relevador de falla de tanque a tierra se escriben a continuación:

nombre: FALLTANQTIERRA.

entrada: Valor en memoria de la corriente actual IREAL.

salida: Bandera de primera falla "BFT".

descripción: Compara corriente leída con corriente nominal, si es menor deshabilita el temporizador, limpia la bandera de falla, y sigue ejecutando la secuencia de instrucciones. Si es mayor regenta por la bandera de primera falla BFT, si esta es cero calcula el tiempo de retardo e inicializa el timer y pone la bandera BFT=1. Si BFT=1 ya no se arranca temporizador, pues este ya a sido arrancado.

nombre: CALKFT

entrada: Constante de conversión de 50 mseg., constante del relé, K del relevador, y corriente nominal.

salida: En KRELFT.

Descripción: Calcula el numerador de la ecuación característica del relevador, multiplicando las entradas y almacenando el resultado en KRELFT.

Nombre: CAL2TIMER.

Entrada: KRELFT numerador de la ecuación, corriente nominal y corriente de lectura.

Salida: Valor calculado en TCRFT.

Descripción: Con corriente real y corriente nominal se realiza una resta, el resultado es el divisor de KRELFT. El resultado es almacenado en TCRFT.

- a) Calcula el estado del relevador, preguntando si esta en falla o no falla.
- b) Si no hay falla, limpia el temporizador y pone la bandera de retardo o de primera falla. Salir
- c) Si hay falla, revisa la bandera de retardo.
 - Si la bandera de retardo está limpia, calcula el retardo e inicializa un temporizador externo y pone bandera de retardo. El tiempo de retardo será función de la corriente de falla.
 - Si hay bandera de retardo, indica que ya se calculo retardo y seguirá la secuencia del algoritmo.

3.5 RELEVADOR BUCHHOLZ

En el algoritmo de protección propuesto, esta protección no se simula ya que viene desde el diseño del transformador; en caso de desearse simular solo sería una acción de activado o no activado, dependiendo esto de la presión del aceite, a tal punto que el algoritmo indicara uno de tres estados posibles (operación normal, operación de alarma u operación de falla).

3.6 RELEVADOR DE SOBRECARGA

Esta protección declara una acción de activar o no activar uno de tres estados posibles (operación normal, operación de sobrecalentamiento y operación de alarma). El desarrollo de este algoritmo depende solamente de entradas digitales, y su implementación se lleva a cabo por banderas, que indican en que estado se encuentra.

3.7 FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTAR LOS ALGORITMOS DE LAS PROTECCIONES

Las velocidades típicas de muestreo generalmente usadas son de 960 Hz [8]; es decir, 16 muestras por ciclo de C.A.; otros trabajos manejan 12 o 8 muestras por ciclo [35], recomendándose como suficientes frecuencias de muestreo de hasta 1 KHz [34]. En este trabajo el tiempo de conversión del convertidor A/D es menor a 40

μ seg, lo que da la posibilidad de obtener más de 400 muestras en un ciclo de C.A., lo cual indica que el convertidor proporciona las muestras más que suficientes para desarrollar un algoritmo de protección.

El microprocesador empleado es de 5 Mhz por lo que el ciclo de máquina para ejecutar una instrucción es de 0.2 μ seg. Y si la lectura de un dato por la rutina LEE_16_ANALG es de 292 ciclos de máquina + 40 μ seg del convertidor A/D, resulta un tiempo de 98.4 μ seg (más de 169 muestras por ciclo). por lo tanto el tiempo para la ejecución de la rutina SOBRECORRIENTE, es:

- A. Lógica para calcular el retardo: 1051-1141 ciclos de máquina y 40 μ seg del convertidor A/D, resulta un tiempo de 250.2 a 268.2 μ seg. Donde 501-591 ciclos corresponden al cálculo del retardo, con un tiempo de 100.2 a 118.2 μ seg.
- B. Lógica de falla y termina retardo de tiempo: 522 ciclos de reloj y 40 μ seg, resulta una lectura de 134 μ seg (124 muestras).

Entonces el tiempo requerido por la computadora en presencia de una falla de fase es de una muestra A y de muestras B, es más de 120 muestras por ciclo. Con este último resultado se hace factible realizar la protección trifásica y se puede incrementar la lógica para detectar el tiempo máximo de falla.

El tiempo para la ejecución del algoritmo de falla diferencial en caso de falla es de 2052 a 2228 ciclos de máquina + 160 μ seg por la lectura de cuatro variables, dando una lectura de 570.4 a 605.6 μ seg; es decir, de 27.5 a 29.2 muestras por ciclo, en donde:

- a. La lectura de cuatro datos ocupa: 836 ciclos + 160 μ seg, resultando un tiempo de 327.2 μ seg.
- b. El cálculo de corriente de magnetización o de estado del relevador ocupa de 525 a 577 ciclos, resultando un tiempo de 105 a 115.2 μ seg.

De lo expuesto es posible hacer una detección diferencial para un relevador trifásico pues la lógica ya esta implementada, donde se pueden sensar con este equipo 9 muestras en un ciclo de C.A.

CAPITULO 4. PRUEBAS

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo trata las diversas pruebas de simulación a las que fueron sometidos los algoritmos y las partes que lo integran, además de la prueba en laboratorio del proyecto global con el propósito de presentar la capacidad del sistema para realizar la función de protección y su factibilidad de implementación como prototipo a nivel industrial.

Para probar los algoritmos, las variables analógicas de C.A. del transformador como son, la corriente de fase y la corriente de neutro, se simularon con un generador de funciones, cuyas características son:

MARCA	Hewlett Packard.
RANGO DE FRECUENCIA	0.1 Hz a 1MHz.
FORMAS DE ONDA	Senoidal, triangular y cuadrada.
AMPLITUD DE ONDA	0.1 a 10 volts pico a pico.

La acción de disparo fue implementada con una interface de potencia compuesta por un optoacoplador (aislador óptico) y un foco de 60 watts a 120 volts de C.A.. accionado desde un puerto de salida digital de la computadora.

Todas las pruebas de protección, excepto la última se realizaron inhabilitando la subrutina SERIAL, ya que se requiere comunicar con otra computadora.

4.2 PRUEBAS A LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL

4.2.1 PRUEBA DEL ALGORITMO DIFERENCIAL

El propósito de la prueba fue probar la lógica del algoritmo, la respuesta de los convertidores CA/rms en CD y leer la rutina de confirmación de disparo del interruptor.

Las variables analógicas de C.A. para la protección diferencial del transformador I_e y I_s , se simularon con un generador de funciones como se muestra en el diagrama de conexiones 4.1.

La prueba se desarrollo de la siguiente manera:

1. Al programa de protección diferencial se introdujo por teclado el porcentaje S de la protección, para lo cual se selecciono un valor de 10%.
2. Se selecciono en el generador de funciones para la señal I_e , una onda senoidal con frecuencia de 60 hertz y una

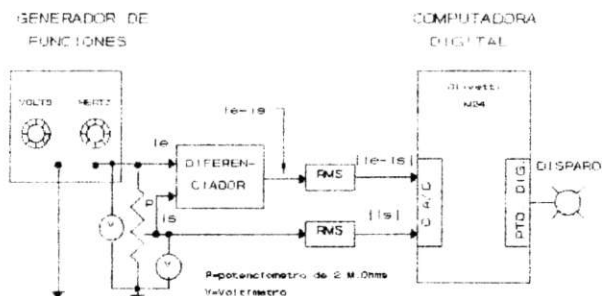


FIG. 4.1 CIRCUITO DE PRUEBA DEL RELEVADOR DIFERENCIAL.

amplitud de 2.82 volts de valor máximo medido con un osciloscopio.

3. La señal I_e al pasar por los convertidores de CA/rms en CD proporciona una lectura igual a 2 volts rms, medido con un voltmetro digital. La señal I_s se obtiene a través del potenciómetro P ya que la magnitud de I_e debe ser mayor a I_s .
4. El potenciómetro P se ajusto, tal que I_s sea igual a I_e .
5. Se activo el programa de protección diferencial.
6. Se tomaron lecturas de I_e , I_s , S y operación de relevador
7. Mediante el potenciómetro P se vario I_s , con la finalidad de variar el valor I_d ($I_d = I_e - I_s$). Se tomaron varias lecturas, cuando la protección no disparaba y cuando disparaba. Los resultados se muestran en la tabla 4.1.
8. Se repitió la prueba con porcentaje S igual a 20. La tabla 4.2 muestra los resultados.
9. Para probar la señal de confirma, la protección se coloco en falla, pero al sensar al interruptor se lee que no había sido accionado. Por lo tanto al puerto de entrada digital se le suministro un valor de 5 volts para detectar que el interruptor ha sido accionado.

Cuando el algoritmo no detecta falla se observo la pantalla limpia, pero al detectarse falla se activaron los siguientes mensajes:

- Mensaje del nombre de la protección.
- Mensaje de que se encuentra en falla.
- Mensaje preguntando de que si falla ha sido restablecida.

Al oprimirse la tecla de que la falla si ha sido restablecida, aparece el siguiente desplegado:

Mensaje del nombre de la protección.
 Mensaje de que se encuentra en estado normal.
 Mensaje de que pulse enter para reiniciar la supervisión.

Al oprimirse la tecla enter se limpia pantalla y el algoritmo comienza nuevamente.

TABLA 4.1 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL.
 CON PORCENTAJE S = 10%

Ie	Is	S teórico	S real	Operación
2.0 V.	2.0 V.	0.0%	0%	No dispara
2.0 V.	1.9 V.	5.2%	5%	No dispara
2.0 V.	1.8 V.	11.0%	11%	Dispara

TABLA 4.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL.
 CON PORCENTAJE S = 20%

Ie	Is	S teórico	S real	Operación
2.0 V.	2.0 V.	0.0%	0%	No dispara
2.0 V.	1.9 V.	5.2%	5%	No dispara
2.0 V.	1.8 V.	5.2%	11%	No dispara
2.0 V.	1.7 V.	16.6%	16%	No dispara
2.0 V.	1.68 V.	19.0%	19%	No dispara
2.0 V.	1.65 V.	21.2%	21%	Dispara
2.0 V.	1.6 V.	25.0%	25%	Dispara

De los resultados se observa que la lógica de protección se cumple, ya que cuando Is varia a valores tales que el porcentaje S no sea mayor, la protección no funciona. Pero si al variar Is, el porcentaje S es mayor, la protección actuará.

Se observa una gran sensibilidad del relevador, ya que si el porcentaje S es mayor con al menos 1% se manda disparo, y no disparará si S le falta 1% para ser superado.

Se observa que los valores eficaces o rms que se obtienen de los convertidores CA/rms en CD tienen una alta precisión, pues las lecturas no varían significativamente, al compararlos con las mediciones con un voltmetro digital.

Una prueba que no se pudo realizar es tener condición de falla y regresar a condición normal o tener condición de falla y antes de terminar el retardo regresar a condición normal, debido a que la maniobra requiere ser menor de 50 mseg y manualmente es difícil.

4.2.2 PRUEBA DE CORRIENTES DE MAGNETIZACION

Para probar si existe corriente de magnetización o corriente de falla por el método de contenido armónico de las corrientes diferenciales la componente fundamental se simulo empleando un transformador reductor y un divisor de voltaje con una señal de 2 volts, y para la componente con contenido de la segunda armónica se empleo la señal del generador de funciones, donde se selecciono una frecuencia de 120 hertz y un voltaje de 2 volts que alimenta a un potenciómetro.

Para la prueba se selecciono por teclado una condición de falla y al variar el potenciómetro se detecto la razón entre la componente fundamental y la segunda armónica. Cuando esta última era mayor en valor eficaz al 15% de la fundamental, el algoritmo se quedo en un lazo indicando que había corriente de magnetización. Pero si la segunda armónica era menor al 15% de la fundamental, entonces había disparo de la protección, indicando que existía señal de falla.

4.3 PRUEBAS A LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE

La finalidad de la prueba consistió en probar la lógica del algoritmo de protección, además de verificar si se cumplían las curvas características tiempo-corriente y observar como funciona cuando había perturbaciones.

La variable analógica de C.A. para la protección de sobrecorriente del transformador I_{sc} , se simulo con un generador de funciones como se muestra en el diagrama de conexiones 4.2.



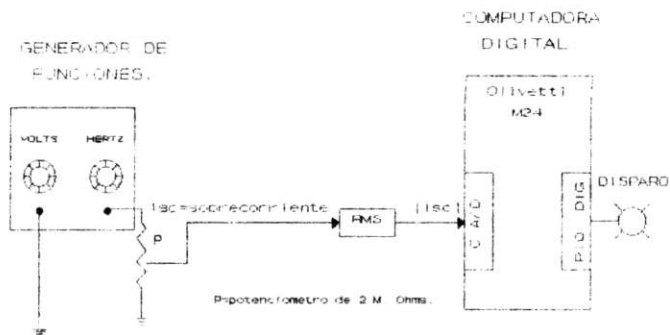


FIG. 4.2 CIRCUITO DE PRUEBA DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE.

Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

1. No activación de la protección.

Para probar este punto, al programa de protección de sobrecorriente se suministro por teclado el valor de la palanca de tiempo K y la corriente base de puesta en trabajo I_b . Después se seleccionaron corrientes de no falla con el potenciómetro P y se activo el programa de protección de sobrecorriente.

Se observo que no había disparo de la protección, aún para varias corrientes de falla. Debe hacerse notar que se puede modificar por programación el valor de K y el valor de I_b .

2. Activación de la protección y la comprobación de las curvas característica tiempo-corriente.

Para probar las curvas tiempo-corriente dadas por la ecuación 4.1 y 4.2, y ya que los convertidores CA/rms en CD tienen una gran precisión, inicialmente se decidió omitir el generador de funciones y introducir por teclado los valores de corriente de falla. Después se incorporo el generador de funciones y el tiempo que tardaba la protección en generar la señal de disparo se midió con un cronómetro y los resultados obtenidos se muestran en las tablas 4.3 y 4.4, los cuales no varían al omitir el generador.

Ecuación de comportamiento de característica tiempo-corriente muy inversa:

$$t = \frac{K \times 13.5}{\left(\frac{I}{I_b}\right) - 1} \dots \dots \dots (4.1)$$

TABLA 4.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA MUY INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO K = 1.0

Punto	IREAL	Ib	I como múltiplo de la puesta en trabajo. IREAL/Ib	Tiempo de disparo teórico [seg]	Tiempo de disparo medido [seg]
A	1.5	1	1.5	27.00	27.0
B	2.0	1	2.0	13.50	14.0
C	3.5	1	3.5	5.40	5.5
D	4.0	.5	8.0	1.93	2.0

TABLA 4.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA MUY INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO K = 0.5

Punto	IREAL	Ib	I como múltiplo de la puesta en trabajo IREAL/Ib	Tiempo de disparo teórico [seg]	Tiempo de disparo medido [seg]
E	1.5	1	1.5	13.50	13.5
F	2.0	1	2.0	6.75	7.0
G	3.0	1	3.0	3.375	3.5
H	4.0	1	4.0	2.25	2.0

Ecuación de comportamiento de característica tiempo-corriente extremadamente inversa.

$$t = \frac{K \times 80}{\left(\frac{I}{I_b}\right)^2 - 1} \dots \dots \dots (4.2)$$

TABLA 4.5 TABLA DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA EXTREMADAMENTE INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO K = 1.0

Punto	IREAL [V]	Ib [V]	I como múltiplo de la puesta en trabajo IREAL/Ib	Tiempo de disparo teórico [seg]	Tiempo de disparo medido [seg]
A	1.5	1	1.5	64.00	66.0
B	2.0	1	2.0	26.67	27.5
C	3.0	1	3.0	10.00	10.5
D	4.0	1	4.0	5.33	5.5

TABLA 4.6 TABLA DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. DE CARACTERÍSTICA EXTREMADAMENTE INVERSA Y PALANCA DE TIEMPO K = 0.4

Punto	IREAL [V]	Ib [V]	I como múltiplo de la puesta en trabajo IREAL/Ib	Tiempo de disparo teórico [seg]	Tiempo de disparo medido [seg]
E	1.5	1	1.5	25.60	26.0
F	2.0	1	2.0	10.67	11.0
G	3.0	1	3.0	4.00	4.0
H	4.0	1	4.0	2.14	2.5

Para palanca de tiempo K=0 la protección actúa inmediatamente sin retardo. Además el valor Ib puede ser modificable a cualquier valor, por la versatilidad de la programación.

Los resultados indican que es posible seguir las curvas de esta protección, figura 4.3 y figura 4.4. Las diferencias entre el tiempo de disparo real y disparo teórico fueron originadas a errores de apreciación en la lectura. Y el máximo error se obtuvo en el punto A, tabla 4.5, que fue de dos segundos, esto se debe a desajustes en el tiempo del reloj.

Se comprobó también con el generador de señales que cuando existe una condición de falla y se regresa a condición de no falla el algoritmo cumple la lógica de protección de no activar la protección.

El problema que se observó es cuando teníamos una señal en estado normal y mover el potenciómetro P a una falla determinada, el algoritmo toma un valor de sobrecorriente menor a la real, esto se debe a que el tiempo de muestreo es muy grande y el algoritmo no tiene contemplado la detección de máximo valor de falla.

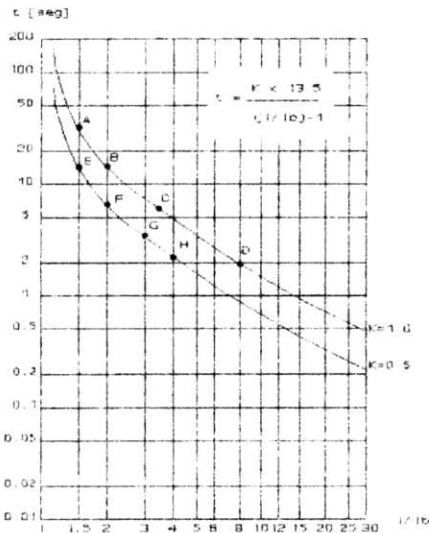


FIG. 4.3. PUNTOS DE PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. CARACTERÍSTICA MUY INVERSA.

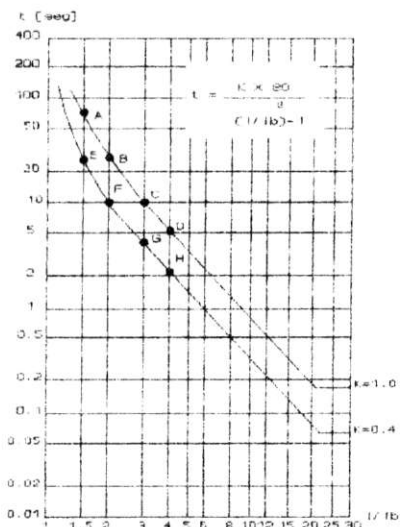


FIG. 4.4. PUNTOS DE PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE. CARACTERÍSTICA EXTREMADAMENTE INVERSA.

4.4 PRUEBAS A LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA

El propósito de la prueba consistió en probar la lógica de la protección y probar el seguimiento de la curvas características tiempo-corriente.

