



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

INGENIERIA

IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA III

BIBLIOTECA CENTRAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N

JOSE LUIS ESTUDILLO GUZMAN

GERARDO VALDOVINOS PEREZ

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

PAGS.

INTRODUCCION 1

C A P I T U L O I

GENERALIDADES SOBRE RELEVADOR 3

1.1.- Función de los relevadores 4

1.2.- Clasificación de los relevadores 4

1.3.- Aplicación de los relevadores 7

1.4.- El principio de la protección por relevadores 10

1.5.- Características principales de los relevadores de protección . . 10

1.6.- Características importantes de los relevadores 12

1.7.- Filosofía elemental de la protección por relevadores 14

1.8.- Generalidades sobre relevadores de protección 19

1.9.- Clasificación de relevadores de protección refiriendonos a . . .
tiempo 20

1.10.- Operación de interruptores mediante relevadores 22

1.11.- Tiempo de apertura 23

1.12.- Diversos tipos de relevadores 25

1.12.1.- Relevador de solenoide 25

1.12.2.- Relevador de inducción 25

1.12.3.- Relevador direccional de sobrecorriente 27

1.12.4.- Relevador diferencial o de corriente equilibrada. 29

1.12.5.- Relevador de distancia 31

C A P I T U L O II

PROPOSICION DE PRACTICAS A DESARROLLAR 37

2.1.- Generalidades 37

2.2.- Tipos de sistemas de distribución 37

2.3.- Proposición de prácticas 39

2.3.1.- Protección de un sistema alimentado radialmente 39

2.3.2.- Protección de un sistema alimentado radialmente con líneas pa-
ralelas 42

| | |
|---|----|
| 2.3.3.- Protección de líneas paralelas con alimentación en ambos extremos | 45 |
| 2.6.4.- Protección diferencial de transformadores | 48 |
| 2.7.5.- Protección de un sistema en anillo | 49 |

C A P Í T U L O I I I

| | |
|--|----|
| SELECCION DEL EQUIPO | 51 |
| 3.1.- Sistema radial | 51 |
| 3.2.- Falla de fase a tierra al final de la línea | 53 |
| 3.3.- Falla de fase a tierra al principio de la línea | 56 |
| 3.4.- Falla de dos fases a tierra al final de la línea | 57 |
| 3.5.- Falla de dos fases a tierra al principio de la línea | 57 |
| 3.6.- Sistema radial con líneas paralelas | 58 |
| 3.7.- Falla de fase a tierra al final de la línea | 59 |
| 3.8.- Falla de fase al principio de la línea | 60 |
| 3.9.- Sistema en anillo | 60 |
| 3.10.- Falla de fase a tierra | 62 |

C A P Í T U L O I V

| | |
|--|----|
| DESCRIPCION DEL EQUIPO | 65 |
| 4.1.- Generalidades | 65 |
| 4.2.- Relevadores de sobrecorriente de tiempo. | 66 |
| 4.2.1.- Descripción | 66 |
| 4.2.2.- Aplicaciones | 67 |
| 4.2.3.- Construcción | 72 |
| 4.2.4.- Clasificaciones | 73 |
| 4.2.5.- Unidad Instantánea | 75 |
| 4.2.6.- Unidad de tablilla y cierre-entrada. | 76 |
| 4.2.7.- Contactos | 76 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.8.- Cargas | 76 |
| 4.3.- Relevador direccional de sobrecorriente a tierra | 78 |
| 4.3.1.- Descripción | 78 |
| 4.3.2.- Aplicaciones | 78 |
| 4.3.3.- Construcción | 93 |
| 4.3.4.- Capacidades | 93 |
| 4.3.5.- Unidades de tiempo sobrecorriente | 93 |
| 4.3.6.- Unidad instantánea de sobrecorriente | 95 |
| 4.3.7.- Unidad direccional | 95 |
| 4.3.8.- Unidad de sello | 98 |
| 4.3.9.- Contactos | 98 |
| 4.4.- Relevadores direccionales de sobrecorriente de fase a tierra con instantáneo | 99 |
| 4.4.1.- Descripción | 99 |
| 4.4.2.- Aplicación | 101 |
| 4.4.3.- Contactos | 102 |
| 4.5.- Relevador direccional de fase y tierra instantáneo direccio- nal | 102 |
| 4.5.1.- Aplicación | 102 |
| 4.5.2.- Características | 102 |

C A P I T U L O V

DISEÑO DEL TABLERO

| | |
|--|-----|
| 5.1.- Definición | 105 |
| 5.2.- Características constructiva | 105 |

C A P I T U L O VI

| | |
|--|-----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 109 |
| 6.1.- Generalidades | 109 |
| 6.2.- Verificación de las características del equipo | 109 |
| 6.3.- Inspección visual | 109 |
| 6.4.- Inspección mecánica | 110 |
| 6.5.- Requerimientos de energía en general | 110 |
| 6.6.- Unidad sobrecorriente | 111 |
| 6.7.- Recomendaciones sobre manejo y almacenamiento | 112 |

I N T R O D U C C I O N

Cuando se imparte una materia en el área de Ingeniería es necesario complementar los conocimientos teóricos impartidos con las prácticas del laboratorio.

Por eso es necesario la creación de laboratorios en donde el estudiante pueda, por medio de las prácticas reafirmar o aclarar aquellos conceptos.

Las prácticas que se llevan a cabo en los laboratorios no siempre están diseñadas de acuerdo con la teoría que se imparte en las aulas, una práctica mal diseñada no contribuye en nada a la comprensión de la teoría y por lo tanto no cumple con el fin para el cual fué creada.

El equipo empleado es también un factor importante; para efectuar una práctica correctamente; debe encontrarse en perfectas condiciones de funcionamiento y además debe ser el adecuado para la práctica que se deba efectuar.

El objetivo de este trabajo es implementar el laboratorio de sistemas eléctricos de potencia III, en la ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES, UNIDAD ARAGON.

Debido a que este centro de estudios tiene poco tiempo de haber abierto sus puertas al estudiantado, estos no cuentan con un laboratorio de sistemas eléctricos de potencia III para complementar la teoría que les es impartida.

Se pretende que este trabajo sea de gran ayuda desde el punto de vista pedagógico tanto para maestros como alumnos y en el se describirán las prácticas que deban efectuarse y se selec-

cionará el equipo adecuado, que conjuntamente con el equipo con que cuente el plantel debe ser suficiente para desarrollarlas.

Al final de este trabajo se hacen las recomendaciones pertinentes para el uso del equipo.

CAPITULO No. I

Generalidades sobre Relevadores.

Como un paso inicial en el desarrollo de este trabajo es necesario mencionar el objetivo de la materia, así como los principales temas que en ella se trata, de esta manera se tiene que la materia de Sistemas Eléctricos de Potencia III consiste primordialmente en analizar los equipos principales que se utilizan en el funcionamiento de los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica efectuar estudios en los sistemas en caso de fallas y también conocer el funcionamiento y los fundamentos del equipo de protección involucrado en dichos sistemas, tales objetivos se pueden visualizar a través del temario que a continuación se describe:

- a.- Cálculo de fallas.
- b.- Transformadores de instrumentos y filtros de secuencia.
- c.- Principios fundamentales de protección por relevadores.
- d.- Aplicación de los relevadores.

Como se podrá observar en el temario, los relevadores ocupan un lugar importante para su estudio debido a que es una de las formas principales de proteger a los sistemas eléctricos de potencia.

A continuación se describen algunas de las características más importantes de los relevadores.

1.1 Función de los relevadores.

La función principal de los relevadores usados para protección es determinar lo más pronto posible la existencia de una condición de operación anormal en el sistema, por lo que la mayoría de los relevadores opera en más o menos un ciclo de la frecuencia del sistema (0.017 seg. a 60 Hz.) por lo que pueden enviar la señal de disparo a los interruptores correspondientes ésta función difícilmente podría ser realizada por un operador humano en forma tan confiable, rápida y económica.

Los relevadores no solo deben operar en forma rápida, también deben ser precisos en su operación, en decir dentro de sus diferentes niveles de sofisticación deben estar en posibilidad de distinguir entre cortos circuitos y algunas otras anomalías como: ondas de corriente momentáneas debidas a arranque de motores, picos de carga o corrientes magnetizantes.

Los relevadores deben ser selectivos en su operación es decir, que solo deben aislar aquellas partes del sistema que así se requiera, minimizando el número de elementos que se desconectan de la red estando a veces en posibilidad de indicar la causa posible de la falla ocurrida.

1.2 Clasificación de relevadores.

Existen diferentes tipos de relevadores usados en la protección de los sistemas de potencia normalmente accionados, por la señal eléctrica y eventualmente por algún tipo de elemento como -- son los relevadores accionados por presión o temperatura, en particular para los sistemas de potencia se emplean relevadores accionados eléctricamente.

Los relevadores se pueden clasificar de acuerdo a diferentes formas.

a). De acuerdo a la naturaleza de la cantidad actuante a la cual el relevador responde:

De corriente, voltaje, reactancia, impedancia, frecuencia y la dirección de estos responde a una señal específica.

b). De acuerdo al método por el cual el relevador actúa sobre el interruptor, pueden ser de acción directa cuyos elementos actúan directamente en forma mecánica para operar al interruptor y de acción indirecta cuyo elemento de control actúa sobre una fuente auxiliar para operar al interruptor.

c). De acuerdo a la función del esquema de protección -- los relevadores se pueden clasificar como principales y auxiliares.

d). De acuerdo a la conexión de sus elementos de detección los relevadores primarios son aquellos cuyos elementos de detección se conectan directamente en el circuito o elementos que protegen y relevadores secundarios aquellos que se conectan a través de transformadores de potencial o de corriente. En la protección de sistemas eléctricos de potencia de alta tensión normalmente se emplean relevadores secundarios debido a que se conectan a través de transformadores de potencial o corriente.

Desde el punto de vista muy general los relevadores eléctricos se pueden clasificar en dos categorías.

Relevadores electromagnéticos y Relevadores estáticos.

Los relevadores electromagnéticos pueden ser a su vez de dos tipos:

a). Tipo de armadura atraída.

b). Tipo inducción.

a) Tipo de armadura atraída. (Ver figura No. 1 A y B)

Estos relevadores incluyen una armadura fija, un brazo móvil y elemento de sujeción, estos comprenden al tipo más simple - ya que responde atanto a señales de corriente alterna (C.A.) como de corriente directa (C.D.).

Este tipo de relevadores opera bajo el principio de que - una fuerza electromagnética se produce por un flujo, magnético, que se produce por la cantidad actuante, La fuerza electromagnética que se ejerce sobre el elemento móvil del relevador es proporcional al cuadro del flujo en el entrehierro, es decir el cuadro de la corriente que circula por la bobina.

En relevadores que operan con C.D. esta fuerza se constante y si excede a la fuerza de atracción el relevador opera en forma confiable, en los relevadores accionados por C.A. la fuerza está dada por la expresión:

$$\begin{aligned} F &= KI^2 \\ &= K (I \text{ máz. sen } wt)^2 \\ &= 1/2 K (I^2_{\text{max}} - I^2_{\text{max}} \cos 2 wt) \end{aligned}$$

Que significa que la fuerza electromagnética consiste en dos componentes, una componente independiente del tiempo - - - - ($1/2 K I^2_{\text{max}}$) y la otra dependiente del tiempo que oscila a doble frecuencia ($1/2 K I^2_{\text{max}} \cos 2 wt$).

b) Relevadores de inducción.

En estos relevadores el par se produce cuando un flujo alterno reacciona con otra corriente inducida en el rotor por otro

flujo alterno desplazado en el tiempo y el espacio pero de igual frecuencia. Este tipo de relevadores es muy usado en los esquemas que usan alimentación en C.A. para el circuito de control.

Los relevadores de inducción dan la posibilidad de ajustar su velocidad de acción y se pueden obtener diferentes formas - de curvas tiempo-corriente, dependiendo de si el rotor es de disco o de copa, se conoce como relevador de disco de inducción o relevador tipo copa los tipos más comunes de estos relevadores se conocen como de polos sombreados o de tipo wattmetro.

En el relevador de polos sombreados el flujo principal se divide en dos flujos defasados en el tiempo y el espacio con el - auxilio de un anillo de sombra.

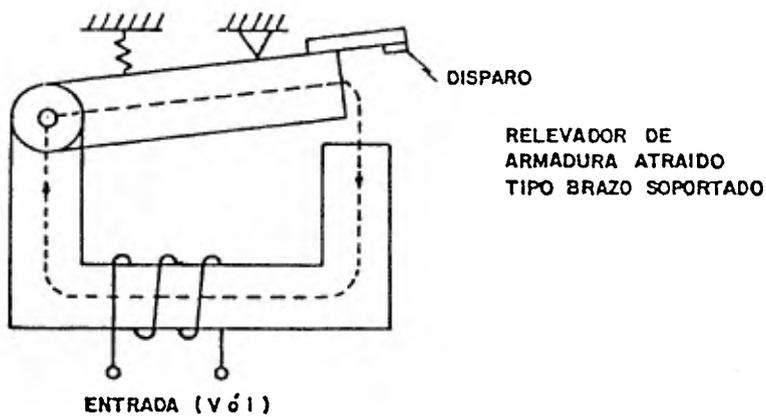
En el relevador tipo wattmetro hay dos sistemas magnéticos obteniéndose un desplazamiento entre ellos poniendo diferentes valores de resistencia o inductancias entre ellos o energizando cada circuito por fuentes separadas cuyas salidas se encuentran defasados, en este tipo de relevadores se pueden tener muchas variantes de construcción. (Ver fig. Nos. 2 A, B y C)

1.3 Aplicación de relevadores.

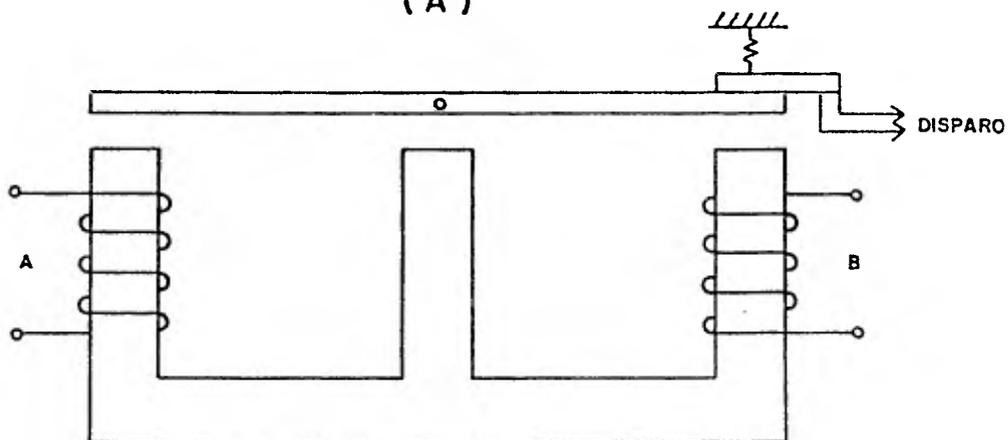
La aplicación de un relevador en particular se decide por sus características y otros factores como su precisión tiempos de operación, carga, método de ajuste, etc. y sobre todo que el relevador se encuentra disponible.

En general se espera que el relevador ejecute una acción y "sienta" la diferencia entre las condiciones de no falla y de falla, enviando la señal cuando ocurre una falla.

FIGURA No. 1



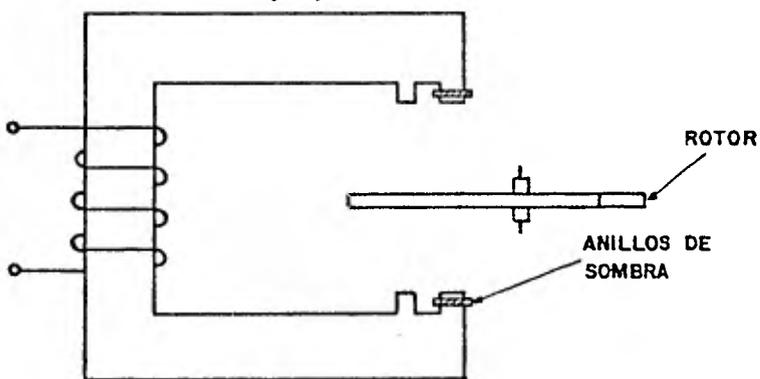
(A)



TIPO EJE BALANCEADO

(B)

FIGURA No. 2

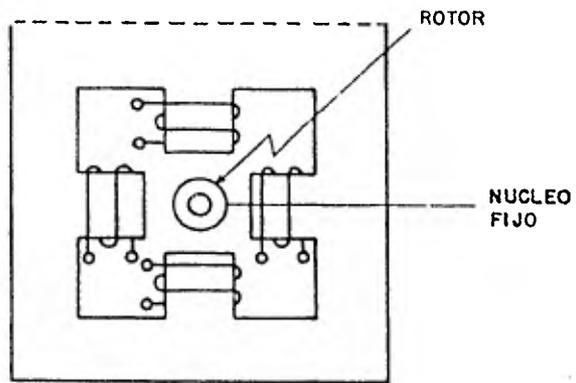


RELEVADOR DE INDUCCION TIPO
POLOS SOMBREADOS

(A)

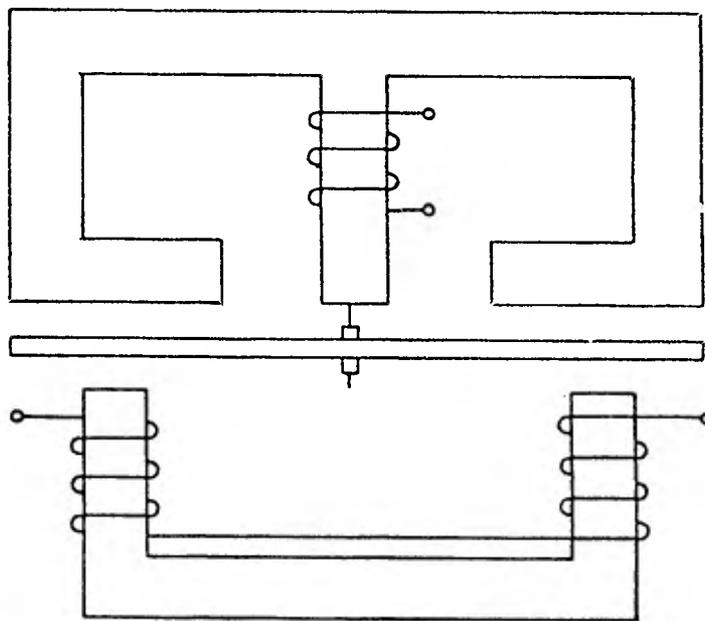
FIGURA No. 2

(B)



RELEVADOR DE INDUCCION TIPO COPA

(C)



RELEVADOR DE INDUCCION TIPO WATTMETRO

1.4 El principio de la protección por relevadores

Un sistema de protección por relevadores puede clasificarse en varios subsistemas, uno de estos es el llamado sistema primario que representa lo que se puede denominar como la primer línea de defensa contra las fallas en el sistema de potencia.

Este sistema primario de protección se puede representar como un conjunto de zonas traslapadas de protección que encierra completamente al sistema de potencia, por lo general estas zonas de traslape encierran o incluyen a los interruptores, dado que estos son los que separan al sistema de potencia en segmentos.

1.5 Características principales de los relevadores de -- protección

Se ha hecho un bosquejo general de las principales características que debe tener un sistema de protección por relevadores, mismas que en lo particular deben satisfacer los relevadores mismo y que en forma bastante descriptiva son las siguientes.

1) Sensitividad

Esta es una de las características más importantes que debe tener un relevador y se refiere a una cierta cantidad de "carga" que se debe suministrar del transformador de instrumento que lo alimenta para que el relevador opere, los relevadores más sensitivos requieren de menor carga por alimentar y por lo tanto --- transformadores de instrumento más pequeño y consecuentemente más baratos.

2) Selectividad

Esta es otra característica importante de los relevadores y consiste en su capacidad para determinar con gran precisión el nivel de corriente para el cual debe ocurrir la señal de disparo-

o bien la distancia para una falla remota o lejana al relevador, a la cual una línea se debe sacar de servicio, conceptos como estos dan un índice de la selectividad de un relevador.

La selectividad es un concepto que en cierto modo está seccionado con la velocidad de operación de los relevadores, ya que si bien es cierto que para fallas en bases (barras), fallas en líneas de transmisión de alta tensión o fallas en motores y generadores se desea que la protección opere tan rápido como sea posible.

3) Confiabilidad.

Esta es una característica del relevador que se debe considerar siempre y se refiere a su característica de protección específica.

1.6 Características importantes de los relevadores

Dado que los relevadores constituyen el principal elemento de protección en los sistemas eléctricos, deben cumplir con -- ciertas exigencias funcionales entre las que se pueden mencionar las siguientes:

1.- El relevador debe ser insensible a las sobretensiones momentáneas y también a la sobrecargas momentáneas.

2.- El relevador no debe alterar su operación por variaciones en la tensión y en la corriente.

3.- El consumo propio de potencia del relevador debe ser tan bajo como sea posible.

4.- Su funcionamiento no debe ser alterado por cambios en la configuración de la red considerados como normales como son: conexión y desconexión de cargas, entrada y salida de líneas, etc.

5.- El relevador debe operar cualquiera que sea la naturaleza y situación de la falla para la cual ha sido seleccionado.

Las magnitudes a las que los relevadores de protección son sensibles para detectar la presencia de fallas son por general las siguientes:

Aumento en la intensidad de la corriente.

Caida de tensión

Disminución en la impedancia aparente.

Inversión en el sentido de la potencia

Comparación en la magnitud de la corriente de entrada y salida o bien comparación de la fase.

De acuerdo a la magnitud eléctrica que miden o controlan los relevadores se pueden clasificar genéricamente como:

Relevadores de corriente.

Relevadores de voltaje

Relevadores de cociente (impedancia V/I o admitancia I/V).

Relevadores de frecuencia.

Relevadores diferenciales

Relevadores de producto (Potencia= VI)

Relevadores de corriente. Estos relevadores actúan por la acción de la intensidad de la corriente que circula a través de ellos razón por la que también se conocen como relevadores del tipo ampérmetro y pueden ser de máxima corriente en cuyo caso operan cuando la corriente del elemento protegido excede a un cierto valor previamente establecido o de mínima corriente que operan -- cuando el valor de la corriente en el sistema protegido se encuentra debajo de un cierto valor también previamente establecido.

Relevadores de voltaje. Este tipo de relevadores opera bajo el principio del voltmetro y actúan por la acción del voltaje al cual se ven sometidos son de máxima tensión cuando operan al alcanzar la tensión un valor superior al previamente fijado y de mínima tensión cuando operan si la tensión se encuentra debajo de un valor previamente fijado.

Relevadores de cociente. Este tipo de relevadores opera cuando el cociente de dos magnitudes eléctricas (por lo general - voltaje y corriente) llega a cierto valor previamente fijado, a este tipo corresponden los denominados relevadores de mínima im-

pedañcia que actúa cuando la impedancia del relevador dada por la relación $Z = V/I$ se encuentra por debajo de un valor prefijado.

Relevadores de frecuencia. Estos relevadores operan cuando el valor de frecuencia en el sistema al cual se encuentran conectados varía con relación a una cantidad previamente establecida, dada la característica operativa de estos relevadores por lo general son de tipo inducción.

Relevadores diferenciales. Este tipo de relevadores opera como su nombre lo indica, cuando la diferencia entre dos o más cantidades eléctricas del mismo tipo (dos corrientes, dos voltajes etc.) excede a un valor previamente fijado.

Relevadores de producto. Estos relevadores actúan bajo la acción del producto de dos cantidades eléctricas generalmente, voltaje y corriente, por lo que se conocen también como relevadores tipo wattmetro.

1.7 Filosofía elemental de la protección por relevadores.

El propósito de este párrafo es familiarizar al lector -- con algunos de los conceptos, filosofía, definiciones y práctica general de la protección por relevadores usados en los sistemas eléctricos.

La protección por relevadores incluye entonces a los propios relevadores, los dispositivos de detección y los circuitos de control en corriente directa. Para tratar de explicar la función propia de los relevadores se hará referencia a la figura siguiente en donde, cuando una falla eléctrica se presenta la corriente circulará a través de las subestaciones A y B desde todas las fuentes del sistema eléctrico de potencia. Al mismo tiempo -

los voltajes de las fases falladas en la subestación decrecen. Estas cantidades cambiantes serán detectadas por los relevadores -- por medio de los transformadores de corriente y potencial originando que los relevadores cierren sus contactos. El cierre de los contactos causará un flujo de la corriente directa hacia la bobina de disparo del interruptor. La apertura de los interruptores en A y B liberará la falla protegiendo al equipo de daños probables y previniendo futuras interrupciones y fallas mayores en el sistema.

El ejemplo anterior también sirve para ilustrar el propósito de la protección por relevadores. El propósito en realidad es simple: Reconocer o detectar una condición anormal en el sistema e iniciar la acción necesaria para corregir y minimizar sus efectos sobre el sistema de potencia.

Una función secundaria de los relevadores de protección es para auxiliar en la determinación de la localización y tipo de falla que ha ocurrido en el sistema, por ejemplo si opera la protección diferencial del transformador en A para disparar los interruptores apropiados, una inspección inmediata de los transformadores se puede iniciar poniendo especial atención a los devanados de fase en A. Ver figura No. 3

Dispositivos de protección contra las fallas.

Se puede afirmar que muchas de las fallas que se presentan en las instalaciones eléctricas son prácticamente inevitables, no solo desde un punto de vista técnico, también económicamente, las soluciones que se adaptarán resultarían prohibitivas desde el punto de vista económico razón por la que es necesario considerar

que no es posible evitar con certeza la presencia de fallas por lo que para evitar en lo posible las fallas y disminuir sus efectos es necesario disponer de los dispositivos de protección apropiados.

