

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROTECCION DE GENERADORES

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N**

**SAMUEL NERI TREJO
VICTOR ALVAREZ PEREZ
JUAN JOSE TELLEZ PACHECO**

Director de tesis: Ing. Alfredo López Tagle

CUAUTITLAN, MEX.

SEPTIEMBRE 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.

C O N T E N I D O .

PAG.

OBJETIVO

INTRODUCCION

1

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1	Descripción de la planta termoelectrica Valle de Mex.	3
1.2	Introducción a los relevadores	7
1.3	Principio de funcionamiento de los relevadores	8
1.4	Características de los relevadores	17
1.5	Normas NEMA para relevadores	19
1.6	Transformadores de corriente y potencial	20

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES PROTECCIONES DE LOS GENERADORES.

2.1	Protección diferencial	26
2.2	Protección contra falla a tierra del estator y del rotor.	30
2.3	Protección contra potencia inversa	36
2.4	Protección contra corrientes de secuencia negativa	38
2.5	Protección contra perdida de excitación	41
2.6	Protección contra sobrevoltaje y baja frecuencia	43
2.7	Protección contra sobrecorriente	46
2.8	Protección del transformador principal	47

CAPITULO III

UNIDAD # 1 (GENERAL ELECTRIC)

- | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 | Descripción de las protecciones del diagrama trifilar de medición y protección. | 55 |
| 3.2 | Lista de protecciones | 56 |

CAPITULO IV

UNIDADES 2 y 3 (HITACHI, LTD.)

- | | | |
|-----|-------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 | Filosofía de la protección por grupos | 60 |
| 4.2 | Descripción del diagrama trifilar de medición y protección. | 64 |
| 4.3 | Lista de protecciones | 65 |

CAPITULO V

UNIDAD # 4 (BROWN BOVERI)

- | | | |
|-----|-------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 | Descripción del diagrama unifilar de medición y protección. | 79 |
| 5.2 | Lista de protecciones | 80 |

CAPITULO VI

CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DE LAS UNIDADES 2 y 3.

- | | | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1 | Datos | 85 |
| 6.2 | Cálculo de la corriente de corto circuito en el arranque de las unidades 2 y 3. | 86 |
| 6.3 | Cálculo de la corriente de corto circuito cuando la máquina lleva sus auxiliares. | 92 |

	PAG.
6.4 Cálculo de la corriente de corto circuito cuando - los auxiliares van por el transformador de arran-- que.	94
A P E N D I C E .	97
B I B L I O G R A F I A .	120

O B J E T I V O .

El propósito dentro de esta tesis ha sido principalmente el de realizar un estudio de los sistemas de protección por medio de relevadores que son aplicados a generadores de alta capacidad de generación (de más de 75 MVA).

Para esto hemos tomado como motivo de estudio a los generadores de la planta termoeléctrica Valle de México de la C. F.E. ya que dentro de ésta existen 3 tipos de generadores que difieren en su capacidad y marca.

Esperamos también que de alguna manera este trabajo sirva como medio de consulta, no solo al personal de la planta -- termoeléctrica Valle de México si no a toda persona que se interese por este tema.

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

Actualmente la frecuencia de fallas en maquinas genera--
doras es pequeña. Debido a los modernos diseños y el mejora--
miento de los materiales con que se fabrican, sin embargo las
fallas suceden y pueden ocurrir con serias consecuencias de -
graves daños y largo tiempo fuera de servicio. Asi pues es --
muy importante que la condición anormal sea reconocida rapida--
mente para poder aislar el área dañada lo mas pronto posible.
Por esto la integración de relevadores de protección es muy --
importante ya que hace posible la continúa entrega de energía
sin interrupciones.

La función de la protección por relevadores es origi--
nar el retiro rápido del servicio de cualquier elemento de un
/ sistema de potencia, cuando éste sufre alguna falla o empieza
a funcionar en forma anormal. Pudiendo originar daño o inter--
ferir con el funcionamiento eficaz del resto del sistema. El--
equipo de protección esta ayudado, en esta tarea, por inte---
ruptores que son capaces de desconectar el elemento defectuo--
so cuando el equipo de protección se los manda.

Los interruptores estan localizados de tal manera que--
cada generador, transformador, barra colectora, linea de trans--
misión, etc., pueda desconectarse por completo del resto del -
sistema.

Para la protección de generadores se deben tomar en cuenta las fallas internas y externas de la máquina.

1.- Fallas Internas.

Las fallas internas hacen necesario el disparo inmediato de la máquina y pueden ser clasificadas dentro de dos amplias - categorías:

- a).- Fallas de aislamiento.- Bajo esta categoría las fallas probables son; falla a tierra, falla entre fases y falla trifásica.
- b).- Condiciones anormales de funcionamiento.- Bajo esta categoría las fallas probables son; falla del campo, sobrevelocidad, desequilibrio de carga y sobrecarga.

2.- Fallas Externas.

Las fallas externas son fallas que suceden en el sistema que pueden llegar a afectar al generador, este tipo de fallas - provocan el disparo del interruptor principal de máquina únicamente.

Se ha venido aumentando el empleo de controles centralizados, lo que hace necesario más equipo automático y menos supervisión manual. Dicha costumbre precisa de más equipo automático de protección por relevadores para suministrar la protección que al principio fue la responsabilidad de los operadores.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

1.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO.

La planta termoeléctrica Valle de México se localiza al noreste del Distrito Federal sobre el Km. 29 1/2 de la carretera México-Teotihuacan.

La termoeléctrica Valle de México tiene una capacidad de generación de 766 Mw. y se compone de 4 unidades generadoras impulsadas por turbinas de vapor, de diferentes capacidades.

UNIDAD 1 (GENERAL ELECTRIC)

Esta unidad genera 150 Mw. a 15,000 volts, 176,470 KVA. y 60 Hz. el generador es enfriado por hidrogeno y se acopla directamente a un transformador de potencia de 160 Mva, 3Ø y una relación de 15 Kv a 85 Kv, de allí la energía es entregada a una subestación de 85 Kv.

El excitador del generador se acopla por medio de un reductor de velocidad operando a 375 volts con regulador de voltaje electromagnético tipo amplidina.

Esta unidad fue la primera en instalarse e inicio su operación a fines de 1962, quedando inaugurada oficialmente en abril de 1964.

UNIDADES 2 y 3 (HITACHI, LTD.)

Estas unidades están equipadas con calderas Mitsubishi-diseñadas para operar a la intemperie. Con control automático de combustión y de agua de alimentación, pudiendo quemar gas natural o combustóleo.

Cada generador es impulsado por una turbina del tipo de condensación con recalentamiento marca Tandem-Compound de doble flujo tipo horizontal, y generan energía en 15,000 volts, 3Ø, 60 Hz, 175,556 KVA y 158,000 KW de capacidad.

Los generadores son enfriados por medio de hidrogeno en estado gaseoso que circula a través del núcleo del estator y el rotor en un ciclo de circuito cerrado con presiones que varían de acuerdo a la demanda de carga.

Los transformadores de potencia que se acoplan a los generadores tienen una relación de transformación de 15 Kv a 230 Kv y capacidades de 175,500 Kva, 3Ø y 60 Hz, estos se acoplan a una subestación de 230 Kv y de allí a las líneas de transmisión.

Las unidades 2 y 3 iniciaron su operación en el año de 1970.

UNIDAD 4 (BROWN BOVERI)

Esta unidad se compone principalmente de; una caldera -

Babcock & Wilcox diseñada para operar a la intemperie con gas natural o combustóleo, y un generador el cual es movido por una turbina de vapor que opera en ciclo Rankine regenerativo y se genera energía en 20 Kv, 3 ϕ , 60 Hz, 0.9 f.p., 300,000 Kw y 340,160 KVA, posteriormente se elevará el voltaje mediante tres transformadores monofásicos de potencia de 106,000 Kva y una relación de 20 Kv a 230 Kv, esta energía es entregada a una subestación de 230 Kv y de allí a las líneas de transmisión.

El generador es enfriado por medio de hidrogeno con presiones de 15 a 50 Psig. dependiendo de la carga, la presión normal es de 45 Psig. a la capacidad de 340,160 Kva, los devanados también son enfriados por agua que fluye a través de ductos especiales de estos.

El sistema de excitación esta formado por rectificadores de silicio controlado (SCR) y regulador de voltaje transistorizado, el sistema suministra, regula y controla la cantidad de corriente permisible a través del campo del generador para mantener el voltaje de salida constante.

Esta unidad empezó a funcionar en 1974.

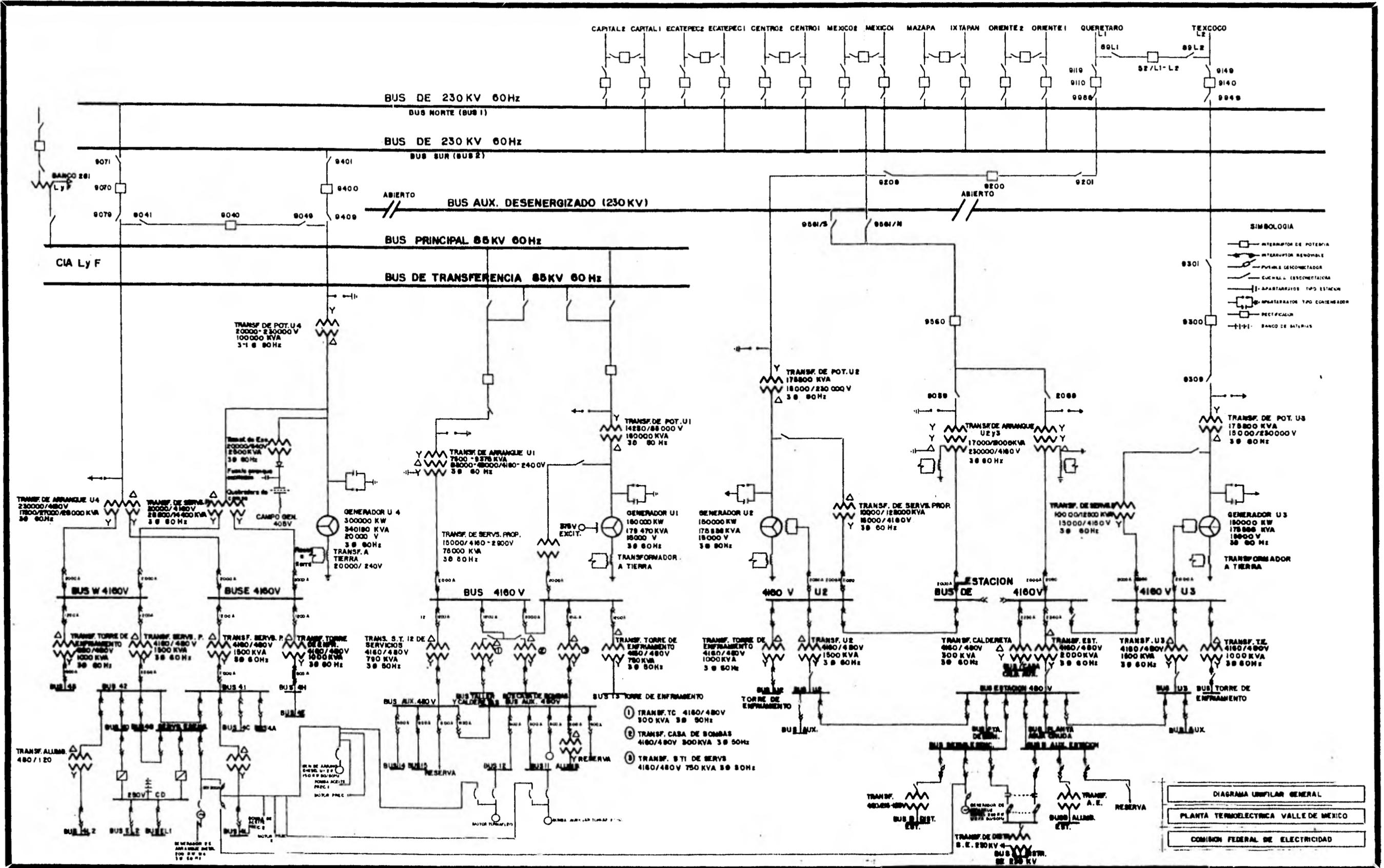
Las 4 unidades de la termoeléctrica Valle de México tienen cada una de ellas un transformador de servicios propios conectado entre el generador y el transformador principal por el

lado de alta tensión y por el lado de baja tensión a los buses de 4160 V. este transformador alimenta a los sistemas auxiliares de caldera y el alumbrado de la unidad correspondiente.

También cada unidad contiene un transformador auxiliar de arranque que se conecta en su lado primario al sistema de cada unidad y por el lado secundario a los buses de 4160 volts este transformador sirve para el arranque de la unidad y de respaldo del transformador auxiliar de servicios propios.

La termoeléctrica Valle de México tiene derivaciones en el sistema de 230 Kv a Texcoco, Queretaro, México, Ecatepec y otros como se muestra en el diagrama unifilar general de la termoeléctrica, que además muestra el enlace de los sistemas de cada unidad.

Ya que el propósito de este trabajo es el estudio de los sistemas de protección del generador, se muestra también el diagrama unifilar general de protección y medición en el cual se muestra en forma simple las protecciones de cada unidad.



CAPITALE CARTALI ECATEPEC2 ECATEPEC1 CENTRO2 CENTRO1 MEXICO2 MEXICO1 MAZAPA IXTARAN ORIENTE2 ORIENTE1 QUERETARO TEXCOCO L2

BUS DE 230 KV 60Hz

BUS NORTE (BUS 1)

BUS DE 230 KV 60Hz

BUS SUR (BUS 2)

BUS AUX. DESENERGIZADO (230 KV)

BUS PRINCIPAL 85 KV 60Hz

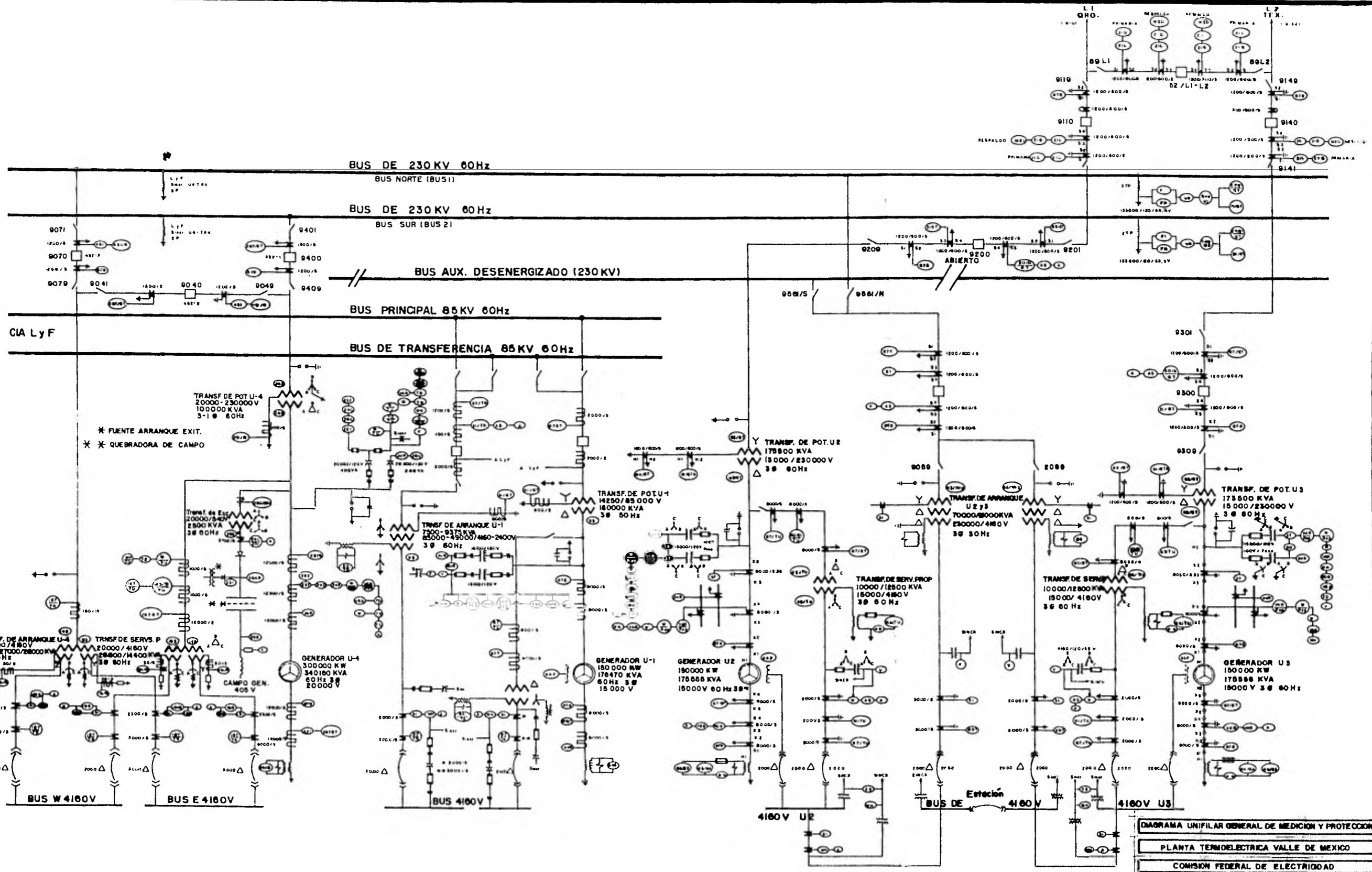
BUS DE TRANSFERENCIA 85 KV 60 Hz

CIA Ly F

- SIMBOLOGIA**
- INTERRUPTOR DE POTENCIA
 - INTERRUPTOR RENOVABLE
 - PUNTA DESCONECTADOR
 - CUCHILLA DESCONECTADORA
 - APARTAJADOS TPO ESTACION
 - APARTAJADOS TPO CONEXIONADOR
 - RECTIFICADOR
 - BANCO DE MATERIAS

- 1 TRANSF. TC 4160/480V 300 KVA 3Φ 60Hz
- 2 TRANSF. CASA DE BOMBAS 4160/480V 300KVA 3Φ 50Hz
- 3 TRANSF. STI DE SERVS 4160/480V 750 KVA 3Φ 60Hz

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL
 PLANTA TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO
 COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD



1.2 INTRODUCCION A LOS RELEVADORES.

Todo sistema eléctrico debe ser protegido mediante uno o varios sistemas que sean prácticos.