La prueba del relevador de falla de tanque a tierra 51-N se valida con la prueba del relevador de sobrecorriente, cambiando la corriente de puesta en trabajo por 30 a 70% de la corriente nominal, obteniéndose las mismas condiciones de operación. Por lo que para probar esta protección se escogió la característica de tiempo largo y cuya ecuación de comportamiento es:

$$t = \frac{K \times 120}{\frac{I}{I_b} - 1} \dots \dots \dots (4.3)$$

De igual manera que la protección anterior, la corriente de neutro se simulo con un generador de funciones como se muestra en el diagrama de conexiones 4.5. Además se selecciono una palanca de tiempo K de 0.1 y una corriente base de puesta en trabajo Ib de 0.121 volts.

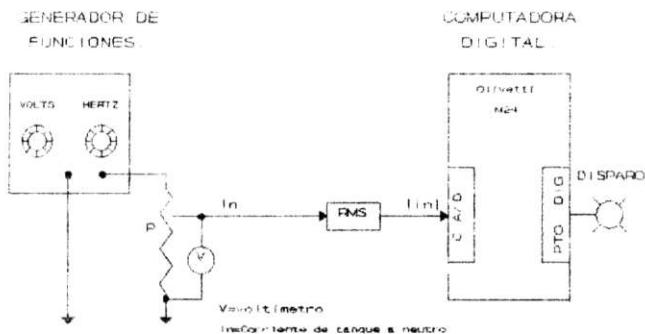


FIG. 4.5 CIRCUITO DE PRUEBA DEL RELEVADOR DE FALLA A TIERRA.

Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes:

1. Se seleccionaron corrientes de no falla.

Se seleccionaron corrientes de no falla con el potenciómetro P y se activo el programa de protección de falla a tierra.

Se observo, que el algoritmo no mandaba señal de disparo, indicando que no detectaba falla.

2. Se seleccionaron corrientes de falla, para probar las características tiempo-corriente.

Al probar la característica tiempo-corriente dada por la ecuación 4.3 se ajustaron con el potenciómetro P diferentes valores de corriente de falla, se activo el programa de protección y se midió con un cronómetro el tiempo que tarda la protección en generar el disparo. La tabla 4.7 muestra los resultados que se obtuvieron.

Se observaron disparos del algoritmo, indicando la existencia de falla. La tabla 4.7 muestra los resultados que se obtuvieron para ratificar la curva característica.

3. Se selecciono una corriente de falla y luego se cambio a una corriente de no falla.

Con el potenciómetro P se selecciono una corriente de falla y antes de que el retardo fuera alcanzado y se accione la protección, se vario el potenciómetro a una corriente de no falla.

Se observo que no había disparo ya que el cambio de falla a no falla se realizo en un tiempo menor al disparo.

4. Se selecciono una corriente de no falla y luego se cambio a una corriente de falla.

Se selecciono con el potenciómetro P una corriente de no falla y después de cierto tiempo se vario el potenciómetro a una corriente de falla.

Se observo que cuando se cambio a valor de falla. el algoritmo leía un valor que era mucho menor al valor real de falla, este valor era el primer valor tomado por el convertidor al leer la falla.

TABLA 4.7 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA. CARACTERÍSTICA DE TIEMPO LARGO

Punto	K	IN I de neutro [V]	Ib [V]	IN/Ib	Tiempo de disparo teórico [seg]	Tiempo de disparo medido [seg]
A	0.1	0.200	0.121	1.65	18.38	18.0
B	0.1	0.249	0.121	2.05	11.34	11.5
C	0.1	0.300	0.121	2.48	8.11	8.5
D	0.1	0.451	0.121	3.73	4.40	4.5
E	0.1	0.601	0.121	4.97	3.02	3.0
F	0.5	0.300	0.121	2.48	40.56	42.0
G	0.5	0.500	0.121	4.13	19.15	20.0
H	0.5	0.601	0.121	4.97	15.12	15.0

Para palanca de tiempo K=0 la protección actúa inmediatamente sin retardo y el valor Ib puede ser modificable por programación.

Los resultados. figura 4.6. indican que es posible seguir las curvas de esta protección, las diferencias entre el tiempo de disparo real y disparo teórico se deben a errores de apreciación en la lectura y desajustes del reloj.

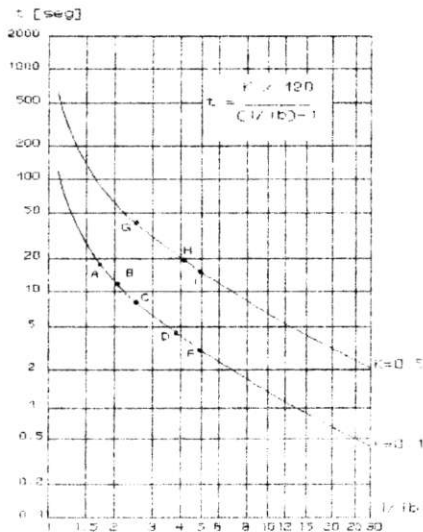


FIG. 4.6, PUNTOS DE PRUEBA DE LA PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA. CARACTERÍSTICA DE TIEMPO LARGO.

4.5 PRUEBA EN LABORATORIO

Como se menciona desde la introducción, este trabajo de investigación forma parte de un proyecto global de las protecciones eléctricas de una central termoeléctrica, por lo que, la finalidad de esta tesis al realizar pruebas de corto circuito en una máquina eléctrica fue:

- Observar la capacidad de los convertidores CA/rms en CD para seguir el valor eficaz o rms de la corriente transitoria en un corto circuito real.
- Verificar el tiempo de respuesta del algoritmo de protección diferencial en campo, ya que esta protección como protección principal del transformador, requiere una gran rapidez de respuesta, entre uno o dos ciclos de CA para decidir si existe falla.
- Probar el protocolo de comunicación para transmitir el mensaje de que una protección se encuentra en falla, desde la computadora que esta realizando la protección hasta la central Supervisora implementada con otra computadora personal.

- d) Observar como el ruido electromagnético afecta las mediciones de las variables.

Esta prueba de la protección diferencial con retardo instantáneo se realizó en el Laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la E.S.I.M.E., donde se empleo una máquina sincronía para realizar una prueba de falla [26]. Las características de la máquina síncrona son:

MAQUINA SINCRONA.

Voltaje de generación = 220 Volts
Corriente nominal = 0 Amperes
Frecuencia = 60 hertz.
Velocidad nominal = 1200 rpm

Para la realización de la prueba de protección digital, la máquina síncrona sufrió un corto circuito en las tres fases, por lo que las señales que alimentan a la computadora digital se obtuvieron a través de dos resistencias derivadoras, una conectada en una fase y la otra en donde se conectan las tres fases, con el fin de tener una gran corriente diferencial al ocurrir el corto circuito trifásico. Cada resistencia derivadora nos dan una lectura de 100 mV por cada 50 Amperes que pasan por ellas lo que resulta bastante apropiado para introducir estas señales a la computadora.

Las señales I_b y I_{abc} alimentaron a un circuito que calcula la diferencia vectorial y el resultado entro a un convertidor CA/rms en CD que calculo el valor eficaz, y esta señal alimenta a la computadora a través de la tarjeta de conversión A/D como I_d , es decir $I_{abc}-I_b$. Y la otra señal paso por el convertidor CA/rms en CD para calcular su valor eficaz entrado también a través de otro canal de la tarjeta de conversión A/D.

Se empleo un osciloscopio digital de memoria para grabar el fenómeno transitorio de protección durante la prueba. Las características de este osciloscopio fueron:

Osciloscopio digital de memoria hp 54200A
Velocidad de respuesta de 50 Mhz.
Con resolución de 50 nseg a 10 seg.
Dos canales con memoria.

Un canal del osciloscopio se conecto a la señal analógica I_b que alimentaba a la computadora digital para detectar el comportamiento del convertidor CA/rms en CD al ocurrir un corto circuito, y el otro canal se conecto a la señal de disparo, a través de una salida digital de la tarjeta de conversión A/D.

Para ejecutar el corto circuito se uso la señal de un controlador lógico programable (PLC) en base a un programa que origina un retardo en milisegundos desde el cierre a la apertura de los contactos normalmente abiertos de un contactor trifásico. El

PLC se alimenta con una fuente de CD de 5 volts y la bobina del contactor se alimenta a 127 volts de CA. La interconexión de estos equipos se muestra en el diagrama eléctrico de prueba en la figura 4.7.

Cuando no hay falla la pantalla de la computadora se observa limpia, pero al ocurrir una falla se despliega el mensaje:

ESTADO DE LA PROTECCIÓN	ESTADO
RELEVADOR DIFERENCIAL 87T	FALLA

ESPERA SEÑAL DE RESTABLECIMIENTO DE FALLA_

Y al enviar por el canal de comunicación el mensaje de que la protección esta en falla. Se observa en la central supervisora, un diagrama unifilar de la central termoelectrica, donde se muestra al relevador 87T que parpadea y se escucha una alarma sonora mientras no se oprima la tecla de reconocimiento.

Al pulsarse la tecla de restablecimiento el mensaje que aparece en la pantalla es:

ESTADO DE LA PROTECCIÓN	ESTADO
RELEVADOR DIFERENCIAL 87T	NORMAL

PULSE ENTER PARA REINICIAR LA SUPERVISIÓN_

Al pulsar la tecla enter se limpia pantalla y se reinicia la supervisión nuevamente.

La figura 4.8 muestra la respuesta del convertidor CA/rms en CD para seguir un corto circuito y la figura de abajo muestra que el tiempo de disparo de la protección es satisfactorio observando que es posible obtener tiempos de protección menores de 1.5 mseg. y es recomendable eliminar las dificultades que presenta la circuitería implementada, además de perfeccionar los algoritmos de protección realizando más pruebas.

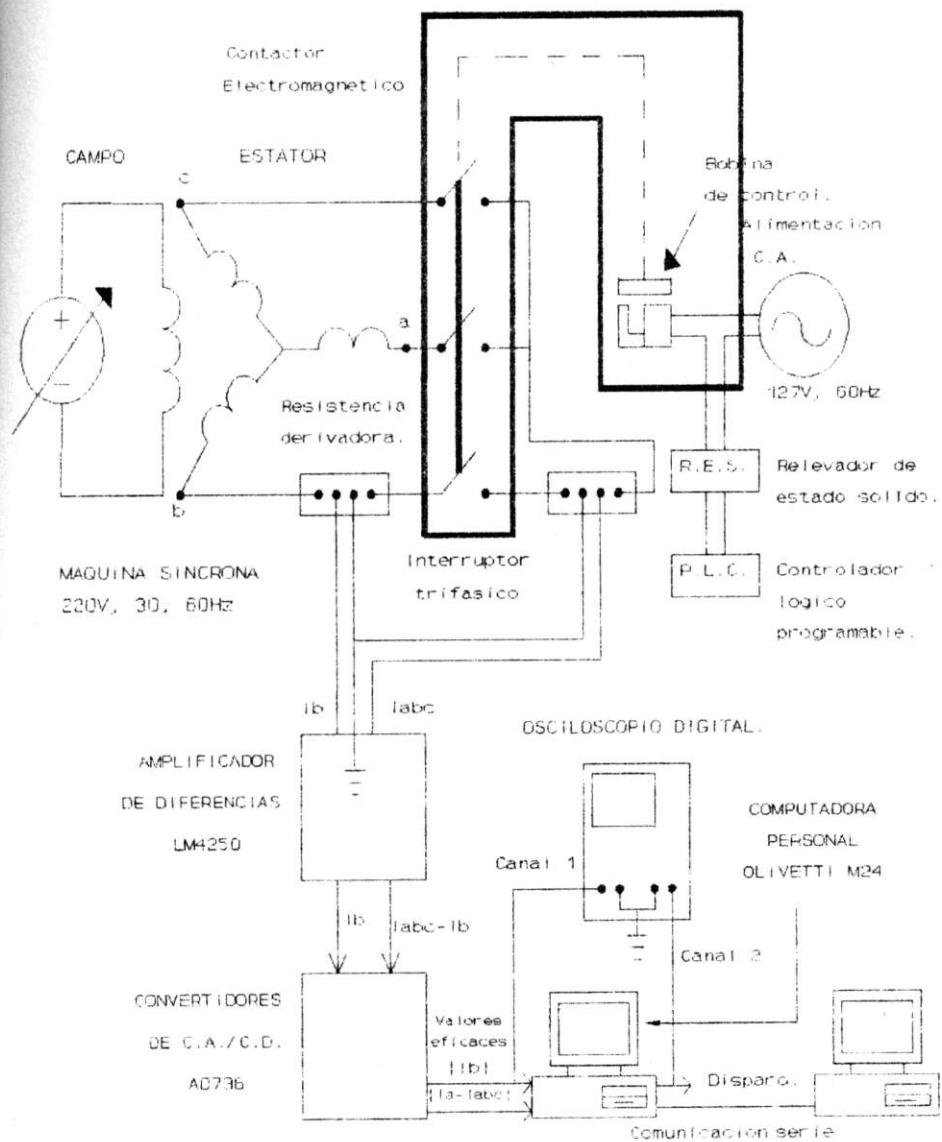


FIG. 4.7 CIRCUITO DE PRUEBA PARA LA PROTECCIÓN DE UNA MAQUINA SINCRONA.



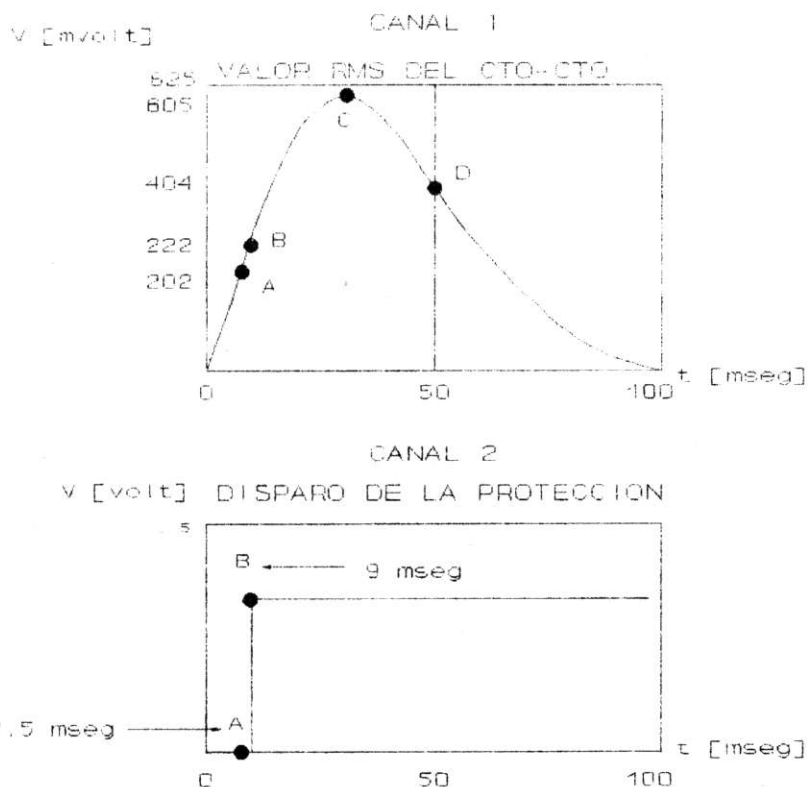


FIG. 4.8 GRÁFICAS DE LA PRUEBA DE PROTECCIÓN EN MAQUINA SINCRONA.

La figura 4.9 muestra la máquina síncrona donde se llevo a cabo el corto circuito y las resistencias derivadoras para convertir la corriente de corto circuito (en cientos de amperes) en voltaje en unidades de milivolts. En la figura 4.10 se muestra el osciloscopio digital donde se observo el fenómeno transitorio de la respuesta de los convertidores CA/rms en CD y la acción de protección del algoritmo. En la figura 4.11 se observa el controlador lógico programable que se empleo para provocar el corto circuito. La figura 4.12 muestra el montaje del circuito de diferencias, el circuito CA/rms en CD y las computadoras digitales comunicadas por medio del RS-232.

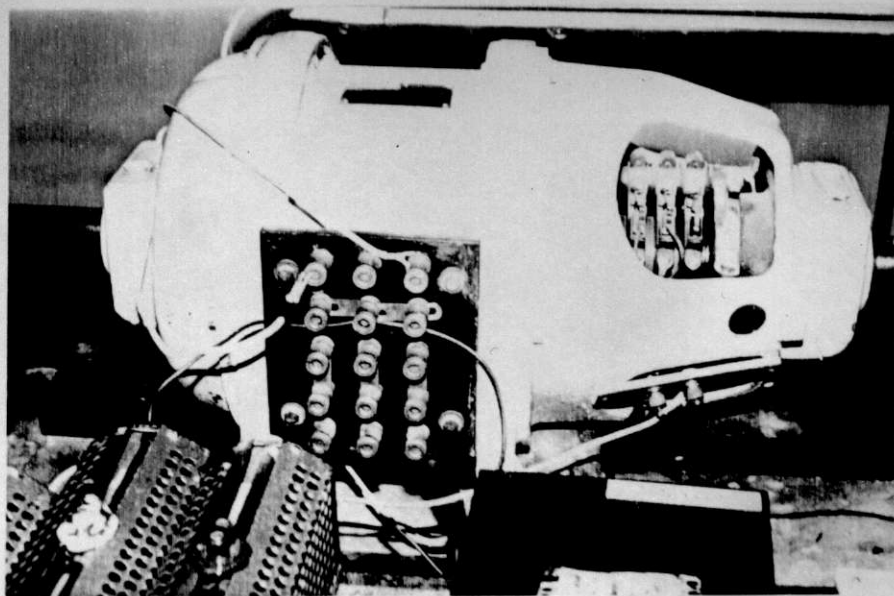


FIG. 4.9 MAQUINA SINCRONA Y RESISTENCIAS DERIVADORAS.

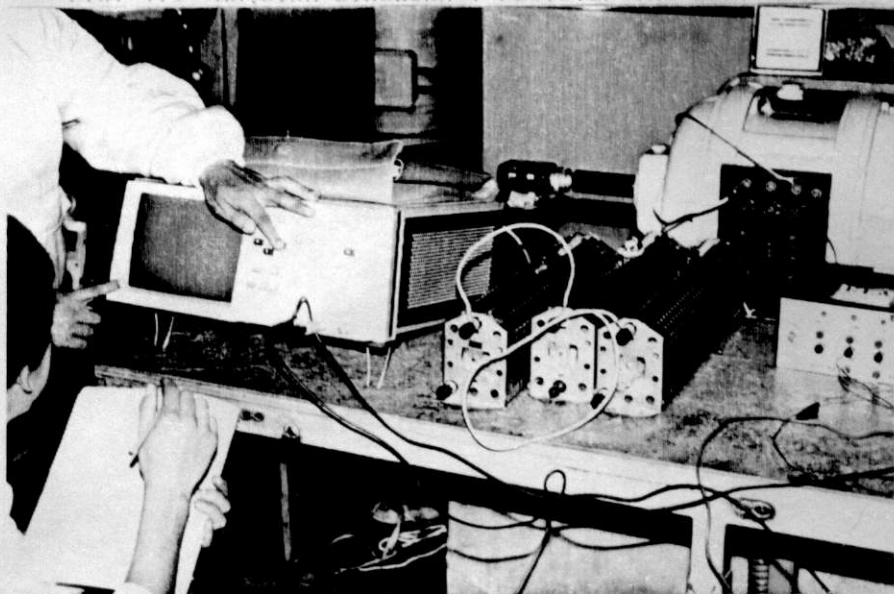


FIG. 4.10 OSCILOSCOPIO DIGITAL.