En general cualquier dispositivo de protección a base de relevadores consta de los elementos que se indican a continuación.

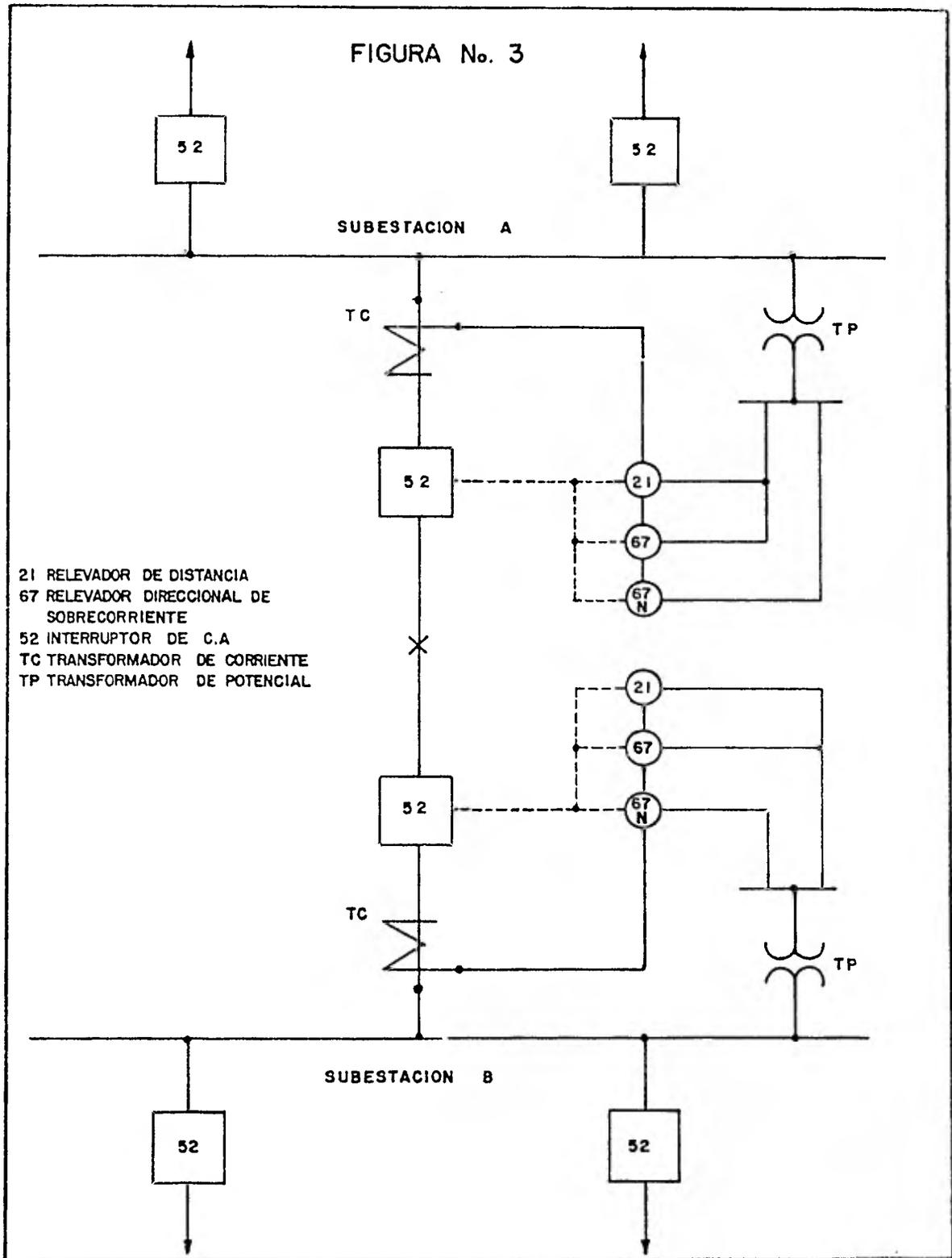
Elemento primario. Este elemento es por lo general el que detecta las señales procedentes de la falla (corriente, voltaje, etc.) y las convierte en valores aptos para alimentar al relevador de protección es decir una baja tensión y una potencia por lo general también baja, por lo general estos elementos primarios están constituidos por transformadores de corriente los cuales además constituyen el medio de aislamiento eléctrico entre las partes de alta tensión y de baja tensión de la instalación eléctrica.

Relevador de Protección. El relevador de protección constituye de hecho el elemento principal de los dispositivos de protección contra fallas y es por decirlo así el "alma" de cualquier esquema de protección, su principio de operación y principales características constructivas se describen en otro capítulo pero a grandes rasgos se puede decir que cualquiera que sea el tipo de relevador de que se trate, funcionalmente está constituido por: Un organo de conversión que es el encargado de convertir las señales de entrada procedentes del elemento primario, con frecuencia este elemento físicamente no existe y el relevador usa directamente la señal proveniente del elemento primario; un organo de medida que constituye de hecho la parte más importante del relevador ya que aquí se miden las señales procedentes de los otros organos y se -

decide de acuerdo con el valor de la medida cuanto entra en función el dispositivo de protección. El organo de salida que representa el elemento intermedio entre el dispositivo de protección - propiamente dicho y los elementos que son accionados por este dispositivo, por lo general este organo amplifica la señal del organo de medida, estos organos de salida pueden ser amplificadores - para el caso de relevadores electrónicos o bien contactores en el caso de relevadores electromagnéticos.

Elemento accionado. El elemento accionado está constituido por lo general por aquel elemento al cual llega la señal -- del relevador y es por lo general la bobina de disparo de los interruptores.

FIGURA No. 3



1.3 Generalidades sobre relevadores de protección

La función de un relevador de protección, hablando en general, es evitar interrupciones y prevenir o limitar daños en sistema de transmisión o máquinas eléctricas.

El relevador es un dispositivo actuando por variaciones - en sus condiciones eléctricas o físicas, que a su vez acciona sobre otros elementos de un circuito eléctrico.

La forma en que actúa un relevador, para lograr evitar daños mayores en el elemento del circuito en que se localiza la falla, es aislarlo del resto del sistema produciendo las mínimas alteraciones posibles en el circuito. Ordinariamente, el relevador opera sobre un interruptor, que no posee en si mismo medios para determinar cuando debe cerrarse o abrirse para protección del servicio.

Los principios en que se basa el funcionamiento de los relevadores de protección son:

1°) Corriente: La corriente en la sección defectuosa del circuito es usualmente mayor que en las otras ramas.

2°) Tiempo: Los relevadores localizados cerca de la fuente de energía, pueden ser ajustados, para operar un cierto tiempo después de ocurrir una falla distante de ellos, permitiendo así la operación de relevadores mas cercanos a la falla, Este tiempo puede ser de fracción de segundos y rara vez es mayor de dos segundos.

3°) Distancia: El voltaje menor se localiza en la falla: por lo que una medición simultánea de voltaje y corriente permitirá la determinación de la distancia a la falla.

4°) Dirección: El flujo de energía al ocurrir una falla,

es siempre hacia ésta, por lo que si se usa un relevador capaz de determinar, la dirección del flujo de energía, puede ayudar a la localización del punto de falla.

5°) Corriente equilibrada: En el caso de líneas paralelas se puede usar un relevador que compare corriente entre ellas. Si ocurre una falla en alguna de las líneas el relevador indica a -- cual es la defectuosa.

6°) Comparación de la dirección de corrientes: Generalmente al ocurrir una falla la corriente circulará con dirección al punto de falla por ambos lados, por lo que si tenemos relevadores en ambos lados de la línea, conectados y ajustados para efectuar una comparación mediante una conexión piloto a lo largo de la línea, se podrá determinar en forma inmediata la situación de la falla. La conexión piloto puede efectuarse con hilos pilotos entre las estaciones o mediante una corriente portadora de alta frecuencia sobrepuesta sobre la línea misma.

7°) Diferencias de corriente: de acuerdo con la ley de -- Kirchoff la corriente que entra en un dispositivo eléctrico debe salir de él en la misma magnitud. Por lo que, de existir una diferencia entre las corriente de entrada y de salida independientemente de las pérdidas, indicará la existencia de una falla en el equipo. Entonces si comparamos las corrientes de entrada y salida, la diferencia la podremos usar como señal en un relevador.

1.9 Clasificación de relevadores de protección refiriendo nos a tiempo.

Antiguamente los relevadores no eran de operación muy rápida puesto que los interruptores tampoco lo eran, pero al avanzar la técnica obteniendo interruptores de mayor velocidad y con la na

tural expansión e interconexión de los sistemas modernos, han aumentado los problemas de estabilidad, lo que ha obligado a mejorar las velocidades de operación de los relevadores.

De aquí que se clasifiquen en dos tipos; de alta velocidad y de baja velocidad.

Los relevadores de velocidad baja, son de uso muy común -- cuando la característica velocidad no es muy importante y por la magnitud que produce su acción pueden ser: de corriente, voltaje, direccionales de corriente, diferenciales de corriente, de medición de distancia, pilotos, de potencia, de temperatura, de fase, de frecuencia, etc.

En cuanto a los de alta velocidad, que son en realidad -- los más usados actualmente en la protección de sistemas de transmisión, conviene que aclaremos un poco más aplicación.

La velocidad de operación de estos relevadores es del orden de 0.008 a 0.0.17 segundos en condiciones favorables, en condiciones desfavorables operan en un tiempo de 2 a 3 ciclos.

El objeto de usar estos relevadores, es eliminar tan rápido como sea posible una falla para evitar daños al equipo, o que las máquinas se salgan de sincronía. Una ventaja adicional obtenida con el uso de relevadores de alta velocidad es que se reduce -- hasta casi ser despreciable el deterioro de los conductores y los daños graves en líneas de transmisión casi se eliminan.

Los Tipos más comunes en uso son:

1. Relevadores de corriente
2. Relevadores de voltaje
3. Relevadores direccionales de corriente.
4. Relevadores diferenciales de corriente.
5. Relevadores de corriente equilibrada.

6. Relevadores de medición de distancia

7. Relevador piloto.

1.10. Operación, de interruptores mediante relevadores.

La generalidad de los interruptores de gran tamaño se operan eléctricamente mediante bobinas que cierran circuito o lo abren con un mecanismo de gatillo que suelta un resorte. El control se obtiene con un interruptor auxiliar que energiza la bobina de cierre o disparo. La función de los relevadores de protección es efectuar el disparo al cerrar el circuito de la bobina respectiva.

Es conveniente hacer un paréntesis para aclarar algunos -- términos que se usan para designar a ciertos tipos de relevadores:

Relevador Auxiliar. Relevador que actúa con su apertura o cierre, para cooperar con otro relevador en el logro de sus funciones.

Relevador de control. Relevador cuya función es iniciar o permitir la operación siguiente en un circuito de control.

Relevador regulador. Relevador cuya labor es mantener -- una magnitud dentro de ciertos límites y que en caso de variación de ésta magnitud, actúa sobre equipo suplementario para restablecer la magnitud dentro de los límites prefijados.

Continuando, veamos un circuito típico de conexión entre interruptores y relevadores en la figura No. 4, un cierto número de elementos mecánicos y eléctricos aparecen en la figura, la función de éstos es:

1. Abrir el circuito de disparo en el exterior del relevador, puesto que los contactos propios del relevador no están

diseñados para manejar la corriente requerida por el circuito de disparo.

2. Operar las luces de señales que indican si el interruptor está abierto (verde) o cerrado (rojo)

3. Mantener el circuito abierto cuando ha operado algunos de los relevadores aunque trate de ser cerrado. Esta condición puede tenerse mediante un mecanismo en el interruptor o por circuitos interconectados mediante un relevador auxiliar y en ocasiones por ambos sistemas para mayor seguridad.

Lo ideal es lograr éstas condiciones con un mínimo de conexiones entre el tablero de control y el interruptor.

Por lo que se refiere a la energía necesaria para la operación del circuito de control, sabemos que en la actualidad, la mayoría de los sistemas operan con 125 volts de corriente directa, con tendencia a usar 250 volts. Generalmente se obtiene la energía de un banco de baterías que a su vez se mantiene en flotación con un pequeño grupo moto-generador.

1.11. Tiempo de Apertura

En muchas ocasiones es de vital importancia el tiempo que transcurre desde el momento en que el relevador abre sus contactos hasta el momento en que el circuito controlado ha quedado abierto, este tiempo depende tanto del tamaño del interruptor por abrir, como de su ajuste mecánico.

La mayor parte del tiempo requerido, se debe al tiempo necesario para energizar la bobina de disparo y vencer la inercia de las partes móviles del interruptor.

En realidad el tiempo siempre se tiene de las especificaciones del fabricante del interruptor, y es un factor importante en la selección de éste.

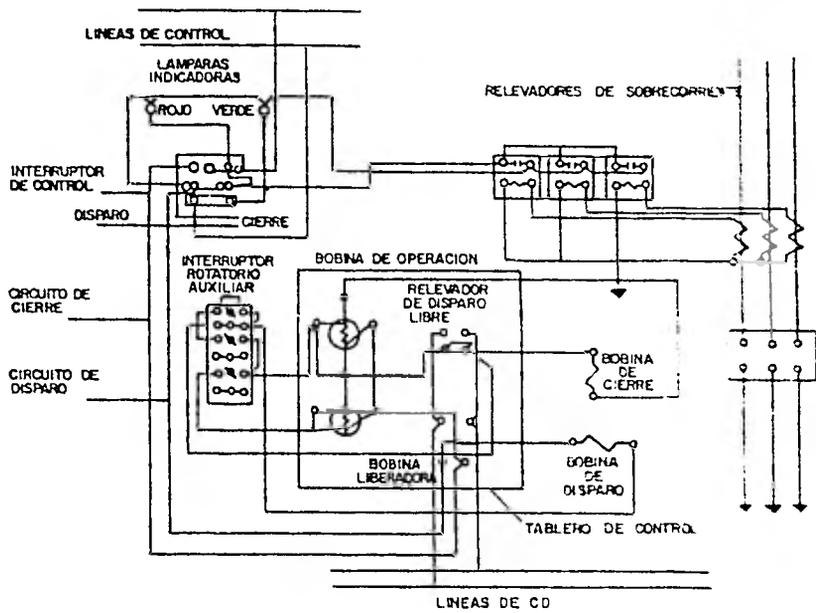


FIG. No. 4

DIAGRAMA DE CONTROL DE UN INTERRUPTOR

1.12 Diversos tipos de relevadores

1.12.1 Relevador de solenoide. Es el tipo más simple y consiste en una bobina con núcleo móvil. Se usa cuando se requiere -- una operación instantánea para un cierto valor de corriente o -- voltaje, valor que depende del ajuste inicial del núcleo con respecto a la bobina.

Cuando se energiza la bobina con el valor de ajuste, se levanta el núcleo y cierra los contactos del circuito de disparo. El ajuste se lleva a cabo con el tornillo que para esa fin tiene el relevador.

En general, operan en una gama de valores de 1 a 4.

Otro sistema de calibración para ese tipo de relevador, es cambiar el peso del elemento móvil. En este caso el núcleo -- tiene una posición inicial permanente con respecto a la bobina.

Al desplazarse el elemento móvil hacia el interior del solenoide cierra o abre el circuito, en función del arreglo que tengan los contactos.

Una vez en la posición de operación, el núcleo móvil queda situado muy próximo al núcleo estacionario, y entonces será menor la corriente necesaria para mantenerlo en posición. Esto significa que el valor de la corriente al cual el relevador volverá a su posición inicial, es menor que la necesaria para que se levante el núcleo móvil, circunstancia que deberá ser tomada en cuenta en el uso del relevador. (ver figura No. 5)

Se pueden tener relevadores de éste tipo para operar por sobrecorriente o baja corriente, y sobre voltaje o bajo voltaje.

1.12.2 Relevador de Inducción:

Es el tipo más comúnmente usado en protección. Funciona

Por el mismo principio de los watt-hourímetros y cuando se aplica a la construcción de relevadores se pueden tener muchas variedades en cuanto a características de tiempo de operación, en función - de pequeñas diferencias en diseños eléctricos y mecánico.

Los elementos que constituyen el relevador de inducción pueden verse en forma elemental en la figura No. 6

Se trata de un disco montado sobre un eje que gira contra la acción de un resorte. El contacto móvil queda fijo al eje del disco.

El par que produce el giro del disco, es provocado por un electroimán en la dirección que marca la flecha. El imán amortiguador produce un efecto de freno, cuando el disco se empieza a mover, es un factor importante para obtener la característica de tiempo deseado. La escala de tiempo marca la posición inicial del contacto móvil, y su calibración de el tiempo necesario para que el relevador cierre el circuito de disparo.

En la figura No. 6, tenemos un circuito magnético de un relevador.

Podemos ver que el polo inferior tiene 2 arrollamientos. El arrollamiento principal se conecta al exterior y el otro queda conectado en serie con las bobinas de los polos superiores. - Al circular una corriente en la bobina principal se induce un -- voltaje en la bobina secundaria y circulará corriente en los arrollamientos de los polos superiores. Esta corriente estará atrasado con respecto a la corriente de polo inferior, produciendo un flujo defasado con relación al flujo inferior. Entonces - se producirán corriente de Eddy en el disco que reaccionan con los flujos para producir el par. Podemos ver ésto en el diagrama

vectorial.

La corriente en el polo principal del relevador se presenta por el vector I_m . la corriente I_m produce un flujo F_m en el polo principal. El voltaje es inducido en el embobinado auxiliar, - produce una corriente I_s que circula en las bobinas superiores a su vez I_s produce el flujo F_s en los polos superiores del circuito. Como resultado de estos flujos tendremos los voltajes E_{dI} y E_{dU} respectivamente en el disco. A consecuencia de estos últimos circularán las corrientes I_{dI} e I_{dU} también en el disco.

Entonces la corriente I_{dI} reacciona con F_s y la corriente I_{dU} con F_m para producir el par que origina el movimiento.

Un relevador construido de acuerdo con estos principios, tendrá una curva de tiempo inverso, lo que significa que el relevador operará lentamente para pequeños valores de corriente. pero al aumentar la corriente el tiempo de operación disminuirá. Sin embargo, hay un límite para la velocidad de giro del disco, debido a la acción del imán amortiguador y al hecho de que cuando más rápido gire el disco, más se aproximará a su velocidad de sincronismo. De aquí que llegará un momento, en que a pesar del incremento de corriente la curva de tiempo del relevador tenderá a adquirir un valor constante.

1.12.3 Relevador direccional de sobrecorriente, (figura 7)

En la figura, podemos observar que para lograr la función protección contra sobrecorriente y simultáneamente obtener que el relevador provoque el disparo en caso de tener energía circulando en sentido contrario a una predeterminado, se usan dos elementos - para construir el relevador; un elemento que detecta la falla y un elemento direccional con sus contactos en tal forma co-

nectados, que solo opera al circular corriente en dirección a la falla.

Hay dos modos de obtener la operación direccional con relevadores de dos elementos. El primero es conectando los contactos del elemento de sobrecorriente en serie con los del elemento direccional. El segundo consiste en supeditar la operación del elemento de sobrecorriente al cierre de los contactos del elemento direccional, éste se denomina "control direccional". (ver figura).

Se apreciará en la figura que los contactos del elemento direccional cierran el circuito formado por la bobina auxiliar del polo principal y las bobinas de los polos superiores lo que indica que el elemento de sobrecorriente operará solo cuando haya operado el direccional.

El funcionamiento del elemento direccional es esencialmente, el de un wattmetro que cierra unos contactos normalmente abiertos mediante un resorte espiral. Este elemento direccional siempre está diseñado para tener la máxima sensibilidad, para garantizar una operación efectiva a pesar del amplia gama de voltaje y corrientes que se sucitan al ocurrir una falla.

A pesar de ser necesaria la operación de ambos elementos el disparo en realidad, es producido por el elemnto de sobrecorriente, que puede ser de contactos dobles o sencillos en función de que deba operar uno o dos interruptores.

Con la disposición mostrada en la figura, se tiene que el elemento de sobrecorriente operará hasta que se manifieste un inversión en la dirección de corriente y un aumento tal en su magnitud que sobre pase el valor a que se ha calibrado.

Con esto se tiene una seguridad en los casos en que aparece una inversión en el sentido de la corriente al reconectar cuando se ha suprimido una falla en el circuito, que ocurrió en un punto en que no esta indicada su operación.

El circuito magnético del elemento direccional es muy si milar al de sobrecorriente pero usualmente el polo principal recibe voltajes en tanto que los polos superiores reciben corriente.

1.12.4. Relevador diferencial o de corriente equilibrada (Fig.8)

Este relevador puede denominarse en ambas formas, en fun ción del uso que se le dé. Es convención denominarlo diferencial cuando hace una comparación entre corriente que entran y salen - de un elemento del mismo circuito, y se denomina de corriente e- quibrada cuando la comparación de corriente es entre dos líneas o circuito diferente.

Cuando se trata de líneas paralelas, si una de ellas su- friera una falla, circulará una corriente mayor por la línea de- fectuosa, mientras que en condiciones normales en ambas líneas - circularán corrientes iguales. En este principio se basa el fun- cionamiento del relevador de corriente equilibrada que aparece en la figura No. 8 consiste en dos juegos de bobinas, en un mis- mo circuito magnético

La corriente de una línea se hace circular en la primera bobina y la corriente de la otra línea en la segunda bobina. Los pares producidos en el elemento móvil del relevador están en opo sición y en tanto las corrientes sean iguales, no habrá movimien- to en el relevador.

Cuando una falla produce desequilibrio en las corrientes

habrá un par resultante proporcional a la diferencia de corrientes. El elemento móvil girará en una u otra dirección en función de la línea que tenga la falla y como el relevador tiene contactos de doble tiro, seleccionará la línea defectuosa.

Trataremos ahora el aspecto de protección diferencial.

La protección diferencial por su sensibilidad y selectividad, es la forma más común de protección de equipo eléctrico. En un generador como ejemplo, cuando los embobinados están en perfectas condiciones la corriente circulante por un extremo es igual a la que sale por el otro extremo en caso de una falla interna. habrá una diferencia en éstas corrientes.

Por consiguiente, si instalamos transformadores de corriente en ambos extremos de los embobinados, y conectamos un relevador en paralelo con los secundarios, capaz de medir el desequilibrio de las corrientes, podemos detectar fallas internas.

La forma precisa de obtener ésta protección, es el uso de un relevador diferencial que opere con el porcentaje de desequilibrio de corrientes, para tener una sensibilidad grande y evitar operaciones falsas por causa de corto circuito exterior a la máquina.

Este relevador consta de una bobina de operación energizada por la diferencia de corrientes y dos bobinas limitadoras energizadas por las corrientes individualmente, arrolladas en la pierna izquierda del circuito magnético, que producen un par de apertura proporcional a la suma de las corrientes de entrada y salida. En la otra pierna está la bobina diferencial que produce un par de cierre proporcional a la diferencia de corrientes. Si el relevador está constituido para operar con un 10% de dife-

rencia de corriente, la bobina diferencial tiene diez veces más vueltas que las bobinas limitadoras, y la diferencia de corriente tendrá que ser al menos 10% para que opere el relevador. El relevador tiene conexiones intermedias para diversos % de operación.

Las bobinas están arrolladas de tal modo que cuando el flujo producido por la bobina de operación es igual al producido por las bobinas limitadoras, circulan por la trayectoria exterior del circuito magnético sin pasar por el disco. El arrollamiento que produce el mayor flujo hará circular la diferencia por el núcleo central y los polos superiores. El flujo defasado necesario para tener par en el disco, es producido por las dos bobinas auxiliares conectadas en paralelo para producir flujo en los polos superiores.

1.12.5.- Relevador de distancia

Es un tipo de relevador de protección, cuya operación depende de la distancia que existe entre el relevador y el punto de falla.

Cuando se tiene un sistema de transmisión constituido -- por un número grande de componentes, el problema de tener un sistema de relevadores que tenga selectividad y al mismo tiempo sea de operación rápida, se complica a la par que aumentan los componentes del sistema. Esto es particularmente cierto en líneas de transmisión radiales de una planta generadora, ya que el uso de relevadores de sobrecorriente de tiempo para obtener selectividad introduce la inconveniencia de que los relevadores más próximos a los generadores punto en que las fallas deber ser eliminadas al -

instante, requieren un ajuste de tiempo de operación muy largo. Para evitar este sistema, se construyeron relevadores que operan con el principio de distancia. Estos relevadores son básicamente dos tipos: el primero consiste en una combinación de elementos en que el tiempo de operación es proporcional a la distancia entre el relevador y la falla, y el segundo es una combinación de elementos que comparan voltaje y corriente para definir un punto en la línea. Este último tipo se usa en operaciones de alta velocidad y por ello se adiciona algún sistema auxiliar de tiempo para poder tener la selectividad necesaria entre otros interruptores y relevadores de la línea.