Para que un sistema sea protegido en forma perfecta -- tendrían que usarse protecciones de protecciones, ya que el sistema protector puede fallar también, sin embargo desde un punto de vista práctico y económico no se puede llegar más -- que hasta ciertos límites establecidos por los relevadores generalizados que se fabrican en forma normal.

Las características esenciales de un sistema eléctrico son voltaje, corriente, frecuencia, fase, polaridad, potencia, factor de potencia, etc., las cuales se alteran al suceder -- una falla en el sistema. Los relevadores tienen conocimiento de una o varias de éstas características y están arreglados -- para mantenerse inactivos mientras éstas no varían.

La American Standard for relays Associated (ASA C37.1) define un relevador como:

"Un dispositivo el cual provoca un cambio precipitado sobre uno o más circuitos de control eléctrico, cuando la magnitud o magnitudes para las cuales responde cambian o rebasan los rangos de calibración".

Se denominan "Relevadores de protección" a aquellos relevadores cuya función es la de detectar anomalías ó con-

diciones peligrosas e indeseables en las líneas y equipos eléctricos. Y de ser así provocar o permitir el disparo apropiado ó dar solamente la alarma adecuada.

La filosofía general sobre la aplicación de los relevadores es la de dividir un sistema de potencia en zonas de protección de tal manera que al ocurrir una falla, queden fuera de servicio el menor número posible de los elementos del sistema.

Hay un elemento intermedio entre los relevadores y el sistema por proteger, éste elemento son los transformadores de instrumentos que son de dos clases: transformadores de corriente y transformadores de potencia, la existencia de éste eslabón, es necesario debido a las altas corrientes y altos voltajes de los sistemas por proteger y no sería práctico que los relevadores fueran diseñados para soportar esos voltajes y esas corrientes.

1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELEVADORES.

En realidad sólo hay dos principios de funcionamiento fundamentalmente diferentes:

- a).- Atracción Electromagnética
- b).- Inducción Electromagnética

Los primeros funcionan en virtud de un émbolo que es atraído dentro de un selenoide, o una armadura que es atraída-

por los polos de un electroimán. Dichos relevadores pueden ser accionados por magnitudes de c-d o c-a. Los relevadores de inducción electromagnética utilizan el principio del motor de inducción, por medio del cual el par se desarrolla por inducción en un rotor; éste principio de funcionamiento se aplica sólo a relevadores accionados por corriente alterna.

a).- RELEVADORES DEL TIPO DE ATRACCION ELECTROMAGNETICA.

Consideraremos aquí los relevadores del tipo de solenoide y del tipo de armadura atraída de c-a o c-d que están accionados por una sola fuente de corriente o de tensión.

La fuerza electromagnética ejercida en el elemento móvil es proporcional al cuadrado del flujo en el entrehierro. - Si despreciamos el efecto de la saturación, la fuerza actuante total puede expresarse:

$$F = K_1 I^2 - K_2$$

donde F = fuerza neta.

K_1 = una constante de conversión de la fuerza.

I = la magnitud eficaz de la corriente en la bobina actuante.

K_2 = la fuerza de retención (que incluye la fricción)

Cuando el relevador esta en el límite de la puesta en trabajo, la fuerza neta es cero y la característica de funcio-

namiento es:

$$K_1 I^2 = K_2$$

o bien

$$I = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}} = \text{constante}$$

Debido a que estos relevadores funcionan tan rápidamente y con casi igual facilidad, en corriente alterna o en corriente directa, están afectados por los transitorios y particularmente, por la c-d descentrada en ondas de c-a. Esta tendencia debe tomarse en consideración cuando va a determinarse el ajuste apropiado para cualquier aplicación. Aunque el valor de estado estable de una onda descentrada es menor que el valor de puesta en trabajo del relevador, éste puede ponerse en trabajo durante un transitorio semejante, que depende de la cantidad de descentrado, su constante de tiempo, y de la velocidad de funcionamiento del mismo. Esta tendencia es conocida como sobrealcance.

Este tipo de relevador es inherentemente rápido y se utiliza de ordinario donde no se requiere acción retardada. Esta puede obtenerse por mecanismos retardantes como fuelles, émbolos amortiguadores o escapes. Las acciones retardadas muy cortas se obtienen con relevadores de c-d rodeando el circuito magnético con un anillo de baja resistencia o slug, como se le conoce algunas veces. Este anillo retarda los cambios en el flujo y puede colocarse para tener mayor efecto en el aumento del en-

entrehierro del flujo, si se desea una acción retardada en la -- puesta en trabajo, o para tener mayor efecto en la disminución del entrehierro del flujo, si se requiere una acción retardada en la reposición.

Algunos tipos de relevadores de atracción electromagnética se muestran en las figuras 1.1 y 1.2

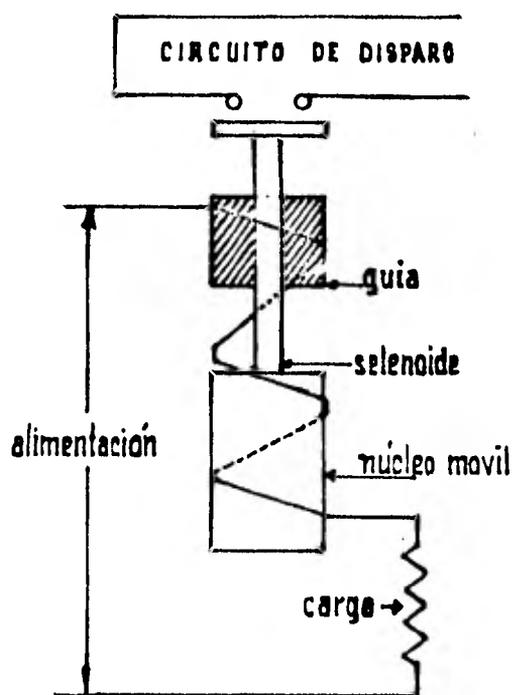


figura 1.1

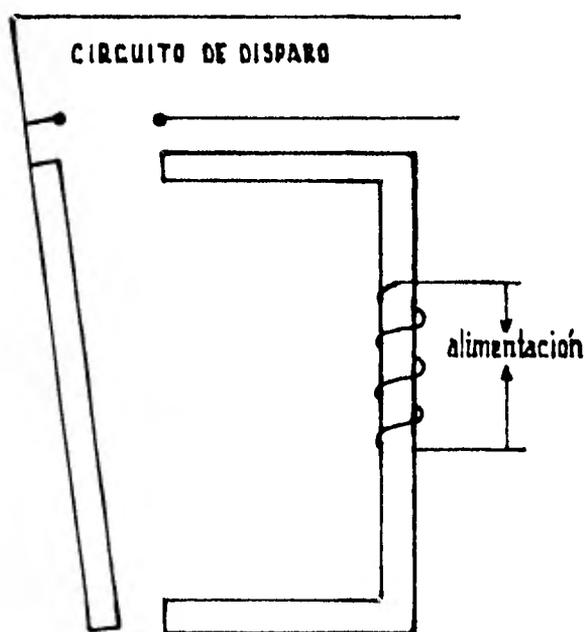


figura 1.2

En la figura 1.3 se muestra un relevador de atracción del tipo direccional, que consta de un imán con cuatro brazos polares y dos entrehierros, los cuales son magnetizados por una bobina llamada "Bobina de polarización" alimentada con corriente continua.

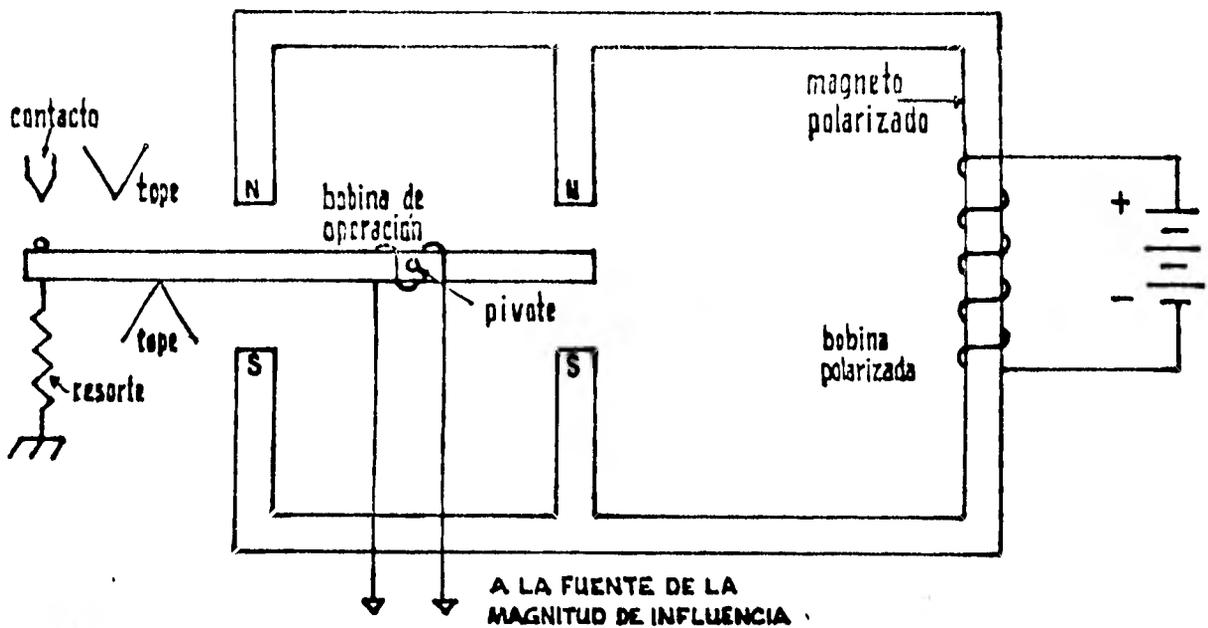


figura 1.3

b).- RELEVADORES DEL TIPO DE INDUCCION ELECTROMAGNETICA.

Los relevadores del tipo de inducción electromagnética son los más ampliamente utilizados para propósitos de protección por relevadores que incluyen magnitudes de c-a. Estos no son utilizables con magnitudes de c-d, debido al principio de funcionamiento. Un relevador del tipo de inducción electromagnética es un motor de inducción de fase auxiliar con contactos. La fuerza actuante se desarrolla en un elemento móvil, que puede ser un disco o bien otra forma de rotor de material no magnético conductor de la corriente, por la interacción de los flujos electromagnéticos con las corrientes parásitas que se inducen en el rotor por estos flujos.

Los diferentes tipos de estructuras que han sido utiliza

dos se conocen comúnmente como:

Estructura de Polo Sombreado

Estructura de Watthorímetro

Estructura de Tambor o copa de inducción y de anillo doble de inducción

Estructura de Anillo Sencillo de Inducción

Estructura de polo sombreado.- La estructura de polo -- sombreado mostrado en la figura 1.4 está accionado en general por corriente que fluye en una sola bobina en una estructura magnética que contiene un entrehierro. El flujo del entrehierro producido por esta corriente se encuentra dividido en dos componentes fuera de fase por el llamado anillo de sombra, -- por lo común de cobre, que rodea parte de la cara polar de cada polo en el entrehierro. El rotor mostrado de canto en la figura 1.4 es un disco de cobre o aluminio, fijado por un pivote para girar en el entrehierro entre los polos. El ángulo de fase entre los flujos que atraviesan el disco está fijado por diseño y, por lo tanto, no entra en las consideraciones de aplicación.

Los anillos de sombra pueden ser reemplazados por bobinas, si se desea el control de funcionamiento de un relevador de polo sombreado. Si las bobinas de sombra están en cortocircuito por el contacto de algún otro relevador, se producirá el

par; pero si las bobinas están en circuito abierto, no se producirá par debido a que no habrá división de fase de flujo.

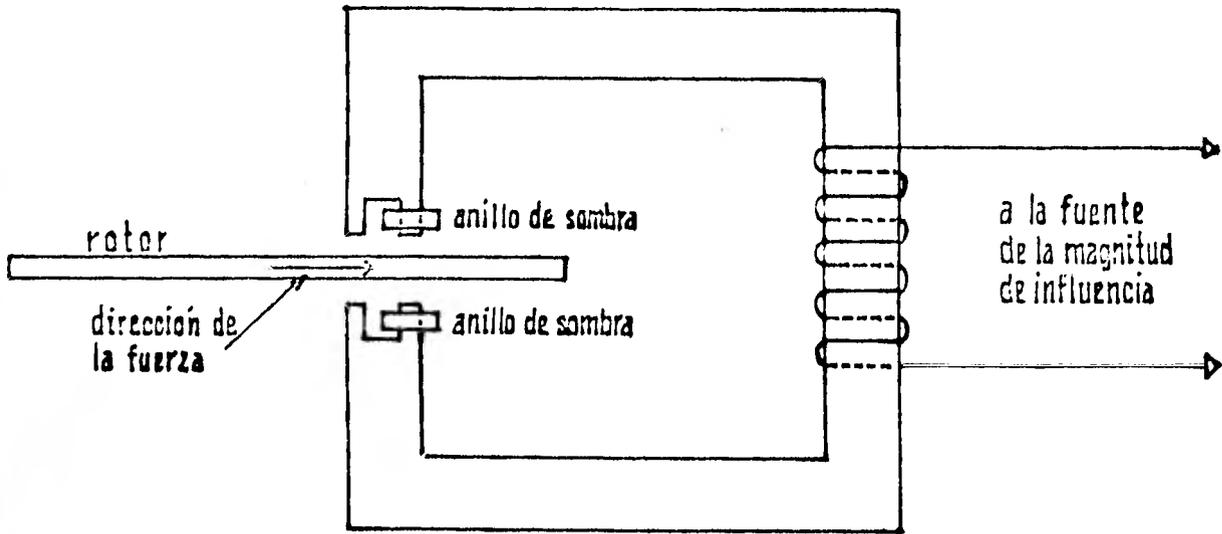


figura 1.4

Estructura de wattorímetro.- Esta estructura toma su nombre del hecho de que es la utilizada para los wattorímetros. Como se muestra en la figura 1.5, esta estructura contiene dos bobinas separadas en dos circuitos magnéticos diferentes, cada una de las cuales produce uno de los dos flujos necesarios para manejar el rotor, que también es un disco.