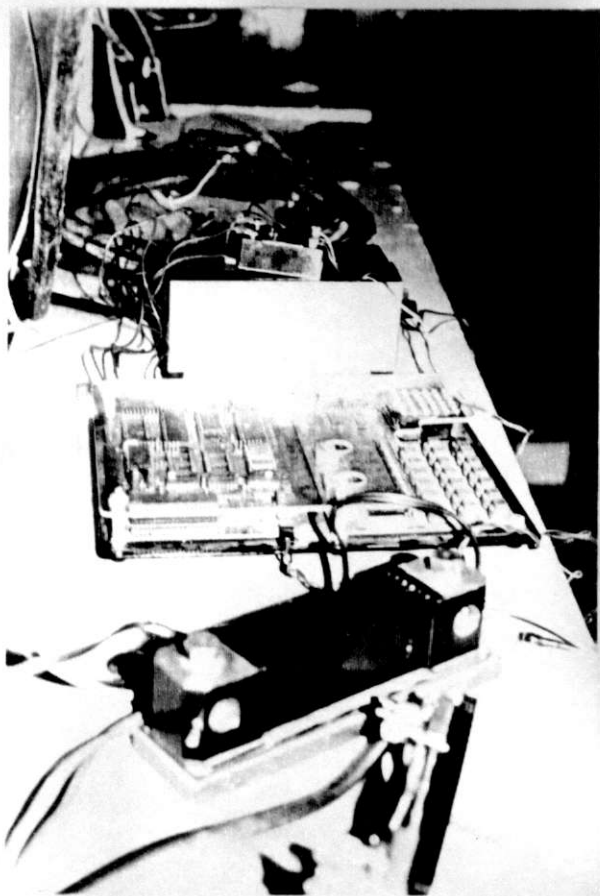


FIG. 4.11 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE.

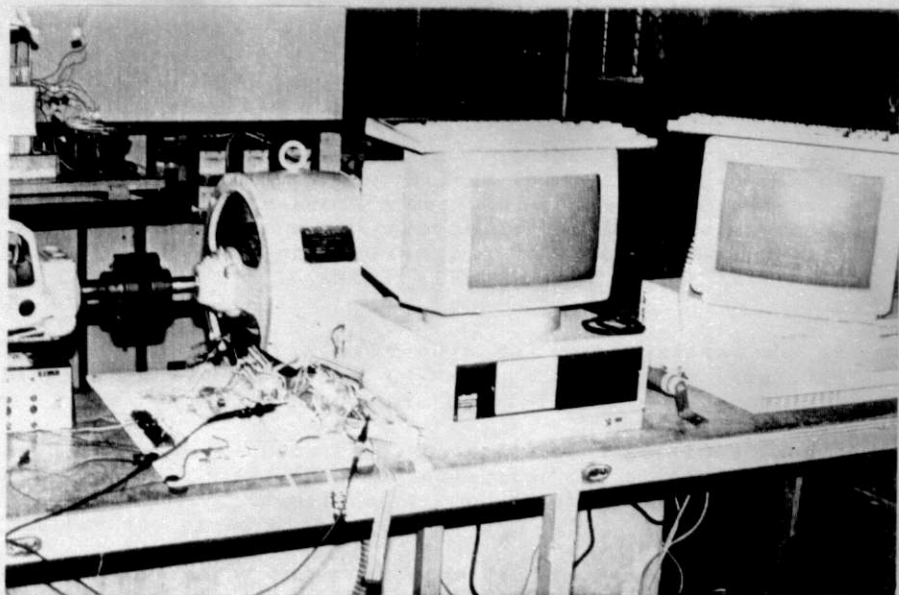


FIG. 4.12 CIRCUITO DE DIFERENCIAS, CIRCUITO CA/CD Y COMPUTADORAS DIGITALES.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El desarrollo inicial de este trabajo para probar la lógica del programa se realizó en lenguaje pascal. observándose que el tiempo de ejecución de los algoritmos era demasiado grande, por lo cual se decidió implementar los algoritmos en lenguaje ensamblador del microprocesador 8086, porque es el utilizado en computadoras personales IBM o compatibles con IBM.

Se rescató del lenguaje pascal la programación estructurada, para dar flexibilidad al manejo de rutinas (módulos) con el fin de hacer depuraciones en el futuro, formar una biblioteca de rutinas, lo cual permite que con pequeños cambios en los datos de entrada, usar las rutinas para diseñar otras protecciones, como ejemplo tenemos a CONDINIC, LEE_16_ANALG, LEE_CANAL_ANALG, CAL2TIMER, INICTIMER, etcétera.

Un punto importante fue el manejo del valor eficaz de la señal, obtenida con el convertidor CA/RMS en C.D., con la finalidad de ahorrar tiempo en el procesamiento digital.

El cálculo de los tiempos de disparo de los algoritmos cuando existen corrientes de falla [23] se realizaron con el coprocesador matemático (8087) para disminuir el tiempo de programación, además de la exactitud que proporciona.

El uso de un temporizador externo (8253) con el empleo de interrupciones (controlador de interrupciones 8259) hicieron posible trabajar en tiempo real, ya que se libera al microprocesador de ejecutar las tareas de tiempo de retardo.

Los circuitos de interface mencionados en los dos párrafos anteriores se encuentran fácilmente en el mercado, donde el coprocesador matemático es el dispositivo más "caro".

De los tiempos de ejecución de los algoritmos se observa que el mayor tiempo lo gastan las rutinas de conversión analógica a digital. Esto puede mejorarse implementando a la computadora un convertidor A/D con características tales como multiplexaje, entrada diferencial, velocidades de muestreo del orden de unidades de useg., ventana observadora de supervisión (watchdog), como el ADC0851/8, o sistemas de adquisición de datos como el LM12458, cuyos costos son bajos.

Otro factor por el que el tiempo de ejecución es "bajo", es que la velocidad de procesamiento del microprocesador empleado es "baja" (5 Mhz), ya que actualmente existen microprocesadores con mucho mayor velocidad. Además de que el algoritmo sin la adición de

las interfaces también se ejecutó usando una computadora personal que posee un microprocesador 80286.

El implemento de las ventajas anteriores hace FACTIBLE desarrollar todas las protecciones del transformador con un solo microprocesador.

Este desarrollo de protección permite el empleo de módulos de instrumentación, donde la conversión de la señal analógica de campo se acondiciona para ser introducida a la computadora digital, incluyendo circuitos de aislamiento eléctrico. Por esto se hace factible la realización de estos relevadores usando la tecnología de avanzada.

5.2 RECOMENDACIONES

La verificación de las características tiempo-corriente, determinaron que se debe realizar una detección del valor máximo de falla o de posibles fluctuaciones de la señal, ya que este es un valor importante para calcular el tiempo de disparo. Por lo cual, para detectar este valor se propone un circuito comparador, una rutina o un procesador de señales, siendo este último el más recomendable por que ahorra tiempo de procesamiento digital.

Para implementar al relevador diferencial con retención de armónicas, se recomienda emplear un procesador de señales para determinar si hay corrientes de falla o corrientes de magnetización.

Los algoritmos de protección fueron probados para sensar una fase, pero están implementados para sensar las tres fases, ya que el método de detección de una falla en una fase se realiza también para las otras fases, por lo cual se recomienda hacer la prueba trifásica.

Se recomienda probar el sistema digital en campo, para proteger tanto a las entradas y salidas digitales como las analógicas de la interferencia del medio electromagnético de la planta eléctrica.

Una recomendación para seguridad del personal de operación y de la circuitería implementada es el manejo adecuado del sistema de tierras.

Se recomienda seguir efectuando pruebas experimentales para comprobar las ventajas y subsanar los inconvenientes de campo que se presenten. Aunque cabe mencionar que las pruebas que se realicen usando datos simulados son de gran ayuda para realizar las pruebas de campo.

La decisión final sobre la implementación de un sistema de protección digital, dependerá de las evaluaciones sobre costos, rapidez y confiabilidad.

5.3 TRABAJOS FUTUROS

La realización de la protección digital del generador de potencia y el control supervisorio como partes integrantes del proyecto.

Realizar un sistema digital que satisfaga las condiciones para trabajar en tiempo real.

Adicionar al paquete de programación las protecciones de buses, líneas, etc., para tener la protección completa de cualquier central generadora.

Diseñar un sistema experto para la protección de cualquier sistema de potencia.

Trabajar en pruebas experimentales de coordinación usando la microred con que cuenta esta Sección de Estudios de Posgrado e Investigación.

5.4 LOGROS Y APORTACIONES

Respecto a los logros de este trabajo cabe destacar la incorporación del microprocesador 8086 y de los dispositivos de interface como son: el controlador de interrupción, temporizadores, dispositivos de comunicación serie, etc., en los sistemas de protección de los sistemas eléctricos de potencia.

En cuanto a las contribuciones de la tesis se pueden mencionar:

- a) El empleo del circuito CA/RMS en CD para la determinación del valor eficaz de la señal.
- b) La implementación de algoritmos de protección, lo cual proporciona la posibilidad de trabajar en tiempo real con el uso de interrupciones en lenguaje ensamblador.
- c) Las protecciones que cumplen características tiempo-corriente son obtenidas con una gran exactitud, por el empleo del coprocesador matemático, y el consiguiente ahorro de memoria si se utilizara una tabla de datos.
- d) La información de disparo de la protección puede ser transmitida a una central supervisora.

BIBLIOGRAFIA

1. Factibilidad de Implementar Sistemas de Protección Eléctrica en Base a Microprocesadores en Centrales Generadoras.
Reporte técnico.
Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1987.
2. Protective Gear as a Part of Automatic Power System Control.
F. H. Last, A. Stalewski.
Symp. on Automatic Control in Electricity Supply.
IEE Conf. Publ. 16, Part I, Manchester. Mar. 1966.
3. Prospects of On-line Computer Control in Transmission Systems and Substations.
I. F. Morrison.
EE Trans. IE. Australia. EE-3:234-236. Sep. 1967.
4. Fault Protection with a Digital Computer.
G. D. Rockefeller.
IEEE Trans. 1969, PAS-88, pp 438-464.
5. Generator Differential Protection Using a Hibrid Computer.
M. S. Sachdev, D. W. Wind.
IEEE PES Winter Meeting, New York. Enero 1973.
6. A Proposed Method of Harmonic Restraint Differential Protection of Transformers by Digital Computer.
J. A. Sykes, I. F. Morrison.
IEEE Trans. PAS-91, pp 1266-1272. May./Jun. 1972.
7. Power System Protection with Digital Computers.
A. K. Sood.
Washington State University, Pullman, 1975.
8. Power Transformer Protection Using a Digital Computer.
German Valderrama R., Tesis de M.en C.
Washington State University, 1975.
9. Algorithm for a Digital Transformer Differential Protection based on a Least-Squares Curve-Fitting.
A. J. Degens.
IEE PROC., Vol. 128, Pt. C. No 3, Mayo 1981.
10. Digital Protection of Power Transformer Based on Weighted Least Square Algorithm.
M. A. Rahman, P. K. Dash, E. R. Downtown
IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-101. Nov. 1982.

11. Recent Developmet of Digital Protective Relaying Equip-
ment.
Takao Kubo, Yoshihito Sano. Atsum Watanabe.
Hitachi review Vol. 33. No. 3, 1989.
12. An Efficient Inrush Current Detection for Digital
Computer Relay Protection of Transformers.
E. Q. Schweitzer, R. R. Larson, A. J. Flechsig.
IEEE 1977 Power Engineering Society Winter Meeting, paper
A 77 510-1.
13. Digital Protection of a Power Transformer.
O.P. Malik, P. K. Dash, G. S. Hope.
IEEE 1976, Power Engineering Society Winter Meeting,
paper A 76 191-7.
14. Fundamentos de Protección de Sistemas Eléctricos por
Relevadores.
Gilberto Enriquez Harper.
Limusa, 1984.
15. Introducción al Análisis de Redes Eléctricas en Sistemas
de Potencia.
Gilberto Enriquez Harper.
Limusa, 1981.
16. Análisis Moderno de Sistemas Eléctricos de Potencia.
Gilberto Enriquez Harper.
IPN, COFFA, DEDICT, 1974.
17. Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia e Interrup-
tores.
B. Ravindranath y M. Chander.
Limusa, 1980.
18. The Art and Science of Protective Relaying.
C. Russel Mason.
New York, 1st Edition, 1956, John Wiley & Sons.
19. Esquemas de Protección Eléctrica.
Comisión Federal de Electricidad.
México. 1a. Edición, 1981. 230 p.
20. Magnetizing Inrush Phenomena in Transformer Banks.
W. K. Sonnemann, C. L. Wagner, and G. D. Rockefeller
AIEEE Trans. on Power Apparatus and Systems,
PAS-77:884-892. Octubre 1958.
21. Transformer Differential Relay With Percentage and
Harmonic Restraint.
Instructivo de General Electric.

22. Types HU and HU-1 Transformer Differential Relays.
Westinghouse Publication I. L.
Julio. 1970.
23. Solid-State Relays and Protection Systems Control and Monitoring Product.
BBC Brown Boveri, Catalogo 1982. pp 3.123-4.
24. Short-circuit Currents in Three-phase Systems.
Richard Roeper
Siemens Aktiengesellschaft
John Wiley and Sons, 1935.
25. Electrical Power Systems Engineering. Problems and Solutions.
Alvin H. Knable
McGraw-Hill Book Company, 1967
26. Utilización de las Máquinas Generalizadas en la Determinación Experimental de Parámetros en Máquinas Síncronas y de Inducción.
Tomás Ignacio Asiain Olivares, Tesis de M. C.. Julio 1991.
27. Component Data Catalog.
Intel. 1980.
28. Microprocessors.
Intel, 1990.
29. Semiconductor Master Guide.
National Semiconductor Corporation. 1990.
30. IC Master. 1990.
Vol. 1.
31. Microsoft Macro Assembler 5.1.
Reference, 1987.
32. PCL-714 Super-Lab Card.
(14 bits) A/D, D/A y DI/O.
33. Estructura, lógica y diseño de programas.
Alan Cohen
Paraninfo, 1986.
34. Limits to Impedance Relaying.
J. S. Thorp, A. G. Phadke, S. H. Horowitz, J.E. Beehler.
IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-98, No 1, Jan./Feb. 1979, pp. 246-260.

35. The Use of Walsh Functions for High Speed Digital Relaying.
J. W. Horton.
IEEE PES Summer Meeting, San Francisco, July 1975.
36. Terminology for power and distribution transformers. ANSI/IEEE C57.12.80-1978.
37. Guide for protective relay applications to power transformers. ANSI/IEEE C37.91-1967.
38. Requirements for instrument transformers. ANSI/IEEE C57.13-1978.

APENDICE A. DISPOSITIVOS DE INTERFACE

Microprocesador 8086 [27].

Este dispositivo es un circuito integrado (CI) de 40 terminales, de un ancho de palabra de 16 bits de tecnología HMOS. Las terminales están agrupadas como bus de datos, bus de dirección y bus de control, además de la señal de alimentación y señal de reloj de 4.77 Mhz. Usa la técnica de diseño de multiplexado, con capacidad de direccionar 1 M byte de memoria o 64 K de puertos de 8 bits o 32 K de puertos de 16 bits.

El trabajo de la unidad central de proceso (UCP) consiste en generar las señales de tiempo del sistema, sincronizar la transferencia de datos de memoria, entrada/salida (E/S) y asimismo, reconocer, decodificar y ejecutar las instrucciones de búsqueda (fetched) de la unidad de memoria.

Para direccionar memoria se emplea el concepto de segmentación, donde las instrucciones se almacenan en diferentes segmentos y la transmisión de instrucciones y datos no es en forma secuencial sino en forma paralela. Para hacer referencia a una dirección necesitamos dos términos: El valor del segmento y el desplazamiento (offset).

El microprocesador puede operar en dos modos diferentes, en modo mínimo o en modo máximo, empleado este último para soportar el coprocesador matemático.

La selección del microprocesador 8086 se realizó tomando en consideración que IBM como líder en el ramo de la computación, emplea los microprocesadores de la familia INTEL, haciendo que el lenguaje ensamblador de este tipo de microprocesadores sea ampliamente difundido en centros de enseñanza, de investigación y en el ramo industrial. Los circuitos integrados de interface que complementan el trabajo del microprocesador son:

- a) Coprocesador matemático 8087.
- b) Controlador de interrupciones programable 8259.
- c) Contador/Temporizador programable 8253.
- d) Interface de comunicación paralelo 8255.
- e) Interface de comunicación serie 8250.

a) Coprocesador matemático 8087 [28].

Este dispositivo de interface ejecuta operaciones matemáticas de 50 a 100 veces más rápido que el 8086, es más exacto y con mayor rango. Emplea los formatos normalizados de punto flotante de IEEE, además de realizar operaciones especiales como logaritmos y

exponenciales. Este dispositivo esta alambrado en "paralelo" con la UCP compartiendo conexiones para las direcciones, datos y la mayor parte de las señales de control y donde desde la perspectiva del programador, la UCP y el coprocesador aparecen como un único procesador ejecutando una única cola de instrucciones. Este dispositivo se emplea para calcular los retardos de los temporizadores e implementar las diversas características tiempo-corriente de los relevadores de sobrecorriente y de falla a tierra.

b) Controlador de interrupciones programable 8259 [27].

Es un CI de 28 terminales compatible con el 8086, y maneja 8 niveles o peticiones de interrupción que pueden ser expandibles a 64 niveles conectados en cascada. Se programa como un periférico E/S y los modos de prioridad pueden ser cambiados o reconfigurados dinámicamente en cualquier momento del programa principal. En la AT se manejan otros 8 niveles por un segundo 8259.

Su función es aceptar las peticiones de interrupción de los dispositivos de E/S que tiene conectados, en este caso los temporizadores al finalizar su retardo, asimismo determina cual es el que tiene mayor prioridad, activando la línea INTR del 8086/88 si el dispositivo seleccionado tiene mayor prioridad que el dispositivo que actualmente esta siendo servido. Se tiene la posibilidad de manejar ocho niveles o peticiones de interrupción y puede expandirse a 64 niveles de interrupción en conexión en cascada, por lo que con un 8259 basta para la protección de los transformadores.

c) Contador/Temporizador programable 8253 [27].

Es un circuito integrado de 24 terminales que contiene 3 contadores idénticos e independientes de 16 bits, y donde cada contador tiene dos terminales de entrada CLOCK de hasta 2 Mhz (en este caso 1.19318 Mhz que da un valor retardo 0.84033 microseg.). GATE y una señal de salida OUT. Cada contador puede ser programado en seis modos, además que el valor del CI puede ser leído. Este circuito integrado es usado como un retardador de tiempo bajo el control del programa. La UCP programa al 8253 y regresa a otras tareas. Por lo que el 8253 trabaja como un reloj en tiempo real, y el más largo intervalo de tiempo es de 1/20 seg, en la AT se utiliza el 8254. Se necesitan tantos contadores como relevadores de retardo se tenga que disparar.