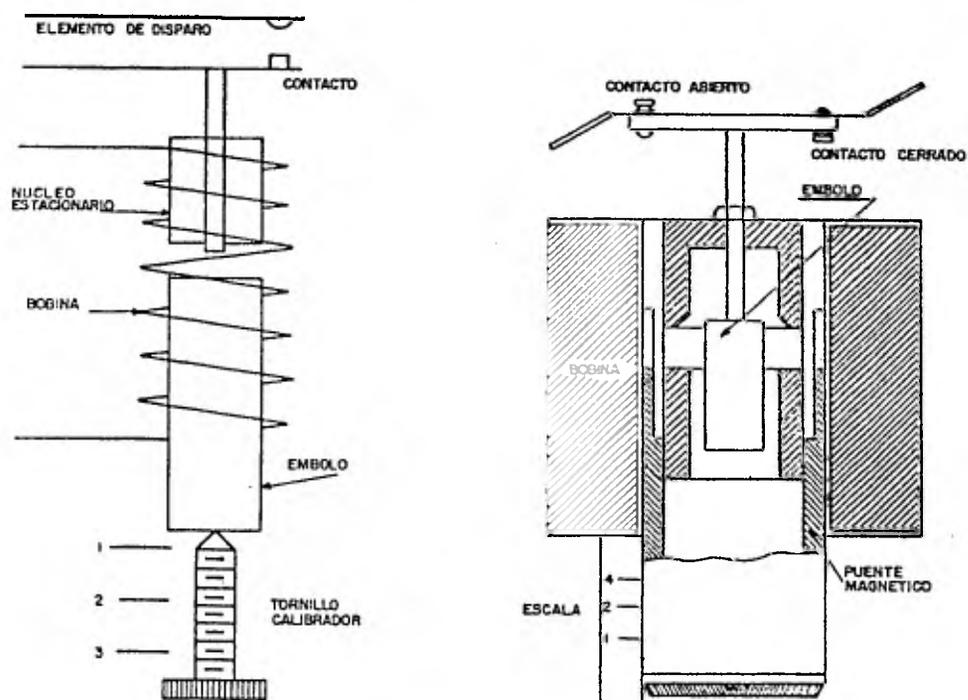
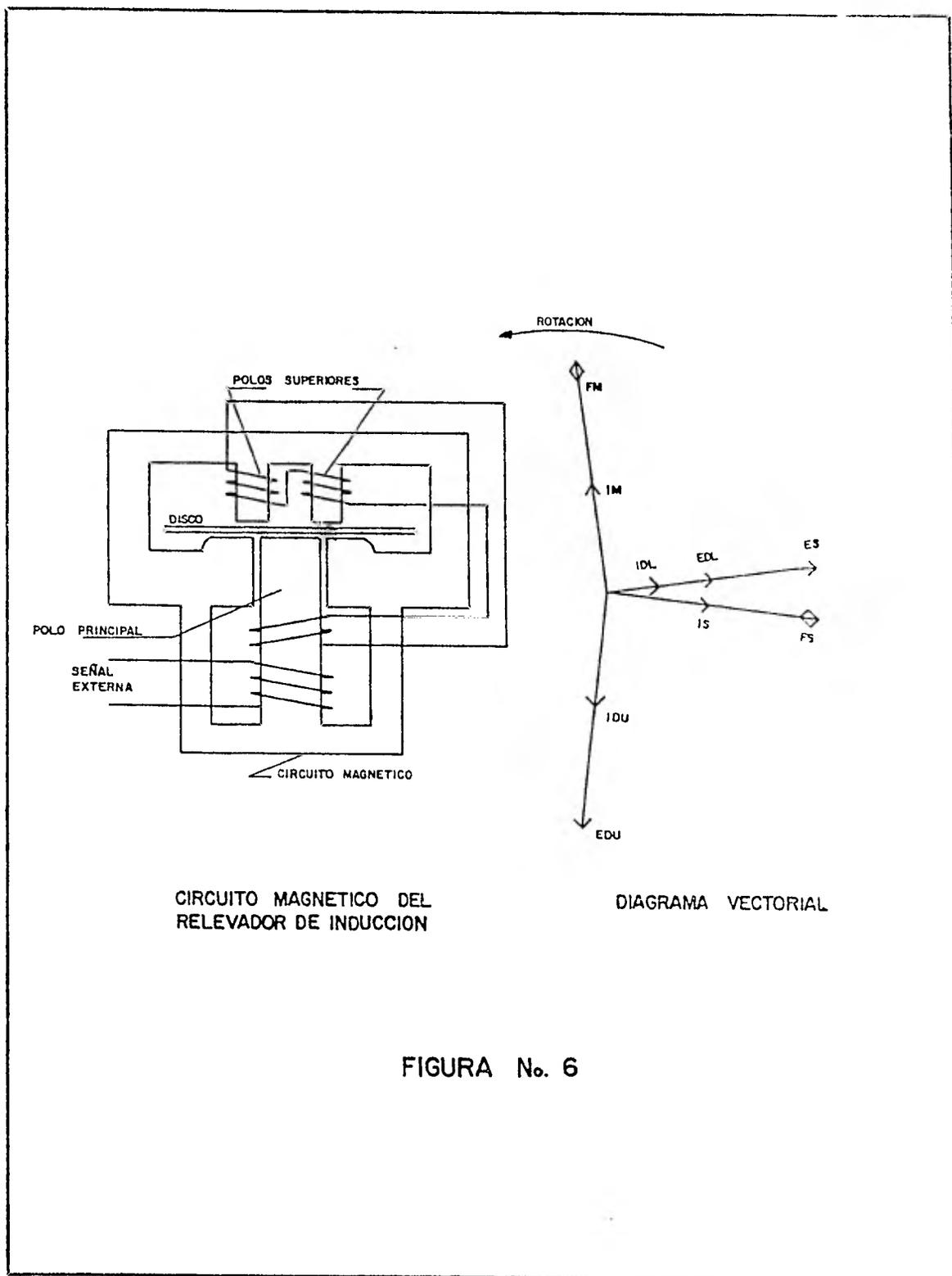


FIGURA No. 5
RELEVADOR DE SOLENOIDE



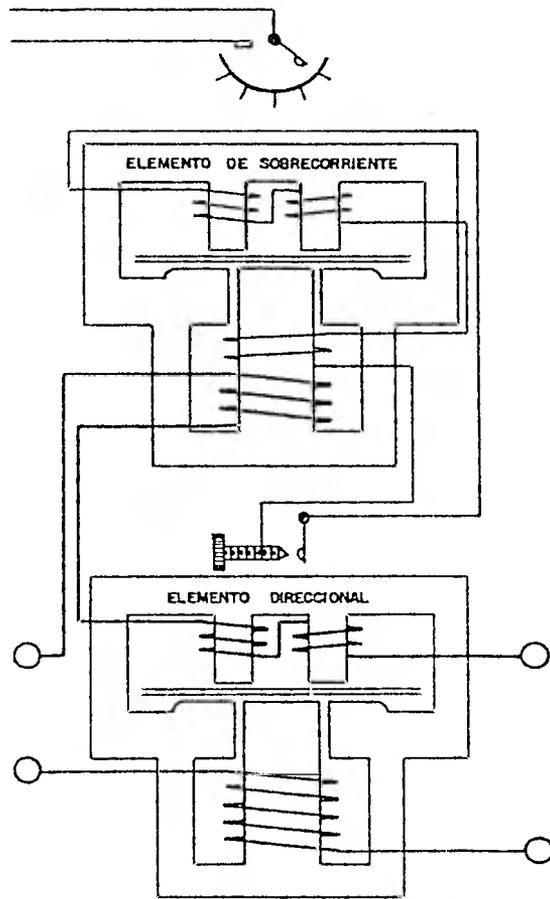


FIG. No. 7

RELEVADOR DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE

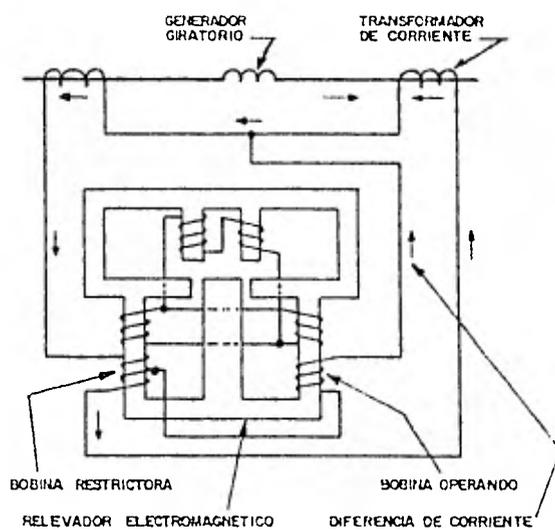


FIG. No. 8
RELEVADOR DIFERENCIAL O DE CORRIENTE EQUILIBRADA

CAPITULO II

PROPOSICION DE PRACTICAS A DESARROLLAR

2.1.- Generalidades.-

Como se mencionó en el Capítulo anterior, las prácticas - que se deberán desarrollar en el laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia III, deberán estar orientadas hacia el reforzamiento de la teoría sobre la protección de Sistemas Eléctricos de Potencia - por medio de relevadores. Sin embargo es bien conocido que un siste_ ma eléctrico de potencia es muy complejo, por lo que su protección_ también lo será, de tal manera que sería bastante difícil el poder - simular en laboratorio un sistema eléctrico de potencia real, sin - embargo con la disponibilidad del equipo utilizado en el laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia I, es factible simular pequeños_ sistemas que contengan los elementos más fundamentales de un sistema eléctrico de potencia, de tal manera que permita al alumno conocer - ciertos esquemas de protección normalizados y que puedan desarrollar_ se en el laboratorio.

A continuación se describen algunos arreglos de lo menciona_ do anteriormente y que se proponen para ser desarrollados en el labo_ ratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia III. (Fig. No. 9 A, B y - C)

2.2.- Tipos de Sistemas de Distribución

Sistema Radial.-

En un Sistema Radial las cargas tienen una sola alimenta_ ción de manera que una avería en la alimentación produce una inte_ rrupción del Suministro.

Sistema Radial con Líneas Paralelas.-

Este sistema difiere del radial simple, en que emplean lí_

FIG. 9 - A

SISTEMA RADIAL

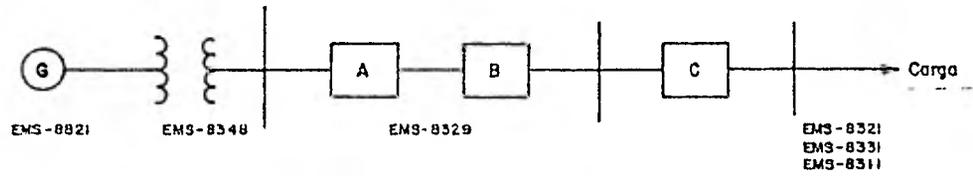


FIG. 9 - B

SISTEMA RADIAL CON LINEAS PARALELAS

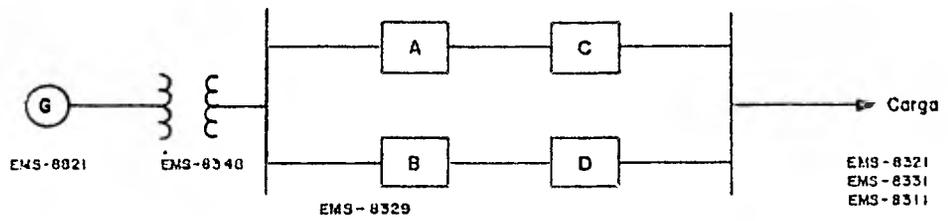
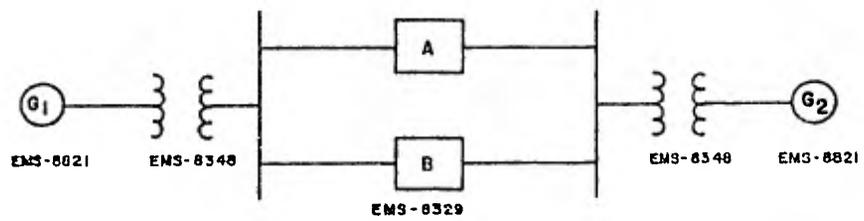


FIG. 9 - C

SISTEMA EN ANILLO



neas paralelas para conectar las barras de las subestaciones.

Esto aumenta la confianza en el sistema, pues para el caso de una falla en una Sección de Línea, el servicio no se interrumpirá en las subestaciones más alejadas.

Sistema en Anillo.-

Es un sistema en anillo se tiene una doble alimentación y - puede interrumpirse una de ellas sin causar interrupción del suministro.

En este sistema hay una serie de subestaciones conectadas - a las líneas de transmisión, formando un anillo con origen y fin - en la estación generadora.

Puede haber más de una estación generadora conectada en anillo.

Sistema en Red.-

Con un sistema en red se aumenta el número de interconexiones y consecuentemente la seguridad del servicio.

2.3.- Proposición de prácticas.

De lo anterior se desarrollarán las siguientes prácticas:

- a).- Protección de un sistema alimentado radialmente
- b).- Protección de un sistema alimentado radialmente con Líneas Paralelas.
- c).- Protección de un sistema de líneas paralelas con - fuentes de energía en ambos extremos.
- d).- Protección de un sistema en anillo.
- e).- Protección diferencial de transformadores.

2.3.1.- Protección de un Sistema alimentado radialmente

Un sistema alimentado radialmente consiste en una fuente generadora principal que alimenta unas barras generales que a su vez

alimentan barras menores de las que salen alimentadores a centros de carga, en la figura 10-1 se muestra un sistema alimentado radialmente.

Vamos a suponer una serie de fallas las cuales representaremos según figura 10-2.

En caso de falla en cualquiera de estas secciones de línea, la operación adecuada de un relevador aislará la sección dañada, dejando en servicio todo lo que sea posible del sistema. En el caso de la falla No. 1 será imposible mantener en servicio cualquiera de las líneas alimentadas mediante la línea dañada.

Cuando ocurra la falla No. 2 la línea controlada por el interruptor No. 1 quedará en servicio y para la falla No. 3 todas las líneas quedarán en servicio excepto aquella que alimenta a la carga al extremo; una falla al final de una línea o al principio de la siguiente producirá el mismo valor de corriente de falla. Esto hace difícil usar tan solo la magnitud de corriente para la correcta asignación de la selección de línea de falla, y por lo tanto se debe usar selección de tiempo para discriminar entre la sección de falla y la sección en orden. Esto se logra mediante el uso de relevadores de sobrecorriente y tiempo retrasado para disparar los interruptores 1 y 3 y el relevador de sobrecorriente instantáneo para el disparo del interruptor No. 4

Para una falla No. 3 no hay necesidad de un retraso intencional de tiempo para permitir el disparo de otros interruptores, puesto que es la sección final de la línea.

El interruptor es disparado mediante un relevador de sobrecorriente e instantáneo, que cierra sus contactos en 2.0 a 3.00 ciclos (base de 60 ciclos) después de ocurrir la falla o sobrecarga arriba de un punto de ajuste a valor de operación, dependiendo de la

FIG. 10-(1)

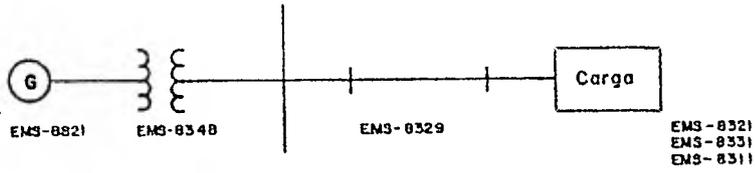


FIG. 10-(2)

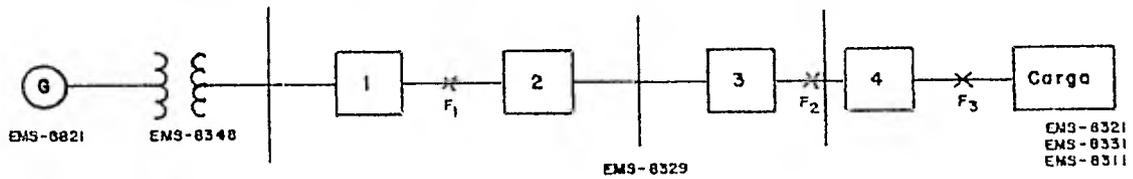
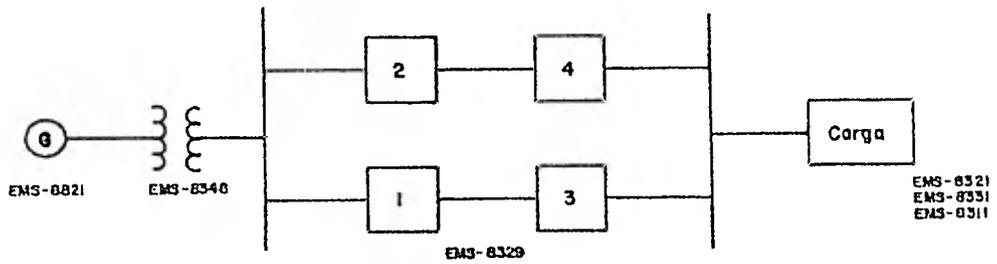


FIG. 10-(3)



relación entre corriente de falla de valor de operación.

Para una falla localizada en 2 no hay otra necesidad además de la apertura del interruptor No. 3. Por consiguiente, el relevador que controla al interruptor No. 1, debe tener un tiempo mayor que el relevador del interruptor No. 3, para que éste último abra el circuito antes.

Los ajustes de tiempo en estos relevadores deben ser tales que el relevador No. 1 tenga el mayor tiempo de retardo, el No. 3 un tiempo más corto y el relevador instantáneo de sobrecorriente No. 4, no tenga tiempo intencional de retardo. Este método de protección es conocido como "Protección de sobrecorriente con discriminación de Tiempo".

2.3.2. Protección de un sistema alimentado radialmente con líneas paralelas.

Este tipo de sistema difiere del radial simple en que se emplean líneas paralelas para conectar las barras de las subestaciones. Esto aumenta la confianza en el sistema, pues para el caso de una falla en una sección de línea el servicio no se interrumpirá en las subestaciones más alejadas, en la figura 10-3 esta representando un sistema radial con líneas paralelas.

Si simulamos una serie de fallas como indica la figura 10-4.

Se puede proceder a hacer un análisis de diferentes fallas.

En caso de una falla en cualquier parte de la línea 1-3 los relevadores deberán abrir los interruptores 1 y 3 dejando la línea 2-3 en servicio para alimentar el resto del sistema.

Dos tipos de protección se usan para la protección de dos líneas paralelas en un sistema radial, uno mediante el método de corriente equilibrada en el lado del generador y otra, protección direccional de sobrecorriente en el lado receptor o de la carga.

La protección por corriente equilibrada se tiene con el relevador tipo diferencial de corriente equilibrada en el extremo generador de estas dos líneas y la protección direccional de sobrecorriente con el relevador tipo direccional de corriente aplicado en el extremo receptor de estas dos líneas.

Para analizar correctamente el funcionamiento de estos relevadores, se toman fallas en tres puntos distintos de la línea 1-3 y se determinan las corrientes de fallas, su dirección y magnitud en varios puntos de ambas líneas.

En caso de la falla No. 1 cerca del extremo generador de la línea 1-3 produce substancialmente una corriente de falla a través de la línea 2-4 y de la 3-1 al punto de la falla. Sin embargo esta trayectoria tiene una impedancia muy grande comparada con la trayectoria a través del interruptor No. 1.

Las corrientes de falla serán inversamente proporcionales a las impedancias por lo que prácticamente toda la corriente circulará por el interruptor No. 1 que se dispara al operar el relevador diferencial de corriente equilibrada como un dispositivo de sobrecorriente.

Posteriormente al tomar la corriente la trayectoria 2-4, 3-1 el interruptor No. 3 se deberá disparar, para aislar la línea defectuosa 1-3. Esto último se logra con el relevador direccional de sobrecorriente que cierra los contactos del circuito de disparo del interruptor No. 3 para un flujo de corriente en dirección contraria a la normal en la línea 1-3.

El relevador direccional de sobrecorriente se energiza de un juego de transformadores de corriente conectados diferencialmente entre ambas líneas. Cuando corrientes iguales circulan en el mismo sentido de las dos líneas, no hay corriente circulando en el relevador.

Ahora si las corrientes son iguales pero en sentido contrario

el relevador recibe el doble de la corriente en una línea.

Este es el caso de la falla antes descrita en que el interruptor No. 3 se dispara.

En particular el relevador direccional de sobrecorriente tiene dos elementos, uno para detección de sobrecorriente y el otro para control direccional. Este último tiene dos juegos de contactos, uno cierra para corriente inversa en la línea 1-3 y el otro cierra para el mismo caso en la línea 2-4.

Los contactos del elemento de sobrecorriente quedan en serie con los direccionales, por lo que es necesario la condición de sobrecorriente para que el cierre ocurra.

Consideramos ahora la falla No. 2. Esta se localiza al centro de la línea 1-3 y consiguientemente las corrientes de falla tienen otros valores que en la falla anterior. Tres cuartos de corriente de falla circulan por el interruptor No. 1 y un cuarto a través de los interruptores 2, 4 y 3. Esta división en las corrientes de falla operaran simultáneamente al relevador diferencial de corriente equilibrada y direccional de corriente respectivamente, aislando la línea dañada a un mismo tiempo.

Si la falla ocurriera cerca del interruptor No. 3, de la línea 1-3 las corrientes de falla serían iguales y no operaría el relevador diferencial de corriente equilibrada, pero el relevador direccional de sobrecorriente producirá el disparo del interruptor No. 3 desde el momento en que la corriente tiene una dirección contraria a la normal y mayor que la tomada para el ajuste del elemento de sobrecorriente.

Una vez abierto el interruptor No. 3 la única trayectoria que puede seguir la corriente de falla es a través del interruptor No. 1, entonces el relevador diferencial de corriente equilibrada

operará como dispositivo de sobrecorriente disparando el interruptor No. 1 y aislando la parte defectuosa. Esta operación alterna da es similar a la obtenida al ocurrir la falla No.1 pero invirtiendo los interruptores. A causa de la alta velocidad de operación de los relevadores e interruptores la secuencia no se puede apreciar visualmente pero un oscilograma sí la detectaría.

2.3.3 Protección de líneas paralelas con alimentación. en ambos extremos.

Este tipo de sistema se representa en la figura 10-5.

Si suponemos fallas según la figura No. 10-6 se puede hacer el siguiente análisis:

Consideremos la falla No. 1 y la corriente a través del interruptor No. 1. Toda la corriente del lado del generador 1 pasará por el interruptor No. 1 a la falla. Adicionalmente existirá la corriente de falla del lado generador No. 2, la mitad de la cual circulará por la línea 4-2, también circulando por el interruptor No.1. El relevador diferencial de corriente equilibrada detectará una corriente desequilibrada y disparará el interruptor No.1 hasta el momento el relevador direccional de sobrecorriente no habrá operado puesto que las corrientes de falla en las líneas 2-4 y 1-3 son iguales y por lo consiguiente no hay diferencia de corriente para operarlo. Pero, una vez que el interruptor No.1 está abierto la corriente en 2-4 cambia de dirección y se suma con la corriente del lado generador No.2 para circular en la línea 3-1 a la falla. Los transformadores conectados diferencialmente entre las líneas 1-3 y 2-4 sumarán las corrientes en estas líneas y al circular en el relevador diferencial de sobrecorriente, provocarán el disparo del interruptor No.3, con esto queda

FIG. 10 - (4)

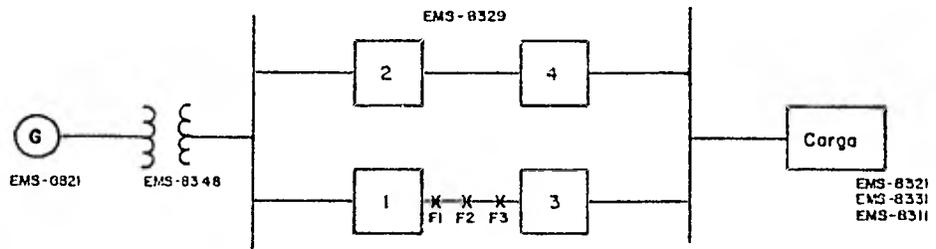


FIG. 10-(5)

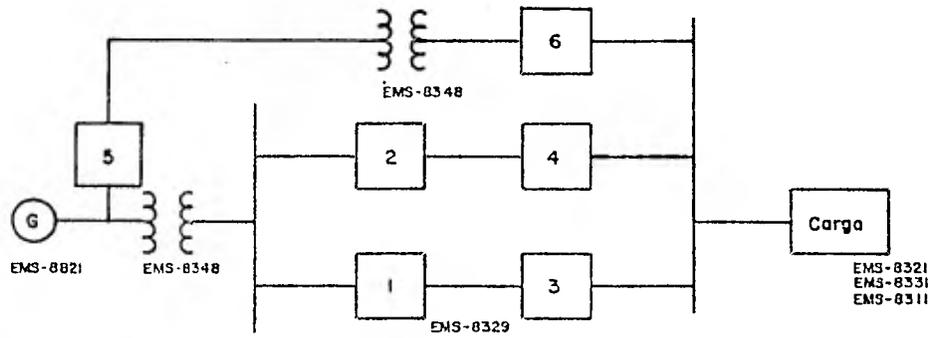
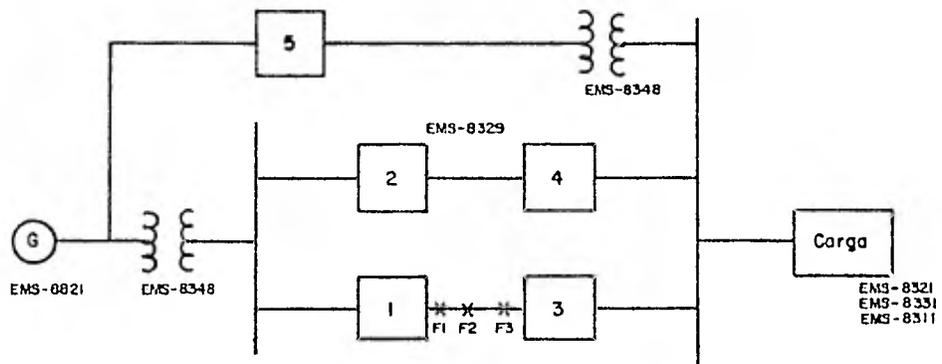


FIG. 10-(6)



aislada la línea defectuosa y queda en servicio la línea 2-4.

Ahora una falla No.2 en el centro de la línea 1-3 tomará corrientes de igual magnitud de ambos extremos generadores siempre que éstos tengan las mismas características de impedancia. En estas condiciones la línea 2-4 no se verá afectada por ninguna corriente de falla y los relevadores diferenciales de corriente equilibrada y direccionales de sobrecorriente operarán simultáneamente abriendo teóricamente al mismo tiempo los interruptores No. 1 y 3.