Estructura de tambor o copa de inducción y de anillo doble de inducción.- Estas dos estructuras se muestran en las figuras 1.6 y 1.7. Se parecen muchísimo a un motor de inducción, excepto que el hierro del rotor está estacionario y sólo la --

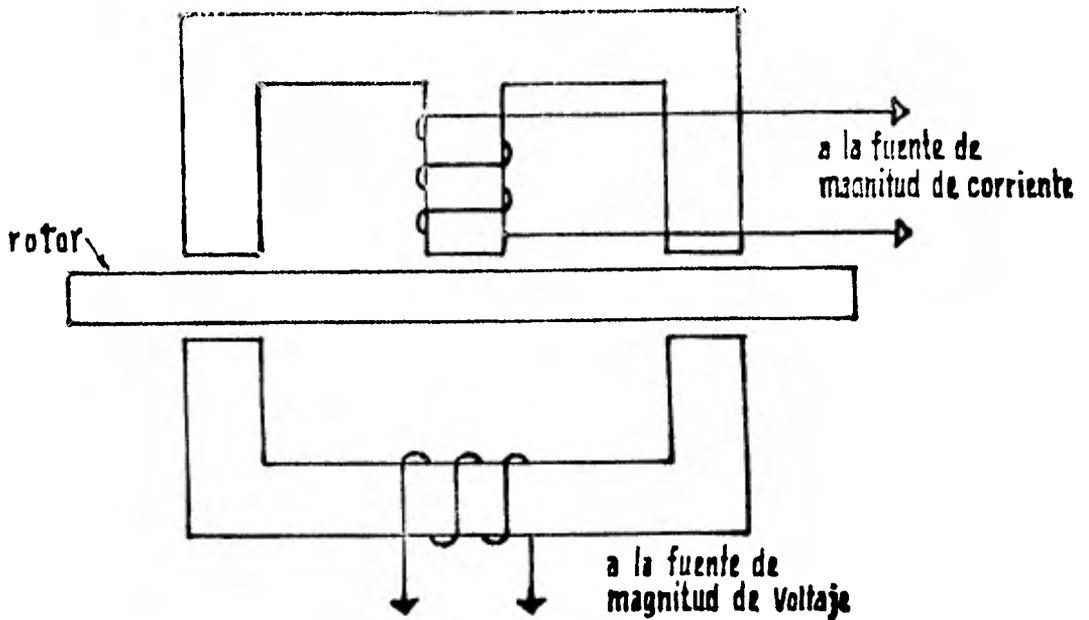


Figura 1.5

parte conductora del rotor está libre para girar. La estructura del tambor emplea un rotor cilíndrico hueco, mientras que la estructura de anillo doble emplea dos anillos en ángulos rectos entre sí, como se muestra en la figura 1.7. La estructura de tambor puede tener polos adicionales entre los mostrados en la figura 1.6. Funcionalmente, ambas estructuras son prácticamente idénticas.

Estas estructuras son productoras de un par más eficiente que cualquiera de las estructuras de polo sombreado o de watthorímetro, y son el tipo utilizado en relevadores de alta velocidad.

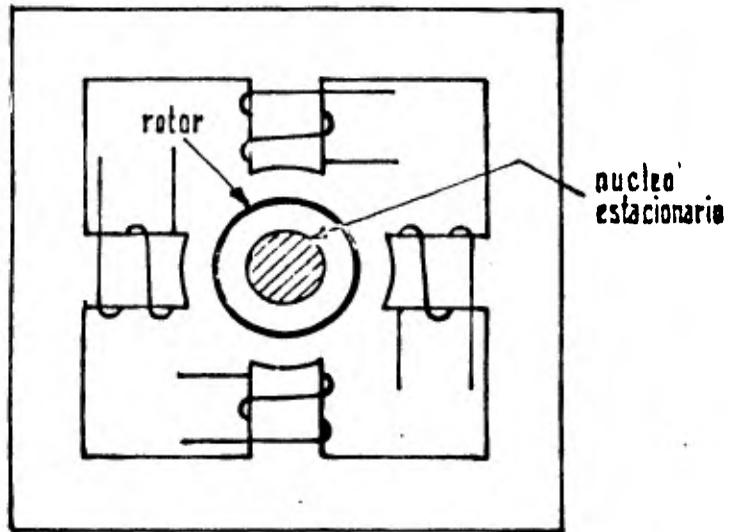


figura 1.6

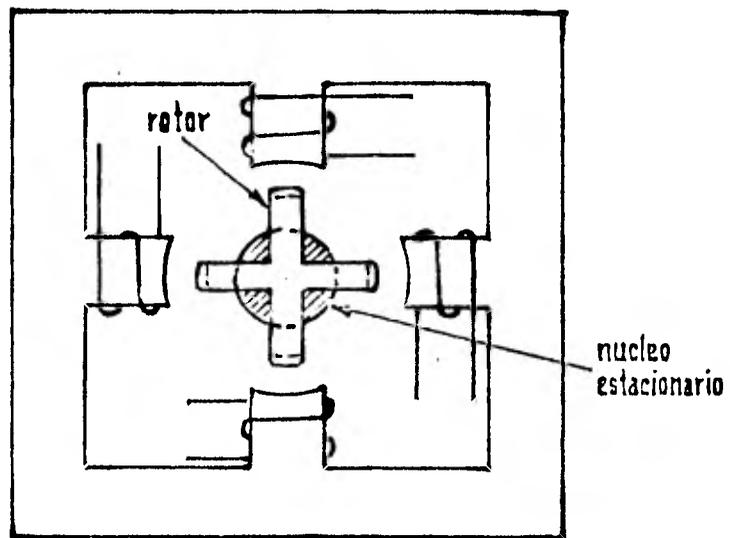


figura 1.7

Estructura de anillo sencillo de inducción.- Esta estructura en la figura 1.8, es la que produce el par más eficiente de todos los tipos de inducción que han sido descritos. Sin embargo ésta tiene más bien la seria desventaja de que su rotor tiende a vibrar. También el par varía algo con la posición del rotor.

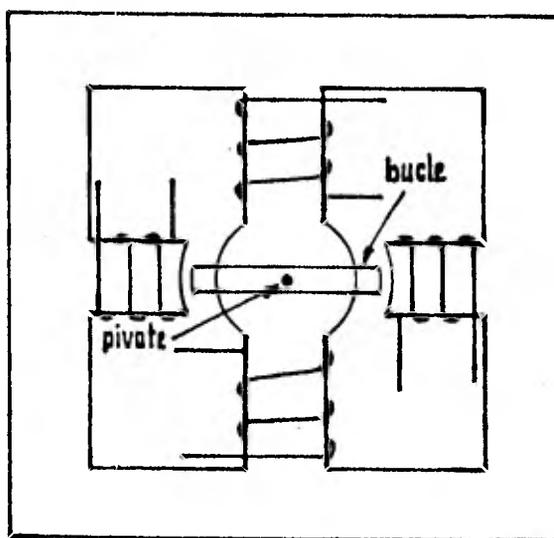


figura 1.8

1.4 CARACTERISTICAS DE LOS RELEVADORES

En todas las aplicaciones de los relevadores se deben tener en cuenta siempre cinco características básicas que son:

1.- Precisión. Se debe contar con un sistema de protección confiable y adecuado que este siempre listo para cualquier tipo de falla.

2.- Selectividad. El sistema de protección debe mantener

la maxima continuidad del servicio aislando unicamente la parte dañada del sistema.

3.- Velocidad. Las fallas suceden y pueden ocurrir con serias consecuencias de graves daños y largo tiempo fuera de servicio, asi pues es muy importante que la condición anormal sea reconocida rapidamente para poder aislar el area lo mas -- pronto posible.

4.- Simplicidad. Se debe tener un minimo de equipo y -- circuiteria.

5.- Economía. Máxima protección a un minimo costo.

Reposición (Reset). Otra característica de los relevadores que se deriva de los contactos es la llamada "Reposición"- que no es otra cosa más que el de restablecimiento de las condiciones normales del relevador después de que éste ha actuado. Esta reposición puede hacerse en dos formas, denominadas "Reposición Electrica" y "Reposición Manual". La reposición eléctrica puede considerarse automática puesto que al dejar de existir las condiciones de operación los contactos del relevador vuel-- ven a quedar en la posición que tenía antes de la operación.

La reposición manual es tal, que es necesario la inter-- vención del operario, ya sea pisando un botón o moviendo alguna palanca despues de haber dejado de existir las condiciones de - operación ya que el relevador por si sólo no restablece las cono

diciones normales de sus contactos.

En cuanto a los contactos que se cierran o se abren en los relevadores se ha venido desarrollando un sistema que establece dos tipos; los llamados normalmente abiertos y los llamados normalmente cerrados. La razón de haberse llamado en tal forma es porque se considera que la bobina o bobinas que actúan en los contactos se muestran en condición normal cuando están sin que pasen por ellas una corriente suficiente para hacer operar los contactos, ya que un buen sistema de relevadores debe de estar en éstas condiciones la mayor parte del tiempo y recibir corrientes actúantes sólo cuando se desee la operación del sistema, volviendo a su condición normal cuando ha terminado de cumplir con su misión.

Los relevadores son proporcionados por el fabricante para su montaje en dos tipos, para sobreponer en tableros de ebonito, mármol, pizarra, etc., y para embutir, colocándose en tableros de lámina.

1.5 NORMAS NEMA PARA RELEVADORES.

Las normas NEMA han asignado números para la identificación de relevadores y dispositivos eléctricos, resultando de gran utilidad para la fácil interpretación de esquemas y diagramas de conexiones. La definición y función de estos dispositivos y relevadores se da a conocer en el apéndice.

1.6 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y POTENCIAL.

GENERALIDADES

Los transformadores para instrumentos y relevadores, -- son una parte esencial de muchos sistemas eléctricos de medición y protección. Como tales, su calidad afectará directamente la presión y funcionamiento total de estos sistemas. Estos transformadores cambian la magnitud, pero no la naturaleza de la cantidad que está siendo medida.

Así, los voltajes o corrientes del primario son transformados en magnitud a valores secundarios que son propios para usarse en relevadores u otros dispositivos de medición. Estos valores secundarios son normalmente de 5 amps. y/o 120 -- volts nominales a 60 Hz.

Una segunda e igualmente importante función de este tipo de transformadores es la de proporcionar aislamiento entre los circuitos primarios y secundarios. Así, se simplifica la construcción del instrumento, y se proporciona seguridad tanto para el instrumento como para el personal contra altos voltajes.

TIPOS

Existen dos tipos generales de transformadores para instrumentos y relevadores que son: los transformadores de poten-

cial y los transformadores de corriente, usados en mediciones de voltaje y corriente respectivamente. Ambos tipos sirven como aisladores entre el normalmente alto voltaje del primario y el bajo voltaje secundario de los circuitos.

a).- Transformadores de potencial.

El primario de los transformadores de potencial es conectado ya sea de línea a línea o de línea a neutro. Al fluir la corriente a través del devanado primario, se produce un flujo sobre el núcleo magnético del transformador, dado que este núcleo enlaza los devanados primario y secundario del transformador un voltaje será inducido en el circuito secundario.

La relación del voltaje primario al voltaje secundario está en proporción al número de vueltas de los devanados primario y secundario, ésta proporción generalmente deberá producir 115 o 120 volts en las terminales del secundario cuando el voltaje nominal sea aplicado al primario.

b).- Transformadores de corriente.

Los transformadores de corriente difieren de los transformadores de potencial en que el devanado primario está diseñado para conectarse en serie con la línea. La relación de la corriente primaria a la corriente secundaria es inversamente-

proporcional a la relación de vueltas del devanado primario y el secundario. Produciendo generalmente 5 amps. en el secundario cuando la corriente nominal fluya en el primario.

En el diagrama de la figura 1.9 se muestra la conexión de un volmetro, un wattmetro y un amperímetro con transformadores de corriente y potencial.

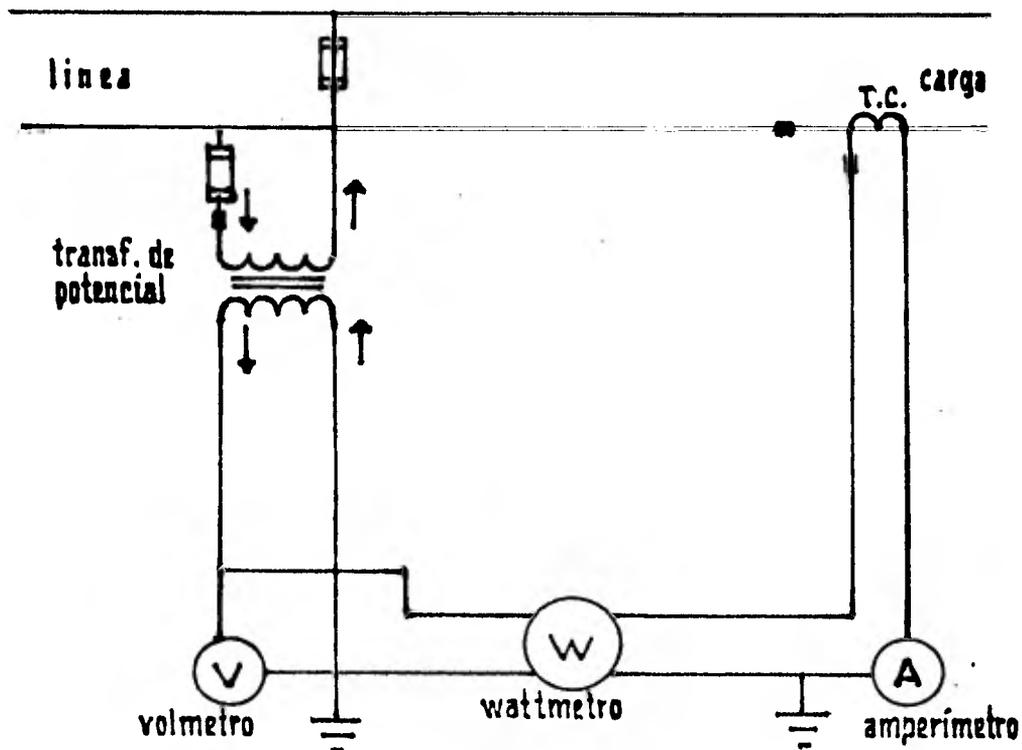


figura 1.9

POLARIDAD

La dirección del flujo de corriente en el devanado del transformador no es muy importante cuando un relevador opera sobre magnitudes de voltaje y corriente solamente. Sin embargo --

cuando el relevador compara la suma o diferencia de dos corrientes o la interacción de varias corrientes o voltajes, es necesario conocer la polaridad del transformador.

La polaridad es normalmente marcada sobre una terminal primaria y una secundaria de cada transformador de medición.

Esta marca indica la relativa dirección instantánea de la corriente primaria y secundaria.

Cuando el flujo de corriente entra por la terminal primaria marcada, el flujo de corriente sale por la terminal secundaria marcada, como muestra la figura 1.10.

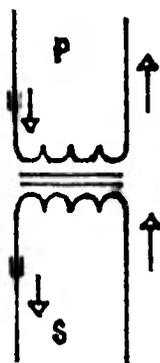


figura 1.10



figura 1.11

Ya sea que esté o no marcada la terminal del devanado primario de el transformador de corriente, éste puede ser conectado ya sea del lado generador o de carga de la línea.

Del mismo modo la terminal marcada o no del devanado primario de un transformador de potencial puede ser conectada

a cualquier línea de alto voltaje. Por supuesto hay excepciones a esta regla dado que un transformador con una sola bobina debiera estar con la terminal del neutro al potencial de tierra, sin embargo las relativas polaridades de los devanados primarios y secundario son importantes en todos los casos.

Considerando solo la dirección de la corriente, las conexiones pueden ser hechas asumiendo que la línea secundaria - marcada es una continuación de la línea primaria marcada como muestra la figura 1.11.

PRECAUCION.

El circuito secundario de un transformador de corriente no debe estar abierto cuando en su primario existe un flujo de corriente. La ruptura del circuito secundario cuando fluye corriente en el primario es una situación que debe ser evitada.

Bajo tales condiciones toda la corriente del primario - se convertiría en corriente de excitación, la cual elevaría la densidad del núcleo magnético hasta la saturación induciendo - un alto voltaje en el secundario; en condiciones de corto circuito, la vida humana, como los aparatos conectados y conductores son puestos en peligro por esta situación.

Otra explicación es que la impedancia del circuito - - abierto es muchas veces la impedancia de circuito cerrado por lo tanto el voltaje a través del transformador es mucho mayor-

cuando el secundario esta abierto. Por eso todo aquel que tr
baje con transformadores de corriente debera siempre asegurar
se que el devanado secundario esté cerrado a través de algún-
instrumento o que este cortocircuitado en sus terminales.