Retardo.	Valor a cargar.
10 mseg. -----	11931.8
20 mseg. -----	23863.6
30 mseg. -----	35795.4
40 mseg. -----	47727.2
50 mseg. -----	59659
54.924 mseg. -----	65535

d) Interface de comunicación paralelo 8255 [27].

Llamado también Interface de Periféricos Programable (PPI). Es un CI de 36 terminales de E/S cuya función es interfazar periféricos al bus del sistema del microprocesador. Está compuesto por 3 puertos de 8 bits cada uno direccionables por separado. Tiene tres modos de operación que pueden ser seleccionables por programación. Los modos del PA y del PB pueden definirse por separado y el modo PC se divide en dos partes de acuerdo a las definiciones de PA y PB.

La función de este dispositivo es la de interfazar periféricos al bus del sistema del microprocesador, y es la mejor opción para empezar a buscar acerca de cuales periféricos están presentes. Recibe las entradas del computador, generalmente por el teclado y controla un número de periféricos incluyendo el temporizador 8253.

La AT almacena su configuración de información, junto con un reloj en tiempo real en un CI especial con fuente de batería el motorola MC146818, por lo que la AT utiliza el direccionamiento del puerto 8255 para operaciones de teclado y para controlar el temporizador.

e) Interface de comunicación serie 8250 (UART) [27,29].

Este dispositivo realiza el trabajo de inicialización (formateo) y tiempo de la cadena de bits que comprende la transmisión de datos en forma serie asíncrona. Su función es que a través del RS232 se notifica a la central supervisora de la existencia de un disparo, así como del código correspondiente a la protección activada o un posible ajuste de relevadores desde la central.

El dispositivo Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter USART (8251) es un componente de 28 terminales de E/S empleado para hacer el trabajo de modo de comunicación; inicialización de los caracteres y tiempo de la cadena de bits que comprenden la transmisión de datos serie.

La transmisión de datos se realiza en forma asíncrona con 5-8 bits/caracter con velocidad de reloj de 1, 16 o 64 veces el "Baud Rate". Detección de bit de inicio: detección y manejo automático del caracter BREAK, transmisión duplex completo (Full Duplex) y detección de errores: con su paridad, traslapamiento (overrun) y detección de bit de parada (framing), cuya función es interfazar periféricos al bus del sistema del microprocesador, esta compuesto por 3 puertos de 8 bits c/u direccionables por separado. Tiene tres modos de operación que pueden ser seleccionables por programación.

Características Generales:

Operación Síncrona y Asíncrona.

Síncrono con 5-8 bits/caracter: Sincronización de caracter interna o externa; Inserción automática de caracteres de sincronía (SYNC), uno o dos caracteres de sync.

Asíncrono con 5-8 bits/caracter: Razón de reloj de 1, 16 o 64 veces el "Baud Rate"; Generación de caracter BREAK; 1, 1 1/2 o 2 bits de parada; Detección de bit de inicio falso; Detección y manejo automático del caracter BREAK.

Síncrono "Baud Rate" -DC a 64 Baudios.

Asíncrono "Baud Rate" -DC a 19.2K baud.

Trasmisión Duplex completo, buffers en la línea de transmisión serie y en su puerto paralelo. transmisión y recepción.

Detección de error: Paridad, traslapamiento (overrun) y no detección del bit(s) de parada (framing).

Además de los dispositivos anteriores se utiliza:

La tarjeta PCL-714 Super-Lab Card [32], que nos permite introducir y obtener información en forma analógica o digital. Su versatilidad de funciones incluye 16 diferentes entradas analógicas, 2 salidas analógicas (una es opcional), 16 entradas digitales, 16 salidas digitales y un temporizador/contador programable. Además ofrece 14 bits de resolución para ambas conversiones de digital/analógico (D/A) y analógico/digital (A/D) lo que nos permite mediciones de voltaje con alta precisión. Para un tiempo más rápido de conversión emplea una circuitería de aproximaciones sucesivas, con un tiempo de conversión A/D menor de 40 microsegs.

APENDICE B. DIAGRAMAS DE CIRCUITOS

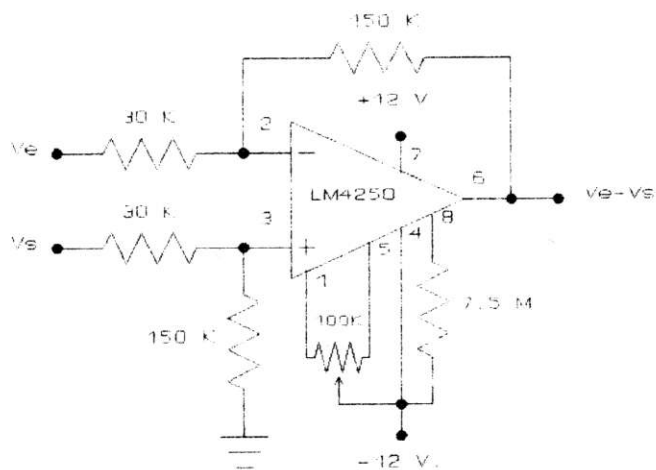


FIG. B.1 CIRCUITO DE DIFERENCIAS.

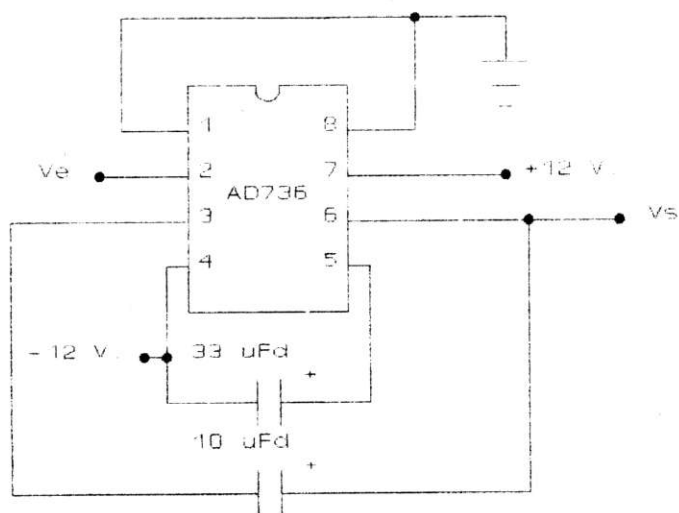


FIG. B.2 CIRCUITO DE CONVERSION DE CA A CD (VALOR EFICAZ).

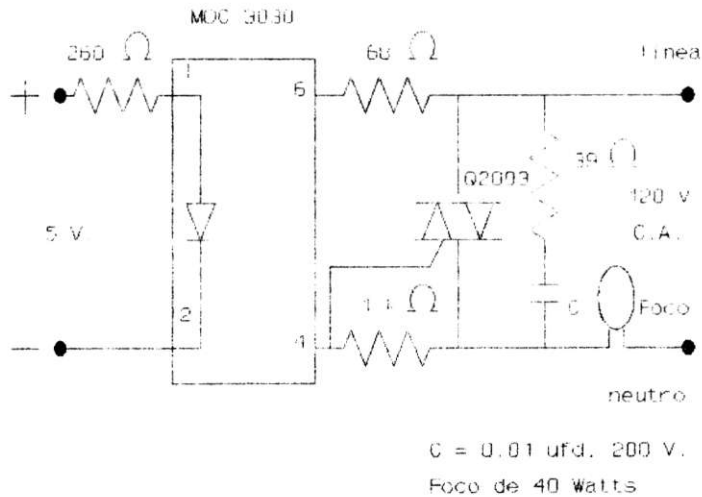


FIG. B.3 CIRCUITO DE INTERFACE DE SALIDA.

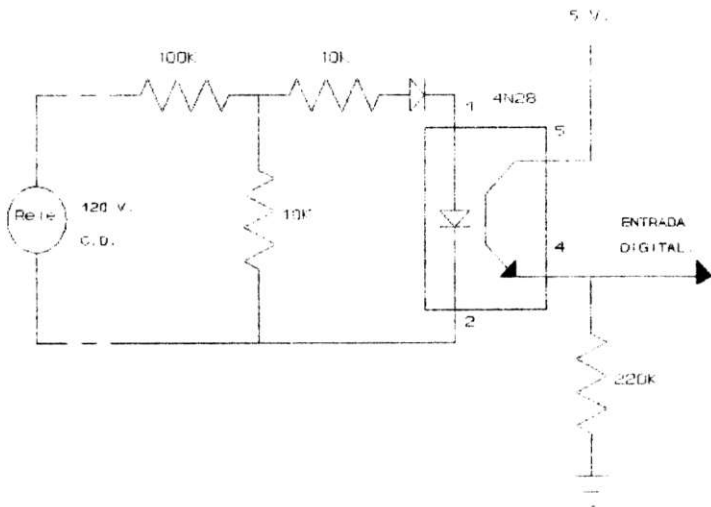


FIG. B.4 CIRCUITO DE RECONOCIMIENTO.

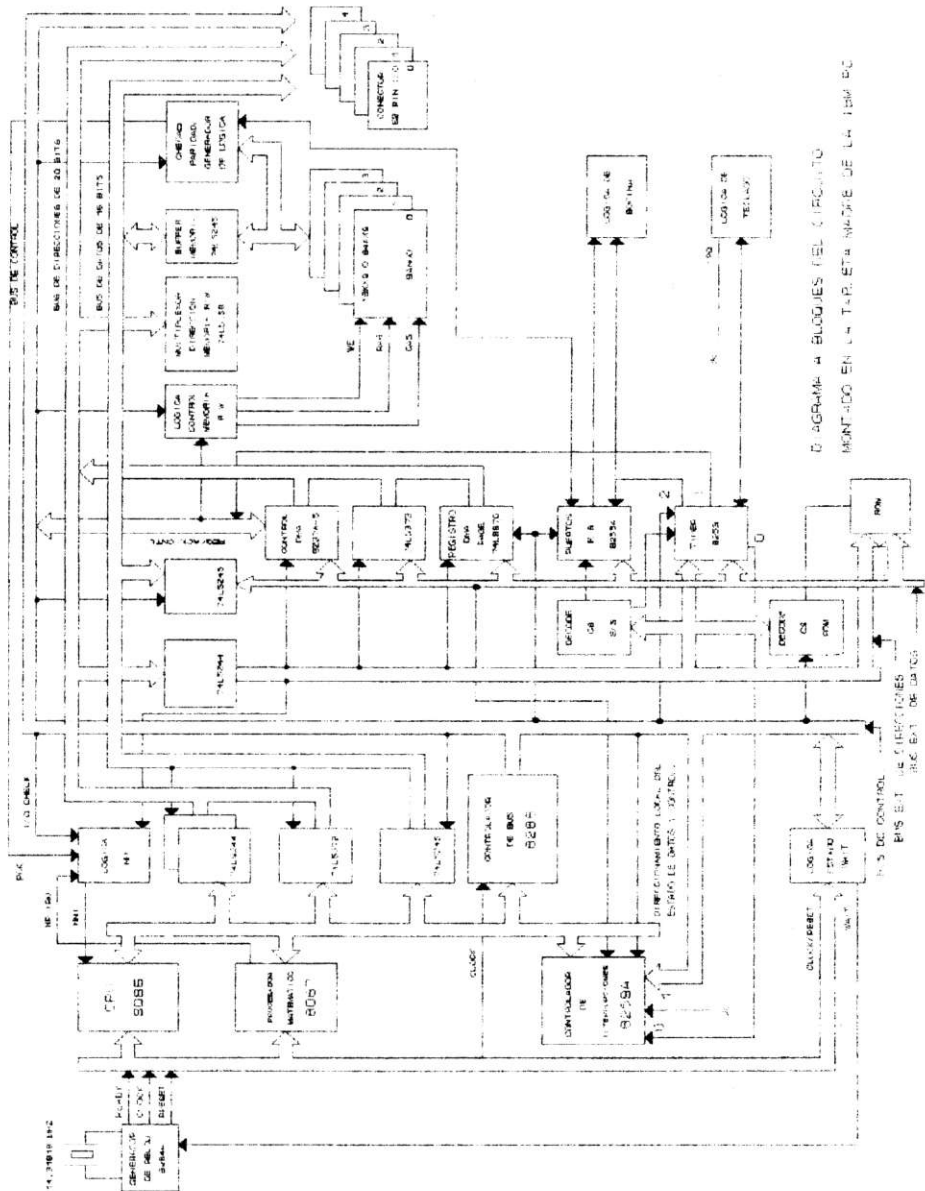


FIG. B.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DIGITAL USADO EN LAS PRUEBAS.

PROGRAMA 4 BLOQUES DEL CIRCUITO MONTADO EN LA TABLA MODE DE LA IBM BC

APENDICE C. BIBLIOTECA DE FUNCIONES

En la implementación de los programa de protección digital de los relevadores se considera que la operación del algoritmo cumplirá básicamente con los siguientes aspectos:

1. Exactitud en la detección de los valores de la señal. es decir las señales son transformadas a niveles apropiados para ser leídas por el microprocesador.
2. Una alta velocidad en la detección de las fallas, donde se realiza el manejo de interrupciones que son solicitadas por temporizadores al finalizar su retardo.
3. Una amplia aplicación para varios tipos de relevadores, para hacer ajustes y cambiar las características de los relevadores.
4. Simplicidad en la operación de ejecución. Donde la programación se realizo de forma estructurada [33], es decir, con el enlace lógico de bloques o módulos que nos permite programar más fácil, además de poder realizar modificaciones más fáciles y tener un mejor mantenimiento.

Como resultado de la satisfacción de estos requerimientos, una biblioteca de los macros y subrutinas de los relevadores se realiza a continuación:

Nombre: CONDINIC.

Entrada: Ninguna.

Salida: Inicializa bandera de estado y puertos digitales de Salida.

Llama a: Ninguna.

Descripción: Se programan los puertos de salida digital 13 y 14 (despliegan ceros), además de inicializar la bandera de primera falla "BSC" o "BFT" o "BandFallDif" y la bandera de disparo "DISPAR".

Nombre: TIMER.

Entrada: Señal de interrupción del canal 0 del temporizador 8253 en la terminal RQ0 del controlador de interrupciones 8259.

Salida: Señal de disparo por el bit 0 del puerto 13 de la tarjeta de CA/D. Bandera de disparo DISPAR en 1.

Descripción: Pregunta por la bandera de falla, si es cero se sale de la rutina, si la bandera de falla es uno incrementa el tiempo TCA1 y lo guarda en memoria, inmediatamente compara con TCRSC. Si es menor se sale de la rutina, pero si es mayor manda disparo, pone bandera de disparo DISPAR=1 y carga código del relevador para transmitirse a la central supervisora.

Nombre: LIMPTIMER.

Entrada: Canal a desactivar.

Salida: Deshabilita la interrupción del timer.

Descripción: Apaga timer deshabilitando interrupciones del 8259.

Nombre: CONFIRMA.

Entrada: # de puerto digital y # de bit a leer correspondiente a la protección activada.

Salida: Confirmación de activación de la protección o repetición de disparo por la salida correspondiente.

Descripción: Esta rutina lee de campo una señal digital correspondiente al releador en campo de la protección que se manda activar. Si esta señal toma el valor de "1" lógico significa que la protección realmente se activo en campo. En caso contrario, una nueva señal de disparo se generara por salida digital correspondiente a la protección previamente activada.

Nombre: RECONOCI.

Entrada: # de puerto digital y # de bit de la señal de reconocimiento a leer, además del # del puerto y # del bit de la señal correspondiente de disparo.

Salida: Reconocimiento para restablecer e inhibición de la señal de disparo.

Descripción: Esta rutina se encarga de reconocer la señal de restablecimiento de la protección en campo y una vez que esta se ha dado deshabilita la respectiva señal de disparo.

Nombre: SERIAL.

Entrada: Código de la protección en estado de falla.

Salida: Comunicación a la central supervisora del código de la protección en estado de falla.

Descripción: Esta rutina se encarga de transmitir a la central supervisora el código de la protección en estado de falla, además de recibir el código de permiso de restablecimiento de la protección en campo.

Rutinas de desplegado en pantalla.

Nombre: CURSOR.

Entrada: Coordenadas de la posición del cursor en la pantalla.

Salida: Ubicación del cursor en las coordenadas de entrada.

Descripción: Con función 2 de ubicación de cursor, dando el # de página, # de renglón y # de columna y con Int 10 de E/S de video, se despliega el cursor.

Nombre: DESPL_MSJ.

Entrada: Desplazamiento (offset) del mensaje en DX (DS:DX apuntador al primer caracter).

Salida: Mensaje desplegado en video en la posición actual del cursor.

Descripción: Utiliza la interrupción 21H en función de escritura para desplegar en video un mensaje cuya dirección relativa esta en registro DX. Para desplegar el mensaje, primero debe posicionarse el cursor con la rutina CURSOR.

Nombre: DespNombre.

Entrada: Dirección del mensaje a desplegar en el reg SI.

de caracteres del nombre.

Coordenadas del inicio del, mensaje en Numreg y Numcol.

Salida: Mensaje desplegado en pantalla, con las coordenadas de entrada y con el atributo indicado.

Llama a: CURSOR.

Descripción: Con función 2 de ubicación de cursor, dando el # de página, # de renglón y # de columna y con Int 10 de E/S de video, se despliega el cursor.

Nombre: LETRERO.

Entrada: Mensajes en memoria a desplegar.

Salida: Mensaje de falla de la protección activada.

Llama a: LIMP_VID, CURSOR, DesNombre.

Descripción: Esta rutina se encarga de desplegar en pantalla el mensaje completo de falla de la protección "X".

Los pasos que ejecuta la rutina para desplegar el mensaje son:

- Se limpia la pantalla llamando a la rutina LIMP_VID
- Posiciona el cursor en el renglón 5 columna 20, con 32 caracteres a desplegar. Despliega a partir de esta posición "RELEVADORES EN ESTADO DE FALLA" llamando a DespNombre.
- En el renglón 8 y columna 5, con 25 caracteres a desplegar. Despliega el mensaje "Nombre de la protección".
- En el renglón 8 y columna 55, con 6 caracteres a desplegar. Despliega el mensaje "ESTADO".
- En el renglón 11 y columna 5, con 25 caracteres a desplegar. Despliega el nombre de la protección en color blanco centelleando con fondo azul.
- En el renglón 11 y columna 55, con 5 caracteres a desplegar. Despliega el estado de la protección, que puede ser "FALLA" en color ROJO, en color VERDE "NORMAL" con inversión de video.
- Por último se posiciona el cursor en la esquina inferior izquierda, renglón 24 y columna 79.

Descripción de macros.

Nombre: LEE_TECLA_CR.

Entrada: Caracter desde teclado.

Salida: Ninguna.

Descripción: Detecta si la tecla enter ha sido oprimida, si esto ocurre se termina el macro, en caso contrario se sigue leyendo tecla.

Nombre: INICTABLA.

Entrada: Dirección de la rutina de servicio (desplazamiento TIMER).