Como conclusión, una falla No.3 al extremo de la línea 1-3 hará circular corriente en las líneas 1-3 y 2-4 en igual magnitud. Entonces el relevador diferencial de corriente equilibrada no operará por no haber corriente desequilibrada. Pero el relevador diferencial de sobrecorriente tendrá una corriente de dirección contraria, resultante de la suma de la corriente normal de la línea y la corriente a la falla que pasa por el interruptor No.3 y se dispara el interruptor No.3 .

Ahora la trayectoria de la corriente de falla será por la línea 4-2 desde la fuente generadora No.2 y se sumará a la corriente que proviene del lado generador No.1 circulando por la línea 1-3 a la falla. Entonces la corriente que pasa por el interruptor No.1 será la suma de las corrientes de ambas fuentes generadoras y por consiguiente mayor que la que pasa por el interruptor No.2, es decir tendremos un desequilibrio de las corrientes que al ser percibido por el relevador diferencial de corriente equilibrada, operará y disparará el interruptor No.1.

2.3.4 Protección diferencial de transformadores.

Para simular fallas en un transformador tomaremos como base la figura 10-8 en donde aparecen dos fallas ya definidas.

En condiciones normales o durante una falla la corriente del secundario de los transformadores de corriente circulará a través de las bobinas limitadoras del relevador y dan como resultado un par que mantiene en posición abierta los contactos del relevador.

En el caso de ocurrir una falla dentro de la zona protegida diferencialmente o en el transformador mismo, la corriente seguirá una trayectoria indicada en el diagrama con las flechas punteadas.

Podemos apreciar que en este caso hay corriente circulando en el embobinado operador del relevador y que la corriente en la bobina limitadora No.2 ha cambiado de dirección. El par resultante en el relevador será de tal forma que cerrará los contactos y disparará los interruptores que conecten el banco de transformadores del sistema.

Algunas clases de falla tales como espiras en corto circuito en el transformador pueden no provocar la inversión de corriente en una de las bobinas limitadoras, pero sin embargo si circulará corriente en la bobina operadora del relevador, ya que las corrientes en las bobinas limitadoras serán iguales a dirección pero no en magnitud a causa de la corriente que circula en la bobina de operación, el relevador cerrará sus contactos y disparará los interruptores 1 y 2 .

Considerando que la corriente desequilibrada que circula por el embobinado operador sea un 50% o más que la pequeña corriente en una de las bobinas limitadoras, con la falla No.2 se puede ejemplificar una condición que simula espiras en corto circuito en el transformador.

2.3.5 Protección de un sistema de anillo.

Este sistema consiste en una serie de subestaciones conectadas a las líneas de transmisión, formando un anillo con origen y fin en la estación generadora, (ver figura 10-7). Puede haber más de una estación generadora conectada al anillo.

Es importante hacer notar que los interruptores que se mencionan en este capítulo serán simulados con un relevador auxiliar de contactos múltiples, con restablecimiento manual, el cual efectuará la función de los interruptores y auxilio para detectar la eliminación de la falla y medir el tiempo de operación de los interruptores a través de un contador de ciclo digital.

FIG. 10 - (7)

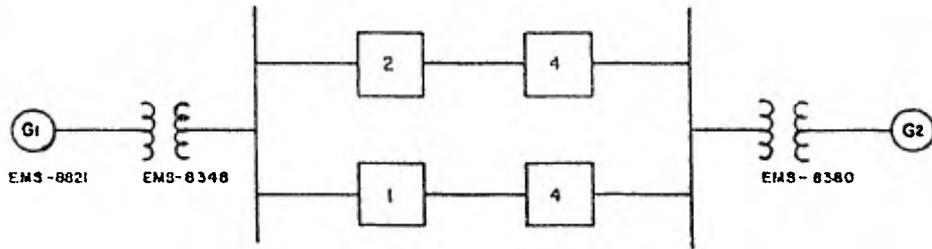
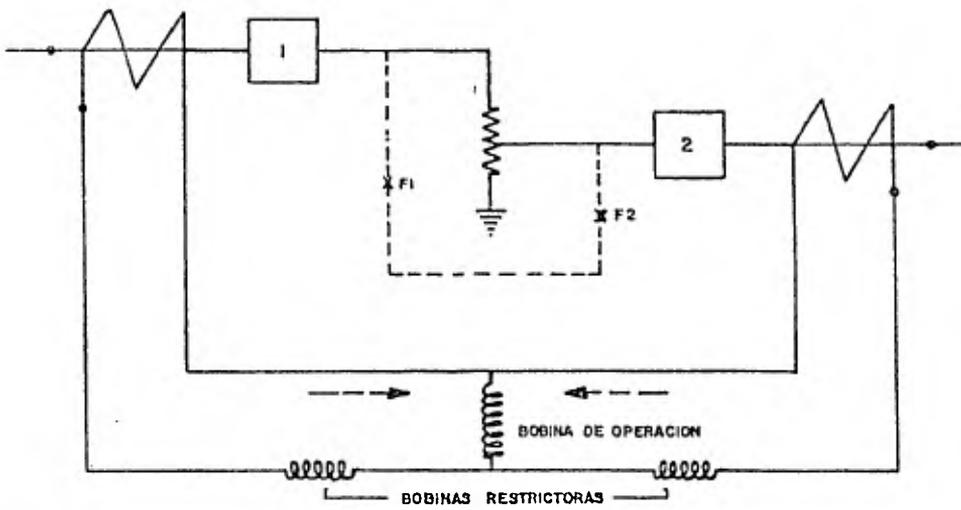


FIG. 10 - (8)



BIBLIOTECA CENTRAL

C A P I T U L O III

SELECCION DEL EQUIPO

La selección del equipo que se propone para el desarrollo de las prácticas del Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia, III, se ha hecho con base a diversos factores que nos determinarán los requerimientos que deban tener dichos equipos.

Los factores a que nos referimos son:

- Sistema que se desea proteger.
- Tipos de esquema de protección seleccionado.
- Condiciones normales de operación.
- Tipos de falla que se pueden presentar en la sección del sistema que deberá proteger un equipo determinado.
- Corriente de falla, la cual se puede determinar mediante un análisis de cálculo de fallas utilizando el método de las "Componentes simétricas!"

Los sistemas a proteger ya se mencionaron al principio del Capítulo II, y se enlistan a continuación:

- Sistema radial.
- Sistema radial con líneas paralelas.
- Sistema en anillo.
- Sistema de protección de transformadores.

3.1 Sistema radial.

El esquema que nos representa este sistema se muestra en la figura 11-I

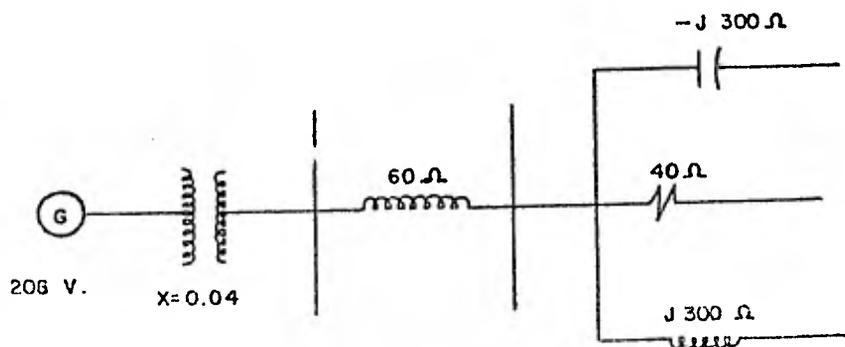


Figura 11-I

Para calcular la corriente de operación se utiliza el circuito de la figura 11-1A en donde se desprecia la reactancia del transformador, en función de que en magnitud es mucho muy pequeña comparada con la de los equipos restantes.

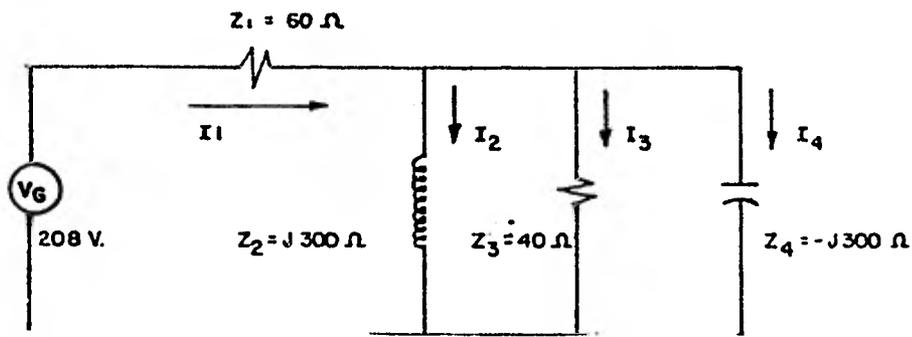


Figura 11-1A

$$I_1 = \frac{V_G}{Z_{eq}}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$Z_{eq} = Z_1 + Z_p$$

$$\frac{I}{Z_p} = \frac{I}{Z_2} + \frac{I}{Z_3} + \frac{I}{Z_4}$$

$$\frac{I}{Z_p} = \frac{I}{j300} + \frac{I}{40} + \frac{I}{j300} = \frac{I + j7.5 - I}{j300} = \frac{j7.5}{j300} = \frac{7.5}{300}$$

$$Z_p = \frac{300}{7.5} = 40$$

$$Z_{eq} = 60 + 40 = 100$$

$$I_1 = \frac{208 \text{ V}}{100} = 2.08 \text{ Amp.}$$

$$I_2 = 0.277 \angle 90^\circ \text{ Amp.}$$

$$I_3 = 2.08 \angle 0^\circ \text{ Amp.}$$

$$I_4 = 0.277 \angle 90^\circ \text{ Amp.} \quad 53$$

Los tipos de falla que se pueden presentar en este sistema son:

- Falla de fase a tierra, al final de la línea.
- Falla de fase a tierra, al principio de la línea.
- Falla de dos fases a tierra, a través de una impedancia, al final de la línea.
- Falla de dos fases a tierra, a través de una impedancia, al principio de la línea.

A continuación se calculará la corriente de falla para los casos antes descritos.

Para mejor comprensión, se efectuará el desarrollo del cálculo de la corriente de falla, utilizando el método de Componentes Simétricas, éste desarrollo se efectuará únicamente para el primer caso.

Posteriormente se anotarán solo los resultados para los demás casos.

- 3.2. - Falla de fase a tierra, al final de la línea, y con conexiones estrella - estrella en el transformador.

El esquema con las condiciones antes anotadas se presenta en la figura 11.-2

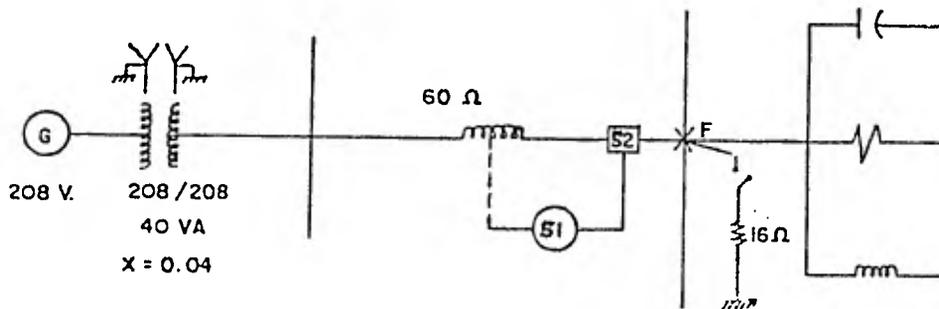


Figura 11-2

Para el cálculo de la corriente de falla se utilizarán los-

siguientes valores base:

$$V = 208 \text{ volts}$$

$$\text{Pot} = 3.12 \text{ KVA}$$

Calculando los valores en P.U. tenemos:

Para el transformador

$$X_1 = X_2 = X_0 = J0.04 \frac{3120}{40} = J 3.12 \text{ P.U.}$$

Para la línea

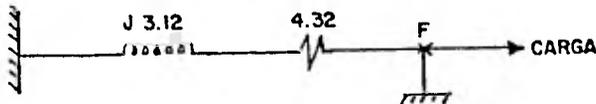
$$Z_1 = Z_2 = Z_0 = J60 \frac{3120}{(208)^2} = J4.32 \text{ P.U.}$$

El valor de impedancia del generador se desprecia y el valor de impedancia en la falla se considera de 16; calculando éste último valor en P.U, tenemos:

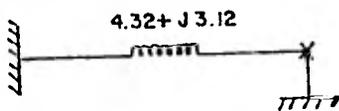
$$Z_F = 16 \frac{3120}{(208)^2} = 1.1538 \text{ P.U.}$$

De acuerdo con el esquema de la figura III-2, se obtienen los diagramas de secuencia positiva, negativa y cero; y son los siguientes:

(+) y (-)



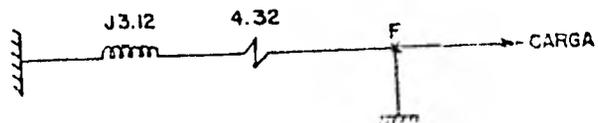
Reduciendo se tiene:



$$Z_1 = Z_2 = 4.32 + J3.12$$

$$Z_1 = Z_2 = 5.33 \angle 35.83^\circ$$

Diagrama de secuencia(0)



Como el diagrama es idéntico al de secuencia(+) y (-), se concluye que:

$$Z_1 = Z_2 = Z_0 = 5.33 \angle 35.83^\circ \text{ P.U}$$

Para una falla de fase a tierra a través de una resistencia se tiene que:

$$\frac{E_1}{I_1} = Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3 Z_f$$

Sustituyendo valores:

$$I_1 = \frac{1}{3(5.33 \angle 35.83^\circ) + (1.1538)} = \frac{1}{16 \angle 35.83^\circ + 3.46 \angle 0^\circ}$$

$$I_1 = \frac{1}{12.96 + j 9.36 + (3.46)} = \frac{1}{16.42 + j 9.36}$$

$$I_1 = \frac{1}{18.9 \angle 29.68^\circ} = 0.052 \angle -29.68^\circ \text{ P.U}$$

Como:

$$I_1 = I_2 = I_0$$

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0$$

Por lo tanto tenemos que:

$$I_a = 3 I_1 = 3 (0.052 \angle -29.68^\circ) = 0.156 \angle -29.68^\circ \text{ P.U.}$$

$$I_{amp} = I_{p.u.} \times I \text{ base}$$

$$I \text{ base} = \frac{VA \text{ base}}{V \text{ base}} = \frac{3120}{208} = 15 \text{ Amp. base}$$

$$I \text{ amp} = (0.156 \angle 29.68^\circ) \times (15) = 2.34 \angle 29.68^\circ$$

Finalmente la corriente de falla es:

$$I \text{ amp} = 2.34 \angle 29.68^\circ$$

I operación = falla + 1 nominal

$$I \text{ operación} = (2.34 \angle 29.68^\circ) + 2.08 \text{ Amp.} = 2.34 \angle 29.68^\circ + 2.08$$

$$I \text{ operación} = 4.27 \angle 15.73^\circ \text{ Amp.}$$

3.3.- - Falla de fase a tierra al principio de la línea, y con conexiones estrella - estrella en el transformador.

El esquema con las condiciones para este caso., se presenta en la figura 11 -3

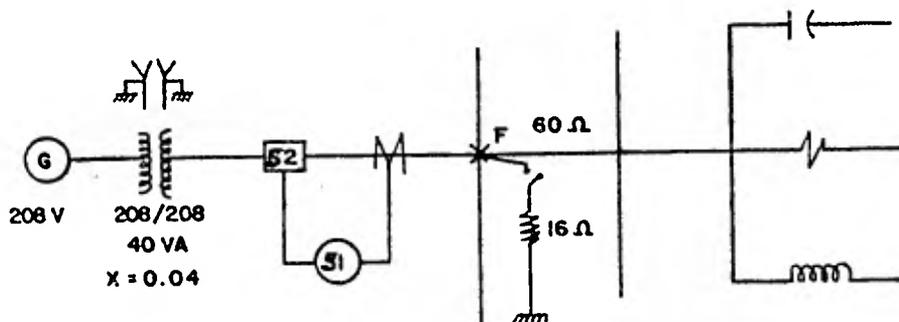


Figura 11 -3.

En todos los cálculos de corriente de falla se utilizarán los mismos valores base anotados anteriormente.

La corriente de falla para este caso es:

$$I \text{ amp} = 4.5 \angle -69.71^\circ \text{ Amp entonces la corriente de opera}$$

ción total=

$$I \text{ op} = I \text{ falla} + I_n = 4.5 \angle -69.71^\circ + 2.08 \text{ Amp.} = 4.5 \angle -69.71^\circ + 2.08$$

$$I_{op} = 5.57 \angle 49.22^\circ \text{ Amp.}$$

El esquema de protección recomendado para este tipo de arreglo o sistema es con relevadores de sobrecorriente, que son los adecuados para fallas de fase a tierra los cuales existen en tres modalidades, como ya se mencionó en el Capítulo anterior, esto es,

- Tiempo inverso
- Tiempo muy inverso
- Tipo extremadamente inverso

De acuerdo con los valores de corriente obtenida tanto para la operación normal de sistema como para el caso de falla, el relevador que se requiere para proteger adecuadamente este sistema deberá tener un rango de operación de 0.5 a 16 amperes.

3.4.- Falla de dos fases a tierra al final de la línea.

El esquema para este caso es idéntico al de la figura 11-2 y las condiciones son las mismas al primer caso; aquí solo el tipo de falla es diferente.

Suponiendo una falla en las fases "B" y "C" a tierra, tenemos que las corrientes de falla de ambas fases son:

$$I_B = 2.6 \angle 26.22^\circ \text{ Amp.}$$

$$I_C = 2.6 \angle 86.2^\circ \text{ Amp. de acuerdo a estos valores}$$

res y de la operación tenemos que $I_{op} = 2.6 \angle 26.22^\circ + 2.08 \text{ Amp.}$

$$I_{ope} = 2.6 \angle 86.20^\circ + 2.08 \text{ Amp.}$$

$$I_{B \text{ oper}} = 4.55 \angle 114.60^\circ$$

$$I_{C \text{ oper}} = 3.43 \angle 49.0^\circ$$

3.5. - Falla de dos fases a tierra al principio de la línea.

El diagrama unifilar para este caso es idéntico al de la figura 11 -3 y las condiciones las mismas para dicho caso.

Aquí también suponemos una falla de las fases "B" y "C", las corrientes de falla para este caso son:

$$I_B = 4.42 \angle -22.54^\circ \text{ Amp.}$$

$$I_C = 4.42 \angle 37.44^\circ \text{ Amp de donde la}$$

$$I_{op} = 4.42 \angle -22.54^\circ + 2.08 \text{ Amp} = 6.38 \angle -15.34^\circ \text{ Amp}$$

$$I_{op} = 4.42 \angle 37.44^\circ + 2.08 \text{ Amp} = 6.15 \angle 24.98^\circ \text{ Amp.}$$

Los relevadores que se deberán utilizar para estos dos casos son los relevadores del tipo direccional y deberán tener un rango de operación hasta de 10 amperes.

3.6.- - Sistema radial con líneas paralelas

El esquema que nos representa este sistema se muestra en la figura 11.-4

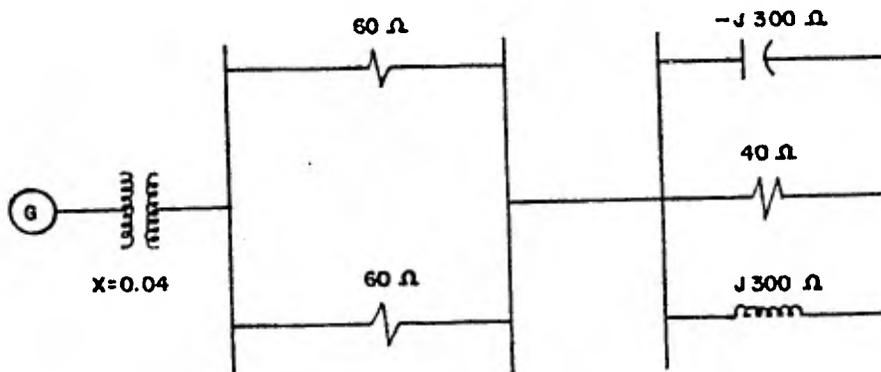


Figura 11-4

A continuación se anotan los diagramas con los valores de corrientes de falla, resultantes para cada uno de los casos antes anotados.

3.7.- - Falla de fase a tierra al final de la línea.

El diagrama unifilar para este caso se presenta en la figura 11-5.

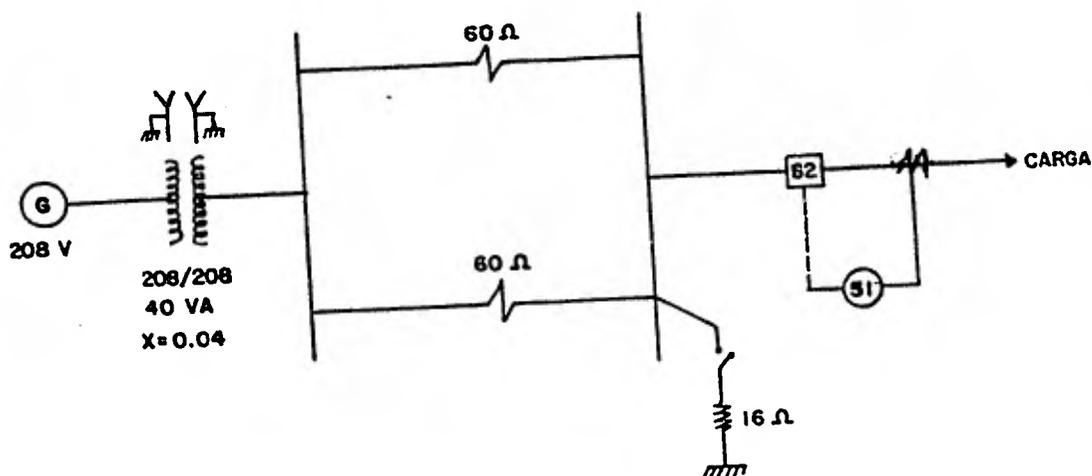


Figura 11-5

La corriente de falla para este caso es:

$I_{amp} = 3.3 \angle 43.24^\circ$ donde la corriente de operación total

$$I_{op} = I_{falla} + I_n$$

$$I_{op} = 3.3 \angle 43.24^\circ + 2.97 \text{ Amp.}$$

$$L_{op} = 5.82 \angle 22.82^\circ \text{ Amp.}$$

3.8.- Falla de fase a tierra al principio de la línea

El diagrama para este caso se presenta en la figura 11.-6

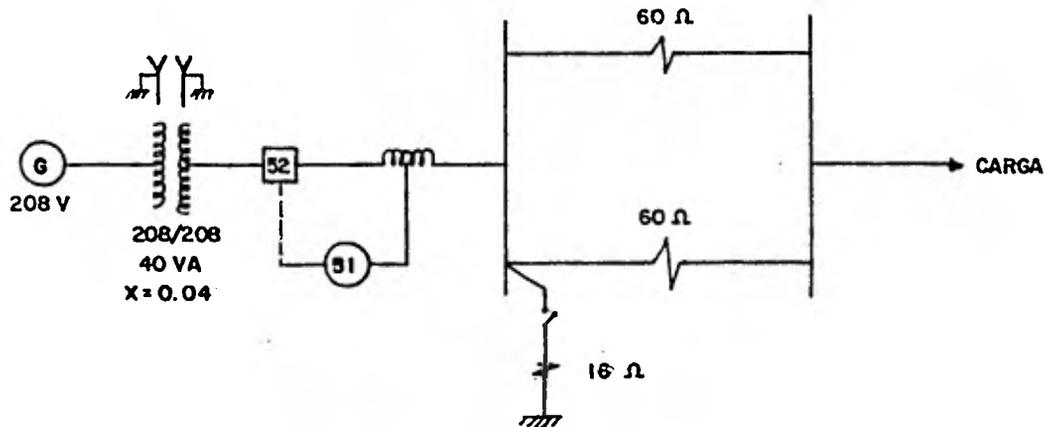


Figura 11 -6

La corriente de falla es:

$$I \text{ amp} = 4.5 \angle -69.71^\circ \text{ donde la corriente de operación total}$$

$$I \text{ op} = 4.5 \angle -69.71^\circ + 2.97 \text{ Amp.}$$

$$I \text{ op} = 6.19 \angle -42.17^\circ \text{ Amp.}$$

Los relevadores que deberán utilizar para estos casos, son del tipo de sobrecorriente con un rango de operación hasta de 16 amperes.

3.9.- Sistema en anillo

El esquema que nos representa éste sistema se muestra en la figura 11.-7

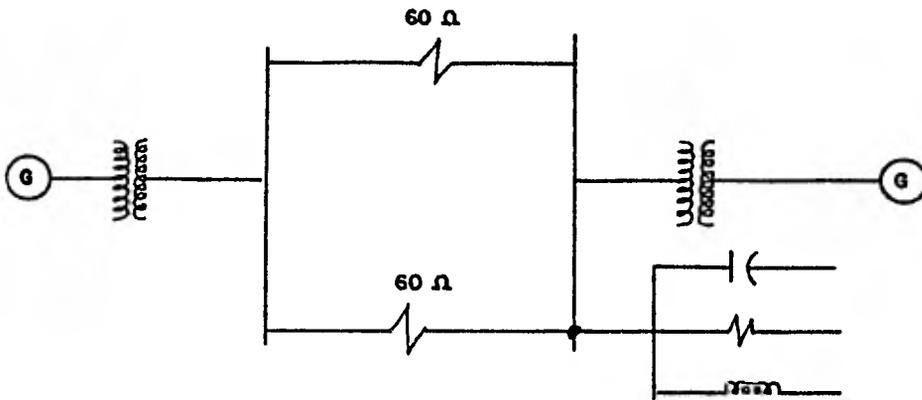


Figura 11-7

Para calcular la corriente de operación en este sistema, se utilizará el circuito de la figura 11-7A, en donde se desprecia la reactancia del transformador.