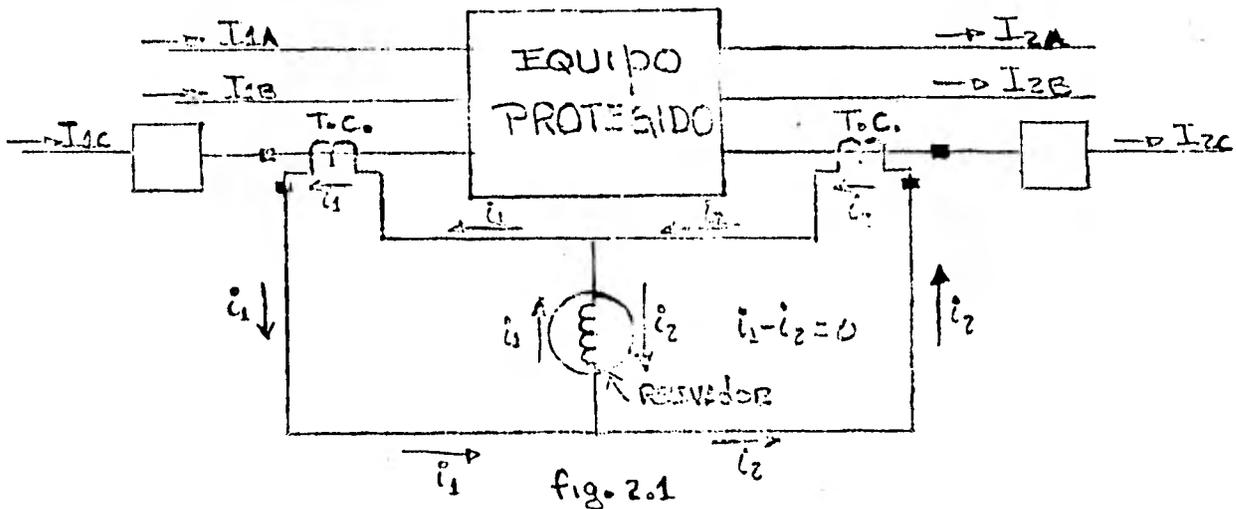
Se recomienda que los secundarios de todos los trans--
formadores de corriente se mantengan cortocircuitados todo el
tiempo que no esten en servicio, esto es, mientras se mantie-
nen almacenados, durante su transportación, etc.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES PROTECCIONES DE LOS GENERADORES.

2.1 PROTECCION DIFERENCIAL.

La protección diferencial, estriba esencialmente en la diferencia de dos magnitudes eléctricas al compararlas vectorialmente dentro de un relevador, como se indica en el diagrama de la figura 2.1 (para una sola fase).



La diferencia de las corrientes que pasan por la bobina del relevador es igual a cero, ya que la corriente i_1 es igual que la corriente i_2 .

Cuando una falla ocurre entre los transformadores de corriente (zona protegida) una o más de las corrientes I_1 se incrementara repentinamente, mientras que las corrientes I_2 disminuirán o se incrementarán subitamente pero fluirán en sentido contrario, de cualquier forma la corriente de falla $i_1 - i_2$ -

ahora fluira a través del relevador y éste será operado.

Para la operación normal del relevador o para una falla externa, fuera de donde esten colocados los transformadores de corriente. Las corrientes I_1 que entran a la máquina son iguales a las corrientes I_2 que salen de la máquina, solo que éstas seran mucho mayores que las normales.

Debido a que los transformadores de corriente no siempre dan con exactitud la corriente del secundario para una misma corriente del primario, aún cuando comercialmente estos -- sean identicos, existen diferencias causadas por; variaciones en su fabricación, diferencias en la carga del secundario, desigual distancia de las cargas a los relés, etc. las cuales hacen que la sensibilidad del relevador se vea afectada. Con el propósito de estabilizar el funcionamiento de éstos relevadores diferenciales, se ha incluido en ellos una bobina más a la -- cual se le ha llamado bobina restrictora.

Los efectos de éstas bobinas son opuestos y su funcionamiento se explica de la siguiente manera:

La bobina operadora trabaja en proporción a la diferencia de las corrientes $I_1 - I_2$, a medida que ésta diferencia es más acentuada tiene mayores efectos. La bobina de restricción esta formada por dos partes, una que es atravesada por una corriente proporcional a I_1 y otra por I_2 como se muestra en la figura 2.2.

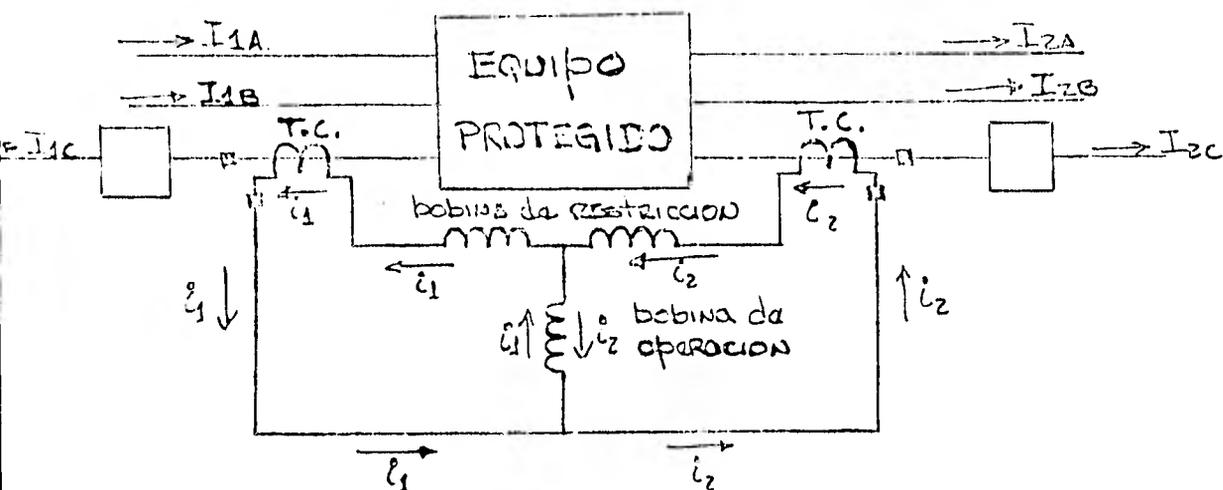


fig. 2.2

Como la derivación está en el punto medio de los Amper-Vueltas de la bobina de restricción, las dos mitades son proporcionales a: $\frac{N}{2} \times I_1$ y $\frac{N}{2} \times I_2$ (siendo N el número de vueltas), lo que da por resultado que la suma de estas dos partes sea igual a: $\frac{N}{2} (I_1 + I_2)$. La bobina operadora por lo tanto -- trabaja en proporción a: $I_1 - I_2$ y la bobina restrictora en proporción a: $\frac{I_1 + I_2}{2}$.

Sin embargo existe una cantidad admitida de no operación comprendida entre estas dos corrientes I_1 e I_2 que permite que en la diferencia esté incluida cierta cantidad de energía que se pierde en el interior del tramo protegido. Ya sea por pérdidas naturales de la máquina o algunas otras corrientes de fuga naturales del sistema, y aún las diferencias que marcan los transformadores de corriente cuando se saturan sus núcleos con corrientes muy altas, y por lo tanto la diferencia

de $I_1 - I_2$ es casi imposible mantenerla en cero.

Por esta razón los relevadores están adaptados para incluir una diferencia antes de operar.

A medida que las corrientes aumentan, por ejemplo cuando hay un corto-circuito en el exterior de la zona protegida, la diferencia de corriente $I_1 - I_2$ también aumentara y no conviene que nuestro relevador opere en este caso, por lo que se construyen estos aparatos para operar no propiamente con la diferencia sino con el por ciento de diferencia con respecto de una de las corrientes I_1 o I_2 (generalmente la más pequeña), denominandose por esta razón éste tipo de relevadores de porcentaje diferencial. Esta característica de los relevadores diferenciales es de las mas interesantes y nos muestra las condiciones dentro de las cuales va a operar el relevador. Se encuentran por ejemplo ajustes en el relevador para proporcionar el 10%, 15%, 25%, 40% et., Valores que representan el porcentaje de corriente desbalanceada para operar el relevador. Si por ejemplo la corriente que atraviesa el sistema es de 500 amperes y se va a permitir una máxima diferencia de corriente de 75 amperes, el por ciento de la diferencia sera:-

$$\frac{75 \times 100}{500} = 15 \% \quad \text{entonces el relevador se deberá ajustar al } 15 \%$$

2.2 PROTECCION CONTRA FALLAS A TIERRA DEL ESTATOR Y DEL ROTOR.

a).- Protección contra falla a tierra del estator.

La falla que más frecuentemente ocurre en el estator de un generador es la perforación del aislamiento de una fase hacia las laminaciones del estator el cual se encuentra puesto a tierra, llamandose a esta: falla a tierra del estator. De tal manera que la protección a tierra debe ser lo suficientemente rápida y de alta sensibilidad a fin de que sea capaz de limitar la corriente de falla a tierra evitando la transición a fallas más serias y también la combustión de las laminaciones -- del estator.

En instalaciones que cuentan con grandes unidades tipo- generador - transformador, en donde el generador se conecta directamente al devanado delta del transformador de potencia formando un sistema aislado. El método de puesta a tierra del neutro del generador, como puede verse en la figura 2.3 se efectúa a través del arrollamiento de alta tensión de un transformador de distribución, en combinación con una resistencia de carga conectada en el secundario. Como el voltaje secundario de éste transformador es de 120 o 240 volts, el valor de la resistencia es más pequeño que si se conectara en el primario.

Un relevador de sobrevoltaje sensitivo conectado como -

se vé en la figura 2.3 ofrece una protección muy sensitiva para pequeñas fallas a tierra; además la bobina del relevador y el capacitor forman un filtro que ofrece una alta impedancia a los voltajes de tercera armónica de manera que el esquema no responderá a ellas.

Este relevador tiene suficiente retardo de tiempo de manera que puede asegurarse el disparo por falla y no por disturbios transitorios.

Por métodos empíricos se ha encontrado que el valor de la resistencia de carga no debe exceder a un valor dado por la expresión: $R = \frac{X_C}{3 N^2}$ ohms para evitar altos sobrevoltajes transitorios que puedan ser perjudiciales y también para evitar resonancia, la cual hace que se incremente el valor de la impedancia a tierra.

En la expresión anterior, X_C es la reactancia capacitiva total de fase a tierra en cada fase del devanado del generador y N es la relación en vacío del alto voltaje al bajo voltaje del transformador de distribución.

El valor de R hallado con la expresión anterior limita el valor de cresta del voltaje transitorio a tierra a un 20% de su valor normal. A medida que R disminuye, el daño que pueda sufrir el generador será mayor, especialmente si el relevador no dispara el interruptor principal, y el de campo.

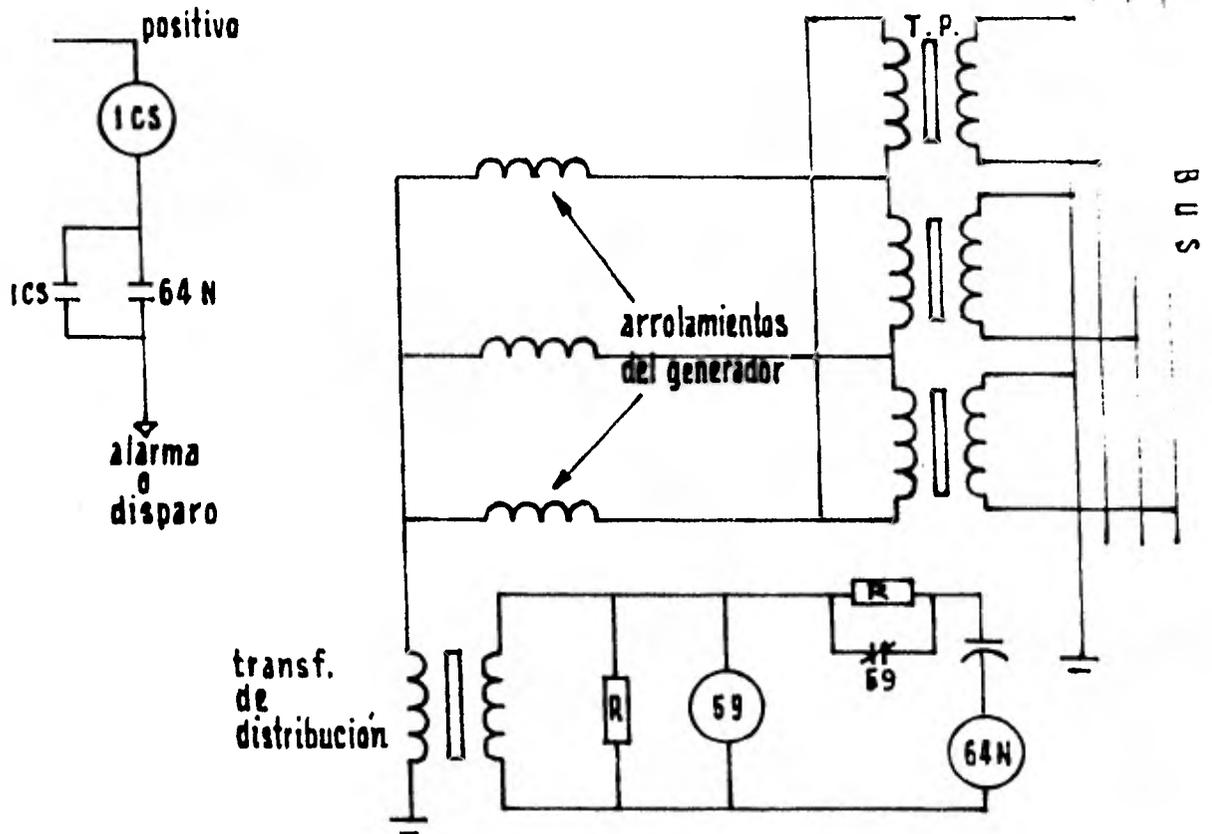


figura 2.3

Se han encontrado muchas expresiones que definen el valor de R , entre otras la siguiente:

$$R = \frac{10^3 V_g}{15\sqrt{3} N^2} \text{ ohms.}$$

En esta expresión no es necesario calcular X_c ; V_g es el voltaje entre fases del generador en Kv.

Normalmente el valor nominal de alta tensión del transformador de distribución, deberá ser como 1.5 veces el voltaje nominal de fase a neutro del generador, a fin de evitar el flu-

jo de una gran corriente magnetizante al transformador cuando ocurra una falla a tierra. La capacidad del transformador de distribución depende del uso que se le dé, ya sea para conectar un relevador que opere el interruptor principal y la quebradora de campo o simplemente para accionar una alarma; se puede usar la expresión siguiente para obtener la capacidad del transformador de distribución:

$$Kva = \frac{10^3 V_g V_t}{\sqrt{3} N^2 R}$$

En donde V_t es el valor del alto voltaje del transformador de distribución.

b).- Protección contra falla a tierra del rotor.

También en el rotor puede originarse un contacto entre el devanado de excitación y el hierro, aunque en principio un contacto de ésta naturaleza no representa nada grave. Sin embargo en el caso de producirse después un segundo contacto -- quedaría una parte del devanado de excitación en cortocircuito. ~~Los distintos polos de la máquina no tendrían entonces el~~

Los distintos polos de la máquina no tendrían entonces el mismo número de (amper-vueltas). Con lo que sus flujos vendrán a ser distintos apareciendo en el rotor fuerzas radiales capaces de provocar en él fuertes vibraciones que lo hagan peligrar. En algunos casos la vibración producida llega a dañar

las chumaceras o bién que el rotor arrastro sobre el estator, ocasionando desperfectos que son caros de reparar y ponen a la máquina fuera de servicio por un tiempo considerable.

El tipo de equipo de protección por relevadores preferido se muestra en la figura 2.4, éste emplea un relevador de voltaje conectado entre el polo positivo del sistema de campo y tierra por medio de una resistencia, un ractificador y un transformador auxiliar alimentado de una fuente alterna separada. Por lo tanto el suministro independiente de c.d. a través del circuito rectificador establece una pequeña polarización negativa sobre el circuito del rotor de tal manera que todos los puntos son negativos con respecto a tierra y así -- cualquier falla a tierra ocurrida dentro del circuito principal de campo sera detectada por el relevador.

Esta alimentación de c.d. entre tierra y el circuito de campo a través del relevador de voltaje, hace que este relevador sea más sensible que si la alimentación se realizara directamente con corriente alterna, excluyendo el rectificador obviamente, pero si esta alimentación se hace con corriente alterna el relevador no debe operar con las corrientes que fluyen en forma normal a través de la capacidad electrostática (capacitancia) a tierra y debe evitarse la resonancia entre esta capacitancia y la inductancia del relevador.