Salida: Dirección de la nueva rutina de servicio en tabla de vectores. (INT 8H -atención al canal 0 del 8253- dirección 8*4=32 o 00020H).

Descripción: Carga en la tabla de vectores de interrupción 4 bytes que es la dirección de la rutina de servicio TIMER. La dirección de TIMER se carga en la dirección 20H que corresponde a la INT 8 (dirección en tabla = 20H) donde se encuentra la rutina de servicio del canal cero del temporizador 8253. Además deshabilita la interrupción de este canal en el controlador de interrupciones 8259.

Nombre: RESTABLA.

Entrada: Ninguna.

Salida: Dirección de la rutina de servicio del canal 0 del temporizador restablecida.

Descripción: Carga otra vez la dirección de la rutina de servicio del canal 0 del temporizador 8253, a partir de la dirección 0020h de la tabla de vectores de interrupción.

Nombre: INICTIMER.

Entrada: Selección del canal y modo de operación. Con un retardo de tiempo.

Salida: Canal cero del temporizador 8253 programado con retardo. Y habilita la interrupción del canal 0 del 8253 en el controlador de interrupciones 8259.

Descripción: Programa el canal 0 del temporizador 8253, con retardos de 0 a 55 mseg. Al terminar el retardo se producirá una interrupción al controlador de interrupciones 8259. Se habilita la interrupción INT 8H en el 8259 correspondiente al canal cero del 8253.

Nombre: LEE_CANAL_ANALG.

Entrada: Dirección base del Convertidor Analógico. Número del canal a leer en el registro SI.

Salida: Valor digital de la señal conectada al canal en BX.

Descripción: Activa el convertidor A/D y al detectar por medio del bit 13 el fin de conversión guardar el valor digital de la señal en el registro BX. El valor contenido en BX se le resta 1FFFH (8191) para transformarlo a valores de +5 y -5, y que este valor corresponda a 0000H.

Nombre: LEE_16_ANALG.

Entrada: Arreglo para guardar los valores digitales de las variables analógicas a leer (una variable por cada uno de los 16 canales del CA/D de la tarjeta).

del canal inicial a leer.

de canales a leer.

Salida: Valor digital de cada variable en el arreglo de memoria dado como entrada.

Llama a: LEE_CANAL_ANALG.

Descripción: Proporcionando el # de canal a leer, LEE_CANAL_ANALG devuelve el valor de la conversión en BX, guardándose en la posición correspondiente del arreglo. El número de canales a leer se proporciona como variable de entrada.

Nombre: LIMP_VID.

Entrada: Ninguna.

Salida: Limpia pantalla moviendo una página hacia arriba.

Descripción: Con función 7 de mover pantalla hacia arriba y int 10 de E/S de video se mueve pantalla hacia arriba, obteniendo una nueva.

APENDICE D. PROGRAMAS

PROGRAMA DE PROTECCION DIFERENCIAL

LDIF.ASM

TITLE RELDIF - Protección diferencial. ; título del listado

PAGE ,132

***** MACROS *****

**** MACRO TECLADO ****

_TECLA_CR MACRO

```
    local ESPERA_CR
TECLA_CR:  mov ah,00          ;función lectura de caracter
           int 16h         ;e/s del teclado
           cmp al,13       ;salida al=valor ASCII (de enter) o cero
           jne ESPERA_CR   ;
           cmp ah,28       ;código de la tecla oprimida (Si al=enter)
           jne ESPERA_CR   ;
           ENDM
```

** MACRO INICIALIZA TIMER EN TABLA DE INTERRUPCIONES ****

pone en la tabla de vectores de interrupción la dirección
de la subrutina de servicio del timer.

```
INITABLA  MACRO TIMER
           push ax
           push es
           cli              ;Deshabilita interrupciones IF=0
           mov ax,0h        ;Pone en el segmento extra la
           mov es,ax        ;dirección de la tabla de las subru-
                           ; tinas de interrupción.
           mov di,20h       ;En DI OFFSET de la INT tipo 08h(8*4=32)
           mov ax,OFFSET TIMER ;Carga en la tabla el OFFSET de la
           stow             ;dirección de la subrutina de servicio
           mov ax,cs        ;Pone en la tabla la dirección del
           stow             ;segmento de la subrutina de servicio.
           mov al,01h       ;Deshabilita la interrupción
           out 21h,al       ; IRQ0 (canal 0 del 8253 en el 8259)
           pop es
           pop ax
           sti
           ENDM
```

***** MACRO PARA RESTABLECER TIMER *****

establece en la tabla de vectores de interrupción la dirección
de la subrutina de servicio del timer

```
RESTABLA  MACRO
           push ax
           push es
           cli              ;Deshabilita todas las interrupciones
```

```

mov ax,0h           ;Pone en ES la dirección de las sub-
mov es,ax           ; rutinas de interrupción.
mov di,20h          ;En DI OFFSET de la int tipo 08h
mov ax,0fea5h      ;Carga en la tabla, el OFFSET de la
stosw               ; dirección de la subrutina de servicio
                   ;Servicio int 8 de la PC
mov ax,0f000h      ;Pone en la tabla la dirección del
stosw               ; segmento de la subrutina de servicio
mov al,00h         ;Habilita la interrupción del canal 0
out 21h,al         ; del 8253 en el 8259
pop es
pop ax
sti
ENDM

```

-----MACRO PARA INICIAR EL TIMER-----

```

CTIMER MACRO
cli                 ;Deshabilita interrupciones
mov al,36h         ;Selecciona el canal y el modo de operación
                   ;Canal 0 y read/write modo 3 LSB-MSB
out 43h,al         ;Envia 35796 al registro comando del timer
mov bx,35796       ;Carga el tiempo 30 mseg en bx
mov al,bl          ;Carga byte lsb
out 40h,al         ;en el canal seleccionado del timer 8253
mov al,bh          ;Carga byte msb
out 40h,al         ;en el canal seleccionado
mov al,00h         ;Carga la máscara para habilitar interrupciones
out 21h,al        ;en el registro de máscaras del interrpp. de 8259
sti                ;habilita interrupciones
ENDM                ;fin del macro

```

***** MACRO PARA APAGAR TIMER *****

Apaga timer deshabilitando interrupciones del 8259

```

LIMPTIMER MACRO
in al,21h          ;Lee el registro de control del 8259
or al,01h         ;Carga el canal a desactivar
                   ;Deshabilita interrupciones del timer
out 21h,al        ;Escribe máscara al registro de control 8259
ENDM

```

***** MACRO ACTIVA ALARMAS POR EL PTO 14(DE 8 BITS) DE LA TARJETA CA/D

```

TRADAS:
ALARMAS = Dirección de alarmas en memoria
BITS    = Byte con 1's en los bits que se deseen activar
DIREC   = Dirección del puerto digital(022Eh)

```

LIDAS: Activacion de los bits indicados en el pto direccionado

```

LARMAS MACRO alarmas,bits,direc
mov al,ALARMAS     ;carga el AL estado de las alarmas
or al,BITS         ;coloca las nuevas alarmas
mov dx,DIREC       ;direcciona el pto

```

```

out dx,al          ;activa las nuevas alarmas
mov ALARMAS,al    ;guarda las nuevas alarmas
ENDM

```

```

** MACRO PARA DESACTIVAR ALARMAS DEL PTO 14(DE 8 BITS) DE LA TARJETA CA/D
FALARMAS MACRO alarmas,nobits,direc
mov al,ALARMAS    ;carga en AL el estado actual de alarmas
and al,NOBITS    ;máscara para desactivar alarma
mov dx,DIREC     ;carga dirección del pto digital
out dx,al        ;desactiva las alarmas
mov ALARMAS,al   ;guarda el estado actual de las alarmas
ENDM

```

```

**** MACRO PARA LEER UN CANAL ANALOGICO ****

```

```

E_CANAL_ANALG MACRO DireccBase
local SIGUE
push ax
push dx
push bp
mov dx,DireccBase ;Carga base en DX
add dx,10         ;Carga en DX BASE+10
mov ax,si        ;El canal en AX
out dx,al        ;Pone el canal a leer
inc dx
mov al,01h      ;Habilita el CA/D
out dx,al       ;Mandado al reg BASE+11 01
mov dx,DireccBase
add dx,0005     ;DX = BASE+5
SIGUE:
in al,dx
cmp al,40h     ;Pregunta si terminó
jnb SIGUE     ;la conversión
mov bh,al      ;Carga el byte más significativo
dec dx        ;Pone DX=BASE+4
in al,dx      ;Lee en AL byte bajo
mov bl,al     ;Lo guarda en BL
sub bx,1fffh  ;Le resta 8191 para trasformarlo
pop bp
pop dx
pop ax
ENDM

```

```

***** MACRO PARA LEER LAS 16 VARIABLES ANALOGICAS *****

```

```

E_16_ANALG MACRO Vars16,DireccBase,CANAL,NUM
local OTRO_CANAL
push ax
push bx
push cx
push si
push di
mov si,CANAL ;Inicia apuntador al canal
mov di,0000h ;Inicia apuntador a memoria
mov cx,NUM   ;Inicia contador de canales a leer

```



```

tus      DW 0000
nsmFalla DB 'A'
A        ENDS

```

```

PAGE
SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
EXTRN CONFIRMA:PROC
EXTRN RECONOCI:PROC
EXTRN SERIAL:PROC
PROGRAMA PROC FAR

```

```

ASSUME CS:CSEG.DS:DATA.SS:STACK.ES:DATA
-----INICIA SEGMENTO DE DATOS-----

```

```

push ds      :Inicia también
mov ax,0     :el segmento
push ax      :extra para el
mov ax,DATA  :manejo de
mov ds,ax    :de cadenas
mov es,ax    :cargando la dir. de DS en ES
=====

```

INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL

```

=====
call CONDINIC      :Cond. Inic. de banderas y ptos.
INITABLA TIMER    :Carga en la tabla de vectores la
                  :dirección subrutina de timer
-----

```

```

LEEDATO: call DIFERENCIAL      :Prueba si falla el rel diferencial
          cmp RelDif,0h        :Pregunta si falla alguna fase
          je OFFTIMER         :Si no falla limpia el timer
          cmp BandFallDif,1h   :Pregunta si es la primera vez que
          je BAND_DISP        :ve la falla. En caso contrario
-----Instrucciones para medir tiempo de respuesta-----

```

```

mov al,0fh
mov dx,022eh      :genera una señal por el pto
out dx,al         ; digital 14. bits 8 a 15 del
                  ; del conector 3
mov Contador,0    :Limpia el contador de tiempo
-----

```

```

INICTIMER        :Inicia el timer
mov BandFallDif,1h :Pone bandera de falla del rel dif.
jmp SHORT BAND_DISP :Salta a preguntar por bandera de disp
OFFTIMER: mov BandFallDif,0h :Limpia bandera de falla del rel dif
          LIMPTIMER        :Deshabilita las int. del timer
BAND_DISP: cmp Disparo,0h   :Pregunta si disparo el relavador
          je LEEDATO       :Si no salta a leer variables
          RESTABLA
-----

```

```

----- Confirma disparo -----
mov di,06h      ;PTO digital de entrada 06 o 07
mov si,13       ;PTO digital de salida 13 o 14
mov bl,01h     ;bit a leer y escribir
; call CONFIRMA ;confirma disparo del interruptor
-----Despliega mensaje de falla-----

```



```

call LETRERO ;Despliega el nombre de la
;protección que falla
Call RESTABLEC ;Espera restablecimiento
LEE_TECLA_CR

```

-----Transmite mensaje de falla a la central -----

```

; mov bl,TransmFalla
; call SERIAL

```

-----Confirma restablecimiento de la falla-----

```

; mov di,06h ;PTO digital de entrada 06 o 07
; mov bl,02h ;bit a leer y escribir
; call RECONOCI ;Espera señal de restablecimiento de falla
call REINICIAR ;Despliega "Pulse CR para reiniciar"
LEE_TECLA_CR ;Lee teclado
call Limp_Vid
RESTABLA
mov al,00h
mov dx,022dh
out dx,al
ret
; jmp LEEDATO ;salta a leer otro dato0

```

***** TERMINA PROGRAMA PRINCIPAL *****

***** SUBROUTINAS *****

***** SUBROUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0 *****

TIMER: Subrutina de servicio para la interrupción del RQ0 del 8259 de más alta prioridad correspondiente al canal0 del timer 8253. El canal0 del 8253 está programado con un retardo de 50 mseg.
ALIDA: Bandera de Disparo=1, señal de disparo para el interruptor, por el Bit0 del canal 13 de la tarjeta de CA/D Y D/A.

```

TIMER PROC FAR
push ax ;Salva registros alterados
push ds
mov ax,DATA ;Estabiliza la dirección del
mov ds,ax ;segmento de datos
----- Inicia el programa principal -----
----- Pone bandera de disparo y saca señal de apertura ----
mov al,Disparo ;Pregunta por la bandera de
cmp al,0 ;Falla de relevador
mov Disparo,01h ;Pone bandera de disparo en 1
----- Pone señal de fin de interrupción-----
mov dx,0220h ;Coloca en DX la dirección
add dx,13 ;Del pto BASE+13, Bits 0 a 7
mov al,01h ;Del conector 3.
out dx,al ;Saca disparo por pto (BIT0)
mov TransmFalla,'A'
SENAL: mov al,20h ;Pone señal EOI (fin de interrup)
out 20h,al ;para el 8259

```

```

pop ds ;Rescata registros alterados
pop ax
iret ;Regreso de la Interrupción
ENDP
TIMER

```

SUBROUTINA PARA PROBAR FALLA DEL RELEVADOR DIFERENCIAL

```

DIFERENCIAL PROC NEAR
push ax
LEE_16_ANALG Vars16,DireccBase,00H,04H ;4 variables (una fase)
mov RelDif,00h
mov cx,3
mov bx,0 ;Inicia banderas de falla
CARGA: mov FasesDif[bx],0
inc bx
loop CARGA
; mov ax,Vars16[4] ;Pregunta si Is=0, Vars[2] solo reldif
; cmp ax,0h ;0iffh valor 0 o negativo en tarjeta
; jl NODIV ;Si Is=0 no divide
;----- Comprueba falla en alguna fase del relevador diferencial ---
;
; pone bandera RelDif=1 si hay falla
mov cx,1 ;# de fases a probar (3 si es trifasica)
mov di,00h
mov si,00h ;Apuntador a bandera de fases
finit
; fild Vars16[di] ;Cálculos de corriente de
; fimul Factor100 ; magnetización
; fidiv Vars16[di+2]
; filstp Total
; mov ax,Total
; cmp ax,Retencion
; ja FINAL
SALTA: fild Vars16[di+4] ;Cálculos de corriente de falla (Id*100/Is)
fimul Factor100 ;Vars16[di] únicamente prot. diferencial
fidiv Vars16[di+6] ;Vars16[di+2] " " "
fistp Resultado
mov ax,Resultado
cmp ax,Porcentaje ;Se realiza la comparación
jle FINAL
mov RelDif,01h
mov FasesDif[si],01h
FINAL: inc di ;inc di únicamente prot. diferencial.
inc di ;inc di " " "
inc di
inc di
inc si
loop SALTA
NODIV: pop ax
ret

```

REFERENCIAL ENDP

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA "ESPERA SENAL DE RESTABLECIMIENTO" *****

ENTRADA : Nada
SALIDA : Mensaje desplegado en la columna 20 renglon 23
STABLEC PROC NEAR

```
mov NumReng,23 ;Posiciona el
mov NumCol,20 ;cursor
mov NumCarac,44 ;número de caracteres del mensaje
lea si,EspRestMsj
mov bl,1fh
call DESPNOMBRE ;despliega el MENSAJE1
mov NumCol,63
mov NumReng,22
call Cursor
ret
STABLEC ENDP
```

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA EL MENSAJE "PULSE ENTER PARA REINICIAR" *****

ENTRADA : Nada
SALIDA : Mensaje desplegado en la columna 20 renglón 23
REINICIAR PROC NEAR

-----Despliega Estado del relevador-----

```
mov NumCol,55
mov NumReng,10
mov NumCarac,6
lea si,EstNormMsj
mov bl,3eh
call DESPNOMBRE ;despliega estado
```

----- Despliega pulse enter para reiniciar-----

```
mov NumReng,22 ;Posiciona el
mov NumCol,20 ;cursor
mov NumCarac,44 ;número de caracteres del mensaje
lea si,ReinicSupMsj
mov bl,0fh
call DESPNOMBRE ;despliega en pantalla
```

```
mov NumReng,21
mov NumCol,63
call Cursor
ret
REINICIAR endp
```

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA DEL RELEVADOR *****

REPRO PROC NEAR
call Limp_Vid ;limpia la pantalla

----- Despliegue de la entrada -----

```
mov NumReng,55 ;posiciona el
mov NumCol,20 ;cursor en renglón 5, columna 20
mov NumCarac,32 ;Carga el núm. de caract a desplegar
mov bl,6fh ;carga atributo
```

```

lea si,EstProtMsj      ;direcc. de entrada
call DESPNOMBRE       ;func. de despliegue
----- Despliegue del título-----
mov NumReng,8
mov NumCol,05         ;Posiciona el cursor
mov NumCarac,25      ;Número de caracteres
mov bl,6Fh
lea si,NomProtMsj    ;Despliega nombre
call DESPNOMBRE      ;de la protección
mov NumReng,8
mov NumCol,55
mov NumCarac,6       ;Despliega estado
mov bl,6fh           ;de la protección
lea si,EstadoMsj
call DESPNOMBRE
----- Despliega nombre del relevador -----
mov NumReng,11      ;renglón #1
mov NumCol,05       ;columna #5
mov NumCarac,26     ;número de caracteres del mensaje
lea si,RelDifMsj    ;cambiar para cada rele y Numcarac
mov bl,9fh
call DESPNOMBRE     ;despliega el nombre
----- Despliega Estado del relevador-----
mov NumCol,55
mov NumReng,11     ;posiciona el cursor
mov NumCarac,5     ;carga el # de caracteres
lea si,EstFallMsj  ;carga el offset de la dir
mov bl,9Ch
call DESPNOMBRE    ;despliega estado
----- Coloca el cursor en la parte inferior-----
mov NumReng,24     ;renglon #24
mov NumCol,79     ;columna #79
call Cursor
ret
TRERO      ENDP      ;termina el programa

***** SUBROUTINA DE DESPLIEGUE CON CENTELLEO E INVERSION DE VIDEO *****
ubrutina para desplegar un nombre con atributo
NTRADA :
registro SI= Dirección del nombre a desplegar (lea si, Nombre)
variable NumCarac= Número de caracteres del nombre
reg BL = Valor en hexadecimal del atributo(0...0f0h)
variable NumReng = Número de reglón a partir de donde se desplegara
variable NumCol = Número de columna " " "
ALIDA:
Mensaje desplegado en la columna 40 con el atributo indicado
-----
SPNOMBRE proc near
ROCARAC: call Cursor
mov ah,09 ;func. de despliegue
mov al,[si] ;se obtiene el ler caracter
mov bh,00 ;página #0