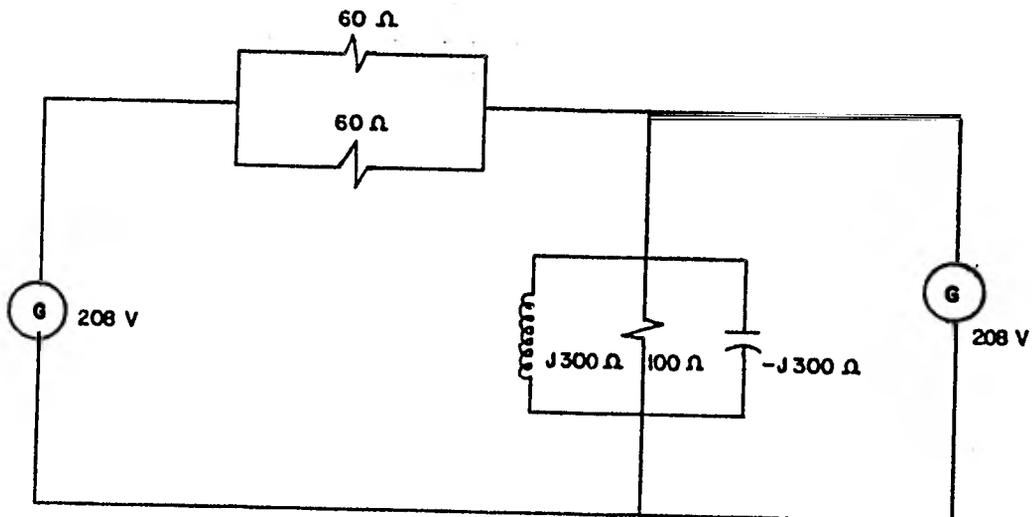


Figura 11-7A

Los valores de las corrientes de operación son:

$$I \text{ amp} = 4.149 \text{ Amp.}$$

3.10 Falla de Fase a tierra

En este sistema presentamos una falla de fase a tierra en el punto A según se muestra en el diagrama de la figura 11-8.

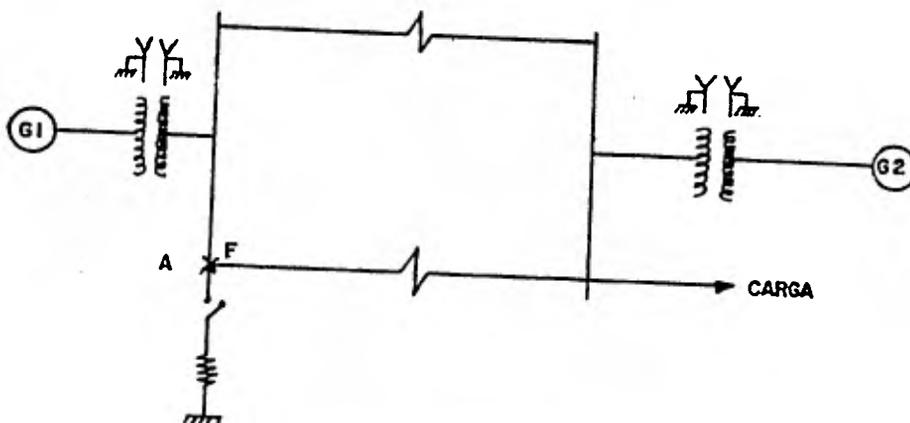


Figura 11-8

La corriente de falla para este caso es:

$$I \text{ amp} = 6.3 \sqrt{46.53^\circ} \text{ Amp.}$$

Por lo tanto la corriente de operación total sera:

$$I \text{ op} = I_F + I_{opn}$$

$$I \text{ op} = 6.3 \sqrt{46.53^\circ} + 4.149$$

$$I \text{ op} = 9.63 \sqrt{28.32^\circ} \text{ Amp.}$$

El relevador para la protección adecuada en este caso, es el relevador de sobrecorriente con rango de operación de 0.5 a 16 amp.

El equipo seleccionado para la realización de este trabajo es el que a continuación se enlista.

- Consola móvil _____ 8110
- Módulo de fuente de alimentación _____ 8821
- Módulo de capacitancia _____ 8331
- Módulo de Resistencia _____ 8311
- Módulo de inductancia _____ 8321
- Módulo de transformador trifásico _____ 8348
- Módulo de wáttmetro trifasico _____ 8441
- Módulo medidor de C.A. _____ 8425
- Contador de ciclos _____
- Juego de cables de conexión _____ 8941
- Relevador de tiempo de sobrecorriente(muy inverso)
- Relevador de tiempo de sobrecorriente(inverso)
- Relevador de tiempo de sobrecorriente(extremadamente inverso)
- Relevador diferencial _____

- Relevador de sobrecorriente de fase direccional
- Relevador auxiliar de contactos multiples

C A P I T U L O No. IV

DESCRIPCION DEL EQUIPO

4.1.- Generalidades.

Este capitulo es uno de los más importantes debido que en él se describirá detalladamente el equipo utilizado en el laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia III.

En esta descripción se incluirá también como parte fundamental la aplicación, operación y construcción de los diferentes tipos de relevadores utilizados para la realización de este trabajo.

4.2. Relevadores de sobrecorriente de tiempo

4.2.1. Descripción:

Los relevadores de sobrecorriente de tiempo son unidades monofásicas, operan con señal de corriente, dispositivo de corriente alterna con características de corriente de tiempo inverso.

Son comunmente utilizados para protección en instalaciones comerciales industriales y para protección en sistemas de distribución para fallas entre fases o de fase a tierra.

Cada relevador consiste básicamente de una unidad tipo disco de inducción, una unidad de tablilla de dobe nominación obturadora de entrada y puede incluir una unidad instantánea de sobrecorriente tipo bisagra. Ambas, la unidad de tiempo sobrecorriente y la unidad instantánea, son ajustable en rango de 8 a 1.

Los rangos disponible en amperes de las dos unidades así como la información sobre la clasificaciones continuas, clasificaciones de contactos y clasificaciones de derivaciones de la unidad de tablilla obturadora están en la sección de clasificaciones.

Un caso estandar SI es usada para montar cada relevador. Las dimensiones de la línea de salida y de montaje, de éste caso es - tan mostradas en la figura 12

Las diferencias básicas entre los relevadores cubiertos por estas instrucciones son anotadas en la siguiente tabla

| TIPO | UNIDAD INSTANTANEA | CONTACTOS EN CIRCUITOS | CONEXIONES INTERNAS |
|--------|--------------------|------------------------|---------------------|
| IAC51A | NO | 1 | FIG. 4 |
| IAC51B | SI | 1 | FIG. 5 |
| IAC52A | NO | 2 | FIG. 6 |
| IAC52B | SI | 2 | FIG. 7 |

4.2.2. Aplicaciones:

Las características inversas de tiempo.- corriente hacen del relevador de sobrecorriente de tiempo ser muy apropiados para protección de fallas multifase y de fase a tierra, comercial, industrial y en sistemas de distribución, y frecuentemente para sobrecargas en protección de respaldo, son particularmente útiles para aplicaciones en lugares donde la magnitud de falla de corriente es dependiente principalmente sobre los lugares de falla relativa de los relevadores y solo ligeramente arriba del sistema generador, puesto en el tiempo de falla.

En la práctica generalmente se utilizan tres relevadores para fallas entre fases y un relevador adicional conectado en el neutro, para fallas de fase simple o a tierra. El uso de un relevador de tierra es ventajoso porque puede ser ajustado para dar más sensibilidad en protección de fallas a tierra. Las conexiones típicas para tal aplicación son mostradas en la figura 13.

La conexión externa y su aplicación del relevador de sobrecorriente de tiempo, el cual tiene dos contactos cerrados, es mostrado en la figura 14.

Se debe tener cuidado al operar el relevador, ya que el cerrado de ambos contactos no debe ocurrir.

En la solicitud de los relevadores de sobrecorriente de tiempo, con diseño de cierre automático, el tiempo de restablecido puede ser considerado. El tiempo de restablecido de todos los relevadores cubiertos por este instructivo es aproximadamente siete segundos de cerrado completo a la posición de abierto completo cuando el grupo de números está sintonizado en tiempo 10. Cuando se pone este relevador coordinado con uno de corriente baja, el tiempo de coordinación es de 0.25 a 0.40 segundos y es generalmente permitido.

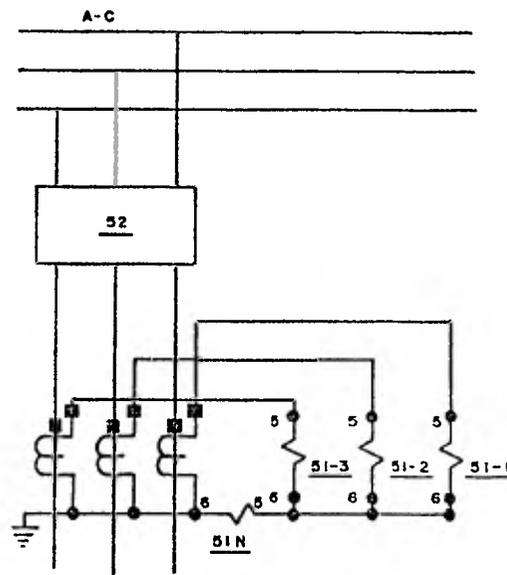


FIG. No 13

CONEXIONES EXTERNAS DE CUATRO RELEVADORES IAC51A
USADOS POR MULTIFASE Y FASE A TIERRA PARA PRO-
TECCION DE UN CIRCUITO DE 3 FASES.

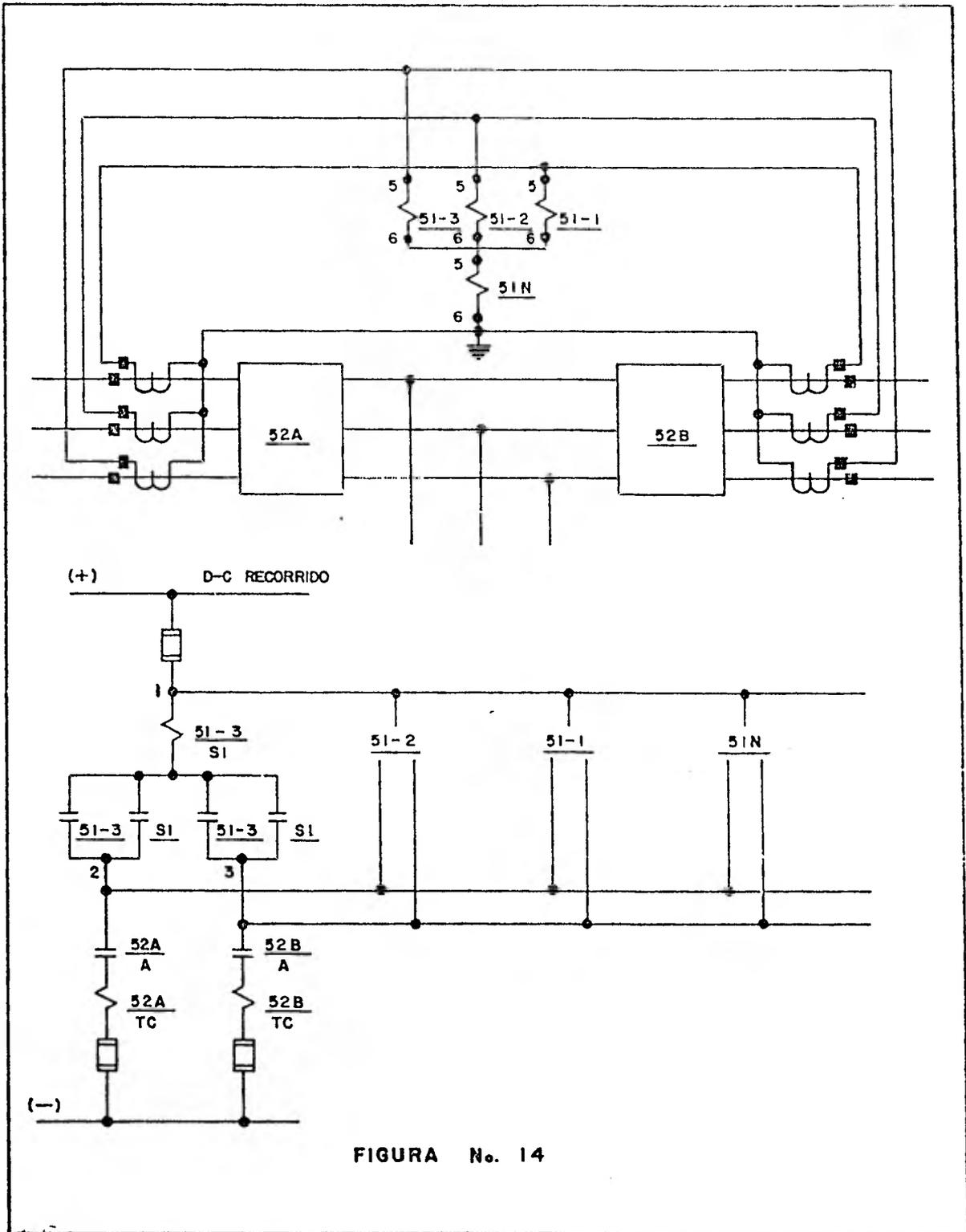
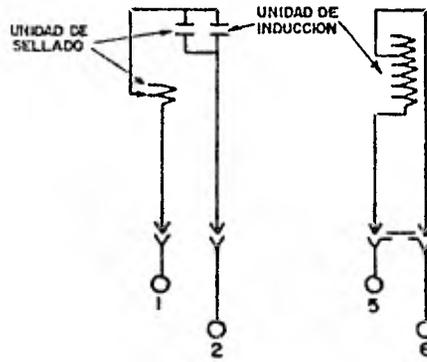
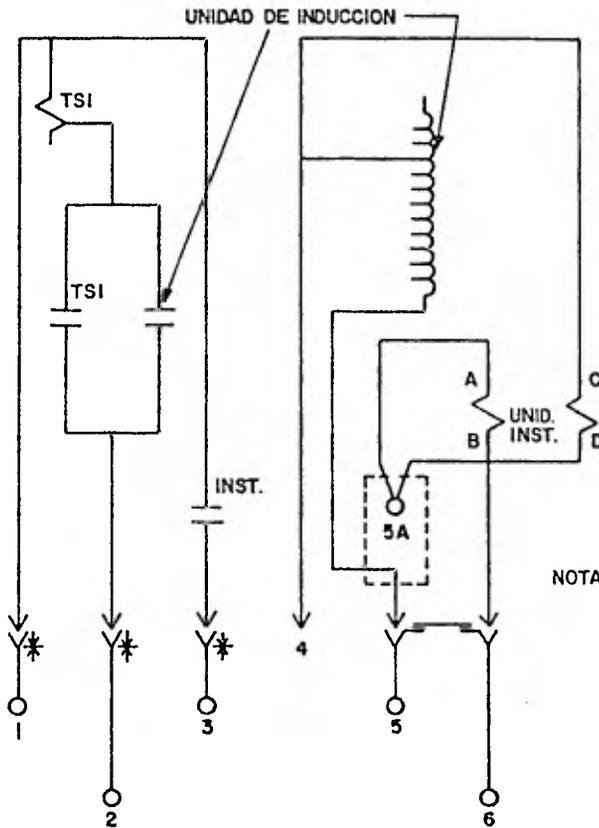


FIGURA No. 14



CONEXIONES INTERNAS (VISTA DE FRENTE)

FIGURA No. 15

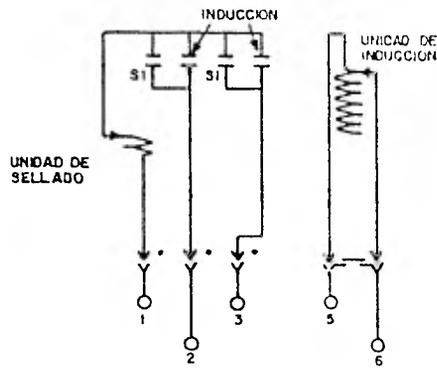


NOTA: LAS CONEXIONES DE UNIDAD SON PARA OPERACION EN RANGO BAJO. PARA RANGO ALTO DE OPERACION CONECTE "B" Y "D" A LA TERMINAL 6 Y "A" Y "C" A LA TERMINAL 4.

*- CORTO CIRCUITO
 TSI.- SELLADO CON TARJETA
 INST.- UNIDAD INSTANTANEA

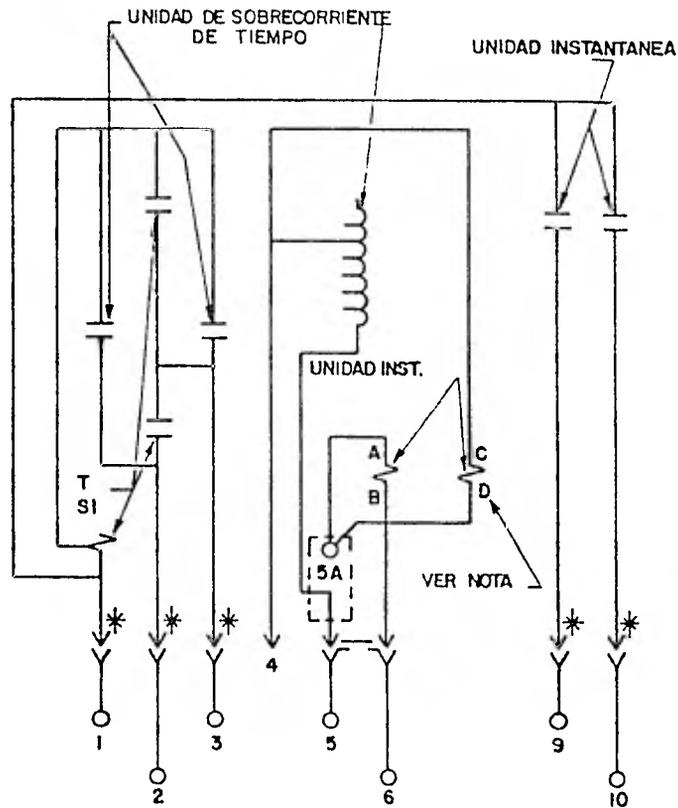
FIGURA No.16

RELEVADOR TIPO IAC51B CONEXIONES INTERNAS



CONEXIONES INTERNAS (VISTA DE FRENTE)

FIGURA No.16



* CORTO CIRCUITO
TSI.- SELLADO CON TARJETA

NOTA: LAS CONEXIONES DE LA UNIDAD INSTANTANEA SON PARA OPERACION EN RANGO BAJO. PARA RANGO ALTO DE OPERACION CONECTE 'B' Y 'D' A LA TERMINAL 6 Y 'A' Y 'C' A LA TERMINAL 4.

FIGURA No.17

Este tiempo de coordinación incluye en suma a una interrupción de tiempo, de 0,10 segundos para relevadores de sobrecarga y de 0,17 segundos para un factor de seguridad. Por ejemplo, si el interruptor de tiempo es de 0,13 segundos (8 ciclos), la coordinación de tiempo podría ser de 0,40 segundos.

Si el relevador de tiempo operado se pone para prueba de nivel de corriente, el factor de seguridad puede ser reducido a 0.07 segundos. También si el tiempo de interrupción de baja corriente es de 5 ciclos (0.08 seg.) un mínimo de 0.25 segundos podría ser permisible para su coordinación.

4.2.3. Construcción:

La unidad de inducción es la unidad básica en todos los tipos de relevadores de sobrecorriente de tiempo.

Las figuras 2 y 3 muestran la unidad de inducción montada en el armazón. Estas unidades son del tipo de disco-inducción. El disco es accionado por una corriente de operación del embobinado sobre un magneto laminado. La flecha o eje del disco transporta el contacto movible el cual complementa la alarma o circuito de disparo cuando es tocado el contacto o contactos estacionarios. La flecha del disco está controlada por un resorte espiral que da la corriente apropiada de contacto-cerrado y su movimiento es retardado por un magneto permanente actuando en el disco que da el tiempo correcto de retardo.

Hay una unidad de tablilla obturadora montada en el frente del lado izquierdo de la flecha de la unidad de sobrecorriente de tiempo.

La unidad obturadora tiene su embobinado en serie con sus contactos en paralelo y con los contactos de la unidad de so

sobrecorriente de tiempo, de tal forma que cuando los contactos de la unidad de inducción cierran la unidad obturadora restablece y obtura.

Cuando la unidad obturadora se restablece, se levanta una tablilla dentro de la cual las aldabas suben y permanecen expuestas hasta descargar por presión un botón. Abajo de la esquina izquierda debajo de la cubierta.

En la unidad instantánea esta una bisagra pequeña la cual puede ser montada al frente del lado derecho de la flecha de la unidad de tiempo sobrecorriente. Estos contactos son normalmente conectados en paralelo con los contactos de la unidad de tiempo sobrecorriente y la bobina esta conectada en serie con la unidad de sobrecorriente de tiempo, cuando la unidad instantánea se restablece se levanta una tablilla la cual levanta una aldaba y permanece expuesta hasta que es desconectada.

El mismo botón que desconecta la tablilla de la unidad obturadora también desconecta la tablilla de la unidad instantánea.

4.2.4. Clasificaciones:

Unidad de tiempo sobrecorriente.

Las clasificaciones para la unidad de tiempo sobrecorriente son mostradas en la Tabla 1

| RELEVADOR | FRECUENCIA (CICLOS) | RANGO PICKUP (AMPERES) | |
|------------------|------------------------|------------------------------|--|
| | | UNIDAD PRINCIPAL (TIEMPO) | UNIDAD INSTANTANEA |
| IAC51A IAC52A | 60 | 0.5 - 4.0 2.0 - 16.0 | |
| IAC51B IAC52B | 60 | 0.5 - 4.0 2.0 - 16.0 | 0.5 - 4.0 2.0 - 16.0 10.0 - 80.0 20.0 - 160.0 |

Las disposiciones de las terminales para la unidad de tiempo sobrecorriente son mostradas en la Tabla 11.

TABLA 11

| RANGO (AMPERES) | TAPS DISPONIBLES (AMPERES) |
|-----------------|--|
| 0.5 - 4.0 | 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.3, 3.0, 4.0 |
| 2.0 - 16.0 | 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 10.0, 12.0, 16.0 |

La segunda clasificación térmica está descrita en la Tabla 111.

TABLA 111

| UNIDAD DE SOBRE - CORRIENTE DE TIEMPO | CLASIFICACION EN UN SEGUNDO (AMPERES) | K |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|
| 0.5 - 4.0 | 70.0 | 4900.0 |
| 2.0 - 16.0 | 260.0 | 67600.0 |

Para clasificaciones menores que la segunda, la clasificación puede ser calculada de acuerdo de acuerdo a la fórmula $I = \sqrt{\frac{K}{T}}$ donde T es el tiempo en segundos de los flujos de corriente.

La clasificación continua para la unidad de tiempo sobre corriente es mostrada en las Tablas IV y V

TABLA IV

| 0.5 - 4.0 RANGO AMP. | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TAP | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 |
| CLASIFICACION | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |

TABLA V

| 2.0 - 16.0 RANGO AMP. | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| TAP | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 16.0 |
| CLASIFICACION | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 15.0 | 16.0 | 17.5 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |

4.2.5 Unidad instantánea

La unidad instantánea tiene una doble bobina devanada para operación en cada uno de los dos rangos. Cualquier ajuste obtenido dentro del rango bajo (conectado en serie) es duplicado, y en un $\pm 3\%$, cuando la unidad es conectada para un rango de operación alto (conectado en paralelo). La unidad instantánea tiene una capacidad continua de 1.5 tiempos mínimos de ajuste ó 25 amperes cualquiera es menor.

Las capacidades para la unidad instantánea son mostrados en la Tabla VI

TABLA VI

| RANGO | | | CONTINUO | DURANTE UN SEGUNDO | K |
|--------------|-----------------------------|-----|----------|-----------------------|---------|
| 0.5 - 4.00 | 0.5 - 2.00 | S** | 0.75 | 25.0 | 625 |
| | | P | 1.5 | 50.0 | 2500 |
| 2.0 - 16.0 | 2.0 - 8.00 4.0 - 16.00 | S | 3.0 | 130.0 | 16,900 |
| | | P | 6.0 | 260.0 | 67,600 |
| 20.0 - 160.0 | 10.0 - 40.0 20.0 - 80.0 | S | 15.0 | 400.0 | 160,000 |
| | | P | 25.0 | 600.0 | 360,000 |
| 20.0 - 160.0 | 20.0 - 80.0 40.0 - 160.0 | S | 25.0 | 600.0 | 360,000 |
| | | P | 25.0 | 600.0 | 360,000 |

* Las altas corrientes pueden ser adaptadas para intervalos cortos de tiempo de acuerdo con la fórmula

$$I = \sqrt{\frac{K}{T}}$$

4.2.6. Unidad de tablilla y cierre-entrada.

Las capacidades para la unidad de tablilla y cierre-entrada son mostrada en la Tabla VII.

TABLA VII

| | T A P | |
|--|-------|------|
| | 0.2 | 2 |
| D. C. RESISTENCIA $\pm 10\%$ (OHMS) | 7 | 0.13 |
| OPERANDO AL MIN. (AMPERES) $\begin{matrix} + 0 \\ - 25\% \end{matrix}$ | 0.2 | 2.0 |
| CARGA CONTINUA (AMPERES) | 0.3 | 3 |
| 30 AMPS. DE CARGA POR SEG. | 0.03 | 4 |
| 10 AMPS. DE CARGA POR SEG. | 0.25 | 30 |
| 60 HERTZ DE IMPEDANCA (OHMS) | 52 | 0.53 |

Si una ligera corriente se excede 30 amperes un relevador auxiliar puede ser usado, las conexiones para entonces semejantes a aquellas de la corriente ligera no pasan los contactos continuos o a la bobina de tablilla y cierre-entrada del relevador protector.