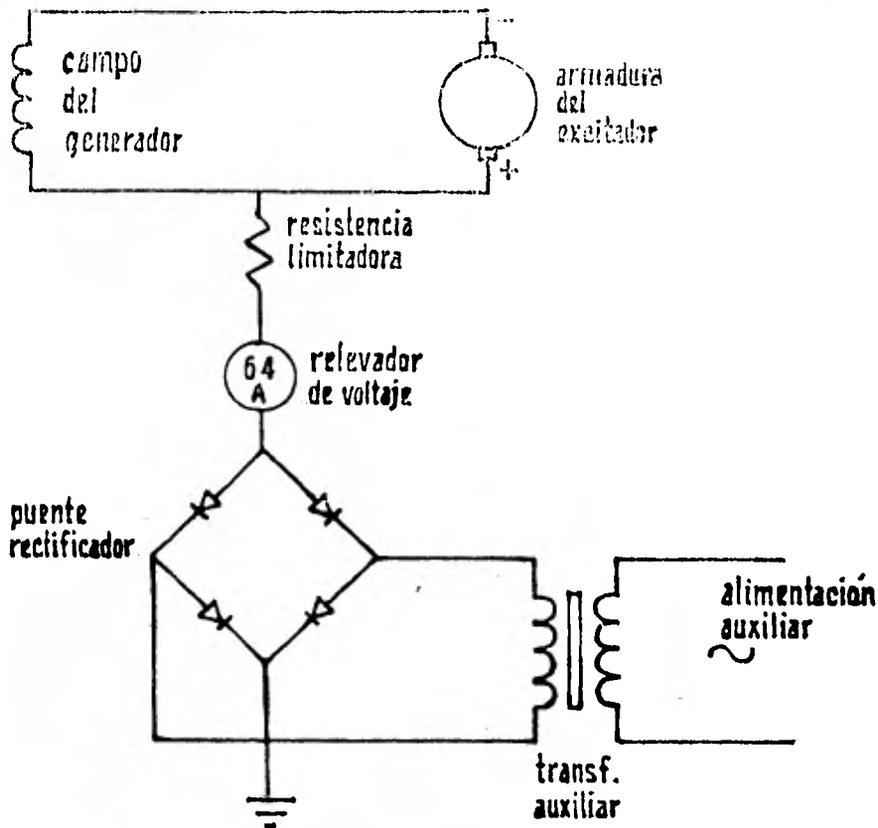


figura 2.4

Un problema que se presenta cuando se alimenta con corriente alterna es que hay un flujo de corriente a través de la película de aceite en la chumacera lo cual se debe evitar por dos razones:

- a).- La resistencia de esta trayectoria puede ser tan alta que el relevador no opere cuando se presente una falla a tierra.
- b).- Si fluye cualquier corriente por la chumacera se puede per

forar la película de aceite y dañar la chumacera.

Para evitar este fenómeno se coloca una escobilla sobre el eje del rotor, para ponerlo efectivamente a tierra. Así esta escobilla sirve también como una trayectoria de descarga de la electricidad estática, inducida en el rotor de la turbina por la fricción del vapor.

2.3 PROTECCION CONTRA POTENCIA INVERSA.

Cuando la potencia suministrada por un primotor a un generador síncrono es deficiente, de tal manera que esta potencia no pueda suplir todas las pérdidas. La deficiencia se corrige absorbiendo potencia real del sistema y el generador trabaja entonces como motor.

Ya que la excitación del campo es la misma, fluirá la misma potencia reactiva que fluía antes de que el generador comenzara a trabajar como motor, y la potencia real fluye hacia el generador. La potencia reactiva puede ser inductiva o capacitiva. En el caso más general, será inductiva ya que los generadores trabajan a factor de potencia atrasado.

Cuando el generador se encuentra acoplado a una turbina de vapor, se debe proteger a la turbina contra sobrecalentamientos, cuando se corta la entrada del vapor. El calentamiento se lleva a cabo aproximadamente de 30 segundos a 30 minutos, dependiendo del tipo de turbina; para una turbina que solo se-

sobrecalienta cuando el generador trabaja como motor, se emplean relevadores que operan cuando fluye al generador un 0.5% de la potencia de plena carga, por lo general operan cuando -- fluye aproximadamente el 3%. Los relevadores deben tener cierto retardo de tiempo para evitar operaciones innecesarias, ocasionadas por inversiones transitorias de potencia.

Cualquier relevador que detecte la motorización debera ser infinitamente sensible para detectar cualquier invremento de potencia inversa. Como ejemplo supongamos que una turbina halla tenido sus valvulas cerradas ligeramente menos de lo requerido por el vapor, de tal manera que la turbina suministra el 99% de las perdidas y el generador como un motor síncono el 1% restante.

Si el total de las perdidas fuera un 3% de la potencia indicada en Kw entonces los kilowatts extraidos por el generador como un motor de el sistema de potencia seran solo el 1% - del 3% o el 0.03% de la potencia indicada en la placa.

Si el generador esta acoplado a una turbina hidráulica, los relevadores operan cuando hay inversión de potencia del orden de 0.2% a 2% de la potencia de plena carga.

Cuando se trata de generadores acoplados a motores Diesel, la potencia inversa con que operan los relevadores, es -- del órden del 15% de la plena carga.

Para turbina de gas, la potencia inversa de operación - de los relevadores es del orden del 10% al 50% de la plena carga, dependiendo del tipo de turbina.

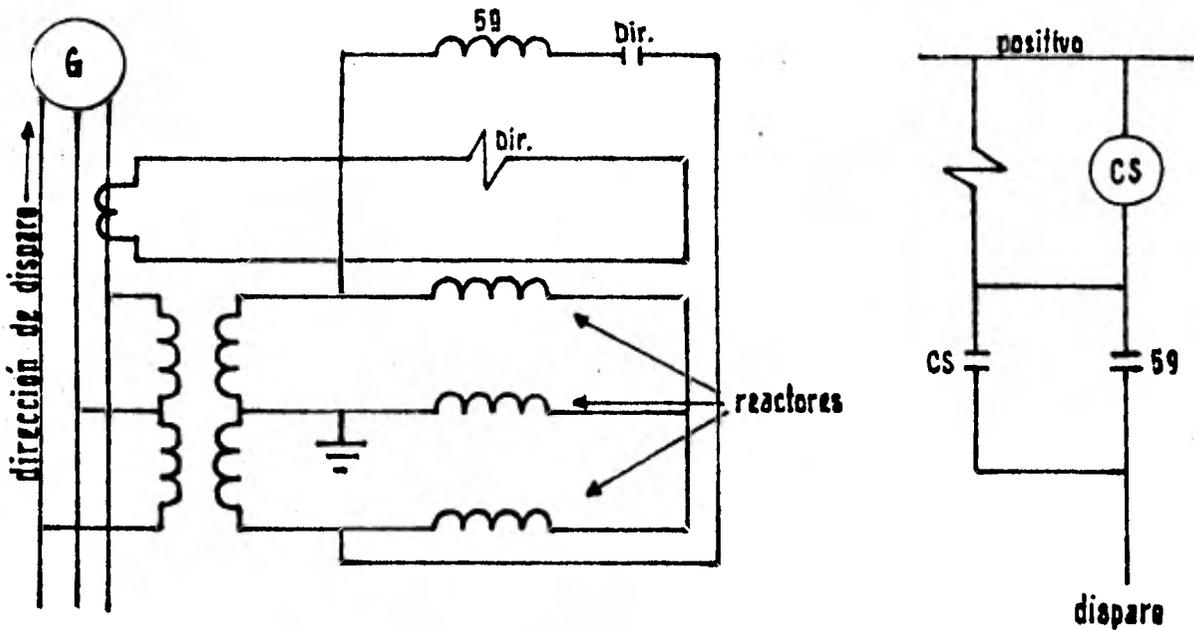


Figura 2.5

El esquema de la figura 2.5 muestra una protección usando relevadores para esta falla. Los relevadores constan de una unidad de voltaje de tiempo. Cuando hay flujo de potencia hacia el generador, la unidad direccional cierra y permite a la unidad de voltaje con retardo de tiempo que opere.

2.4 PROTECCION CONTRA CORRIENTE DE SECUENCIA NEGATIVA (desbalance de fases)

Cuando un generador alimenta una falla desbalanceada, --

las corrientes desbalanceadas que fluyen del estator presentan una componente de secuencia negativa. Estas corrientes de secuencia negativa inducen en el rotor corrientes de doble frecuencia (120 ciclos) que fluyen sobre la superficie de este mismo, en sus ranuras y devanados amortiguadores, produciendo un rapido sobrecalentamiento; éste calentamiento se expresa por la relación:

$$\int_0^t I_2^2 dt = K$$

en donde:

I_2 = corriente de secuencia negativa

t = tiempo

K = constante

Este tipo de fallas son el resultado de la escases o falta de protección del equipo asociado, generalmente externo a la máquina. Por rotura de conductores en las líneas etc.

Un generador debe soportar sin sufrir ningún daño, un corto circuito trifasico durante 30 segundos, operando a capacidad y factor de potencia nominales. Con una excitación tal que nos de una sobretensión del 5%.

El generador debe soportar también otro tipo de falla tal que la corriente de secuencia negativa I_2 y el tiempo de duración de ésta, den un producto integrado $I_2 t$ menor a los se

ñalados a continuación:

Generador acoplado a turbina de vapor -----	30
Generador acoplado a turbina hidraulica -----	40
Generador acoplado a máquina de combustión interna -	40

Si la máquina esta sujeta a fallas en donde el valor integrado se encuentra entre los valores anotados arriba (30 o 40) y el 200% de estos valores (90 o 120), el generador puede sufrir varios grados de daños y se debe proceder a inspeccionar la superficie del rotor; en caso de que el valor de K sobrepase al 200% de su valor, serios daños se pueden esperar.

En la figura 2.6 se muestra un esquema de la protección con un grupo de relevadores de secuencia negativa para protección del generador contra fallas desbalanceadas.

Algunos relevadores incluyen una unidad muy sensible para operar una alarma cuando el desbalance de las corrientes es pequeño, pero generalmente la operación de este relevador debe disparar el interruptor principal.

Las características del relevador son de la forma $I_2^2 t = K$ de manera que su valor de puesta en marcha y su retardo de tiempo se escogen para adaptarlos de acuerdo con las características de la máquina.

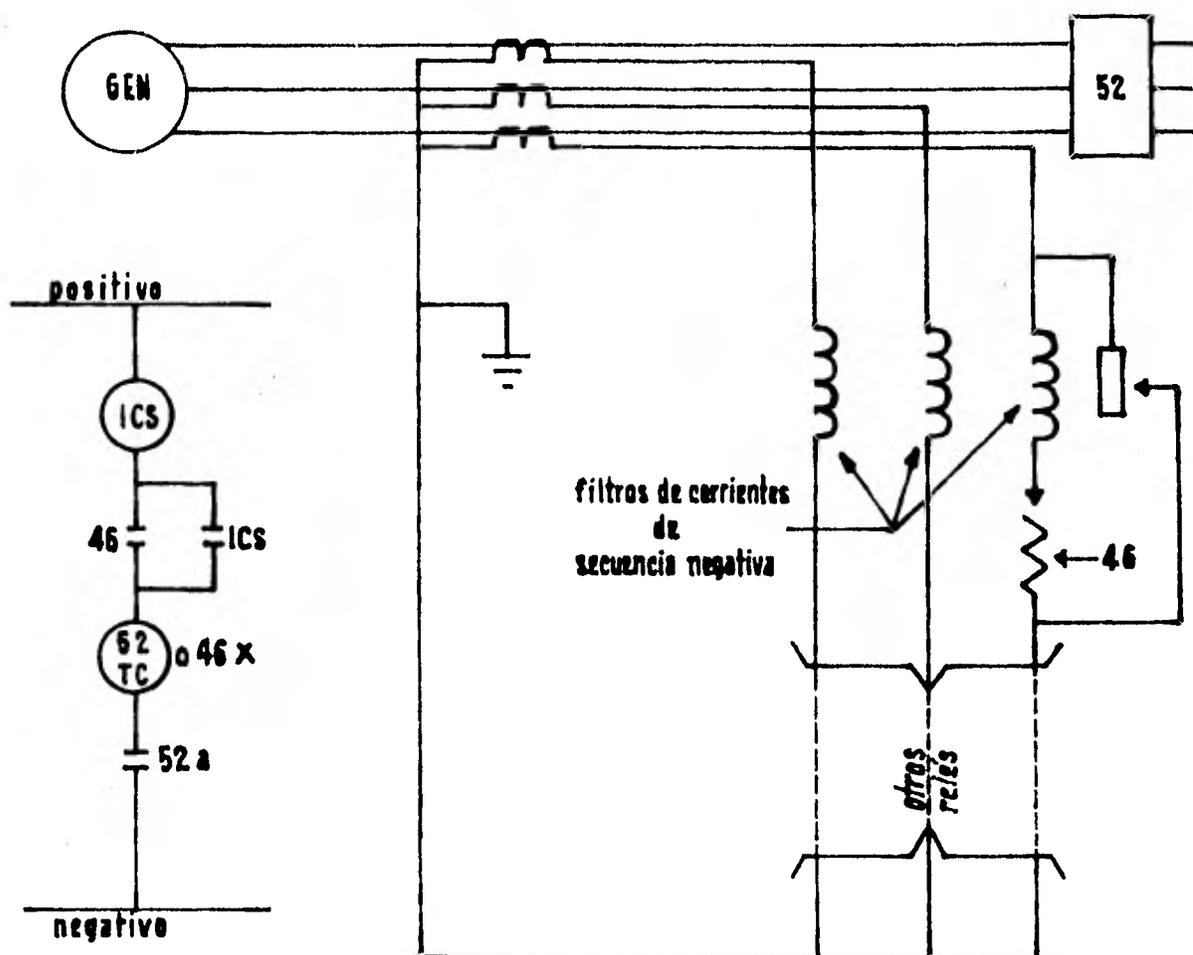


figura 2.6

2.5 PROTECCION CONTRA PERDIDA DE EXCITACION

Cuando la perdida de excitación ya sea parcial o total - ocurre en una máquina síncrona, se produce un flujo de potencia reactiva de el sistema hacia la máquina. (Es importante recordar que los Kilowatts de salida son controlados por la potencia que alimenta el primotor, mientras que los KVAR de salida son controlados por el campo o excitación) Asi pues, si el sistema-

es lo suficientemente grande para suplir la deficiencia de excitación a través de la armadura, entonces la máquina síncrona operara como un generador de inducción que gira arriba de la velocidad síncrona. Bajo estas condiciones el rotor de un generador de turbina de vapor se calentara rapidamente debido a -- que se inducen en él fuertes corrientes.

El tiempo para alcanzar sobrecalentamiento peligroso -- del rotor depende del grado de deslizamiento y puede ser de 2- o 3 minutos.

Si el campo se ha perdido completamente, y se continúa alimentando a la carga como generador de inducción, la corriente del estator puede elevar de 2 a 4 veces su valor normal originando el calentamiento del estator y serias perturbaciones en el sistema.

La perdida de campo puede ser causada por las siguientes razones:

- 1).- Perdida de campo de la excitatriz
- 2).- Disparo accidental del interruptor de campo
- 3).- Corto circuito en los circuitos de campo
- 4).- Contacto deficiente de las escobillas en el excitador
- 5).- Fallas en el mecanismo de la quebradora de campo
- 6).- Error de operación

El relevador más apropiado para detectar la perdida de-

campo es el relevador direccional de impedancia o un relevador de mhos.

La figura 2.7 muestra varias características de pérdida de excitación y la característica de funcionamiento del relevador en un diagrama R-X.

La unidad direccional del relevador cierra sus contactos a causa del flujo de potencia reactiva hacia la máquina.

La unidad de impedancia del relevador cierra sus contactos cuando la impedancia de la máquina vista desde sus terminales es menor a un valor predeterminado.

No importa cuales sean las condiciones iniciales en -- que se pierde la excitación. El fasor de impedancia traza una trayectoria desde el primer cuadrante hacia la región de operación del relevador, al operar el relevador se debe disparar el interruptor principal antes de que pueda ser dañado el generador o el sistema mismo.

2.6 PROTECCION CONTRA SOBREVOLTAJE Y BAJA FRECUENCIA:

a).- Protección contra sobrevoltaje.

La protección contra sobrevoltajes, generalmente se recomienda para generadores acoplados a turbinas hidráulicas y turbinas de gas, las cuales están sujetas a sobrevelocidades como consecuencia de la pérdida de carga, ocasionando así los sobrevoltajes.