```

```

mov cx,01                ;un caracter
int 10h
inc si                    ;el siguiente caracter
inc NumCol                ;la siguiente columna
dec NumCarac
jnz OTROCARAC
cmp NumReng,20           ;Se llenó la pantalla?
jb OTRALINEA            ;
mov ax,0601h             ;sí
mov bh,07                 ;func. de movimiento de pantalla
mov cx,0000              ;vértice superior izquierdo
mov dx,184fh             ;vértice inferior derecho
int 10h
mov NumReng,19
RALINEA: inc NumReng
ret
SPNOMBRE ENDP

```

***** SUBROUTINA DE LIMPIAR PANTALLA *****

```

MP_VID PROC NEAR
mov ax,0600h             ;toda la pantalla
mov cx,0000              ;vértice superior izquierdo
mov dx,184fh             ;vértice inferior derecho
mov bh,07                 ;func. mov. pantalla hacia arriba
int 10h
ret
MP_VID ENDP

```

***** SUBROUTINA DE UBICACION DEL CURSOR *****

```

RSOR PROC NEAR
mov ah,02                 ;func. de ubicación
mov bh,00                 ;página #0
mov dh,NumReng            ;renglón
mov dl,NumCol            ;columna
int 10h
ret
RSOR ENDP

```

***** SUBROUTINA DE DESPLEGAR MENSAJE *****

```

ubrutuna para desplegar mensaje por medio del la interrupción 21h
ENTRADA = offset del mensaje en el registro dx
SALIDA = mensaje desplegado en la pantalla
SPL_MSJ PROC NEAR
mov ah,09                 ;función de modo escritura
int 21h                   ;en al pantalla
ret
SPL_MSJ ENDP

```

***** SUBROUTINA PARA INICIAR BANDERAS Y PTOS DIGITALES *****

```

NDINIC PROC NEAR
-----Inicia banderas-----
mov BandFallDif,0h       ;Bandera de disparo igual a cero

```

```

mov RelDif,0h           ;Bandera del rele diferencial
mov Disparo,0h         ;Inicia estado de alarmas
-----Inicia ptos digitales de salida 13 y 14 a cero-----
mov dx,022dh           ;Carga dirección del pto 13
mov al,00h
out dx,al              ;Despliega 00 por el pto 13
mov dx,022eh
out dx,al              ;Despliega 00 por el pto 14
ret

```

ONDINIC ENDP

***** FIN DE SUBROUTINAS *****

```

; ret
PROGRAMA ENDP
SEG ENDS
END PROGRAMA
FIN DEL PROGRAMA DEL RELEVADOR DIFERENCIAL
=====

```

2 PROGRAMA DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE.
CON CARACTERISTICA MUY INVERSA

TITLE SC_CMIT - Protección de sobrecorriente, característica muy inversa.
; Título del listado

***** MACROS *****

***** MACRO TECLADO *****
E_TECLA_CR MACRO

***** MACRO LEE CANALES DE LA TARJETA DE CA/D *****

ENTRADAS Modo = tipo de funcionamiento
Canal = # del canal a leer

VALIDA: Valor de timer en BX

SETIMER MACRO modo,canal

```
    local S1,S2
    mov al,modo           ; Carga el modo de lectura
    mov dx,0223h         ; en el reg. de control
    out dx,al            ;
    mov dx,canal         ; Carga el canal a leer
    jmp SHORT S1
S1: in al,dx             ;
    mov bl,al            ; Lee primer byte LSB
    jmp SHORT S2
S2: in al,dx             ; Lee el segundo byte MSB
    mov bh,al            ;
    ENDM
```

***** MACRO INICIALIZA TIMER *****
INITABLA MACRO TIMER

***** MACRO PARA RESTABLECER TIMER *****
INSTABLA MACRO

***** MACRO PARA APAGAR TIMER *****

Apaga timer deshabilitando interrupciones del 8259

```
LIMPTIMER MACRO mascara
    in al,21h           ;Lee el registro de control del 8259
    or al,mascara       ;Carga el canal a desactivar
                        ;Deshabilita interrupciones del timer
    out 21h,al          ;Escribe máscara al registro de control 8259
    ENDM
```

***** MACRO PARA INICIALIZAR EL TIMER *****

Macro para iniciar cualquier canal del timer de la computadora PC.
para cualquier valor de tiempo de 0 a55 mseg.

ENTRADAS:

```

modcanal = 36h selecciona canal 0 en modo 3
canal     = 40h registro del canal 0 timer 8253
ptol      = 43h registro comando del timer 8253
pto2      = 21h registro de máscara de interrupciones del 8259
tiempo    = tiempo que tardará en interrumpir el canal (50mseg=59660)
interrup  = cero en los canales a programar del 8259 (canal cero)
           en este caso será el canal cero de más alta prioridad

```

```

nctimer 36h,40h,43h,21h,59660,0FE

```

```

ICTIMER MACRO modcanal,canal,ptol,pto2,tiempo,interrup
cli                                           ;Deshabilita interrupciones
mov al,MODCANAL                             ;Selecciona el canal y el modo de operación
out PTO1,al                                  ;Enviando esto al registro comando del timer
mov bx,TIEMPO                                ;Carga el tiempo de 0 a 55 mseg en bx
mov al,bl                                     ;Carga el byte lsb menos significativo
out CANAL,al                                  ;en el canal seleccionado del timer 8253
mov al,bh                                     ;Carga el byte msb más significativo
out CANAL,al                                  ;en el canal seleccionado
mov al,INTERRUP                              ;Carga la máscara para habilitar interrupciones
out PTO2,al                                  ;en el registro de máscaras del interrpp. de 8259
sti                                           ;habilita interrupciones
ENDM                                          ;fin del macro

```

```

**** MACRO LEER Y DETECTAR EL CRUCE POR CERO DE UN TIMER ****

```

```

ENTRADA: Localidad de memoria donde se almacenó el valor anterior
SALIDA:  Bandera de disparo = 0 si no cruzó el timer por cero
         Bandera de disparo = 1 si cruzó por cero

```

```

ICEO MACRO BIT,LETRA
local DETO,OTRO
push ax                                       ;Salva registros
mov ax,TCA1
cmp TCRSC,ax                                ;Compara valor anterior con actual
ja OTRO                                      ;Si TcrSC>Tactual no hay cruce 0.
mov dx,022dh                                 ;Activa la protección
mov al,BIT
out dx,al
GTO Offh
mov DISPAR,1                                 ;Carga la bandera de disparo
mov TRFALLA,LETRA                            ;Carga mensaje a transmitir
OTRO: pop ax
ENDM

```

```

**** MACRO CONTROLADOR DEL DISPARO GTO DEL CANAL 0 DEL TIMER ****

```

```

De la tarjeta de CA/D, generando una señal por el puerto digital #13
ENTRADA: DATO con los bits a activar o desactivar del pto 13.
SALIDA : Salidas digitales del pto 13 en el estado indicado en dato.

```

```

GTO MACRO DATO
mov dx,022eh                                 ;
mov al,DATO                                  ;
out dx,al                                     ;
ENDM

```


***** MACRO CALCULA EL NUMERADOR DE LA ECUACION DEL RELEVADOR *****
 DE SOBRECORRIENTE, EL VALOR SE ALMACENA EN KRELSC

$$t = \frac{K * 13.5}{(IREAL/INOM) - 1} = \frac{K * 13.5 * INOM}{IREAL - INOM}$$

 KSC MACRO KSC,INOM,CSC,const,KC
 calKSC KSC,INOM, CONSC,CONST2,KRELSC
 finit
 fld const ;Guarda constante de conversión 50ms
 fld CSC ;Constante de 13.5
 fld INOM ;Corriente NOM
 fld KSC ;ST(0)=K,ST(1)=MAX,ST(2)=CSC,ST(3)=const
 fmul ;ST(0)=K*INOM saca st(1) recorre registros
 fmul ;ST(0)=K*INOM*CSC
 fmul ;ST(0)=K*INOM*CSC*CONST
 fstp KC ;ST(0)=KI*INOM*CSC*CONST lo almacena en KC
 ENDM ;y saca ST(0)

***** MACRO CALCULA EL TIEMPO DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE *****
 El tiempo se almacena en TCRSC
 2TIMER MACRO KC,IREAL,INOM,TC
 Forma de llamar a este macro es:
 2TIMER KRELSC,IREAL,INOM,TCRSC
 finit
 fld KC ;Guarda constante del numerador
 fld IREAL ;
 fld INOM ;ST(0)=INOM,ST(1)=IREAL,ST(2)=KC
 fsub ;ST(0)=ST(1)-ST(0)=IREAL-INOM saca st1
 ;Recorre registros ST(1)=KC
 fdiv ;ST(0)=ST(1)/ST(0)=KC/(IREAL-INOM)
 fistp TC ;Rescata ST(0) en TC y lo saca de la pila
 ENDM ;del 8087

***** MACRO ACTIVA ALARMAS POR EL PTO 14(DE 8 BITS) DE LA TARJETA CA/D
 ALARMAS MACRO alarmas,bits,direc

***** MACRO PARA DESACTIVAR ALARMAS DEL PTO 14(DE 8 BITS) DE LA TARJETA CA/D
 ALARMAS MACRO alarmas,nobits,direc

*** MACRO PARA LEER UN CANAL ANALOGICO *****
 _CANAL_ANALG MACRO DBASE

***** MACRO PARA LEER LAS 16 VARIABLES ANALOGICAS *****
 _16_ANALG MACRO VARS,BASE,CANAL,NUM

***** FIN DE MACROS *****

 ***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
 INICIO DE LOS SEGMENTOS DE MEMORIA

```

=====
STACK      SEGMENT PARA STACK 'STACK'
           DB 256 DUP('0')           ;Coloca una pila de 256 bytes (100h)
STACK      ENDS
=====
INICIA SEGMENTO DE DATOS
DATA      SEGMENT PARA PUBLIC 'DATA'
-----
Entrada   db "ESTADO DE LAS PROTECCIONES"
LongMax   db 36           ;long. máx. de nombre
NumCarac  db ?           ;núm. de carac. del mensaje
Bomb3     db 'RELE DE SOBRECORRIENTE 5IT'           ;nombre
Estado    db 'FALLA '           ;mensaje de falla
NORMAL    db 'NORMAL'           ;mensaje normal
Contador  db ?
Titulo0   db 'NOMBRE DE LA PROTECCION: '           ;Título
Titulo1   db 'ESTADO '
NumCol    db 00           ;contador de columnas
NumReng   db 00           ;contador de renglones
S1        db 'ESPERA SEÑAL DE RESTABLECIMIENTO DE FALLA '
S2        db 'PULSE ENTER PARA REINICIAR LA SUPERVISION '
BASE      DW 0220H
=====
DATOS DE CORRIENTES DE RELE DE SOBRECORRIENTE
REAL      DW 0030           ;Corriente actual
NOM       DW 0010           ;Corriente nominal (Corriente de puesta en trabajo)
=====
DATOS DE CONSTANTES Y TIEMPOS DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE
RELSC     DD 0000.0         ;Constante numerador de curva de rele.
SC        DD 000.5         ;Valor de la palanca de tiempo
CRSC      DW 0000H         ;Tiempo calculado del rel. de sobrecorriente
CA1       DW 0000H         ;Contador que lleva el tiempo transcurrido
CONST2    DW 0020         ;Constante para conversión a 50 mseg.
ONSC      DD 13.5         ;13.5 constante de retardo de tiempo
CO        DW 0000H         ;Valor inicial del contador
=====
DATOS DE BANDERAS DEL RELEVADOR
SC        DB 00H           ;Bandera de falla de rel de sobrecorriente
ISPAR     DB 00H           ;Banderas de disparo de los relevadores
ALARMAS   DB 00H           ;Estado de alarmas de los relevadores
RFALLA    DB 'B'
=====
DATA      ENDS
FIN DEL SEGMENTO DE DATOS
*****
PAGE
SEG       SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
          EXTRN CONFIRMA:PROC
          EXTRN RECONOCI:PROC
          EXTRN SERIAL:PROC
PROGRAMA PROC FAR
          ASSUME CS:CSEG,DS:DATA,SS:STACK,ES:DATA

```

```

-----INICIA SEGMENTO DE DATOS-----
push ds                ;Inicia también
mov ax,0               ;el segmento
push ax                ;extra para el
mov ax,DATA            ;manejo de
mov ds,ax              ;de cadenas
mov es,ax              ;cargando la dir. de DS en ES

```

```

=====
INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL
=====

```

```

call CONDINIC         ;Carga condiciones iniciales
INITABLA TIMER       ;Carga en la tabla de vectores la
                    ;Dirección de timer

```

```

-----
calcula la ecuación del numerador para el retardo de tiempo

```

```

CALKSC KSC,INOM,CONSC.CONST2,KRELSC

```

```

mov DISPAR,0

```

```

LEEDATO : call SOBRECORRIENTE ;Prueba si esta en falla
          cmp DISPAR,0        ;Pregunta por la bandera de falla
          je LEEDATO         ;si no lee otro valor de corriente.
          LIMPTIMER 01h     ;Llega a borrar deshabilitando
          RESTABLA          ;Restablece tabla de vectores
          mov di,06h        ;PTO digital de entrada 06 o 07
          mov si,13         ;PTO digital de salida 13 o 14
          mov bl,04h        ;bit a leer y escribir
          ; call CONFIRMA    ;confirma el disparo

```

```

-----DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA-----

```

```

call LETRERO_FALLA   ;Esta parte cambia en cada rele

```

```

-----TRANSMITE A LA CENTRAL MENSAJE DE FALLA-----

```

```

mov bl,TRFALLA      ;Carga el código del rel que falló

```

```

; call SERIAL       ;Llama a la subrutina de comunicación serie

```

```

-----CONFIRMA RESTABLECIMIENTO DE LA FALLA-----

```

```

call RESTABLEC      ; espera de restablecimiento

```

```

mov dl,06h          ;PTO digital de entrada 06 o 07

```

```

mov bl,04h          ;bit a leer y escribir

```

```

; call RECONOCI     ;reconoce restablecimiento

```

```

LEE_TECLA_CR        ;Lee tecla enter

```

```

call REINICIAR      ;Despliega mensaje2

```

```

LEE_TECLA_CR

```

```

call Limp_Vid

```

```

ret

```

```

; jmp INICIO        ;salta a leer otro dato

```

```

***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
*****

```

```

***** SUBRUTINAS *****
*****

```

```

**** SUBROUTINA PARA PROBAR FALLA DEL RELE DE SOBRECORRIENTE ****
característica muy inversa

```

```

BRECORRIENTE PROC NEAR

```

```

push ax
LEE_16_ANALG IREAL.BASE,01H,01H :lee el corriente actual
mov ax,IREAL :canal 7
cmp ax,INOM :Pregunta por la corriente nominal
jae SFALLA
LIMPTIMER 01h :Llega a borrar deshabilitando
mov BSC,0h :Limpia la bandera de falla
OFFALARMAS alarmas,0FBh,022Eh ;Quita alarma sonora preventiva
OFFALARMAS alarmas,0FDh,022Eh ;Deshabilita alarma visual verde
JMP salir ;Salta al final
-----
En caso de falla -----
FALLA:ONALARMAS alarmas,04h,022Eh ;Pone alarma sonora de falla
mov al,BSC ;carga bandera de falla
cmp al,01h
jz LFERTI ;si esta en falla salta a finl
CAL2TIMER KRELSC,IREAL,INOM,TCRSC ;calcula tcl para el timer1
mov TCA1,0000h ;Inicia contador de tiempo1
INICTIMER 36h,40h,43h,21h,61500,00h ;Inicia canal 0 con 50 mseg
ONALARMAS alarmas,02h,022Eh ;Pone alarma visual de falla en rojo
mov BSC,01h ;Pone la bandera de falla
-----
Pregunta si el timer cruza por cero-----
LEERTI: CRUCEO OFFh,'C' ;pregunta si el timer cruza por cero
salir: pop ax ;rescata registros alterados
ret ;Regresa de la subrutina
OBRECORRIENTE ENDP

```

```

***** SUBROUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0 *****
TIMER: Subrutina de servicio para la interrupción del RQ0 del S259 de más
alta prioridad correspondiente al canal0 del timer S253.
El canal0 del S253 está programado con un retardo de 50 mseg.
SALIDA: Bandera de Disparo=1, señal de disparo para el interruptor, por el
Bit0 del canal 13 de la tarjeta de CA/D Y D/A.

```

```

TIMER PROC FAR
push ax ;Salva registros alterados
push ds ;
push es ;
mov ax,DATA ;Estabiliza la dirección del
mov ds,ax ;segmento de datos
----- Inicia el programa principal -----
mov al,BSC ;Pregunta por la bandera de
cmp al,01h ;Falla de relevador SCMI
jne SENAL ;si existe salta al tiempo
mov ax,TCA1 ;Incrementa el tiempo1 TCA1
inc ax ;
mov TCA1,ax ;Guarda en memoria tml actual
cmp TCRSC,ax ; Compara TcrSC con TCA1
ja SENAL ;Tert>tca1
mov DISPAR,1 ;
-----
Pone seÑal de fin de interrupcion-----
SENAL: mov al,20h ;Pone seÑal EOI (fin de interrup)
out 20h,al ;para el S259

```

```

        pop es
        pop ds                ;Rescata registros alterados
        pop ax
        iret                 ;Regresa de la Interrupción
TIMER   ENDP

```

```

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA "ESPERA SENAL DE RESTABLECIMIENTO" *****
ESTABLEC proc near

```

```

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA EL MENSAJE "PULSE ENTER PARA REINICIAR" *****
REINICIAR proc near

```

```

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA DEL RELEVADOR *****
RETRERO_FALLA proc near

```

```

***** SUBROUTINA DE DESPLIEGUE CON CENTELLEO E INVERSION DE VIDEO *****
ESPNOBRE proc near

```

```

***** SUBROUTINA DE LIMPIAR PANTALLA *****
limp_Vid proc near

```

```

***** SUBROUTINA DE UBICACION DEL CURSOR *****
cursor proc near

```

```

***** SUBROUTINA DE DESPLEGAR MENSAJE *****
desmensaje proc near

```

```

***** SUBROUTINA PARA INICIAR BANDERAS Y PTOS DIGITALES *****
INIDINIC proc near

```

```

-----Inicia banderas-----
mov DISPAR,0h                ;Bandera de disparo igual a cero
mov BSC,0h                  ;Bandera del relc de falla a tierra
mov ALARMAS,0h              ;Inicia estado de alarmas
-----Inicia ptos digitales de salida 13 y 14 a cero-----
mov dx,022dh                ;Carga dirección del pto 13
mov al,0ffh
out dx,al                    ;Despliega 00 por el pto 13
mov dx,022eh
mov al,00h                   ;Despliega 00 por el pto 14
out dx,al                    ;Despliega 00 por el pto 14
ret
INIDINIC ENDP

```

```

***** FIN DE SUBROUTINAS *****
*****

```

```

; ret
PROGRAMA ENDP
SEG ENDS
END PROGRAMA

```

```

FIN DEL PROGRAMA DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE CURVA MUY INVERSA
=====