4.2.7. Contactos

La capacidad de corriente de cierre de los contactos es de 30 amperes para voltajes que no excedan de 250 volts.

La capacidad de corriente cargada es limitada por las capacidades de la unidad de cierre-entrada.

4.2.8 Burdens (Cargas)

Las cargas para la unidad de tiempo sobrecorriente son dadas en la Tabla VIII.

TABLA VIII

| RANGO | HZ. | MIN. TAP | CARGAS EN MIN. PICKUP MIN. TAP | | | CARGAS EN OHMS (Z) | | | V.A EN 5 AMPS. IMPEDANCIA CALCULADA EN MIN. PICKUP |
|-----------|-----|-------------|-----------------------------------|----------------|------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| | | | R | J _X | Z | 3 TIEMPOS PICKUP | 10 TIEMPOS PICKUP | 20 TIEMPOS PICKUP | |
| 0.5 - 4.0 | 60 | 0.5 | 5.60 | 21.0 | 22.0 | 10.80 | 5.00 | 3.86 | 550 0 |
| 2.0 -16.0 | 60 | 2.0 | 0.37 | 1.44 | 1.45 | 0.65 | 0.32 | 0.24 | .36 - 3 |

4.3. Relevador direccional de sobrecorriente a tierra

4.3.1. Descripción:

Los relevadores direccionales de sobrecorriente a tierra son usados principalmente para la protección de alimentadores y líneas de transmisión. Estan disponibles con características inversas, muy inversas o extremadamente inversas de tiempo.

Todos los relevadores direccionales de sobrecorriente a tierra contienen una unidad de tiempo sobrecorriente del tipo de disco de inducción, una unidad instantánea de sobrecorriente del tipo copa, y y una unidad instantánea direccional, también de tipo copa. La unidad direccional puede ser polarizada, con voltaje, polarizada con corriente, o ambas y ambos operan con controles direccionales de la unidad de disco de tiempo sobrecorriente y la unidad instantánea de copa.

Estos relèvadores tienen el diseño YIA por consi - guiente el número de modelo también tiene una unidad instantánea Hi-Seismic de construcción de armadura embizagrada.

Esta unidad no es direccional y tiene una tablilla de reestablecimiento manual contenida dentro de si misma que nos mostrará siempre la unidad estando operada.

4.3.2. Aplicaciones:

Los relevadores direccionales de sobrecorriente a tierra pueden ser usados como detectores en fallas a tierra dentro de proyectos de protección con relevadores en líneas de trasmisión.

Cada relevador contiene una unidad de tiempo sobrecorriente y una unidad instantánea de sobrecorriente las dos unidades son controladas con torque por la unidad direccional instantánea.

La unidad direccional puede ser polarizada con una fuente de voltaje o de corriente o ambas. Es ventajoso el uso de doble polarización porque cambiando las condiciones del sistema puede causar corriente de polarización y estar favoreciendo a algún tiempo considerando que el voltaje de polarización pueda favorecer a otros. La figura 18 ilustra los efectos de el uso de la doble polarización comparado con la polarización de una fuente de voltaje o de corriente sola.

Las diferencias entre los diferentes modelos cubiertos por este instructivo son mostrados en la Tabla I. Los relevadores de tiempo inverso podrían usarse en sistemas donde la co-rriente de falla está fluyendo continuamente en un relevador influenciado considerablemente por la capacidad generada del sis-tema en el tiempo de falla. Los relevadores de tiempo muy inverso y extremadamente inverso deben ser usados en casos donde la magnitud de corriente de falla depende solamente sobre el lugar de la falla. En relación al relevador, y solo ligeramente y no-totalmente sobre el arreglo del sistema generado. La razón para esto es que los relevadores deben estar puestos para ser selec-tivos con máximo flujo de corriente de falla.

Dos unidades de Tablilla de sello están provistas en cada uno de los relevadores. La bobina de operación de cada una de estas unidades respectivamente estan conectadas en series con los contactos de la unidad de tiempo sobrecorriente y la unida instantánea de sobrecorriente. Los contactos de cada unidad de sello están conectados respectivamente en paralelo con los contactos de la unidad de tiempo sobrecorriente y la unida instantánea de sobrecorriente que proporciona la protección pa-

ra ellas y el resorte de control asociado.

Todos los relevadores direccionales de sobrecorriente a tierra son montados dentro de cajas secadas del tamaño estandar Ml;

Las conexiones internas para el relevador son mostradas en las figuras 20, 21 y 22. Las conexiones internas típicas son mostradas en las figuras 23 y 24.

En la Tabla I están listados los rangos de los diferentes modelos que están disponibles.

Los relevadores direccionales de sobrecorriente a tierra pueden ser usados como detectores en fallas a tierra en sistemas de protección de líneas de transmisión.

Cada relevador contiene una unidad de tiempo sobrecorriente y una unidad instantánea de sobrecorriente, ambas son controladas por la unidad instantánea direccional.

Esta unidad puede ser polarizada por una fuente de voltaje o de corriente o por las dos. Es ventajoso usar la doble polarización porque cambiando las condiciones del sistema puede causar una corriente de polarización favorable a algunas veces siempre que el voltaje de polarización pueda ser favorecido por otros.

La figura 18 ilustra los efectos del uso de la doble polarización comparada con la polarización de una fuente de voltaje o de corriente sola.

Las diferencias entre los diferentes modelos enumerados en este instructivo son mostrados en la Tabla I. Los relevadores de tiempo inverso podrían ser usados en sistemas donde el flujo de corriente de falla continua dada en el relevador es influenciado grandemente por la capacidad de generación del sistema en el tiempo de falla.

TABLA I

RANGO EXTENSO DE RELEVADORES JBCG

| MODELO DEL RELEVADOR | CARACTERISTICAS DE TIEMPO | UNIDAD HI-SEISMIC | RANGO DE PICKUP | | | CONEXION INTERNA |
|-------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | | | HI - SEISMIC | TIEMPO | TASA INSTANTANEA | |
| JBCG51M(-)A | INVERSO | NO | — | 0.5 - 4 2 - 16 | 2 - 16 10 - 80 | FIG. 5 |
| JBCG51M(-)Y1A | INVERSO | SI | 6 - 150 | 0.5 - 4 2 - 16 | 2 - 16 10 - 80 | FIG. 6 |
| JBCG53M(-)A | MUY INVERSO | NO | — | 0.5 - 4 1.5 - 12 | 2 - 16 10 - 80 | FIG. 5 |
| JBCG53M(-)Y1A | MUY INVERSO | SI | 6 - 150 | 0.5 - 4 1.5 - 12 | 2 - 16 10 - 80 | FIG. 6 |
| JBCG77M(-)A | EXTREMADAMENTE INVERSO | NO | — | 0.5 - 4 1.5 - 12 | 2 - 16 10 - 80 | FIG. 7 |

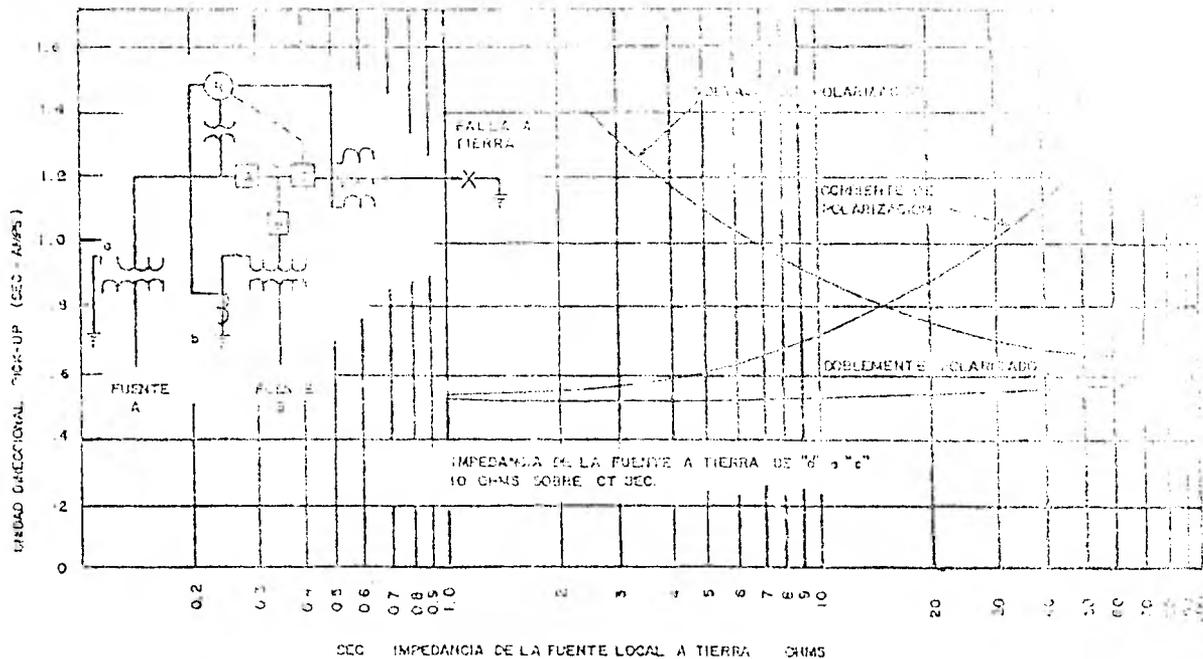


FIG. No. 18 COMPARACION TIPICA DE CORRIENTE, VOLTAJE O DOBLE POLARIZACION MOSTRANDO LOS EFECTOS DE LA IMPEDANCIA DE LA UNIDAD DIRECCIONAL

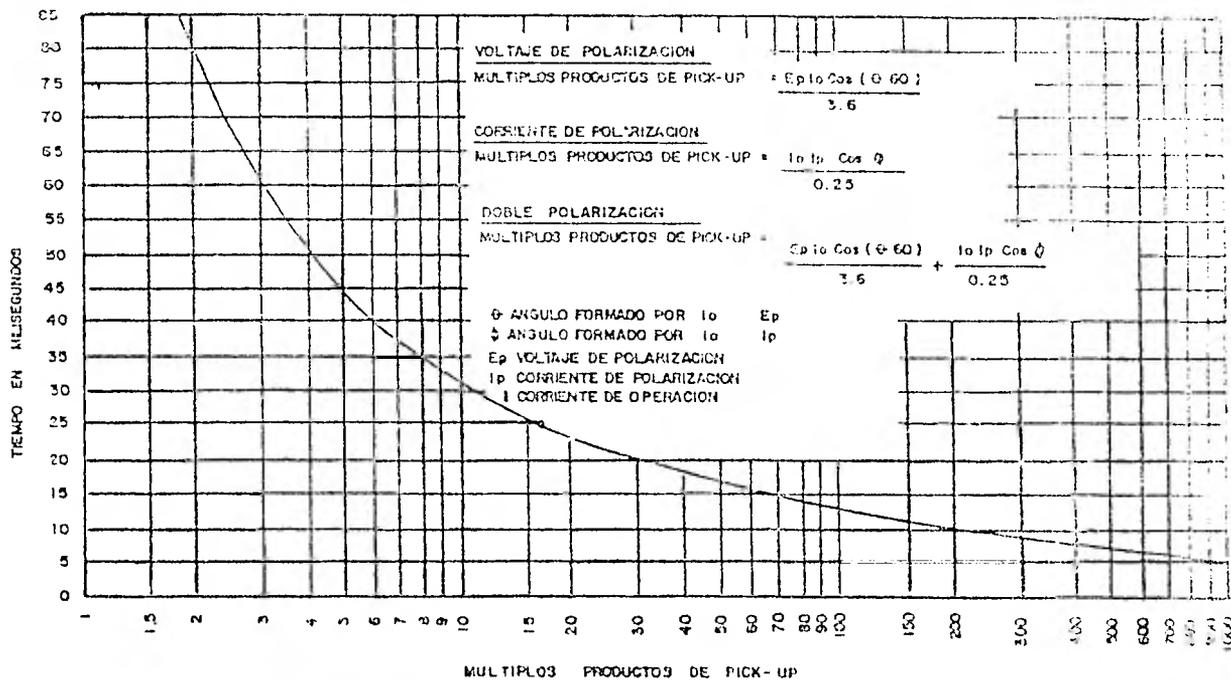
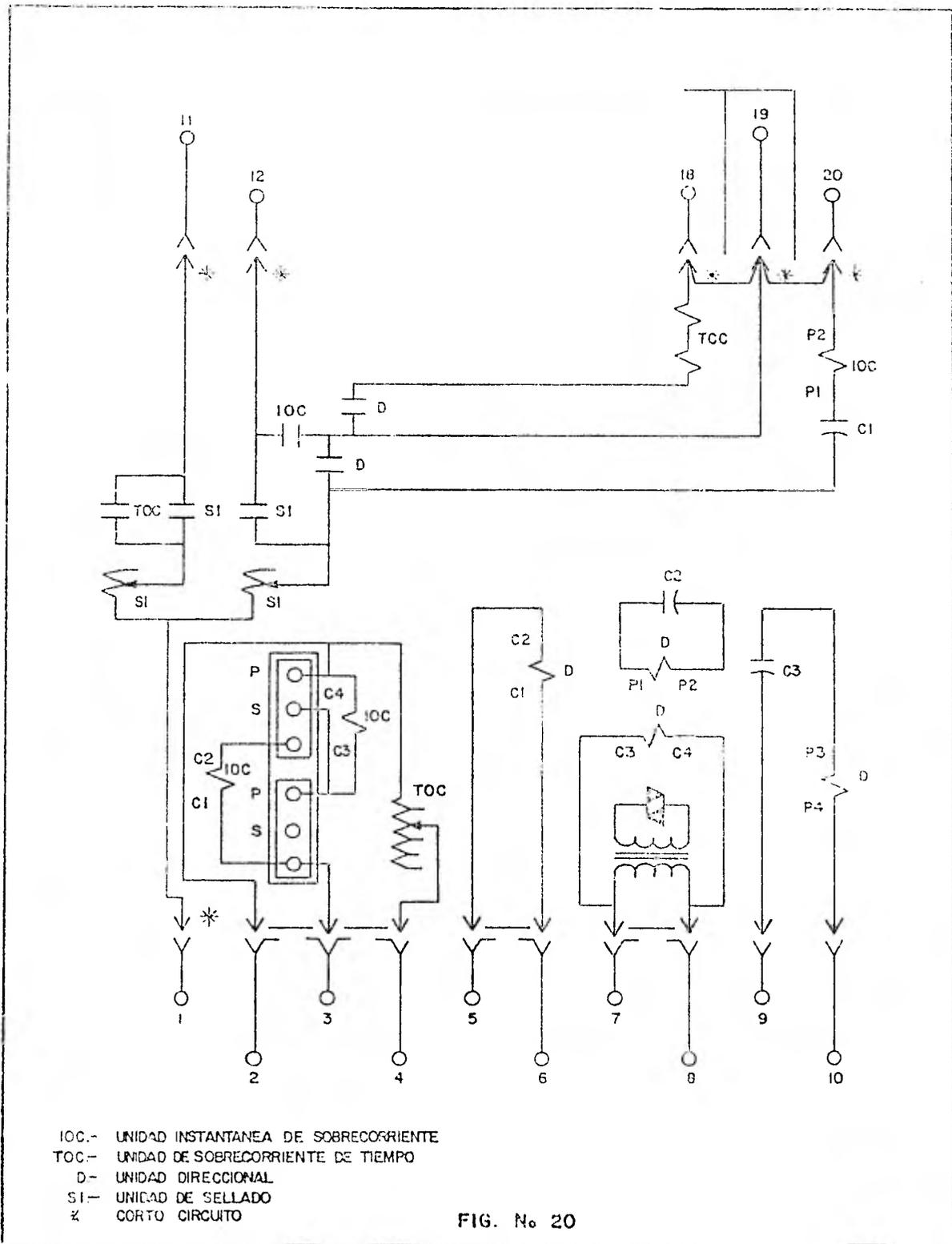
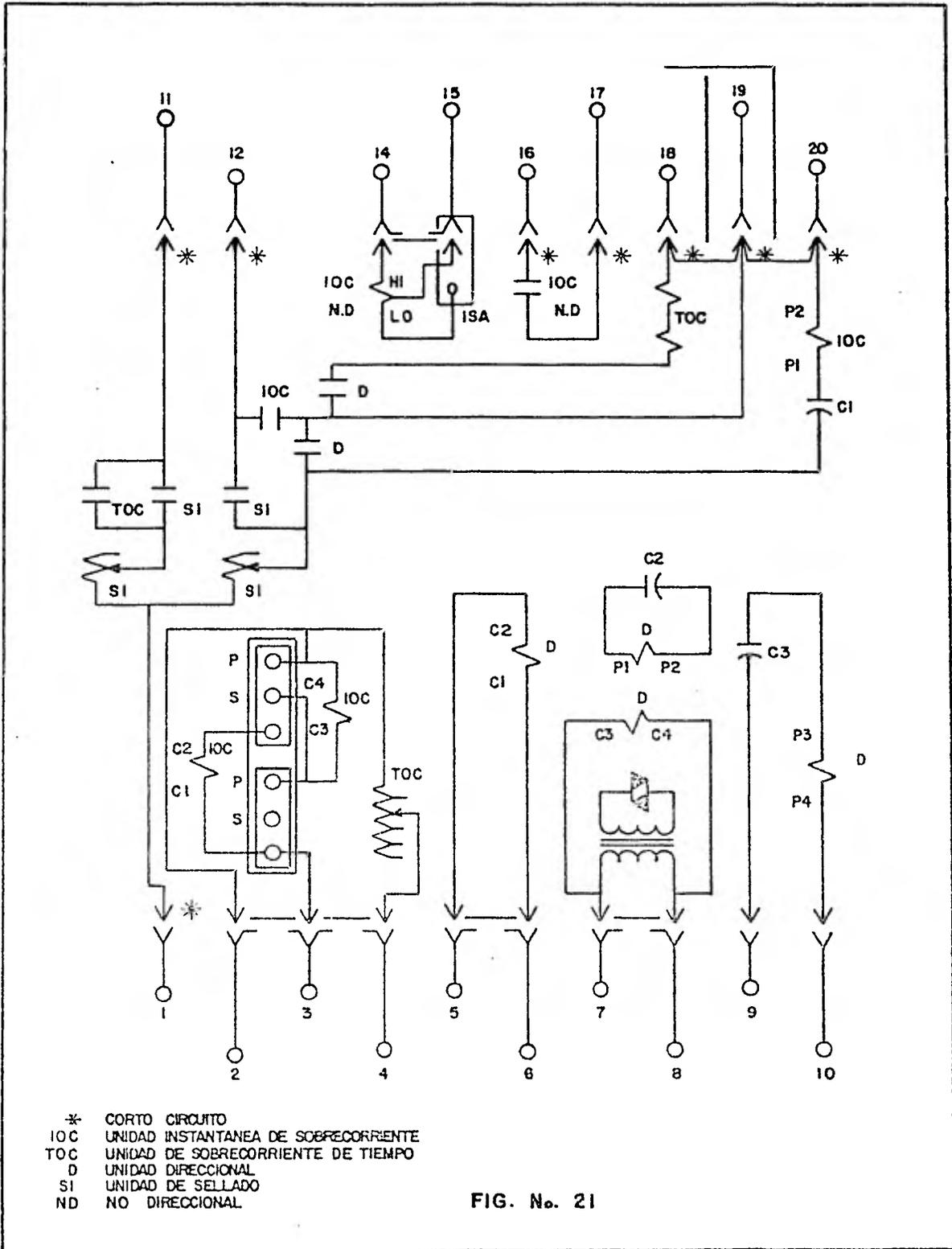


FIG. No. 19 CARACTERISTICA DE TIEMPO DE LA UNIDAD DIRECCIONAL DE DOBLE POLARIZACION RELEVADOR TIPO JBCG.