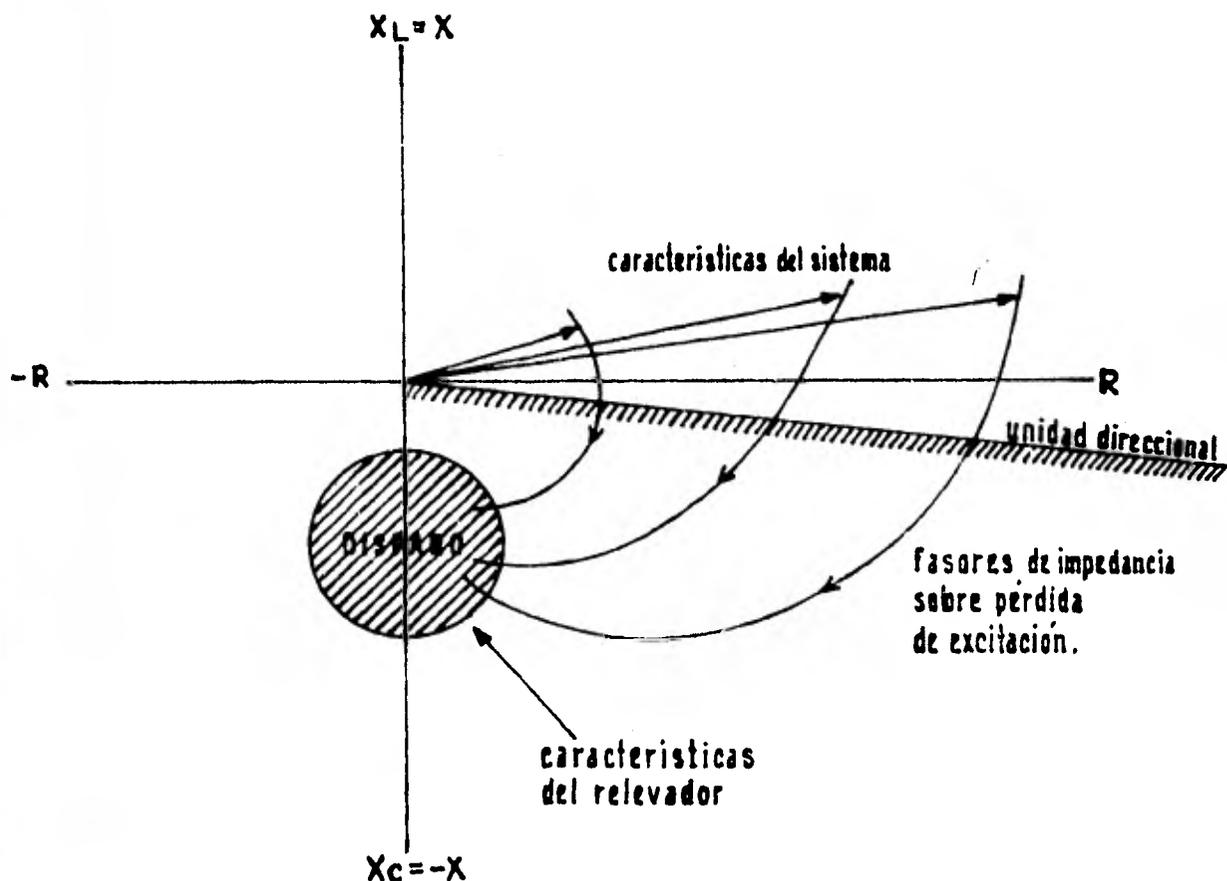


figura 2.7

La protección contra sobrevoltajes, normalmente la suple el regulador de voltaje, pero si no hay este dispositivo, se puede colocar relevadores de sobrevoltaje; este relevador normalmente consta de dos unidades, una con retardo de tiempo y otra instantánea. El valor de pico de la unidad con retardo de tiempo es aproximadamente el 110% del valor del voltaje nominal.

El valor de pico para la unidad instantánea es del orden

del 130% al 150% del voltaje nominal, el esquema de la figura 2.8 se usa y puede actuar ya sea una alarma o bién sobre el - circuito de excitación para reducir el voltaje a la salida -- del generador. Usualmente se utilizan estos relevadores como- protección de respaldo para el regulador de voltaje.

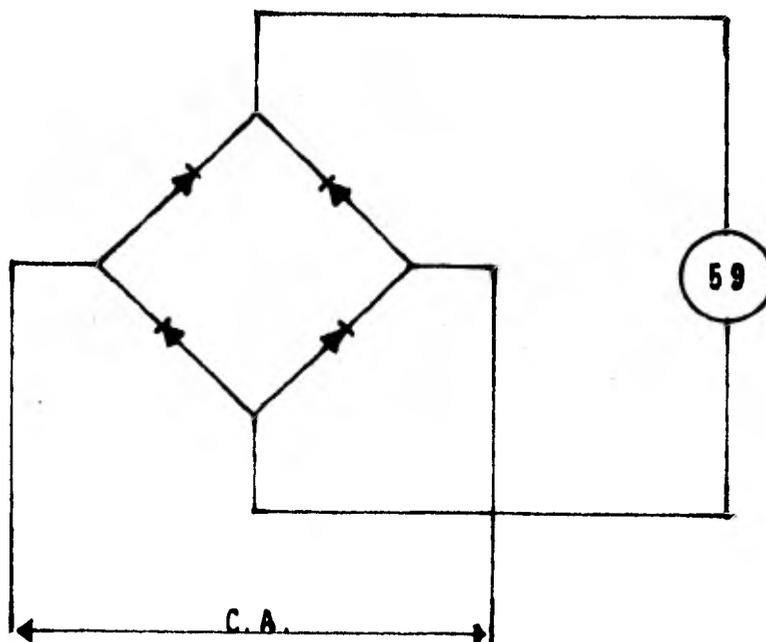


figura 2.8

b).- Protección contra baja frecuencia.

Si se desconecta la máquina del sistema y se baja velo- cidad con la quebradora de campo cerrada, se alimentara un -- voltaje de baja frecuencia al transformador de potencia y al- transformador de auxiliares. La reactancia de excitación de - los transformadores es $X_m = 2\pi f L_m$, por lo tanto bajara tanto-

como la frecuencia, proporcionalmente y la corriente de excitación en vacío subirá pudiendo esto llegar a valores altos y peligrosos. Llevando el riesgo de un sobrecalentamiento del núcleo. Para prevenir esto se coloca un relevador de frecuencia (81) con disparo sobre la quebradora de campo.

2.7 PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES (de respaldo)

Los generadores sincrónicos deberán tener dispositivos -- que lo protejan contra el continuo suministro de corriente de corto circuito, ocasionado por una falla del sistema adyacente cuando varios generadores trabajan en paralelo sobre una red.

Este tipo de protección generalmente se aplica como una "protección de respaldo", y se da con relevadores de sobrecorriente de tiempo inverso con restricción de voltaje, de tal forma que la unidad de sobrecorriente opera solamente cuando el voltaje decrece a un valor predeterminado; o con relevadores del tipo de distancia de un solo escalón con acción retardada definida.

La selección del tipo de relevador que debe usarse depende del tipo de protección usada en los sistemas adyacentes, de éste modo si los sistemas adyacentes tienen protección de sobrecorriente de tiempo inverso, deberá utilizarse el relevador de sobrecorriente de tiempo inverso con restricción de voltaje. Pero si los sistemas adyacentes tienen protección de al-

ta velocidad piloto o de distancia, entonces deberá utilizarse el relevador del tipo de distancia.

En la figura 2.9 se muestra éste tipo de protección -- del generador.

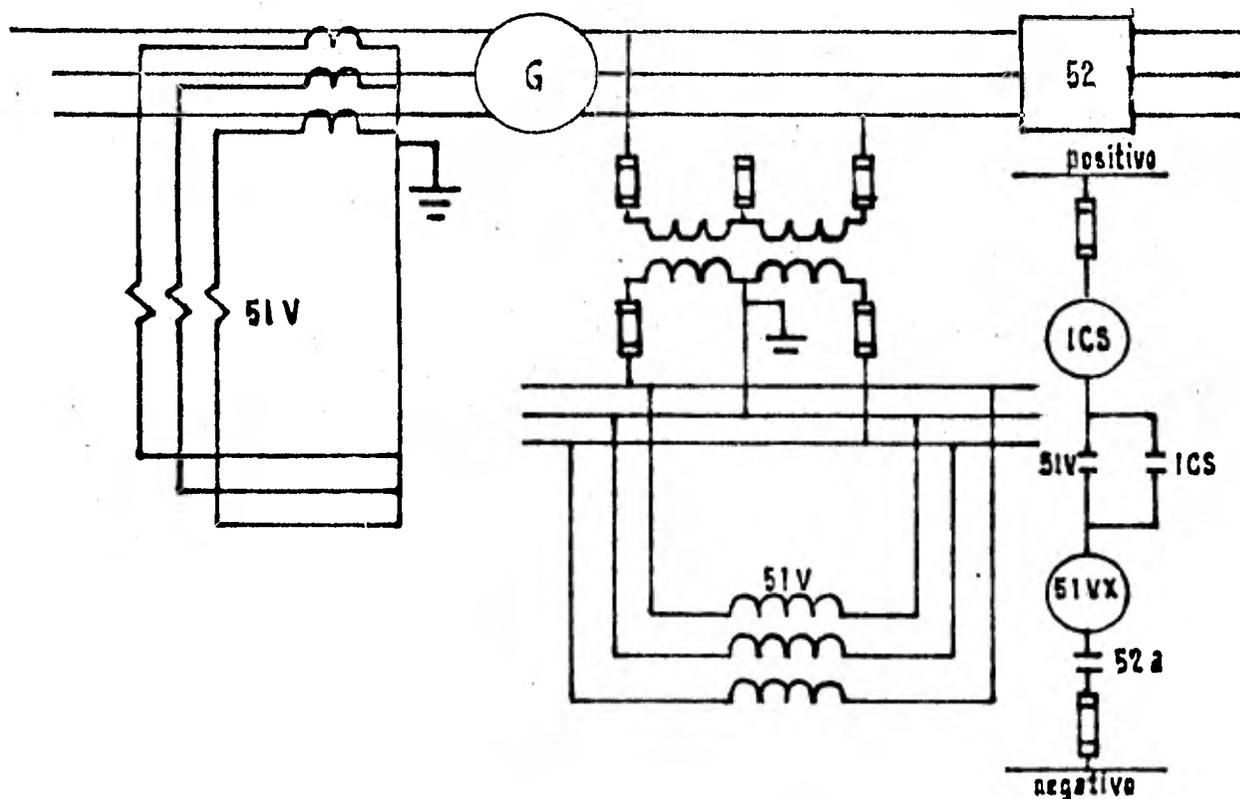


figura 2.9

2.8 PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL

Los transformadores de potencia son uno de los más importantes enlaces en un sistema de potencia, por eso es muy importante que se incluya en el estudio de las protecciones de los generadores. Su construcción relativamente sencilla los convierte en unidades altamente integrales y seguras, sin embargo esta integridad depende de un diseño adecuado, de una cuidadosa ins-

talación, de un mantenimiento adecuado y de la previsión de --
cierto equipo de protección.

El equipo de protección incluye relevadores de gas y --
eléctricos. Los relevadores de gas son particularmente impor--
tantes, puesto que dan un aviso anticipado al desarrollarse --
una falla, permitiendo efectuar una interrupción y reparar el-
daño antes de que sea de mayores consecuencias.

a).- PROTECCION DIFERENCIAL.

La protección diferencial del transformador de potencia
se lleva a cabo generalmente por relevadores de porcentaje di-
ferencial y restricción de armónicas en un arreglo del tipo --
unidad en donde se incluyen el generador y el transformador --
principal como muestra la figura 2.10, éste arreglo proporcio-
na protección adicional para el generador.

Se recomienda colocar transformadores de corriente sepa
rados en el neutro del generador para mantener baja la carga.

En un transformador delta-estrella como el de la figura
2.10, los transformadores de corriente en el lado delta deben-
ser conectados en estrella y los transformadores de corriente-
del lado estrella deben conectarse en delta. Esto es hecho pa-
ra un correcto ajuste de fase y para eliminar las corrientes -
de secuencia cero de las bobinas de operación del relevador di
ferencial en caso de fallas a tierra externas.

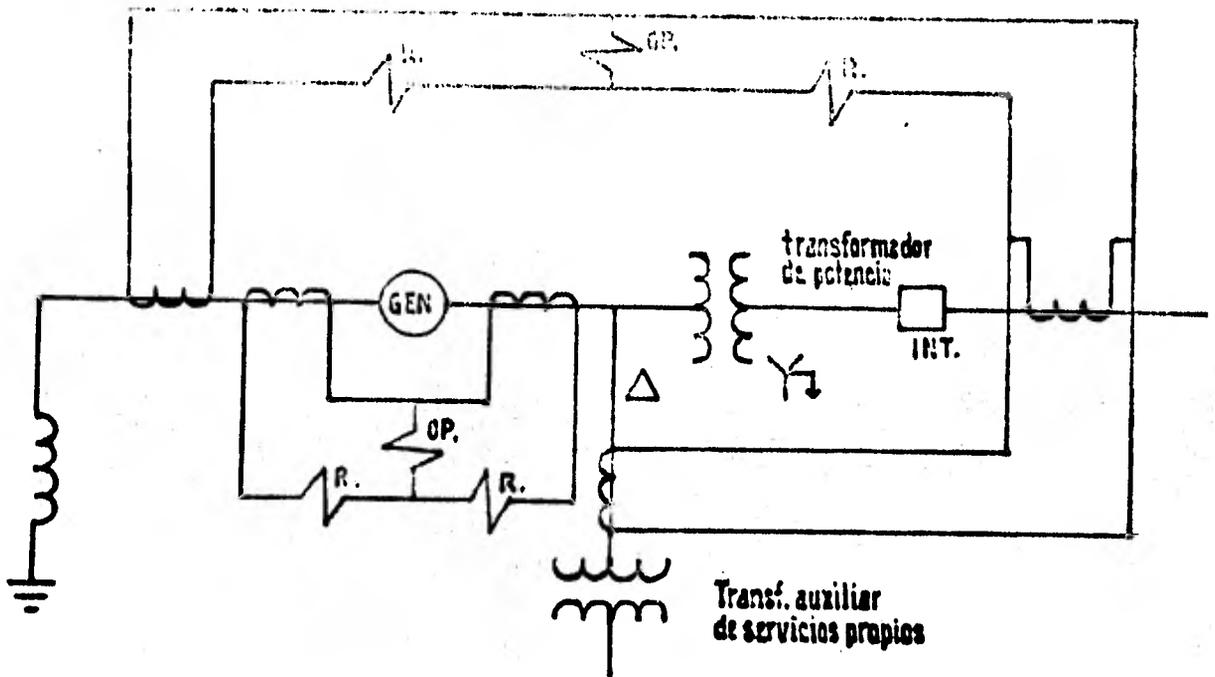


Figura 2.10

Los relevadores aplicados a la protección diferencial -- han ido transformandose hasta obtener un alto grado de sensibilidad y selectividad que es más importante. Así pues un elemento que se ha adicionado a los relevadores diferenciales es la restricción de armónicas con el cual son capaces de seleccionarles y operar solamente con las fundamentales.

Nació esto del problema que se presentaba al momento de entrar un transformador en servicio, en el cual surgen corrientes transitorias del lado primario del transformador al iniciarse la magnetización del núcleo, creando un desequilibrio en la protección diferencial que la hacia operar.

Al estudiar este fenómeno se vio que la corriente de -- magnetización de entrada es una corriente que está plagada de armónicas de magnitudes apreciables.

Los dispositivos de protección debían por lo tanto distinguir entre las corrientes de corto circuito y las de magnetización.

b).- PROTECCION BUCHHOLZ.

El funcionamiento irregular y los accidentes producidos en los transformadores dan origen a calentamiento locales en los arrollamientos y consiguientemente a la producción de gases o vapores. Algunas de las causas que dan origen a la producción de estos gases se dan a continuación:

- i).- En caso de ruptura de una conexión se produce un arco que puede fusionar parte del bobinado ocasionando un corto -- circuito, éste arco volatiliza el aceite produciéndose gases de aceite.
- ii). Cuando existe una falla de aislamiento en alguna parte de los devanados, se puede producir un arco entre ese punto y el tanque del transformador volatilizando el aceite.
- iii) En caso de corto circuito o de sobrecarga bruscas se eleva la temperatura en los devanados desprendiéndose gases como resultado.

Como puede observarse en todos los casos señalados existe desprendimiento de gases los cuales son utilizados para accionar el relevador buchholz el cual se muestra en la fig. - 2.11.