```

3.3 PROGRAMA DE PROTECCION DE SOBRECORRIENTE.
 CON CARACTERISTICA EXTREMADAMENTE INVERSA

TITULO SC_CEIT - Prot. de sobrecorriente, característica extremadamente inversa ; Título del listado

```

*****
***** MACROS *****
***** MACRO TECLADO *****
EE_TECLA_CR MACRO

***** MACRO LEE CANALES DE LA TARJETA DE CA/D *****
EETIMER MACRO modo,canal

***** MACRO INICIALIZA TIMER *****
EITABLA MACRO TIMER

***** MACRO PARA RESTABLECER TIMER *****
EESTABLA MACRO

***** MACRO PARA APAGAR TIMER *****
EIMPTIMER MACRO mascara

***** MACRO PARA INICIALIZAR EL TIMER *****
EICTIMER MACRO modcanal,canal,ptol,pto2,tiempo,interrup

***** MACRO CALCULA EL NUMERADOR DE LA ECUACION DEL RELEVADOR *****
DE SOBRECORRIENTE. EL VALOR SE ALMACENA EN KRELSC
K * 30 K * 80 * (INOM)^2
t = ----- = -----
(IREAL/INOM)^2 - 1 IREAL^2 - INOM^2
*****
IKSC MACRO KSC,INOM,INOM,CSC,const,KC
calKSC KSC,INOM,INOM,CONSC,CONST2,KRELSC
finit
fild const ;Guarda constante de conversión 50 mseg.
fild CSC ;Constante de 80
fild INOM ;Corriente NOM
fild INOM
fld KSC ;ST(0)=KSC,ST(1)=INOM,ST(2)=INOM,ST(3)=CSC,ST(4)=const
fmul ;ST(0)=K*INOM saca st(1) recorre registros
fmul ;ST(0)=K*INOM*INOM
fmul ;ST(0)=K*INOM*INOM*CSC
fmul ;ST(0)=K*INOM*INOM*CSC*CONST
fstp KC ;ST(0)=KI*INOM*INOM*CSC*CONST lo almacena en KC
ENDM ;y saca ST(0)

***** MACRO CALCULA EL TIEMPO DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE *****

```

El tiempo se almacena en TCRSC
 al2TIMER MACRO KC,IREAL,IREAL,INOM,INOM,TC
 Forma de llamar a este macro es:
 CAL2TIMER KRELSC,IREAL,IREAL,INOM,INOM,TCRSC

```

finit
fld KC           ;Guarda constante del numerador
fild IREAL      ;
fild IREAL      ;ST(0)=IREAL,ST(1)=IREAL,ST(2)=KC
fmul            ;ST(0)=IREAL*IREAL y ST(1)=KC
fild INOM       ;ST(0)=INOM,ST(1)=INOM,ST(2)=IREAL*IREAL
fild INOM       ;ST(3)=KC
fmul            ;ST(0)=INOM*INOM,ST(1)=IREAL*IREAL,ST(2)=KC
fsub           ;ST(1)-ST(0)=IREAL*IREAL-INOM*INOM, saca st1
               ;Y recorre registros ST(1)=KC
fdiv            ;ST(0)=ST(1)/ST(0)=KC/(IREAL*IREAL-INOM*INOM)
fistp TC       ;Rescata ST(0) en TC y lo saca de la pila
ENDM           ;del 8087

```

**** MACRO PARA LEER UN CANAL ANALOGICO ****

E_CANAL_ANALG MACRO DBASE

***** MACRO PARA LEER LAS 16 VARIABLES ANALOGICAS ****

E_16_ANALG MACRO VARS,BASE,CANAL,NUM

***** FIN DE MACROS ****

***** PROGRAMA PRINCIPAL ****
 INICIO DE LOS SEGMENTOS DE MEMORIA

```

=====
ACK SEGMENT PARA STACK 'STACK'
DB 256 DUP('0') ;Coloca una pila de 256 bytes (100h)
ACK ENDS
=====

```

INICIA SEGMENTO DE DATOS

```

DATA SEGMENT PARA PUBLIC 'DATA'
----- Datos para desplegar mensaje -----
trada db "ESTADO DE LAS PROTECCIONES"
ngMax db 36 ;long. max. de nombre
nCarac db ? ;num. de carac. del mensaje
nb3 db 'RELE DE SOBRECORRIENTE 51T' ;nombre
tado db 'FALLA ' ;mensaje de falla
RMAL db 'NORMAL' ;mensaje normal
ntador db ?
tul0 db 'NOMBRE DE LA PROTECCION: ' ;Título
tul1 db 'ESTADO '
nCol db 00 ;contador de columnas
nReng db 00 ;contador de renglones
1 db 'ESPERA SEÑAL DE RESTABLECIMIENTO DE FALLA '
2 db 'PULSE ENTER PARA REINICIAR LA SUPERVICION '
SE DW 0220H

```

```

=====
DATOS DE CORRIENTES DE RELE DE SOBRECORRIENTE
REAL   DW      0020      ;Corriente actual
NOM    DW      0010      ;Corriente nominal (corriente de puesta en trabajo)
=====

```

```

=====
DATOS DE CONSTANTES Y TIEMPOS DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE
KRELSC DD      0000.0    ;Constante numerador de curva de rele.
KSC    DD      000.4    ;Valor de la palanca de tiempo
KRS    DW      0000H    ;Tiempo calculado del rel. de sobrecorriente
KAI    DW      0000H    ;Contador que lleva el tiempo trascurrido
KINST2 DW      0020    ;Constante para conversión a 50 msec.
KNSC   DW      80      ;80 constante de retardo de tiempo
KNO    DW      0000H    ;Valor inicial del contador
=====

```

```

=====
DATOS DE BANDERAS DEL RELEVADOR
KSPAR  DB      00H      ;Bandera de falla de rel de sobrecorriente
KALARMAS DB      00H    ;Banderas de disparo de los relevadores
KBFALLA DB      00H    ;Estado de alarmas de los relevadores
KFB    DB      'B'
=====

```

```

TABLA ENDS

```

FIN DEL SEGMENTO DE DATOS

```

*****

```

PAGE

```

SEG      SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
        EXTRN CONFIRMA:PROC
        EXTRN RECONOCI:PROC
        EXTRN SERIAL:PROC
PROGRAMA PROC FAR

```

ASSUME CS:CSEG.DS,DATA,SS:STACK,ES:DATA

-----INICIA SEGMENTO DE DATOS-----

```

push ds          ;Inicia también
mov ax,0         ;el segmento
push ax         ;extra para el
mov ax,DATA     ;manejo de
mov ds,ax       ;de cadenas
mov es,ax       ;cargando la dir. de DS en ES

```

-----INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL-----

```

call CONDINIC   ;Carga condiciones iniciales
INITABLA TIMER ;Carga en la tabla de vectores la
                ;Dirección de timer

```

-----calcula la ecuación del numerador para el retardo de tiempo-----

CALKSC KSC,INOM,INOM,CONSC,CONST2,KRELSC

mov DISPAR,0

```

LEEDATO : call SOBRECORRIENTE ;Prueba si esta en falla
          cmp DISPAR.0        ;Pregunta por la bandera de falla
          je LEEDATO          ;si no lee otro valor de corriente.
          LIMPTIMER 01h       ;Llega a borrar deshabilitando
          RESTABLA           ;Restablece tabla de vectores

```



```

mov di,06h          ;PTO digital de entrada 06 o 07
mov si,13           ;PTO digital de salida 13 o 14
mov bl,04h         ;bit a leer y escribir
; call CONFIRMA     ;confirma el disparo
-----DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA-----
call LETRERO_FALLA ;Esta parte cambia en cada rele
-----TRANSMITE A LA CENTRAL MENSAJE DE FALLA-----
mov bl,TRFALLA     ;Carga el código del rel que fallo
; call SERIAL      ;Llama a la subrutina de comunicacion serie
-----CONFIRMA RESTABLECIMIENTO DE LA FALLA-----
call RESTABLEC     ; espera de restablecimiento
mov dl,06h         ;PTO digital de entrada 06 o 07
mov bl,04h         ;bit a leer y escribir
; call RECONOCI    ;reconoce restablecimiento
LEE_TECLA_CR       ;Lee tecla enter
call REINICIAR     ;Despliega mensaje2
LEE_TECLA_CR
call Limp_Vid
ret
; jmp INICIO       ;salta a leer otro dato

```

```

***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
*****
***** SUBRUTINAS *****

```

```

***** SUBRUTINA PARA PROBAR FALLA DEL RELE DE SOBRECORRIENTE *****
característica muy inversa

```

```

OBRECORRIENTE PROC NEAR
push ax
LEE_16_ANALG IREAL,BASE,01h,01h ;lee el corriente actual
mov ax,IREAL ;canal 7
cmp ax,INOM ;Pregunta por la corriente nominal
jae SFALLA
LIMPTIMER 01h ;Llega a borrar deshabilitando
mov BSC,0h ;Limpia la bandera de falla
JMP salir ;Salta al final
-----
En caso de falla -----
FALLA:ONALARMAS alarmas.04h,022eh ;Pone alarma sonora de falla
mov al,BSC ;carga bandera de falla
cmp al,01h
jz LEERTI ;si esta en falla salta a fini
CAL2TIMER KRELSC,IREAL,IREAL,INOM,TCRSC
;calcula tcl para el timer1
mov TCA1,0000h ;Inicia contador de tiempo1
INICTIMER 36h,40h,43h,21h,61500,00h ;Inicia canal 0 con 50 mse
mov BSC,01h ;Pone la bandera de falla
----- Pregunta si el timer cruza por cero -----
LEERTI: CRUCEO OFFh,'C' ;pregunta si el timer cruza por cer
salir: pop ax ;rescata registros alterados
ret ;Regresa de la subrutina

```

OBRECORRIENTE ENDP

***** SUBROUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0 *****
TIMER PROC FAR

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA "ESPERA SENAL DE RESTABLECIMIENTO" *****
ESTABLEC proc near

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA EL MENSAJE "PULSE ENTER PARA REINICIAR" *****
INICIAR proc near

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA DEL RELEVADOR *****
TRERO_FALLA proc near

***** SUBROUTINA DE DESPLIEGUE CON CENTELLEO E INVERSION DE VIDEO *****
spNombre proc near

***** SUBROUTINA DE LIMPIAR PANTALLA *****
mp_Vid proc near

***** SUBROUTINA DE UBICACION DEL CURSOR *****
rsor proc near

***** SUBROUTINA DE DESPLEGAR MENSAJE *****
smensaje proc near

***** SUBROUTINA PARA INICIAR BANDERAS Y PTOS DIGITALES *****
NDINIC proc near

***** FIN DE SUBROUTINAS *****

; RET
PROGRAMA ENDP
EG ENDS
END PROGRAMA

FIN DEL PROGRAMA DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE CURVA EXTREMADAMENTE INVERSA

=====

4 PROGRAMA DE PROTECCION DE FALLA A TIERRA.
 CON CARACTERISTICA DE TIEMPO LARGO

TITLE FTT - Protección de falla a tierra. Característica de tiempo largo.
 : Título del listado

 ***** MACROS *****

***** MACRO TECLADO *****
 E_TECLA_CR MACRO

***** MACRO LEE CANALES DE LA TARJETA DE CA/D *****
 ETIMER MACRO modo,canal

*** MACRO INICIALIZA TIMER *****
 ITABLA MACRO TIMER

***** MACRO PARA RESTABLECER TIMER *****
 STABLA MACRO

***** MACRO PARA APAGAR TIMER *****
 MPTIMER MACRO mascara

***** MACRO PARA INICIALIZAR EL TIMER *****
 ICTIMER MACRO modcanal,canal,ptol,pto2,tiempo,interrupt

***** MACRO CALCULA EL NUMERADOR DE LA ECUACION DEL RELEVADOR *****
 DE SOBRECORRIENTE. EL VALOR SE ALMACENA EN KRELSC

$$K * 120 \qquad K * 120 * INOM$$

$$t = \frac{(IREAL/INOM) - 1}{IREAL - INOM} = \frac{IREAL - INOM}{IREAL - INOM}$$

IKSC MACRO KSC,INOM,CSC,const,KC
 calKSC KSC,INOM, CONSC,CONST2,KRELSC
 finit
 fild const ;Guarda constante de conversión 50ms
 fild CSC ;Constante de 120
 fild INOM ;Corriente NOM
 fld KSC ;ST(0)=K,ST(1)=MAX,ST(2)=CSC,ST(3)=const
 fmul ;ST(0)=K*INOM saca st(1) recorre registros
 fmul ;ST(0)=K*INOM*CSC
 fmul ;ST(0)=K*INOM*CSC*CONST
 fstp KC ;ST(0)=KI*INOM*CSC*CONST lo almacena en KC
 ENDM ;y saca ST(0)

***** MACRO CALCULA EL TIEMPO DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE *****
 El tiempo se almacena en TCRSC
 I2TIMER MACRO KC,IREAL,INOM,TC
 orma de llamar a este macro es:

CAL2TIMER KRELSC, IREAL, INOM, TCRSC

```
finit
fld KC           :Guarda constante del numerador
;
fild IREAL
fild INOM       :ST(0)=INOM,ST(1)=IREAL,ST(2)=KC
fsub           :ST(0)=ST(1)-ST(0)=IREAL-INOM saca st1
;Recorre registros ST(1)=KC
fdiv           :ST(0)=ST(1)/ST(0)=KC/(IREAL-INOM)
fistp TC       :Rescata ST(0) en TC y lo saca de la pila
ENDM           :del 8087
```

***** MACRO PARA LEER UN CANAL ANALOGICO *****

EE_CANAL_ANALG MACRO DBASE

***** MACRO PARA LEER LAS 16 VARIABLES ANALOGICAS *****

EE_16_ANALG MACRO VARS, BASE, CANAL, NUM

***** FIN DE MACROS *****

***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
INICIO DE LOS SEGMENTOS DE MEMORIA

```
=====
TACK SEGMENT PARA STACK 'STACK'
DB 256 DUP('0') ;Coloca una pila de 256 bytes (100h)
TACK ENDS
=====
```

```
INICIA SEGMENTO DE DATOS
ATA SEGMENT PARA PUBLIC 'DATA'
----- Datos para desplegar mensaje -----
Entrada db "ESTADO DE LAS PROTECCIONES"
LongMax db 36 ;long. máx. de nombre
NumCarac db ? ;núm. de carac. del mensaje
omb3 db 'RELE DE FALLA A TIERRA 64T' ;nombre
stado db 'FALLA ' ;mensaje de falla
ORMAL db 'NORMAL' ;mensaje normal
ontador db ?
itulo db 'NOMBRE DE LA PROTECCION: ' ;Título
itull db 'ESTADO '
umCol db 00 ;contador de columnas
umReng db 00 ;contador de renglones
S1 db 'ESPERA SEÑAL DE RESTABLECIMIENTO DE FALLA '
S2 db 'PULSE ENTER PARA REINICIAR LA SUPERVISION '
ASE DW 0220H
=====
```

```
DATOS DE CORRIENTES DE RELE DE SOBRECORRIENTE
REAL DW 0030 ;Corriente actual
NOM DW 0010 ;Corriente nominal (Corriente de puesta en trabajo
; 30 y 70% de la corriente nominal
=====
```

DATOS DE CONSTANTES Y TIEMPOS DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE

```

KRELSC DD 0000.0 ;Constante numerador de curva de rele.
KSC DD 000.5 ;Valor de la palanca de tiempo
TCRSC DW 0000H ;Tiempo calculado del rel. de sobrecorriente
TCA1 DW 0000H ;Contador que lleva el tiempo transcurrido
CONST2 DW 0020 ;Constante para conversión a 50 mseg.
CONSC DW 120 ;120 constante de retardo de tiempo
TCO DW 0000H ;Valor inicial del contador
=====

```

=====

;DATOS DE BANDERAS DEL RELEVADOR

```

BSC DB 00H ;Bandera de falla de rel de sobrecorriente
DISPAR DB 00H ;Banderas de disparo de los relevadores
TRFALLA DB 'B'
=====

```

DATA ENDS

FIN DEL SEGMENTO DE DATOS

```

PAGE
CSEG SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
      EXTRN CONFIRMA:PROC
      EXTRN RECONOCI:PROC
      EXTRN SERIAL:PROC
PROGRAMA PROC FAR
      ASSUME CS:CSEG,DS:DATA,SS:STACK,ES:DATA

```

-----INICIA SEGMENTO DE DATOS-----

```

      push ds ;Inicia también
      mov ax,0 ;el segmento
      push ax ;extra para el
      mov ax,DATA ;manejo de
      mov ds,ax ;de cadenas
      mov es,ax ;cargando la dir. de DS en ES
=====

```

INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL

```

      call CONDINIC ;Carga condiciones iniciales
      INITABLA TIMER ;Carga en la tabla de vectores la
                      ;Dirección de timer
=====

```

Calcula la ecuación del numerador para el retardo de tiempo

CALKSC KSC, INOM, CONSC, CONST2, KRELSC

mov DISPAR,0

```

LEEDATO : call SOBRECORRIENTE ;Prueba si esta en falla
          cmp DISPAR,0 ;Pregunta por la bandera de falla
          je LEEDATO ;si no lee otro valor de corriente.
          LIMPTIMER 01h ;Llega a borrar deshabilitando
          RESTABLA ;Restablece tabla de vectores
          mov di,06h ;PTO digital de entrada 06 o 07
          mov si,13 ;PTO digital de salida 13 o 14
          mov bl,04h ;bit a leer y escribir
          ; call CONFIRMA ;confirma el disparo
=====

```

-----DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA-----

call LETRERO_FALLA ;Esta parte cambia en cada rele

-----TRANSMITE A LA CENTRAL MENSAJE DE FALLA-----

```

mov bl,TRFALLA          :Carga el código del rel que fallo
; call SERIAL           ;Llama a la subrutina de comunicacion serie
-----CONFIRMA RESTABLECIMIENTO DE LA FALLA-----
call RESTABLEC          ; espera de restablecimiento
mov dl,06h              ;PTO digital de entrada 06 o 07
mov bl,04h              ;bit a leer y escribir
; call RECONOCI         ;reconoce restablecimiento
LEE_TECLA_CR           ;Lee tecla enter
call REINICIAR         ;Despliega mensaje2
LEE_TECLA_CR
call Limp_Vid
ret
; jmp INICIO           ;salta a leer otro dato

***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
*****
***** SUBRUTINAS *****

***** SUBRUTINA PARA PROBAR FALLA DEL RELE DE SOBRECORRIENTE *****
característica muy inversa
BRECORRIENTE PROC NEAR
push ax
EE_16_ANALG IREAL,BASE,01H,01H ;lee el corriente actual
mov ax,IREAL           ;canal 7
cmp ax,INOM            ;Pregunta por la corriente nominal
jae SFALLA
LIMPTIMER 01h         ;Llega a borrar deshabilitando
mov BSC,0h            ;Limpia la bandera de falla
JMP salir             ;Salta al final
----- En caso de falla -----
FALLA: mov al,BSC          ;carga bandera de falla
cmp al,01h
jz LEERTI             ;si esta en falla salta a finl
CAL2TIMER KRELSC,IREAL,INOM,TCRSC ;calcula tcl para el timer1
mov TCA1,0000h        ;Inicia contador de tiempo1
INICTIMER 36h,40h,43h,21h,61500,00h ;Inicia canal 0 con 50 mseg
mov BSC,01h          ;Pone la bandera de falla
----- Pregunta si el timer cruza por cero-----
LEERTI: CRUCEO OFFh,'C' ;pregunta si el timer cruza por cero
salir: pop ax         ;rescata registros alterados
ret                  ;Regresa de la subrutina
BRECORRIENTE ENDP

***** SUBRUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0 *****
MER PROC FAR

***** SUBRUTINA QUE DESPLIEGA "ESPERA SENAL DE RESTABLECIMIENTO" *****
STABLEC proc near

***** SUBRUTINA QUE DESPLIEGA EL MENSAJE "PULSE ENTER PARA REINICIAR" *****

```

```

REINICIAR    proc near

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA DEL RELEVADOR *****
LETRERO_FALLA    proc near

***** SUBROUTINA DE DESPLIEGUE CON CENTELLEO E INVERSION DE VIDEO *****
DespNombre    proc near

***** SUBROUTINA DE LIMPIAR PANTALLA *****
limp_Vid    proc near

***** SUBROUTINA DE UBICACION DEL CURSOR *****
Cursor    proc near

***** SUBROUTINA DE DESPLEGAR MENSAJE *****
Desmensaje    proc near

***** SUBROUTINA PARA INICIAR BANDERAS Y PTOS DIGITALES *****
CONDINIC    proc near

***** FIN DE SUBROUTINAS *****
*****

; ret
PROGRAMA    ENDP
DSEG    ENDS
        END PROGRAMA
FIN DEL PROGRAMA DEL RELEVADOR DE FALLA A TIERRA.
=====

```

5 PROGRAMA DE PROTECCION DE FALLA A TIERRA.
 CON CARACTERISTICA MUY INVERSA

TITLE FT_51N - Protección de falla de tanque a tierra.
 Característica muy inversa.