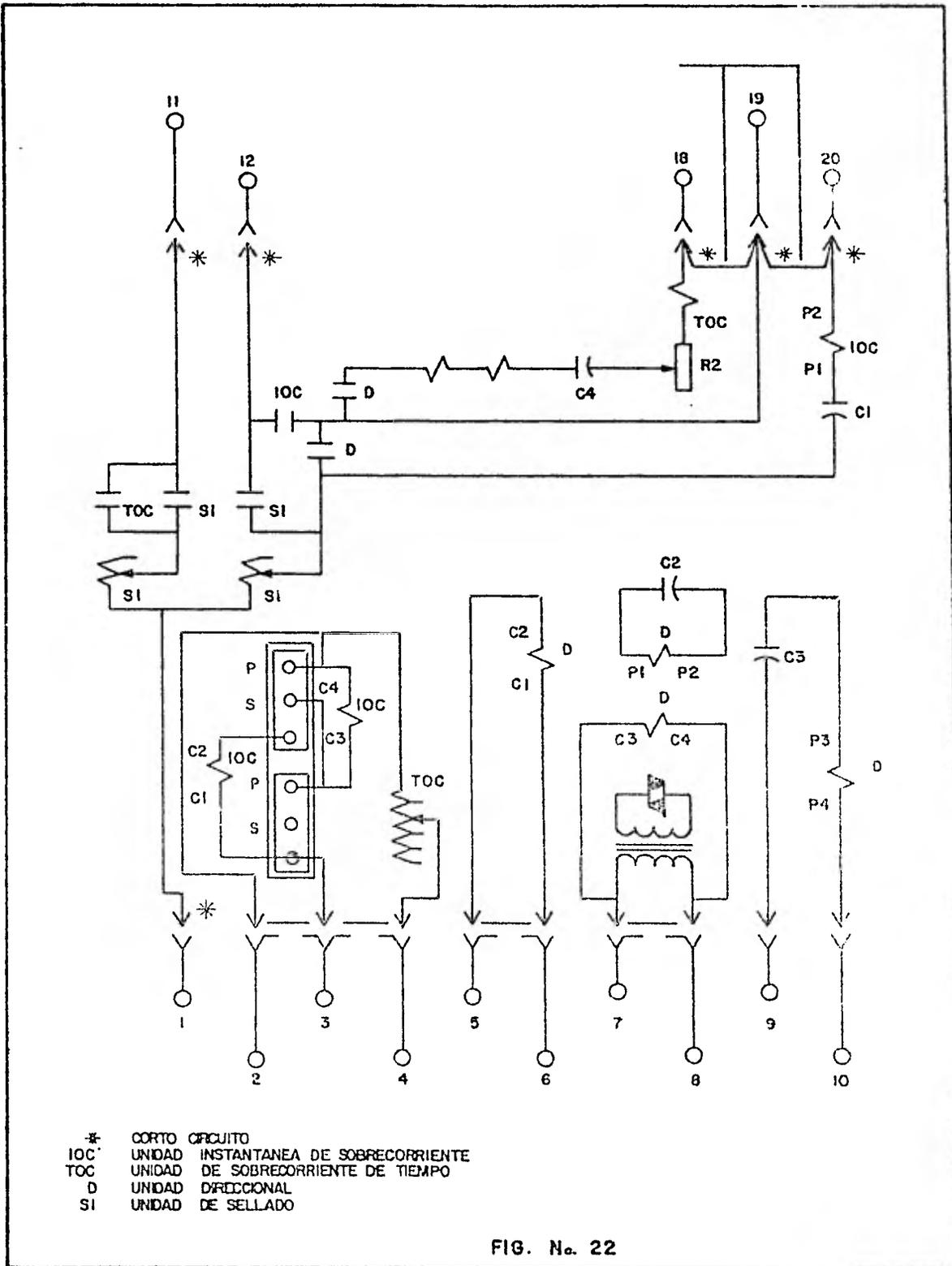


FIG. No. 22

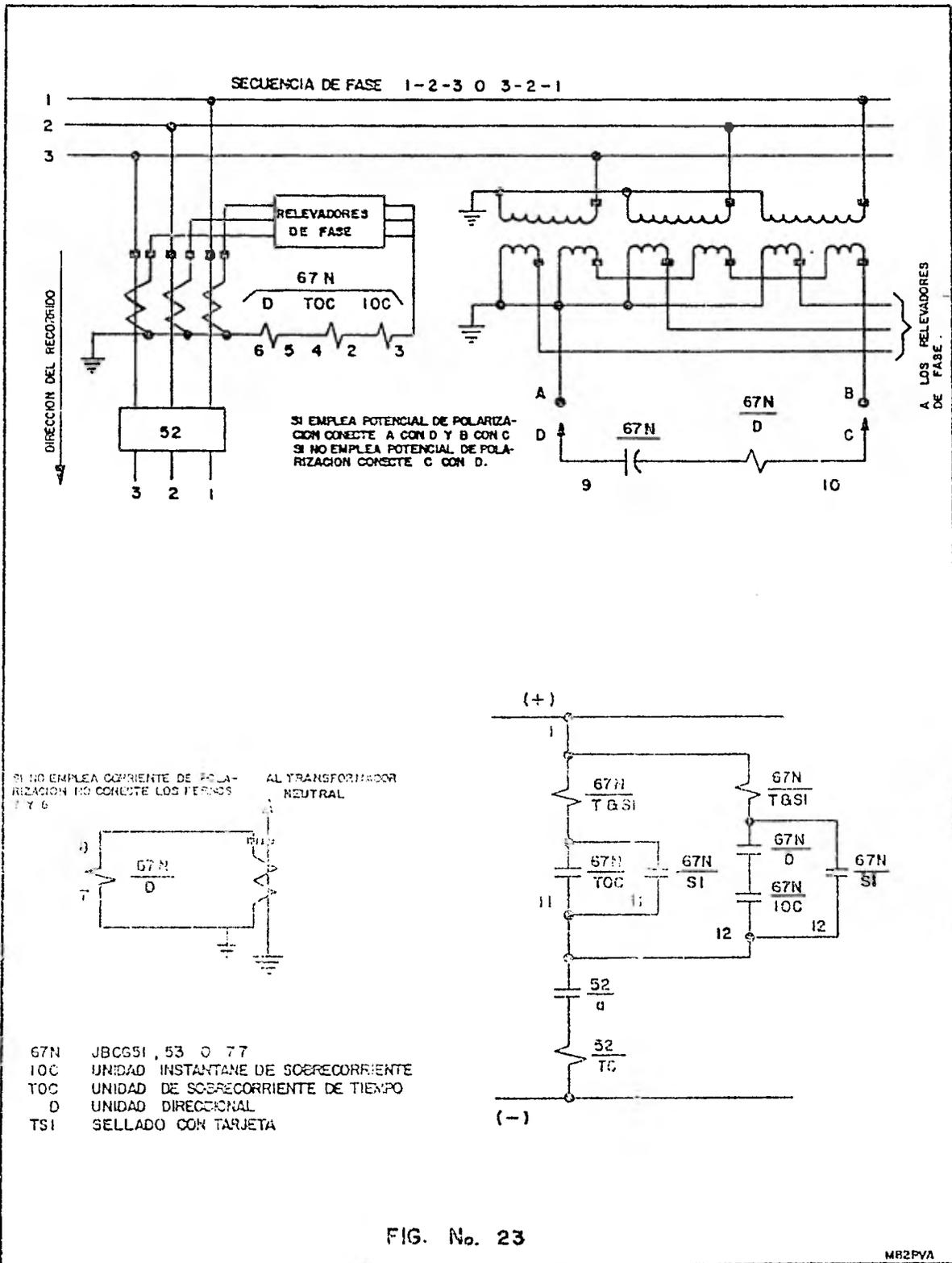
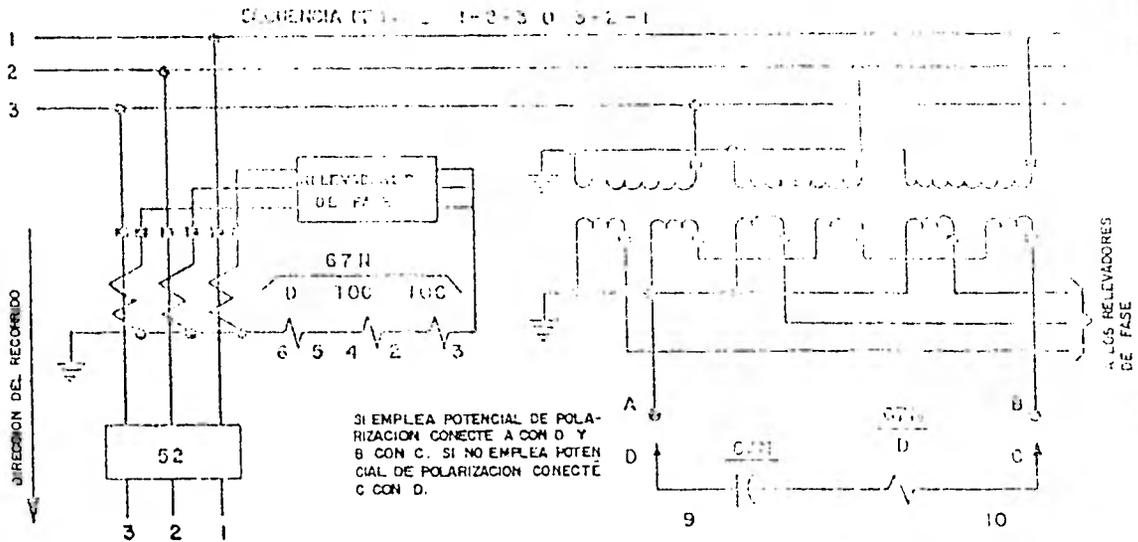
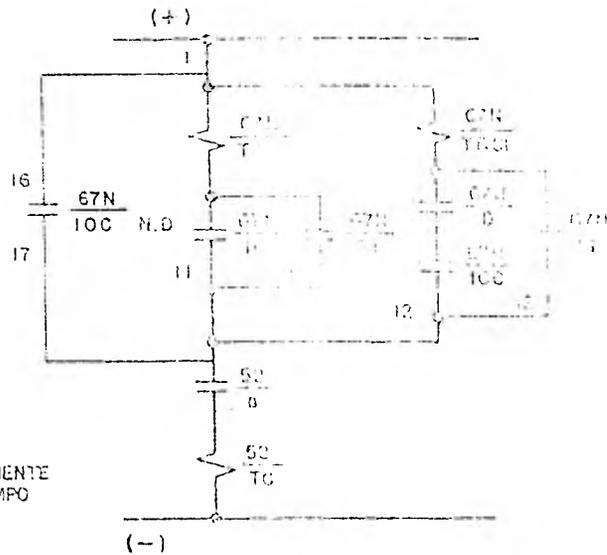
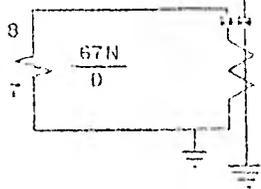


FIG. No. 23



SI NO EMPLEA CORRIENTE DE POLARIZACION NO CONECTE LOS PERROS 7 Y 8.



- 67N JBC651, 53 0 77
- 10C UNIDAD INSTANTANEA DE SOBRECORRIENTE
- 10C UNIDAD DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO
- D UNIDAD DIRECCIONAL
- TSI SELLAO CON TARJETA

FIG. No. 24

Los relevadores de tiempo muy inverso y extremadamente podrían ser usados en casos donde la magnitud de corriente de falla depende solamente del lugar de la falla en relación al relevador y solo ligeramente o no totalmente sobre el lugar del sistema de generación. La razón para esto es que el relevador debe ser puesto para se selectivo con el máximo flujo de corriente de falla

Para corrientes de falla mayores de estos valores, el tiempo de operación llega a ser tan grande como la corriente de crece. Si hay un rango holgado en la capacidad de generación junto con la variación en una corriente de corto circuito con la posición de falla, el tiempo de operación con la mínima corriente de falla puede ser excedida con relevadores de tiempo muy inverso y siempre más excedida con relevadores de tiempo extremadamente inverso.

Para algunos casos, el relevador de tiempo inverso es más usado.

La elección entre relevadores de tiempo muy inverso y extremadamente inverso es más limitada que entre ellos y el relevador de tiempo inverso como los primeros están lo más cercanamente semejantes en sus características de curvas de tiempo corriente. Para clasificaciones con fusible el relevador de tiempo extremadamente inverso podría ser clasificado como el que más se acerca a la curva de tiempo-corriente del fusible.

Otra ventaja de los relevadores de tiempo extremadamente inverso es que es más apropiado que ambos de los relevadores de tiempo inverso y muy inverso para arrancamiento de carga en frío.

Para cualquier capacidad de carga de Pick-Up dada, los

resultados puesto proporcionarán protecciones seguras para fallas grandes de corriente con los relevadores de tiempo extramadamente inverso que con los relevadores de tiempo inverso.

El tiempo de operación de la unidad de tiempo sobrecorriente para cualquier valor dado de corriente y la derivación puesta es determinada por el tiempo puesto en el disco.

Este tiempo operado es inversamente proporcional a la magnitud de corriente según se ilustra en las curvas de las figuras 25, 26 y 27.

Note que los valores de corriente en estas curvas son dados como multiples de la derivación puesta.

Eso es, para un tiempo dado puesto en el disco, el tiempo será el mismo para 80 amperes en la derivación de 8 amperes como para 50 amperes en la derivación de 5 amperes, siempre en ambos casos, la corriente es 10 veces la de la derivación puesta.

Si la acción selectiva de dos o más relevadores es requerida, determina la máxima corriente posible de corto circuito de la línea y también selecciona un valor de tiempo para cada relevador que difiere suficientemente a asegurar la secuencia adecuadamente en la operación de los diversos interruptores del circuito.

Las tolerancias deben ser hechas para el tiempo relacionado en la abertura de cada interruptor después del cierre de los contactos del relevador.

La unidad instantánea de copa es controlada por el torque de la unidad direccional.

La unidad instantánea de copa tiene baja sobrecorriente transitoria. Podría ser puesta con un margen de por lo menos 10% de corriente máxima para un descuido de falla remota de sobrecorriente transitoria.

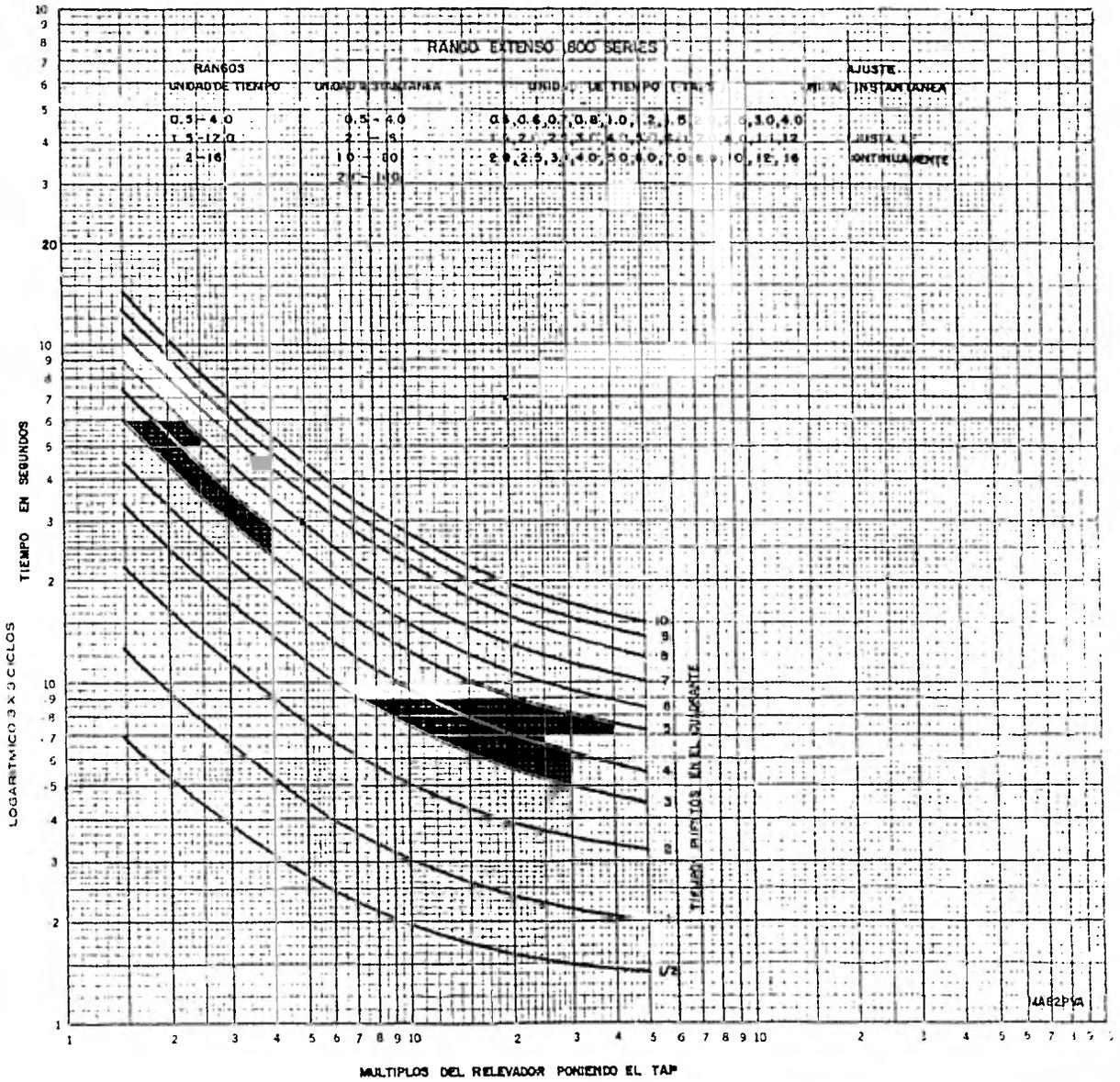


FIG. No. 25
 CARACTERISTICA TIEMPO-CORRIENTE DE LA UNIDAD DE
 SOBRECORRIENTE DE TIEMPO INVERSO

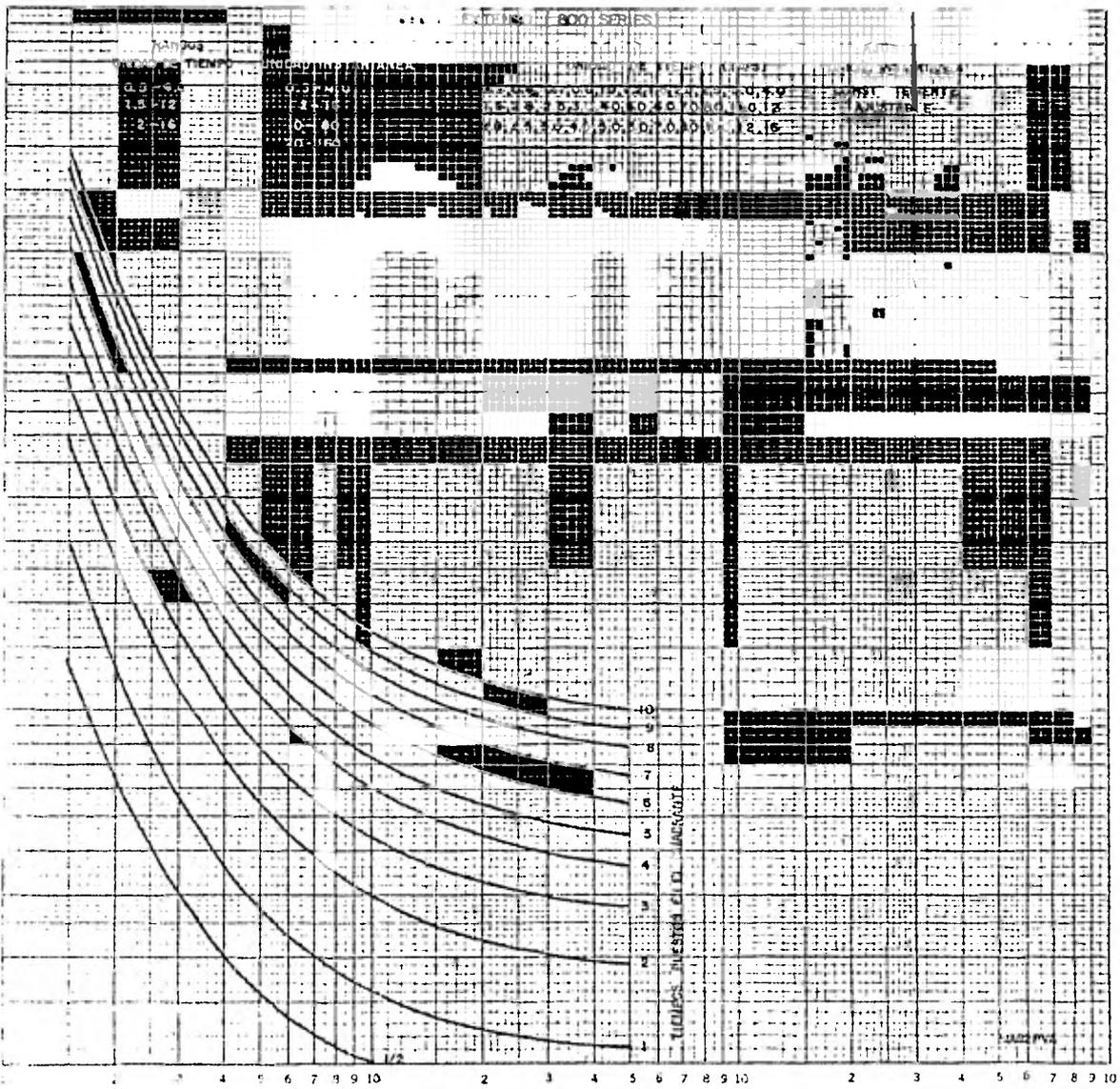


FIG. No. 26
 CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE DE LA UNIDAD DE
 SOBRECORRIENTE DE TIEMPO MUY INVERSO.

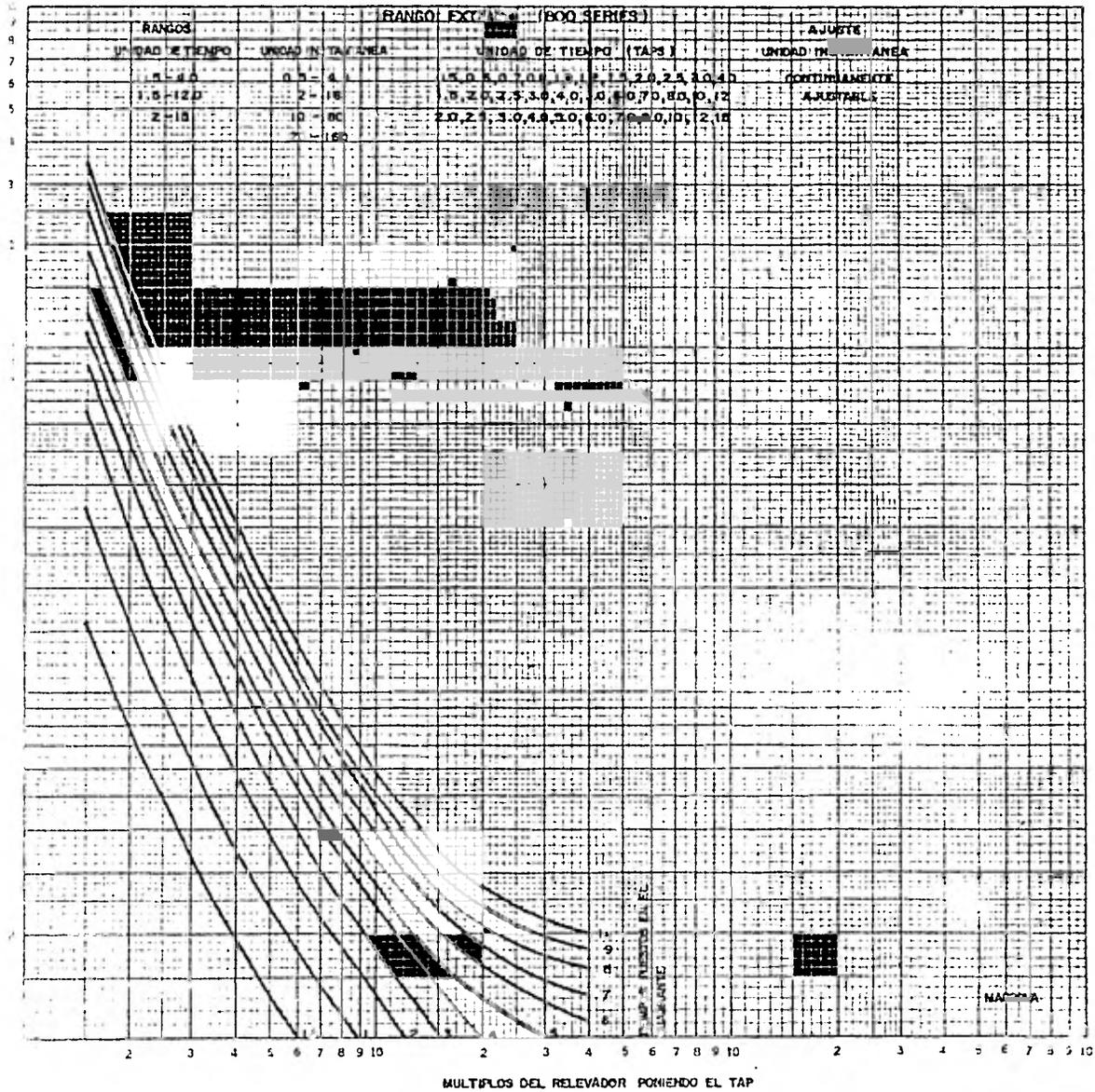


FIG. N° 27
 CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE DE LA UNIDAD DE
 SOBRECORRIENTE DE TIEMPO EXTREMADAMENTE INVERSO.

Los relevadores tipo YIA tienen una unidad HI-Seismic instantánea de sobrecorriente. Esta unidad puede ser prevista por un corte directo para fallas de cargas internas.

Algunas veces la puesta para esta unidad cuando es usada para corte directo, será necesario considerar la máxima falla externa para fallas en cada final de las líneas porque la unidad no es direccional. La unidad podría colocarse con un margen apropiado muy cerca de la falla máxima externa teniendo en cuenta los efectos del alcance transitorio como se ilustra en la figura 28.

4.3.3. Construcción

4.3.4. Capacidades:

Los relevadores direccionales de sobrecorriente a tierra descritos en este instructivo están disponibles en modelos de 50 y 60 Hz.

4.3.5.- La unidad de tiempo sobrecorriente (toc) tiene un extenso rango (de ocho a uno) similar a los relevadores de serie 800 IAC.

La unidad de control direccional (IOC) también tiene un extenso rango (8 a 1).

La unidad no es controlada direccionalmente cuando es usada (vea Tabla I), teniendo un rango de 25 a 1.

Las capacidades de corriente de los circuitos de operación de las unidades Toc, de las unidades IOC y de las unidades direccionales son mostradas individualmente.

De cualquier modo, en vista de que todas las corrientes de los circuitos operados son normalmente conectadas en serie, las capacidades de las bobinas de operación de las tres unidades podrían llegar a ser consideradas en determinada capa

UNIDAD INSTANTANEA DE VALORES DE HI SISMICO
EN EXCESO PASAJERO

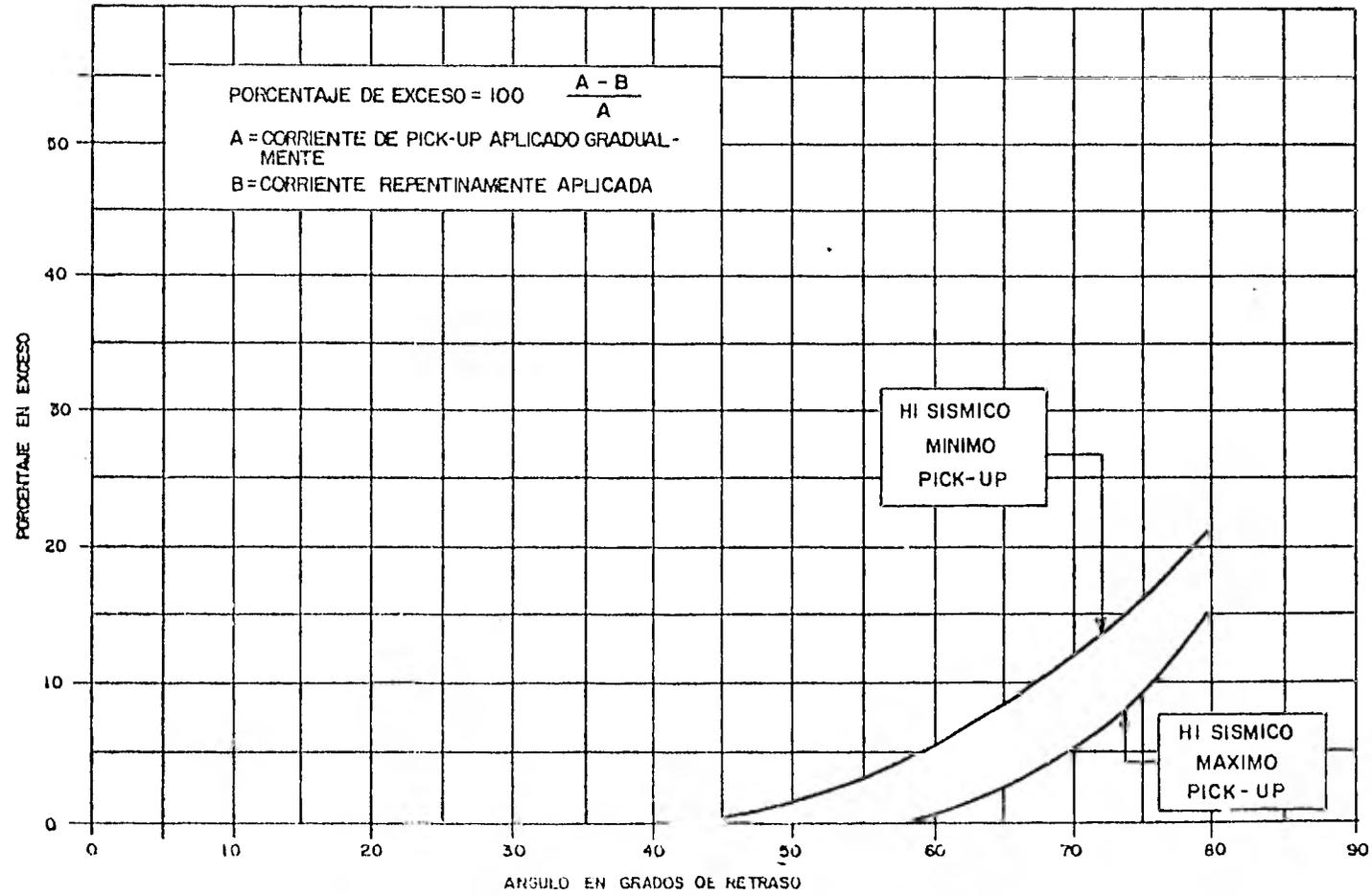


FIG. N.º 28 CARACTERISTICAS EXCESO PASAJERO DE LA UNIDAD INSTANTANEA HI SISMICO

MASEPVA

cidad de la capacidad de la completa operación del circuito.

4.3.6. Unidad de tiempo sobrecorriente:

La capacidad de un segundo de las unidades TOC son dadas en la Tabla 2. Las capacidades continuas para las diferentes terminales (TAPS) de cada modelo y rango de corriente son dadas en las tablas 3,4 y 5.

Unidad Instantanea de Sobrecorriente(controlada Direccionalmente).

Los rangos y capacidades de las unidades IOC, las terminales 2 y 3 del relevador son mostradas en al tabla 6.