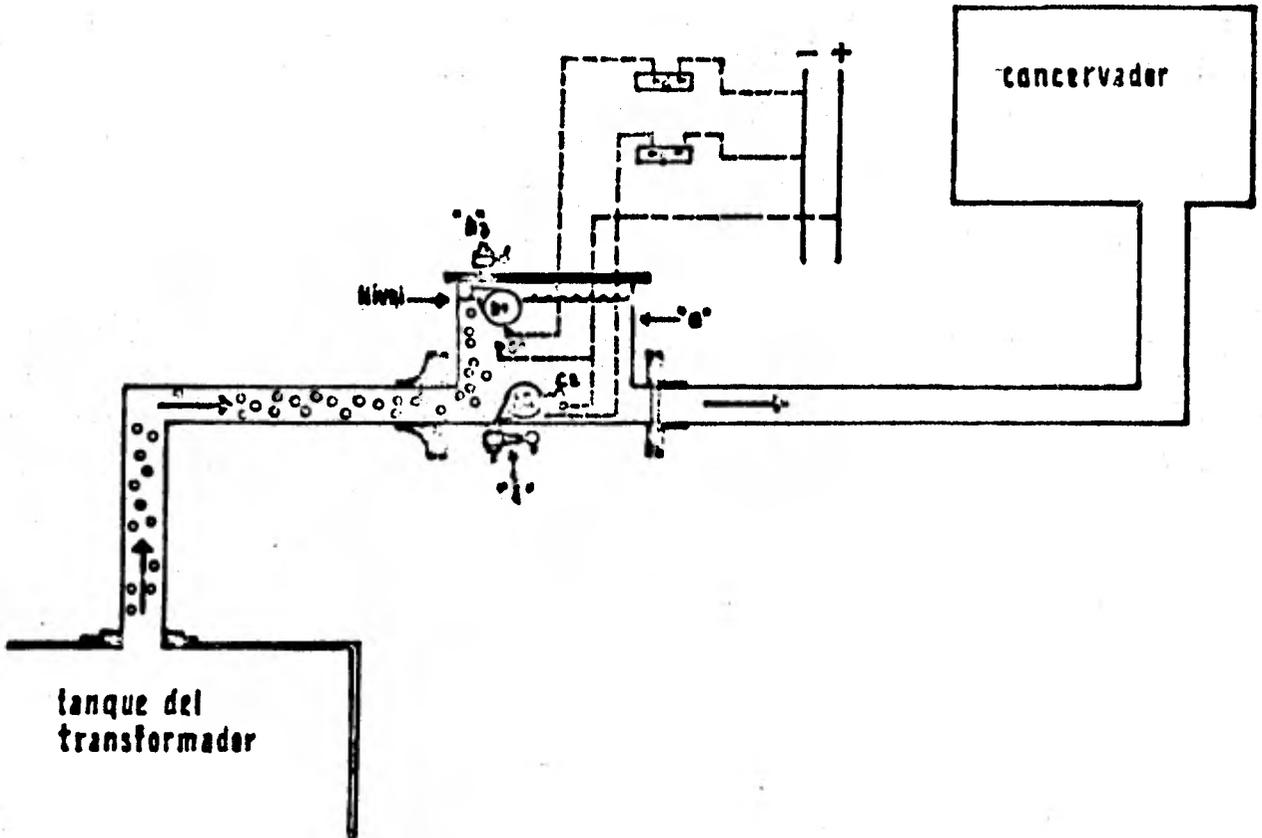


figura 2.11

La caja "a" que esta llena normalmente de aceite, contiene los flotadores b_1 y b_2 movibles alrededor de sendos ejes fijos.

Cuando por causa de un defecto poco importante se producen pequeñas burbujas de gas, éstas se elevan en el tanque hacia el conservador de aceite y son captadas por el relevador y

almacenadas en la caja "a", cuyo nivel de aceite baja progresivamente. El flotador b_1 se inclina y cuando la cantidad de gas es suficiente cierra los contactos c_1 que alimentan los circuitos de alarma d. Si continua el desprendimiento de gas, el nivel de aceite en la caja baja más, de tal forma que los gases pueden alcanzar el conservador de aceite.

Una mirilla que contiene la caja "a" permite observar la cantidad y color de los gases captados. De la primera se obtiene la indicación de la importancia del defecto, del color de los gases se deduce el lugar de la producción del defecto, así: los gases blancos provienen de la destrucción del papel, los gases amarillos se producen con el deterioro de las piezas de madera, y los humos negros o grises son provocados por la descomposición del aceite.

El flotador b_2 conserva su posición de reposo si el desprendimiento de gas es lento, pero si el defecto se acentúa entonces el desprendimiento de gas se vuelve violento y se producen gruesas burbujas, de modo que el aceite es enviado bruscamente por choques a través del tubo hacia el conservador de aceite. Esta corriente arrastra al flotador b_2 , y ello provoca el cierre de sus contactos c_2 que accionan el mecanismo "f" de disparo de los interruptores de los lados de alta y baja tensión del transformador. Hay que observar -

que la aparición de pequeñas burbujas no se manifiesta más -- que cuando la temperatura de los devanados se eleva de tal modo que el aceite se volatiza en su interior dicha temperatura no puede ser menor de 150°C a la cual la volatilización se produce.

Los contactos c_1 y c_2 son asimismo accionados cuando el nivel del aceite desciende por debajo de un límite determinado, ya sea por defecto de vigilancia o por causa de una fisura en el tanque, el aire que se encontrase en el transformador será igualmente captado por el relevador y la señal de alarma funcionara.

Una llave "h" permite la salida de los gases acumulados en la caja, a los cuales se inflama para apreciar si se trata de gases de aceite o de aire que hubiese penetrado en el transformador.

Otra llave de ensayo "i" permite comprobar haciendo funcionar el aparato por medio de una bomba auxiliar, que los contactos, flotadores, conexiones, etc., se hallan en buen estado.

c).- PROTECCION CONTRA PUESTA A TIERRA.

En sistemas de neutro puesto a tierra, puede proporcionarse la protección aislando de tierra el tanque del transformador, excepto para una conexión a tierra a través de un --

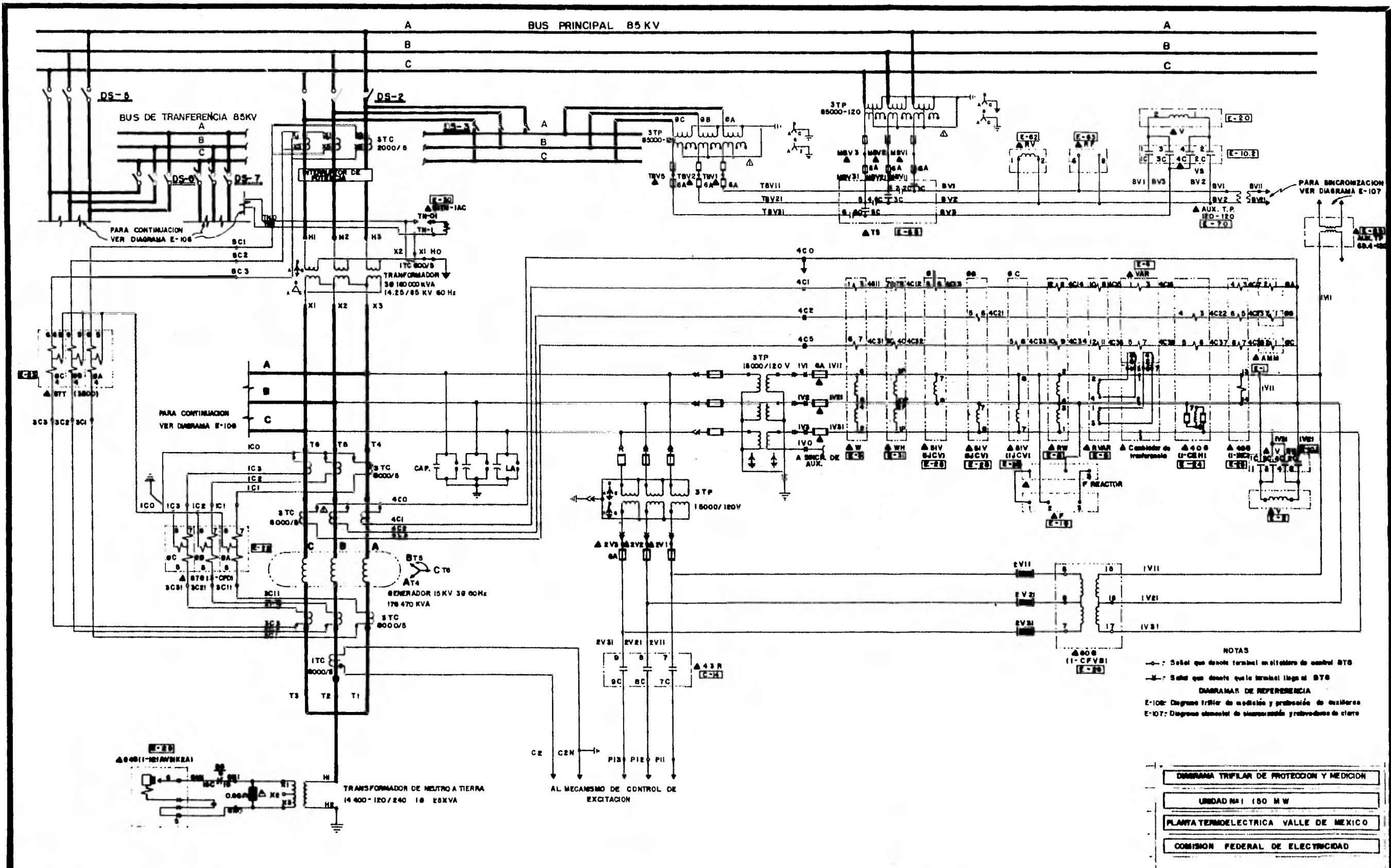
transformador de corriente cuyo secundario alimenta un relevador de sobrecorriente. Un arreglo semejante proporcionará protección sensible para descargas superficiales al tanque o al núcleo, pero no responderá a fallas entre espiras o fallas en las puntas del transformador.

C A P I T U L O I I I

UNIDAD # 1 (GENERAL ELECTRIC)

3.1 DESCRIPCION DE LAS PROTECCIONES DEL DIAGRAMA TRIFILAR DE MEDICION Y PROTECCION.

Dentro de este capítulo comenzaremos el estudio de los sistemas de protección del generador aplicados a la unidad -- # 1 de la planta termoeléctrica Valle de México el estudio -- que aqui se hace se precisa solamente a la descripción de algunas de las características de los relevadores, aplicados a esta unidad como son; el tipo, la marca y su construcción, -- funcionamiento, etc., además de algunos comentarios que se hacen sobre su localización y conexión como muestra el diagrama trifilar de medición y protección.



NOTAS

- Señal que desde terminal en el cuadro de control BT0
- M- Señal que desde cable terminal llega al BT0

DIAGRAMA DE REFERENCIA

- E-100: Diagrama trifilar de medición y protección de auxiliares
- E-107: Diagrama elemental de sincronización y protecciones de cierre

DIAGRAMA TRIFILAR DE PROTECCION Y MEDICION

UNIDAD No 1 (50 MW)

PLANTA TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

3.2 LISTA DE PROTECCIONES

a).- Protección diferencial del generador.

En esta protección se utiliza un relevador diferencial de alta velocidad tipo CFD, marca: General Electric.

La construcción de este tipo de relevador CFD es del tipo cilindro de inducción. La unidad consiste de un estator multipolar, un núcleo magnético central estacionario, y de una copa como rotor de inducción. Esta copa gira sobre un eje vertical en el entrehierro que forman el estator y el núcleo magnético.

Este tipo de protección diferencial como se ha dicho anteriormente ofrece protección contra fallas entre las fases -- del generador y se conecta a través de transformadores de corriente conectados en las terminales de línea y neutro del generador como se puede observar en el diagrama con una relación de transformación de 8000/5 amps.

b).- Protección contra desbalance de fases.

Aquí se utiliza un relevador de protección contra sobrecorrientes de secuencia de fase negativa del tipo: INC, marca: General Electric.

El relevador consiste principalmente de una unidad de sobrecorriente del tipo disco de inducción, conectada con una-

componente de secuencia de fase negativa de la carga del generador. De tal forma que el generador es protegido contra los efectos de cargas desbalanceadas o fallas en el sistema, con lo cual se suministra también una protección de respaldo, por lo tanto la unidad de sobrecorriente de tiempo se debe coordinar con los otros relevadores del sistema.

c).- Protección contra sobrecorrientes.

El tipo de relevador que se utiliza en esta protección es un relevador de sobrecorriente de tiempo con restricción de voltaje tipo: IJVC, marca: General Electric.

La unidad de sobrecorriente del relevador es del tipo disco de inducción con restricción de voltaje y características de tiempo inverso la cual protege al generador contra el suministro continuo de corriente de corto circuito a una falla sucedida en un sistema adyacente la cual no ha sido librada por otro equipo de protección.

Este relevador IJVC fue diseñado con el propósito de proporcionar protección de respaldo contra fallas externas.

Como se puede observar en el diagrama existen 3 unidades de éste tipo, una para cada fase las cuales se conectan a los transformadores de corriente de 8000/5 amps. situados en las terminales del generador y a los transformadores de potencial de 15000/120 volts, conectados también a la salida del -

generador.

d).- Protección contra desbalance de voltaje.

Este tipo de protección utiliza un relevador del mismo nombre tipo: CFVB, marca: General Electric.

Este relevador es alimentado desde dos posiciones diferentes por transformadores de potencial que dan el voltaje de cada una de las fases.

Si el voltaje entre fases de las dos posiciones que -- alimentan al relevador está balanceado entonces los contactos del relevador permanecerán en su posición normal (los contactos del relevador son normalmente abiertos), pero si algún fusible se funde en alguna de las fases de los transformadores de potencial entonces el relevador operará cerrando sus contactos. Este tipo de relevador es utilizado para bloquear a otros relevadores u otros dispositivos que pudiesen operar incorrectamente cuando algún fusible de los transformadores de potencial que alimentan a estos instrumentos se ha fundido.

En el diagrama se puede ver claramente como el relevador se alimenta a través de transformadores de potencial de dos zonas diferentes cubriendo así la zona de instrumentos y relevadores.

f).- Protección diferencial del transformador.

En esta protección se utiliza un relevador diferencial de porcentaje y restricción de armónicas tipo: BDD, marca: General Electric.

Este relevador se distingue por sus características de porcentaje y restricción de armónicas, la primera de estas ca racterísticas permite al relevador precisar la discriminación entre fallas internas y externas en altas corrientes.

La segunda característica hace posible que el releva-- dor distinga por la diferencia en la forma de onda, entre la-- corriente diferencial causada por una falla interna y la co-- rriente transitoria causada por la magnetización del núcleo - del transformador.

La conexión de este relevador se hace a través de trans formadores de corriente conectados; por un lado en las terminales del neutro del generador con una relación de 8000/5 amps.- y por el otro lado se conectan a la salida de alta tensión del transformador de potencial. Después del interruptor de máquina con una relación de 2000/5 amps.

C A P I T U L O I V

UNIDADES 2 y 3 (HITACHI, LTD.)

4.1 FILOSOFIA DE LA PROTECCION POR GRUPOS.

Los dispositivos de protección acoplados a la unidad de turbina-generador, pueden ser considerados de acuerdo a las -- sig; tres funciones:

- 1).- Librar las fallas eléctricas internas del generador y -- transformador.
- 2).- Librar las fallas eléctricas externas del generador las -- cuales no han sido libradas por los sistemas apropiados -- de protección.
- 3).- El disparo de las unidades caldera-turbina-generador, sin riesgo en ese momento de fallas mecánicas de la turbina o la caldera, o de alguna falla eléctrica en el generador -- la cual no justifica el disparo inmediato.

La protección que cubren estas tres funciones se designa como grupo I, II y III respectivamente. Cada uno de estos -- grupos es tratado en una forma diferente en cuanto a "disparos" de la unidad en la sección siguiente:

DISPAROS.

Hay cinco fuentes de potencia y cualquiera de las cua-- les puede ser disparada bajo condiciones de falla, estas fuen--

tes son:

- 1).- Separación combinada y válvulas de emergencia de paro de turbina en las líneas de vapor principal, y recalentado.
- 2).- Interruptor del transformador de unidad (4.16 Kv).
- 3).- Interruptor de campo del generador.
- 4).- Interruptor de 230 Kv del generador.
- 5).- Relevador maestro de suministro de combustible a la caldera.

Estas fuentes son disparadas de tres maneras, dependiendo de la identidad y significado del dispositivo operado. Los disparos son agrupados de una manera particular bajo el título de grupos I, II, III de protección.

GRUPO I DE PROTECCION.

Este grupo comprende el equipo de protección cuya operación es indicativo de una falla eléctrica mayor en el generador, o en el transformador principal. Por lo tanto es necesario el disparo inmediato de las cinco fuentes de potencia.- Esto es realizado por el relevador de cierre de turbina-generador 86/GT. (E.E. tipo VAJ12) el cual es operado por todo el grupo I de dispositivos de protección.

Este relevador dispara ambos interruptores de 230 Kv y el interruptor de campo del generador, la válvula maestra so-

lenoide de disparo de turbina, el relevador maestro de suministro de combustible a la caldera y el interruptor de 4.16 - Kv del transformador de unidad.

GRUPO II DE PROTECCION.

Los dispositivos de protección que forman este grupo - son aquellos que normalmente operan como protección de respaldo para los generadores, por fallas ocurridas fuera de las conexiones del generador y el transformador principal por lo -- tanto se requiere que este grupo dispare los interruptores de 230 Kv del generador solamente.

Pero manteniendo la unidad en condiciones de funcionamiento esto es, manteniendo la turbina a la velocidad de sincronismo y las unidades auxiliares de caldera alimentadas por el transformador auxiliar de servicios propios.

Esto es realizado por el relevador de respaldo del generador 86 G (G.E. tipo HEA 61C) el cual es operado por todo el grupo II de protección.