; Título del listado

 ***** MACROS *****

***** MACRO TECLADO *****
 E_TECLA_CR MACRO

***** MACRO LEE CANALES DE LA TARJETA DE CA/D *****
 ETIMER MACRO modo, canal

*** MACRO INICIALIZA TIMER *****
 ITABLA MACRO TIMER

***** MACRO PARA RESTABLECER TIMER *****
 STABLA MACRO

***** MACRO PARA APAGAR TIMER *****
 MPTIMER MACRO mascara

***** MACRO PARA INICIALIZAR EL TIMER *****
 ICTIMER MACRO modcanal, canal, pto1, pto2, tiempo, interrup

***** MACRO CALCULA EL NUMERADOR DE LA ECUACION DEL RELEVADOR *****
 DE SOBRECORRIENTE, EL VALOR SE ALMACENA EN KRELFT

$$t = \frac{K * 13.5}{(IREAL/INOM) - 1} = \frac{K * 13.5 * INOM}{IREAL - INOM}$$

 KFT MACRO KFT, INOM, CFT, const, KC
 calKFT KFT, INOM, CONSC, CONST2, KRELFT
 finit
 fld const :Guarda constante de conversión 50ms
 fld CFT :Constante de 13.5
 fld INOM ;Corriente NOM
 fld KFT :ST(0)=K, ST(1)=MAX, ST(2)=CFT, ST(3)=const
 fmul ;ST(0)=K*INOM saca st(1) recorre registros
 fmul ;ST(0)=K*INOM*CFT
 fmul ;ST(0)=K*INOM*CFT*CONST
 fstp KC ;ST(0)=KI*INOM*CFT*CONST lo almacena en KC
 ENDM ;y saca ST(0)

***** MACRO CALCULA EL TIEMPO DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE *****
 El tiempo se almacena en TCRFT
 !2TIMER MACRO KC, IREAL, INOM, TC
 Forma de llamar a este macro es:
 !2TIMER KRELFT, IREAL, INOM, TCRFT
 finit


```

=====
DATOS DE CONSTANTES Y TIEMPOS DEL RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE
RELFT DD 0000.0 :Constante numerador de curva de rele.
LT DD 000.5 :Valor de la palanca de tiempo
=====

```

```

=====
DATOS DE CORRIENTES DE RELE DE SOBRECORRIENTE
REAL DW 0030 :Corriente actual
NOM DW 0010 :Corriente nominal (Corriente de puesta en trabajo
: Ajuste del 30 al 50% de la corriente nominal.
=====

```

```

=====
BASE
S2 db 'PULSE ENTER PARA REINICIAR LA SUPERVIGION
S1 db 'ESPERA SEÑAL DE RESTABLECIMIENTO DE FALLA
umrEng db 00 :contador de renglones
umCol db 00 :contador de columnas
tntul1 db 'ESTADO
tntul0 db 'NOMBRE DE LA PROTECCION:
ontador db ?
ORMAL db 'NORMAL
stado db 'FALLA
omb3 db 'RELE DE SOBRECORRIENTE SIT
umCarac db ? :ndm. de carac. del mensaje
ongMax db 36 :long. máx. de nombre
ntrada db "ESTADO DE LAS PROTECCIONES"
----- Datos para desplegar mensaje -----
ATA SEGMENT PARA PUBLIC 'DATA'
INICIA SEGMENTO DE DATOS
=====

```

```

=====
TACK END
TACK DB 256 DUP('0') :Coloca una pila de 256 bytes (100h)
TACK SEGMENT PARA STACK 'STACK'
=====

```

```

=====
INICIO DE LOS SEGMENTOS DE MEMORIA
***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
***** FIN DE MACROS *****
=====

```

```

***** MACRO PARA LEER UN CANAL ANALOGICO *****
FE_CANAL_ANALG MACRO DBASE
FE_16_ANALG MACRO VARS, BASE, CANAL, NUM
***** MACRO PARA LEER LAS 16 VARIABLES ANALOGICAS *****
=====

```

```

fid KC
fid IREAL
fid INOM
fsub :ST(0)=INOM,ST(1)=IREAL,ST(2)=KC
:
:Recorre registros ST(1)=KC
fidiv :ST(0)=ST(1)/ST(0)=KC/(IREAL-INOM)
fidstp TC :Rescata ST(0) en TC y lo saca de la pila
ENDM
:del 8087
=====

```

```

=====
Guarda constante del numerador
=====

```

```

TCRFT    DW    0000H    ;Tiempo calculado del rel. de sobrecorrient
TCA1    DW    0000H    ;Contador que lleva el tiempo trascurrido
CONST2  DW    0020    ;Constante para conversión a 50 mseg.
CONSC   DD    13.5    ;13.5 constante de retardo de tiempo
TCO     DW    0000H    ;Valor inicial del contador

```

```

;=====
;DATOS DE BANDERAS DEL RELEVADOR

```

```

BFT     DB    00H      ;Bandera de falla de rel de sobrecorriente
DISPAR  DB    00H      ;Banderas de disparo de los relevadores
TRFALLA DB    'B'

```

```

;=====
DATA     ENDS

```

```

FIN DEL SEGMENTO DE DATOS

```

```

;=====
PAGE

```

```

CSEG     SEGMENT PARA PUBLIC 'CODE'
         EXTRN CONFIRMA:PROC
         EXTRN RECONOCI:PROC
         EXTRN SERIAL:PROC

```

```

PROGRAMA PROC FAR

```

```

ASSUME CS:CSEG,DS:DATA,SS:STACK,ES:DATA

```

```

;-----INICIA SEGMENTO DE DATOS-----

```

```

push ds      ;Inicia también
mov ax,0     ;el segmento
push ax      ;extra para el
mov ax,DATA  ;manejo de
mov ds,ax    ;de cadenas
mov es,ax    ;cargando la dir. de DS en ES

```

```

;=====
INSTRUCCIONES DEL PROGRAMA PRINCIPAL
;=====

```

```

call CONDINIC ;Carga condiciones iniciales
INITABLA TIMER ;Carga en la tabla de vectores la
                ;Dirección de timer

```

```

;-----
;Calcula la ecuación del numerador para el retardo de tiempo

```

```

CALKFT KFT,INOM,CONSC,CONST2,KRELFT

```

```

mov DISPAR,0

```

```

LEEDATO : call SOBRECORRIENTE ;Prueba si esta en falla
          cmp DISPAR,0        ;Pregunta por la bandera de falla
          je LEEDATO          ;si no lee otro valor de corriente.
          LIMPTIMER 01h      ;Llega a borrar deshabilitando
          RESTABLA           ;Restablece tabla de vectores
          mov di,06h         ;PTO digital de entrada 06 o 07
          mov si,13          ;PTO digital de salida 13 o 14
          mov bl,04h         ;bit a leer y escribir
          ; call CONFIRMA    ;confirma el disparo

```

```

;-----DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA-----

```

```

call LETRERO_FALLA ;Esta parte cambia en cada rele

```

```

;-----TRANSMITE A LA CENTRAL MENSAJE DE FALLA-----

```

```

mov bl,TRFALLA ;Carga el código del rel que falló

```

```

; call SERIAL ;Llama a la subrutina de comunicación se

```

```

-----CONFIRMA RESTABLECIMIENTO DE LA FALLA-----
    call RESTABLEC          ; espera de restablecimiento
    mov dl,06h              ;PTO digital de entrada 06 o 07
    mov bl,04h              ;bit a leer y escribir
;    call RECONOCI          ; reconoce restablecimiento
    LEE_TECLA_CR            ;Lee tecla enter
    call REINICIAR         ;Despliega mensaje2
    LEE_TECLA_CR
    call Limp_Vid
    ret
;    jmp INICIO             ;salta a leer otro dato

***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
***** SUBROUTINAS *****

***** SUBROUTINA PARA PROBAR FALLA DEL RELE DE SOBRECORRIENTE *****
característica muy inversa
SOBRECORRIENTE PROC NEAR
    push ax
LEE_16_ANALG IREAL,BASE,01H,01H ;lee el corriente actual
    mov ax,IREAL             ;canal 7
    cmp ax,INOM              ;Pregunta por la corriente nominal
    jae SFALLA
    LIMPTIMER 01h           ;Llega a borrar deshabilitando
    mov BFT,0h              ;Limpia la bandera de falla
    JMP salir               ;Salta al final
-----
En caso de falla -----
FALLA:ONALARMAS mov al,BFT          ;carga bandera de falla
    cmp al,01h
    jz LEERTI                ;si esta en falla salta a finl
    CAL2TIMER KRELFT,IREAL,INOM,TCRFT ;calcula tcl para el timer1
    mov TCA1,0000h           ;Inicia contador de tiempo1
    INICTIMER 36h,40h,43h,21h,61500,00h ;Inicia canal 0 con 50 ms
    mov BFT,01h              ;Pone la bandera de falla
----- Pregunta si el timer cruza por cero-----
    LEERTI: CRUCEO OFFh,'C'    ;pregunta si el timer cruza por ce
    salir: pop ax              ;rescata registros alterados
    ret                       ;Regresa de la subrutina
SOBRECORRIENTE ENDP

***** SUBROUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0 *****
TIMER PROC FAR

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA "ESPERA SENAL DE RESTABLECIMIENTO" *****
ESTABLEC proc near

***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA EL MENSAJE "PULSE ENTER PARA REINICIAR" ***
REINICIAR proc near

```

```
***** SUBROUTINA QUE DESPLIEGA MENSAJE DE FALLA DEL RELEVADOR *****
RETRERO_FALLA      proc near
```

```
***** SUBROUTINA DE DESPLIEGUE CON CENTELLEO E INVERSION DE VIDEO *****
DespNombre      proc near
```

```
***** SUBROUTINA DE LIMPIAR PANTALLA *****
imp_Vid         proc near
```

```
***** SUBROUTINA DE UBICACION DEL CURSOR *****
ursor          proc near
```

```
***** SUBROUTINA DE DESPLEGAR MENSAJE *****
esmensaje      proc near
```

```
***** SUBROUTINA PARA INICIAR BANDERAS Y PTOS DIGITALES *****
CONDINIC      proc near
```

```
-----Inicia banderas-----
mov DISPAR,0h          ;Bandera de disparo igual a cero
mov BFT,0h            ;Bandera del rele de falla a tierra
mov ALARMAS,0h        ;Inicia estado de alarmas
-----Inicia ptos digitales de salida 13 y 14 a cero-----
mov dx,022dh          ;Carga dirección del pto 13
mov al,0ffh
out dx,al             ;Despliega 00 por el pto 13
mov dx,022eh
mov al,00h            ;Despliega 00 por el pto 14
out dx,al             ;Despliega 00 por el pto 14
ret
CONDINIC ENDP
```

```
***** FIN DE SUBROUTINAS *****
*****
```

```
; ret
```

```
PROGRAMA      ENDP
```

```
SEG          ENDS
```

```
END PROGRAMA
```

```
FIN DEL PROGRAMA DEL RELEVADOR DE FALLA DE TANQUE A TIERRA.
```

```
=====
```

***** MACROS *****

ENTRADAS: ***** Lee un puerto digital de la tarjeta CA/D *****

DBASE =Dirección Base de la tarjeta 0220h
PORTI=# del pto donde se va leer
BITS=# del dígito a leer

EE_DIG MACRO DBASE,PORTI,BITS

```
mov dx,DBASE
add dx,PORTI
in ax,dx
and ax,BITS
ENDM
```

***** Escribe BITS en un puerto o Salida digital 13 y 14 *****

ESCR_DIG MACRO DBASE,PORTO,BITS

```
mov dx,DBASE
add dx,PORTO
mov al,BITS
out dx,al
ENDM
```

***** Inicializa los timers de la tarjeta CA/D *****

timer MACRO modo,canal,valor

```
push bx
mov al,modo
mov dx,0223h
out dx,al
: de funcionamiento
:
mov dx,canal
mov bx,valor
mov al,bl
out dx,al
mov al,bh
out dx,al
: carga el msb del valor
:
out dx,al
pop bx
ENDM
```

***** Retardo de tiempo constante *****

ENTRADA: retardo en multiples de 50 mibsesg

SPERA

MACRO retardo LOCAL LEETIEMPO

```
push bx
timer 70h,021h,retardo
timer 0b4h,0222h,59660
pop bx
ESCR_DIG 0220h,S1,BL
push bx
: guarda registro bx
mov al,80h
mov dx,0223h
```

```

out dx,al
mov dx,0221h
in al,dx
mov bl,al
in al,dx
mov bh,al
cmp bx,retardo
jbe LEETIEMPO
ENDM

```



***** FIN DE MACROS *****

***** Procedimiento modular para confirmar falla *****
.MODEL SMALL

```

.CODE
PUBLIC confirma
confirma PROC
; ESPERA 0001H ;cambiar este retardo de tiempo
mov di,06
LEE_DIG 0220h,DI,80h ;Lee el bit 7 senal del int
cmp al,00h ;canal 6
jnz sigue
mov si,13
ESCR_DIG 0220h,si,80h ;Sí no abrió interruptor, bl != 0
mov bl,00h ;canal 13
sigue: nop ;No se necesita disparo
RET
confirma ENDP
END

```

***** FIN DEL PROCEDIMIENTO MODULAR *****

0.7 PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO

```
*****  
***** MACROS *****
```

```
***** Lee un puerto digital de la tarjeta CA/D
```

```
LEE_DIG MACRO DBASE,PORTI,BITS  
        mov     dx,DBASE  
        add     dx,PORTI  
        in      al,dx  
        and     al,BITS  
        ENDM
```

```
***** Escribir BITS en un puerto o Salida digital 13 y 14
```

```
ESCR_DIG MACRO DBASE,PORTO,BITS  
        mov     dx,DBASE  
        add     dx,PORTO  
        mov     al,BITS  
        out    dx,al  
        ENDM
```

```
***** FIN DE MACROS *****
```

```
***** Procedimiento modular para leer reconocimiento *****
```

```
        .MODEL  SMALL  
        PUBLIC  reconoci  
        .CODE
```

```
reconoci PROC NEAR  
leel:    LEE_DIG  0220H,DI,BL  
        cmp     al,00h  
        jz     leel  
        mov     dx,0220h  
        add     dx,di  
        in      al,dx  
        not    bl                ;niega bl  
        or     al,bl            ;pone un cero en el bit que traia bl  
        ESCR_DIG 0220H,SI,AL    ;apaga señal de disparo  
        RET  
reconoci ENDP  
        END
```

8 PROGRAMA DE TRANSMISION DE UN CARACTER A LA CENTRAL SUPERVISORA

Nombre: SERIAL.ASM
MODEL SMALL

***** MACROS *****

***** MACRO PARA TRANSMISION DE UN CARACTER POR MEDIO DEL 8250 *****

ENTRADA: Caracter a transmitir.

SALIDA: Caracter transmitido.

TRANSMIT MACRO CARACTER

LOCAL SIGUE

PUSH DX

;Salva registros alterados

SIGUE: MOV DX,3FDH

;Dir. del reg. de estado de línea

IN AL,DX

;Lee reg. de estado de línea en AL

TEST AL,20H

;Prueba si el registro de transmisión

JZ SIGUE

; está vacío

SI ESTA VACIO, ENTONCES EL 8250 ESTA LISTO PARA TRANSMITIR UN CARACTER -

MOV DX,3F8H

;Direcc. del reg. de transmisión.

MOV AL,CARACTER

;Transmite el caracter

OUT DX,AL

POP DX

;Rescata registros alterados.

ENDM

;Fin del macro

**** MACRO PARA RECIBIR UN CARACTER A TRAVES DEL 8250 ***

ENTRADA: Ninguna

SALIDA: Caracter recibido en BL

RECIBE MACRO

LOCAL SIGUE,PREGD

PUSH DX

;Salva registros alterados

SIGUE: MOV DX,3FDH

;Dir. del reg. de estado de línea.

IN AL,DX

;Lee reg. de estado de línea en AL

TEST AL,1EH

;Existe error en la recepción

JZ PREGD

;Si no existe error salta a leer

----- EN CASO DE HABER ERROR PIDE RE-TRANSMISION -----

----- Para esto 1. Limpia el reg. receptor de datos.

----- 2. Envía un caracter pidiendo re-transmisión

MOV DX,3F8H

;Direc. del reg. recep. de datos

IN AL,DX

;AL tiene el caracter incorrecto

TRANSMIT 'S'

;Envía 'S' para pedir re-transmisión

JMP SIGUE

;Salta a recibir otro caracter

---- SI NO HAY ERROR EN LA RECEPCION-----

REGD : TEST AL,01H ;Hay datos ?

JZ SIGUE

;No, entonces sigue

MOV DX,3F8H

;Direc. del reg. de recepción de datos.

IN AL,DX

;AL tiene el caracter recibido

AND AL,7FH

;Elimina el bit de mayor orden no valido

MOV BL,AL

;Carga en BL el caracter recibido

POP DX

ENDM

;Fin del macro

.DATA

ENVFALLA DB 00


```
MOV     AL,BL      ;Carga en AL el código recibido.  
CMP     AL,01H    ;Compara el código recibido con SOH  
JNZ     RTRANS
```

```
----- 3a. PARTE. RUTINA DE RECEPCION DE CODIGO -----  
          DE RESTABLECIMIENTO DE LA PROTECCION
```

```
RET  
SERIAL ENDP  
END
```

```
***** PROGRAMA PRINCIPAL *****  
*****
```