Las bobinas de operación tienen doble capacidad obtenida por las conexiones en serie o paralelo.

4.3.7. Unidad direccional.-

La bobina de operación de la unidad direccional, terminales 5 y 6 del relevador, tienen una capacidad de 6 amperes continuos y una capacidad de 200 amperes en un segundo. El circuito de polarización de corriente, terminales 7 y 8 tienen una capacidad de 5 amperes continuos y una capacidad de 150 amperes en un segundo.

La bobina de polarización de potencial, terminales 9 y 10, llegará a soportar 120 volts continuamente y 360 volts por 60 segundos.

Unidad Instantánea(No controlada Direccionalmente):

La bobina de la unidad direccional es conectada para operada en cada uno de los dos rangos(Alto o Bajo). La selección de los rangos alto o bajo es determinado por la posición del aislador T y E en la terminal 15 vea la Tabla 7 y las conexiones interiores pertinentes anotadas en la Tabla I. Para un rango alto conecte el aislador T a la terminal 15 y el aislador E a la terminal auxiliar que está montdo en la terminal 15 para un rango bajo invierta los aisladores T y E.

TABLA 2
CLASIFICACION DURANTE UN SEGUNDO DE UNIDADES TOC

| MODELO DEL RELEVADOR | RANGO (AMPS.) | CAPACIDAD DURANTE UN SEGUNDO (AMPS.) |
|----------------------|---------------------|--------------------------------------|
| JBCG51 | 0.5 - 4 2 - 16 | 7.0 26.0 |
| JBCG53 | 0.5 - 4 1.5 - 12 | 14.0 26.0 |
| JBCG77 | 0.5 - 4 1.5 - 12 | 12.5 26.0 |

TABLA 3
CLASIFICACION CONTINUA DE UNIDADES TOC 0.5-4.0 AMP.

| RANGO 0.5 - 4 AMP. | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| MODELO | TAP | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 |
| JBCG51 | CLASIFICACION (AMPS.) | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| JBCG53 | | 4.0 | 4.3 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 7.5 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 13.0 |
| JBCG77 | | 3.5 | 3.7 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 |

TABLA 4
CLASIFICACION CONTINUA DE UNIDADES TOC 1.5-12.0 AMP.

| RANGO 1.5 - 12.0 AMP | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MODELO | TAP | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 |
| JBCG53 | CLASIFICACION (AMPS.) | 10.0 | 11.5 | 13.0 | 14.5 | 17.0 | 19.0 | 21.0 | 23.0 | 23.5 | 27.5 | 30.5 |
| JBCG77 | | 9.5 | 10.5 | 11.5 | 12.5 | 14.0 | 15.5 | 17.0 | 18.0 | 19.0 | 20.0 | 20.0 |

TABLA 5
CLASIFICACION CONTINUA DE UNIDADES TOC 2 - 16.0 AMP.

| RANGO 2 - 16 AMP. | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MODELO | TAP | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 16.0 |
| JBCG51 | CLASIFICACION (AMPS.) | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 15.0 | 16.0 | 17.5 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |

TABLA 6
CAPACIDAD CONTINUA Y DURANTE UN SEGUNDO
DE LA UNIDAD IOC CONTROLADA DIRECCIONALMENTE

| RANGO TOTAL (AMPS) | CONEXIONES | RANGO PICK-UP (AMPS) | CAPACIDAD CONTINUA (AMPS) | CAPACIDAD DURANTE UN SEGUNDO (AMPS) |
|--------------------|----------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 2 - 16 | SERIE PARALELO | 2 - 8 4 - 16 | 5.0 6.5 | 200 260 |
| 10 - 80 | SERIE PARALELO | 10 - 40 20 - 80 | 9.0 15.0 | 220 260 |

TABLA 7
CAPACIDAD CONTINUA Y DURANTE UN SEGUNDO
DE LA UNIDAD IOC NO CONTROLADA DIRECCIONALMENTE

| UNIDAD INSTANTANEA (AMPS) | RANGO | RANGO (AMPS) | CAPACIDAD CONTINUA (AMPS) | CAPACIDAD DURANTE UN SEGUNDO (AMPS) |
|---------------------------|--------|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 6 - 150 | L H | 6 - 30 30 - 150 | 10.2 19.6 | 260 |

TABLA 8
CAPACIDAD DE LA UNIDAD DE SELLO

| | T A P | |
|---|-------|------|
| | 0.2 | 2.0 |
| DC RESISTENCIA $\pm 10\%$ (OHMS) | 7 | 0.13 |
| OPERANDO AL MINIMO (AMPERES) $\pm \frac{0}{25}\%$ | 0.2 | 2.0 |
| CARGA CONTINUA (AMPERES) | 0.3 | 3.0 |
| 30 AMPERES DE CARGA POR SEGUNDO | 0.03 | 4.0 |
| 10 AMPERES DE CARGA POR SEGUNDO | 0.25 | 30.0 |
| 60 HERTZ DE IMPEDANCIA (OHMS) | 52.0 | 0.53 |

4.3.8.- Unidad de sello.-

La capacidad e impedancia de la unidad de sello para la terminal 0.2 y 2 amperes son dados en la tabla 8.

Las conexiones de las terminales usadas dependerá de la corriente inducida por la bobina de disparo.

La terminal de 0.2 amperes es para usarse con la bobina de disparo cuando opera en corrientes de rango desde 0.2 hasta 2.0 amperes, en el voltaje mínimo de control. Si esta terminal es utilizada con la bobina de disparo requerirá más de dos amperes, existe la posibilidad que la resistencia de 7 ohms reduzca la corriente a un valor más bajo y que el interruptor no llegue a ser disparado.

La terminal de dos amperes podrá ser usada con la bobina de disparo que tiene 2 amperes o más en el voltaje de control mínimo. Proporcionando la corriente que no exceda de 30 amperes en el máximo voltaje de control. Si la corriente de disparo excede 30 amperes, las conexiones podrían ser acomodadas también que los contactos de la unidad de inducción operarán un relevador auxiliar el cual a su vez energiza la, o las bobinas de disparo. En aplicación a lo dicho, puede ser necesario conectar una carga resistiva en paralelo con las bobinas del relevador auxiliar que permita la suficiente corriente para operar la unidad de sello.

4.3.9.- Contactos:

Las capacidades de corriente de cierre de los contactos de la unidad de inducción es de 30 amperes para voltajes que no excedan los 250 volts.

Esta capacidad de conducción de corriente está limitada por la capacidad del TAP de la unidad de sello.

4.4.- Relevadores direccionales de sobrecorriente de fase y tierra con instantáneo .

4.4.1.- Descripción:

Fallas de fase.- JBC.-

Los relevadores Direccionales de sobreintensidad de fase y tierra con instantáneo tipo JBC se utilizan frecuentemente para protección de fallas en fase para líneas simples. La cuadratura o conexión a 90° es la recomendada para aplicación, ya que proporciona la operación más segura durante las condiciones normales de falla. En el esquema No. 1 se muestran las conexiones externas típicas de los transformadores de intensidad y tensión. Con esta conexión la intensidad (con carga de factor de potencia unidad) está a 90° en adelanto con respecto a la tensión de polarización. Debido a que la unidad direccional tiene una característica de 45° , su par máximo ocurrirá cuando la intensidad de falla (falla entre fases equilibradas) este en retraso 45° con factor de potencia unidad.

Cuando los relevadores de fase son utilizados conjuntamente con un relevador de tierra polarizado por tensión, es necesario que los primarios de los transformadores de tensión esten conectados en estrella. Debido a que solamente se recomienda la conexión de cuadratura en los relevadores tipo JBC, se debe utilizar un transformador auxiliar estrella-triángulo abierto conjuntamente con los transformadores de tensión estrella-extrella.

Fallas de fase - JBCV.-

El relevador tipo JBCV es utilizado en la protección de fallas de fase cuando se necesita distinguir entre conexiones de falla y variaciones de sobrecarga o potencia.

La característica de frenado de tensión del relevador hacen posible esta distinción. La figura 2 muestra el efecto de frenado de tensión en las características de impedancias de este relevador en comparación con el relevador tipo JBC.

Cuando la generación en una estación determina puede variar de vez en cuando, es posible que la máxima carga de intensidad exceda a la intensidad mínima de falla. Cuando esto sucede el relevador tipo JBC no distingue entre una carga pesada con generación máxima y una falla con generación mínima. Esta es una aplicación típica para el relevador tipo JBCV. Cuando ocurre una falla con generación mínima, el par de frenado de la unidad direccional cae rápidamente de acuerdo con la caída de tensión, permitiendo disparar así el relevador para un valor bajo de la falla por intensidad. Por otra parte se impide que el relevador dispare con intensidades de gran carga con generación máxima ya que la unidad direccional no cerrará debido al sistema de tensión que es mantenido.

Las líneas largas o muy cargadas, que operan cerca del límite de estabilidad, están sujetas a fuertes cambios de potencia. Estos cambios de potencia aparecen ante el relevador como fallas pasajeras. Debido a que la tensión se mantiene próximo al valor normal durante una variación de potencia, el área en el diagrama de impedancia, dentro del que debe permanecer la falla para ocasionar el disparo, es algo menor con el relevador tipo JBCV que el que sería con un relevador sin frenado por tensión.

Fallas a tierra - JBCG.-

El relevador Direccional de sobreintensidad de fase y tierra con instantáneas Tipo JBCG, con ambas unidades instantáneas y de tiempo direccionalmente controladas, ha sido diseñado para protección contra fallas a tierra por tanto para gamas de intensi_

dades más bajas de operación. Los relevadores utilizados en semejantes protecciones generalmente tienen una bobina de operación de gama baja que está calibrado de 0,5 - 2 amperios o de 1,5 - 6 amperios, aunque también se puede suministrar 4 - 16 A.

La unidad direccional del relevador tipo JBCG es de doble polarización y puede ser polarizada por intensidad, por tensión o por ambas simultáneamente. Este doble polarización es deseable en aplicaciones en que se dispongan de fuentes de polarización tanto de intensidad como de tensión y exista la posibilidad de perderse temporalmente una u otra fuente.

Las características de tiempo inverso se prefiere cuando la magnitud de la intensidad de falla dependa principalmente de la capacidad del sistema de generación al tiempo de la falta.

Las características muy inverso y extremadamente inverso se prefieren cuando la magnitud de la falla depende principalmente de la localización de la falla en relación con el relevador y solo ligeramente del sistema de generación.

Unidades de tarjeta y sellado se suministran para las unidades instantáneas de sobrecorriente y tiempo, y están calibradas de 0,2/2 Amp.

4.4.2 Aplicación.-

Los relevadores tipo JBC, JBCV y JBCG constan de tres unidades, una unidad instantánea direccional de potencia (parte inferior) del tipo de copa de inducción, una unidad de sobrecorriente de tiempo (parte media) del tipo de disco de inducción y una unidad instantánea de sobrecorriente (parte superior) del tipo copa de inducción. Los contactos de la unidad direccional controlan tanto la operación de la unidad instantánea como la de tiempo, (control direccional). En esta aplicación la unidad instantánea proporciona protección a gran veloci-

dad para faltas de cierre de alta intensidad.

4.4.3. Contactos.-

La capacidad de cierre de los contactos de la unidad de inducción es de 30 Amperes para tensiones que no excedan de 250 volts. La capacidad que soportan está limitada por el valor de la toma de la unidad de sellado.

4.5.- Relevador direccional de sobrecorriente de fase y tierra con instantáneo direccional

4.5.1. Aplicación.-

Estos relevadores de sobrecorriente direccionales de tierra son utilizados principalmente en esquemas de transferencias de disparo para protección a gran velocidad de líneas de transmisión. Los esquemas básicos son:

- 1.- Mínimo alcance directo
- 2.- Mínimo alcance permisible
- 3.- Sobrealcance permisible

Los relevadores JBCG61E y JBCG63E son respectivamente similares a los relevadores JBCG51E y JBCG53E. Sin embargo los relevadores JBCG61E y JBCG63E difieren en la disposición de los contactos de la unidad de sello y en la situación de los contactos de la unidad direccional. Ambos contactos de la unidad de sellado están conectados a terminales separados del relevador y la unidad direccional está dispuesta de forma que pueda ser utilizada independientemente.

4.5.2.- Características.-

120 voltios 60 ciclos(permanente) - Unidad de sello y tarjeta 0,6/2 Amp.

CUADRO NUM. 1

VALORES DE LAS BOBINAS DE OPERACION DE LAS UNIDADES INSTANTANEAS Y SOBRECORRIENTE.

| CALIBRE DE CIERRE AMP. | REGIMEN CONTINUO AMP. | DURANTE UN SEGUNDO AMP. |
|---------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 2 - 8 | 5 | 150 |
| 4 - 16 | 5 | 150 |
| 10 - 40 | 5 | 220 |
| 20 - 80 | 5 | 220 |
| 40 - 160 | 6 | 220 |

CUADRO NUM. 2

CALIBRES UNIDADES DE SELLADO

| | T O M A 2 AMP. | T O M A 0.2 AMP. |
|---------------------|-------------------|---------------------|
| DISPARO | 30 AMP. | 3 AMP. |
| REGIMEN CONTINUO | 3 AMP. | 0.3 AMP. |
| RESISTENCIA (OHMS) | 0.13 OHMS | 7 OHMS |
| IMPEDANCIA (60 HZ.) | 0.53 OHMS | 52 OHMS |

CUADRO NUM. 3
CALIBRES DE LAS BOBINAS DE OPERACION DE LAS UNIDADES DE SOBRE -
CORRIENTE Y TIEMPO

| TIPO | CALIBRES DE LAS TOMAS AMP. | GAMA DE LAS TOMAS AMP. | DURANTE UN SEGUNDO AMP. | REGIMEN CONTINUO AMP. |
|------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| JBC | 1.5 - 6 | 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6 | 200 | 5 |
| | 4 - 16 | 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 16 | 220 | 10 |
| JBCV | 2 - 8 | 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8 | 200 | 5 |
| | 4 - 16 | 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16 | 220 | 10 |
| JBCG | 0.5 - 2 | 0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.5, 2 | 100 | 1.5 |
| | 1.5 - 6 | 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6 | 200 | 5 |

CAPITULO V

DISEÑO DEL TABLERO

5.1. Definición.-

El tablero eléctrico es uno de los equipos principales de una subestación, en el cual se centralizan todos los elementos de control, medición y protección. El acomodo de estos elementos deberá realizarse de tal manera que permita una fácil identificación del circuito o partes del sistema al cual estan controlado, midiendo o protegiendo.

Con un arreglo enfocado de esta manera permite utilizar al tablero para desarrollar sobre de él, el llamado diagrama senóptico (busmínico) y colocar indicadores luminosos que indiquen las condiciones de operación del sistema en un instante dado.

Siguiendo los lineamientos expuestos en el parrafo anterior se realiza el diseño del tablero que deberá soportar al equipo seleccionado para el desarrollo de las practicas propuestas en este trabajo. La figura V-1 muestra las dimensiones y localización del mencionado equipo.

5.2. Características Constructivas.-

Cada sección consiste de una estructura soldada, rígida, autoportada de lámina de acero no menor del calibre No. 12, de 22.8 cm (90") de alto, 76.2 cm (30") de ancho y paneles frontales fijos.

Los cables exteriores de control que conectan con el tablero, lo haran por la parte inferior y las conexiones entre instrumentos de diferentes secciones del mismo tablero son en forma horizontal.

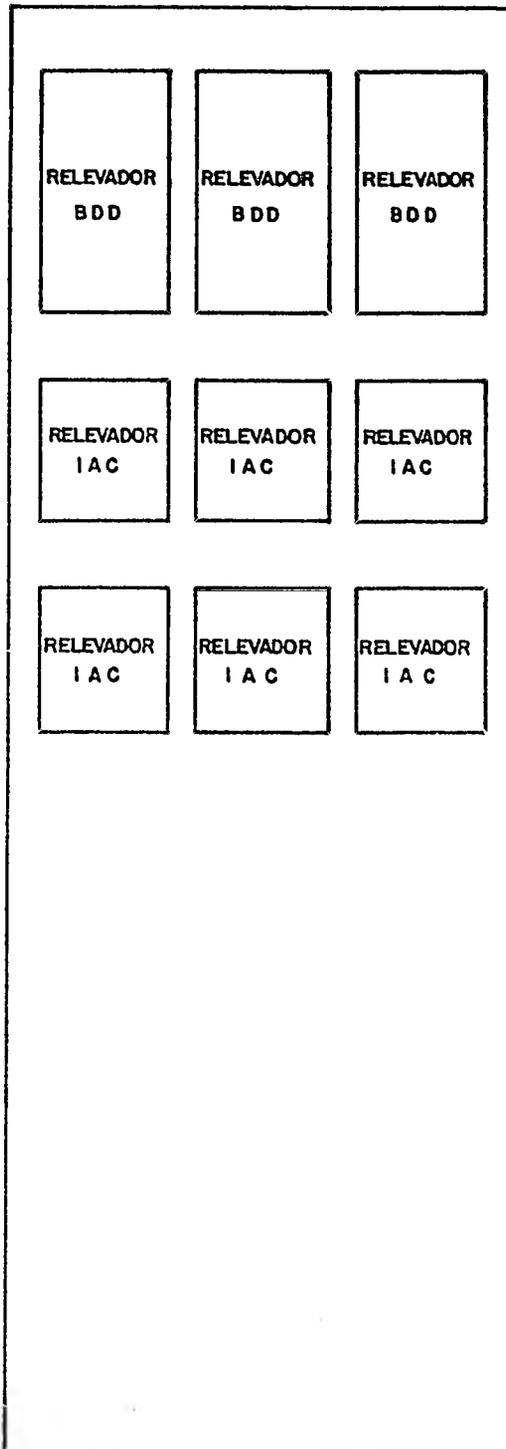
Los relevadores son para montaje semiembutido, con marco moldeado de plástico, con bastidos removibles para permitir el intercambio de otro relevador similar, sin necesidad de cambios en el alumbrado interno. Las cajas de los relevadores tienen -- forma rectangular y acabado uniforme negro mate, y están provistos con tapa de vidrio con empaque para evitar la entrada de -- polvo.

Los relevadores tienen contactos de prueba, adecuados -- para poder insertar clavijas de pruebas.

En general, en el diseño y fabricación de los tableros de protección así como en cualquier otro equipo eléctrico, se -- deben cumplir con ciertas normas; para el caso de los tableros se recomienda que su diseño y fabricación cumplan con las si -- guientes normas:

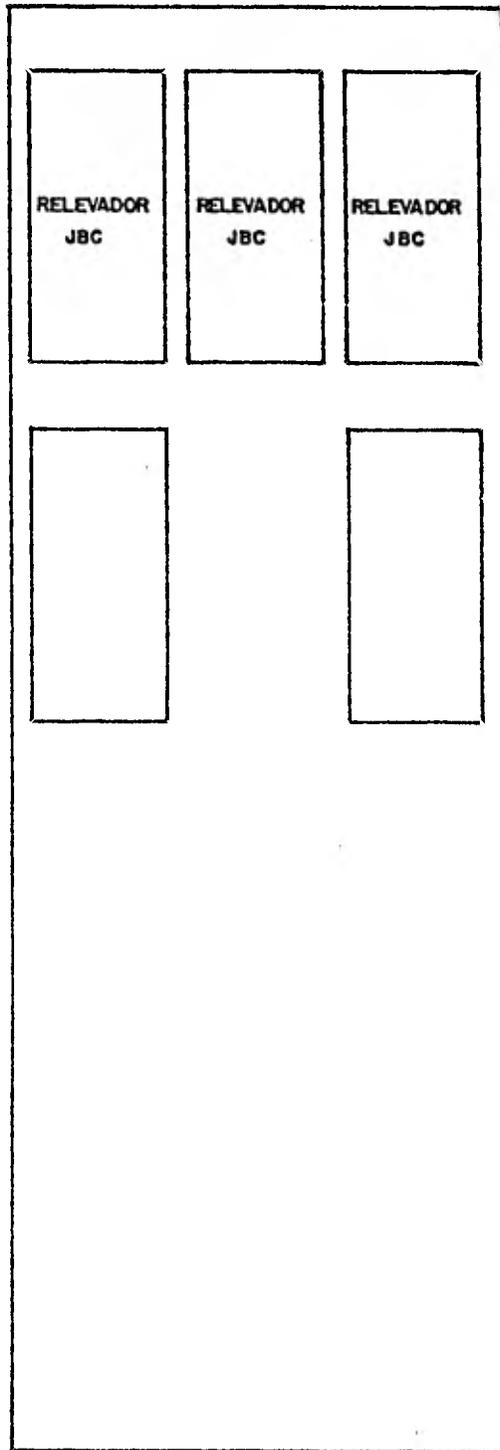
- | | | |
|------------|----------|---|
| A.N.S.I. | C-37-20 | (American National Standards Institute) |
| A.N.S.I. | C-37-90 | (American National Standards Institute) |
| A.N.S.I. | C-37-09a | (American National Standards Institute) |
| N.E.M.A. | WC-3 | (National Electric Manufacturing Association) |
| C.C.O.N.N. | | |
| I.E. | 14-1-7 | (Comite consultivo nacional de -- normalización de la industria e -- létrica) |
| A.N.S.I. | 7-55-1 | |

Adicionalmente se deberá contar con una masa de trabajo -- en donde se pueda colocar el equipo auxiliar que se requiera du -- rante el desarrollo de las prácticas.



TABLERO No. 1

FIG. No. 29-A



TABLERO No. 2

FIG. No.29-B

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6-1.- Generalidades

La finalidad de este capítulo es sugerir algunas recomendaciones así como hacer notar algunos puntos importantes para el mejor funcionamiento del equipo que se utilizará en el desarrollo de las prácticas en el laboratorio de sistemas eléctricos de potencia III.

A continuación se mencionan detalladamente algunas de las recomendaciones y pruebas que el alumno deberá hacer antes de empezar a utilizar el equipo:

- Verificación de las características del equipo
- Inspección visual
- Inspección mecánica
- Requerimientos de energía en general.
- Unidad de sobrecorriente.
- Recomendaciones sobre manejo y almacenamiento.

6.2.- Verificación de las características del equipo

Cuando se va a utilizar cualquier equipo en general es necesario tener presente las características de construcción y operación, por eso es conveniente que antes de proceder a manejar el equipo que servirá para desarrollar las prácticas, se deben leer cuidadosamente las instrucciones de funcionamiento del equipo y que se ponga especial cuidado en el manejo de los relevadores, ya que se trata de un equipo sumamente delicado y sensible.

6.3.- Inspección visual

Verifique la placa con el nombre estampado en el equipo para asegurarse de que se cumpla con las características exigidas.

Por eso, con el fin de probar debidamente los relevadores de corriente alterna, es necesario usar una corriente "sin ondas".

La pureza de corriente no puede expresarse como un número finito en un relevador particular, sin embargo, usando un circuito sintonizado RL o RC, o electromagnetos saturados (tales como los relevadores de sobrecorriente de tiempo) serían afectados esencialmente por las formas de las ondas no sinusoidales.

6.6 Unidad de sobrecorriente.

La unidad de sobrecorriente es una parte importante del relevador para su revisión se procede de la siguiente forma:

- Gire el dial de tiempo lentamente y revise, por medio de una lámpara que los contactos estén en cero al montaje.
- Cuando los contactos cierren se pueden ajustar corriendo el cepillo del contacto estacionario con su tornillo. Este tornillo debe ser cogido con seguridad en su soporte. Con los contactos puestos en cero al montaje, debe haber suficiente espacio entre el cepillo del contacto estacionario y su parte trasera de metal para asegurar aproximadamente 1/32".
- La corriente mínima en que los contactos cierren es determinado por la posición del tornillo en el block de toma que está situado en la parte superior del relevador.
- Para cambiar el valor de corriente en el relevador mientras esté en su estuche, remueva la clavija de conexión para acortar el circuito secundario del transformador de corriente. Luego atornille en la toma marcada para la corriente que se desea, después reemplace la clavija de conexión.

- La recolección de la unidad de cualquier toma de corriente se ajusta por medio de una rueda de ajuste; la rueda puede girar insertando un tornillo en las ranuras alrededor de las orillas. Al girar la rueda, la corriente que se opera puede llevarse de acuerdo con el momento de la toma empleada si por alguna razón este ajuste ha sido dañado. Este ajuste permite también cualquier colocación o montaje intermedio que se desee entre las varias tomas.
- La unidad es ajustada en la fábrica y cierra los contactos de cualquier posición del dial a la mínima corriente con el 5% del montaje de la clavija de toma. La unidad se vuelve a colocar al 90% del mínimo valor del cierre.

6.7 Recomendaciones sobre manejo y almacenamiento.

En caso que el relevador deba ser desmontado o retirado de su tablero deben tomarse las siguientes medidas:

- Al desmontarlo deben de empacarse con el fin de que ninguna de sus partes sean dañadas.
- Cuando se almacenen deberá hacerse en estuches individuales en un lugar que este libre de humedad y polvo y protegido con un empaque que lo proteja contra golpes, procure efectuar el menor número de movimientos al efectuar su traslado de un lugar a otro, esto con el fin de evitar que el relevador se desajuste en su mecanismo.
- Cuando se vuelva a montar el relevador para que sea usado nuevamente, se deberán hacer las pruebas necesarias para verificar que el relevador no sufrió ningún daño en la transportación y que la calibración tampoco haya sido alterada.

B I B L I O G R A F I A

- Silent Sentinels

Westinghouse Protective Relays

- Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica

General Electric

- Experimentos con Equipo Eléctrico

Wildi y Devito

Editorial Limusa

- El Arte y la Ciencia de Protección por Relevadores

Mayson

- Redes Eléctricas (Tomo I, II)

Jacinto Viqueira

Editorial Representaciones de Ingeniería

- Manuales de Operación de Relevadores

General Electric

BIBLIOTECA CENTRAL