GRUPO III DE PROTECCION.

Es apreciado que los disparos instantáneos de los interruptores de 230 Kv del generador descritos en los grupos I y II de protección ocasionan un ligero riesgo en el funcionamiento de la turbina, siendo éste un repentino rechazo de car

ga, ocasionando en la turbina una sobrevelocidad si el equipo que controla la velocidad no funciona correctamente o si las válvulas de paro del vapor no cierran completamente, sin embargo este riesgo es aceptado en estos casos, ya que el disparo retardado del interruptor causaría daños severos a la unidad por efectos de la falla.

Existen ciertas condiciones de falla, sin embargo si éstas persistieran causarían poco daño a la unidad o implicarían otros riesgos pequeños. En estos casos se considera provechoso retardar el interruptor de enlace síncrono con el sistema hasta que halla sido averiguado que el flujo de vapor a través de la turbina se ha reducido a una proporción que no cause sobrevelocidad si los interruptores de 230 Kv son abiertos.

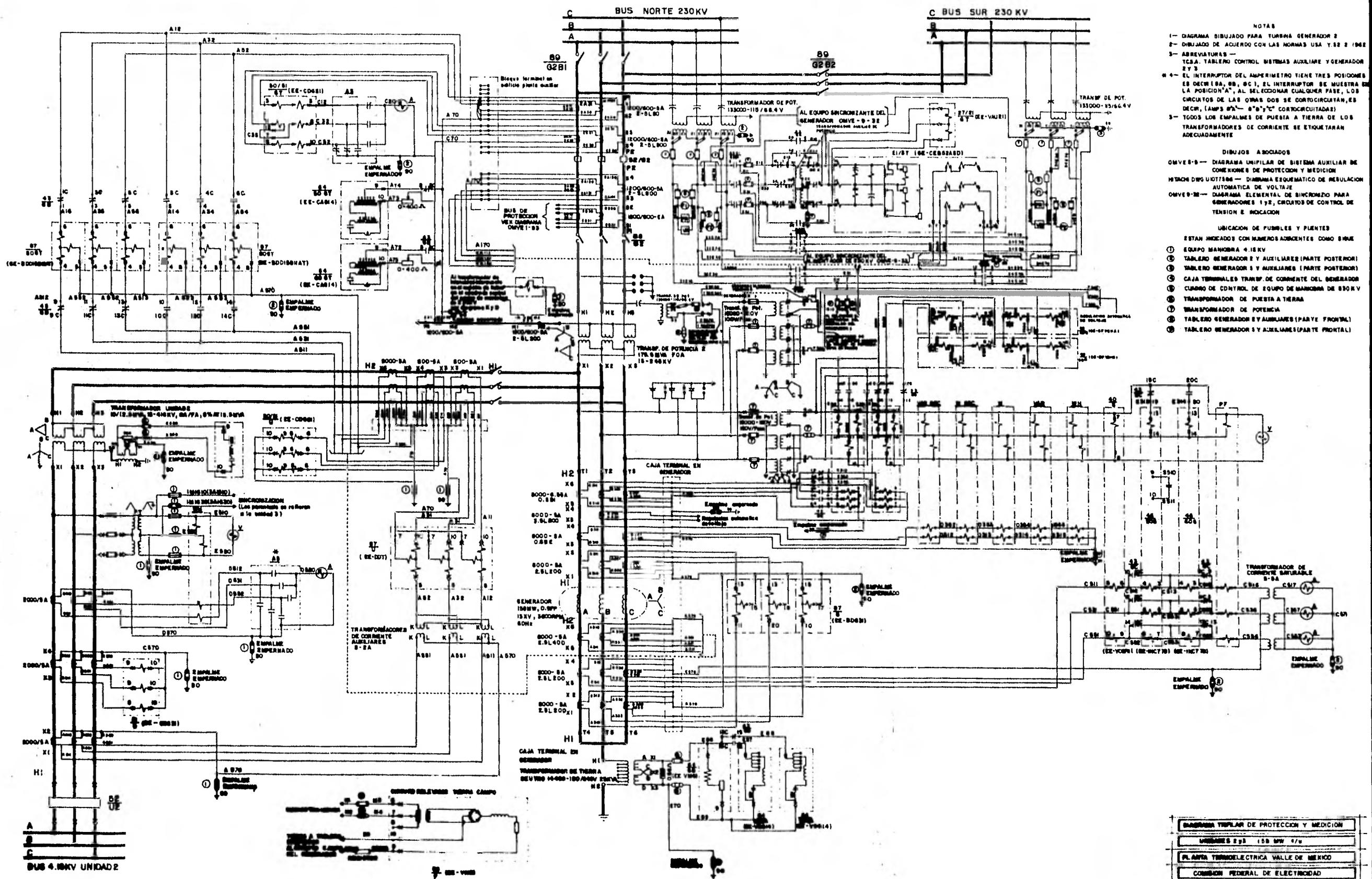
Los dispositivos que operan de esta forma son designados como grupo III de protección. Son en gran parte compuestos por dispositivos mecánicos de la turbina, pero se toma ventaja de la alta resistencia a tierra del generador descrita anteriormente, de esta forma la protección contra falla a tierra del estator 64/Gt y el relevador de pérdida de excitación 40/G estas son también fallas eléctricas no urgentes.

4.2 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA TRIFILAR DE MEDICION Y PROTECCION.

En este diagrama trifilar de medición y protección, se puede observar la forma en que están conectados los dispositivos de medición, como también la forma en que están conectados los relevadores con sus respectivos transformadores de corriente y potencia.

También se puede obtener de este diagrama los datos de placa de los diferentes transformadores, y su conexión de estos con el sistema.

Para completar el diagrama trifilar de medición y protección, se da a conocer una tabla donde se enlistan las protecciones eléctricas, utilizadas en esta unidad. Donde se puede observar la lógica de operación y el disparo o función sobre la que dicha protección operara en caso de falla.



- NOTAS
- 1- DIAGRAMA DIBUJADO PARA TURBINA GENERADOR 2
 - 2- DIBUJADO DE ACUERDO CON LAS NORMAS USA Y SE 2 1962
 - 3- ABBREVIATURAS - TCSA: TABLERO CONTROL SISTEMAS AUXILIARES Y GENERADOR 2 Y 3
 - 4- EL INTERRUPTOR DEL AMPERIMETRO TIENE TRES POSICIONES ES DECIR (SA, SB, SC). EL INTERRUPTOR SE MUESTRA EN LA POSICION "A", AL SELECCIONAR CUALQUIER FASE, LOS CIRCUITOS DE LAS OTRAS DOS SE CORTOCIRCUITAN, ES DECIR, (AMP 3 "A" - "B" - "C" CORTOCIRCUITADAS)
 - 5- TODOS LOS EMPALMES DE PUESTA A TIERRA DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE SE ETIQUETARAN ADECUADAMENTE

- DIBUJOS ASOCIADOS
- OMVE-9 - DIAGRAMA UNIPOLAR DE SISTEMA AUXILIAR DE CONEXIONES DE PROTECCION Y MEDICION
 - HATCH DIBO UO7584 - DIAGRAMA ESQUEMATICO DE REGULACION AUTOMATICA DE VOLTAJE
 - OMVE-32 - DIAGRAMA ELEMENTAL DE SINCRONIZO PARA GENERADORES 1 y 2, CIRCUITOS DE CONTROL DE TENSION E INDICACION
- UBICACION DE PUNILLES Y PUENTES
- ESTAN INDICADOS CON NUMEROS ADYACENTES COMO SIGUE
- ① EQUIPO MANOBRAS 4.16 KV
 - ② TABLERO GENERADOR 2 Y AUXILIARES (PARTE POSTERIOR)
 - ③ TABLERO GENERADOR 2 Y AUXILIARES (PARTE ANTERIOR)
 - ④ CAJA TERMINALES TRANSF. DE CORRIENTE DEL GENERADOR
 - ⑤ CUADRO DE CONTROL DE EQUIPO DE MANOBRAS DE 80KV
 - ⑥ TRANSFORMADOR DE PUESTA A TIERRA
 - ⑦ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
 - ⑧ TABLERO GENERADOR 2 Y AUXILIARES (PARTE FRONTAL)
 - ⑨ TABLERO GENERADOR 2 Y AUXILIARES (PARTE POSTERIOR)

TABLERA TRIFAS DE PROTECCION Y MEDICION
UNIDADES 2 y 3 150 MW 4/0
PLANTA TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

4.3 LISTA DE PROTECCIONES.

a).- RELEVADOR SENSIBLE DE POTENCIA 37/60G

Marca: General Electric. Tipo: CCPL3D

Rangos de ajuste: 25 mA. (fijado)

Bobina de banderola: 0.2 Amp. (fijado).

Cada relevador sensitivo de potencia comprende tres elementos monofásicos del tipo Wattmetro, cada uno de los cuales tiene un ajuste fijo de corriente de 25 mA. a un voltaje nominal de 115 V.

Estos relevadores son energizados con corrientes de línea y voltaje entre fases, y tienen un ángulo de 30° en su máximo par, este ángulo depende del ángulo de fase de las bobinas del relevador las cuales en vueltas depende de su relación R-X. Estas son obviamente dependientes de la frecuencia.

Los pares motrices de los tres elementos son sumados sobre un solo eje, el cual contiene los contactos móviles. El relevador también incluye una bandera operada eléctricamente, -- con valor fijo de 0.2 Amps. nominales.

La operación de enclavamiento es completada por un relevador de retardo de tiempo común, English Electric tipo VATII-- con rangos de 0.5 a 3 seg. puesto a 2 seg.

El propósito de este relevador de tiempo es el de evi--tar la prematura operación del enclavamiento por oscilaciones--

DIAGRAMA LOGICO DE OPERACION
DE LA UNIDA N° 2 y 3.

TIPO DE PROTECCION		FUNCION DE OPERACION SOBRE		NORMAS NEMA	INTERRUPTOR PRINCIPAL 230KV 52/G	QUEBRADORA DE CAMPO.	INT. DE AUX. TRANSF. DE UNIDAD 4160 V.	CAMBIO DE AUXILIARES.	DISPARO TURBINA.	DISPARO CALDERA.	ALARMA.
GRUPO I DE PROTECCIONES.	PROTECCION DIFERENCIAL DEL GEN.	B7	G		X	X	X	X	X	X	X
	DIFERENCIAL TOTAL DE GRUPO GEN./TRANSF.	B7	GT		X	X	X	X	X	X	X
	CON RESTRICCION A TIERRA DEL TRANSF.	B4	GT		X	X	X	X	X	X	X
	DE RESPALDO CONTRA SOBRECORRIENTE DEL TRANSF.	B4	GT		X	X	X	X	X	X	X
	BUCHHOLZ DEL TRANSF. PRINCIPAL.	B3	GT		X	X	X	X	X	X	X
	CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR DEL GEN.	B2	GT		X	X	X	X	X	X	X
GRUPO II DE PROTECCIONES	CONTRA SECUENCIA NEGATIVA DEL GEN.	46	G		X						X
	DE RESPALDO ADMITANCIA DEL GRUPO.	21	GT		X						X
	CONTRA SOBRECORRIENTE DEL NEUTRO DEL TRANSF.	51	GTN		X	X	X	X			X
	CONTRA ALTA TEMPERATURA DEL DEVANADO DEL TRANSF.	45	GT								X
	CONTRA PERDIDA DE CAMPO DEL GEN.	40	G		X	X	X	X			X
	CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR DEL GEN.	B4	GA						X		X
TRANSF. PRINCIPAL	BUCHHOLZ DEL TRANSF. DE UNIDAD.	B3	U		X	X	X	X	X	X	X
	DIFERENCIAL DEL TRANSF. DE UNIDAD.	B7	U		X	X	X	X	X	X	X
	CONTRA SOBRECORRIENTE DEL TRANSF. DE UNIDAD.	50/51	U		X	X	X				X

transitorias de potencia después de que el cierre de las válvulas de paro ha sido iniciado, (vapor principal y recalentado).

Todos los dispositivos que inician disparos de la unidad por el enclavamiento sensible de potencia provocan alarma, y el circuito sensible de potencia está equipado el mismo con una alarma también "relevador sensible de potencia operado".

Si esta alarma no opera dentro de aproximadamente 10 - segundos después que la alarma anunciara la operación del dispositivo inicial, el interruptor de 230 Kv del generador puede ser disparado manualmente siempre que las válvulas de paro estén en la posición de cierre y que la unidad de Wattmetros indique que la máquina está sin carga.

b).- RELEVADOR DE PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL ESTATOR 64/GA.

(Con características de tiempo inverso)

Marca: English Electric. Tipo: VDGI4

Rangos de ajuste: taps. 5.4, 7.5, 12.5, 20 Volts.

Tiempo de rotación: 0-1.0 seg.

Bobina de bandera: -0.2/2.0 Amps.

Ajustes recomendados: tap: 7.5 Volts.

Tiempo de rotación: 0.2 seg.

Bobina de bandera: 0.2 Amps.

Estos dispositivos son relevadores de sobrevoltaje de tiempo inverso los cuales son sintonizados para aceptar voltajes a la frecuencia de 60 Hz solamente, esto da una mayor sensibilidad mientras que al mismo tiempo previene de operaciones en falso debidas a corrientes de 3a. armónica que pasaran por la capacitancia a tierra del generador y transformador -- principal.

Los voltajes producidos normalmente en el relevador -- por falla de una fase a tierra son de 168 Volts a 60 Hz.

El relevador opera bajo estas condiciones en 0.5 seg. -- y el disparo sucede por un relevador de alarma auxiliar, de acuerdo a la ruta descrita por los dispositivos del grupo III de protección.

La protección es proporcionada aproximadamente al 95% del devanado del rotor, por el relevador VDGl4 con la calibración recomendada.

c).- RELEVADOR CONTRA FALLA A TIERRA (ESTATOR) INSTANTANEO ⁶⁴GB

Marca: English Electric

Tipo: VMG

Rangos de ajuste: 5.7, 11.5, 17.2, 23, 34.5, 57.5 Volts.

Ajuste recomendado: 11.5 Volts.

Este dispositivo es un relevador sensible de voltaje a tierra de operación instantánea, cuya bobina está conectada -- en paralelo con la del relevador 64/GA.

La función de este relevador es la de proteger el estator del generador durante el período de arranque. Previo a la sincronización, cuando los relevadores sintonizados a tierra son insensibles a causa de su dependencia con la frecuencia.

El relevador instantáneo de falla a tierra del estator es alimentado por un rectificador, y es por lo tanto independiente de frecuencia para su operación.

Cuando el generador es sincronizado, el circuito de disparo del relevador 64/GB es abierto por medio de contactos auxiliares de cualquier interruptor del generador.

Este relevador se encuentra dentro del grupo I de protecciones, aunque los interruptores de 230 KV. se encuentren abiertos cuando funciona la protección.

d).- RELEVADOR DE PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR 87/G

Marca: English Electric. Tipo: DDG

Rangos de ajuste: Taps: 5%, 10%

Bobina de bandera: 0.2/2 Amps.

Ajustes recomendados: tap. 5%, bobina de bandera 0.2 Amps.

Esta protección cubre los devanados del estator del generador contra fallas en las fases de este.

Los transformadores de corriente se localizan en las boquillas de fase y neutro del generador. El relevador es del tipo disco de inducción y está combinado con la característi-

ca de restricción de carga que hace posible realizar un ajuste sensible, manteniendo así estabilidad bajo condiciones de falla.

La protección diferencial de este tipo (DDG) esta designada para operar a 60 Hz y esta equipada con una unidad sellada de banderolas de 0.2/2 Amps. C.D. para las cuales la calibración requerida es de 0.2 Amps.

e).- RELEVADOR DE PROTECCION DIFERENCIAL TOTAL GEN./TRANSF. -
87/GT.

Marca: General Electric.

Tipo: BDD15B

Relación de taps: 2,9, 3.2, 3.5, 3.8, 4.2, 4.6, 5.0, 8.7 Amps.

Ajuste nominal: 30% del valor del tap.

Ajustes recomendados: Relación de taps. 5.0 y 4.2 Amps.

Esta protección cubre el generador y sus conexiones como también los devanados del transformador principal contra fallas de fase y fase a tierra.

Los transformadores de corriente se localizan en las boquillas del neutro del generador con un juego semejante en la sección separada en "T" del transformador de unidad.

Los transformadores de corriente de doble relación - - 1200/600-5.A. se localizan al lado de las barras colectoras de cada interruptor de 230 Kv.

El relevador diferencial tipo BDD esta equipado con -- dos restricciones sobresalientes. La primera de éstas es una restricción de carga, la cual tiene el efecto de incrementar la efectividad del ajuste de una forma proporcional al aumento de la carga o aumento de la corriente a través de la falla.

Esta efectividad es esencial si la comparación de la - relación de los transformadores de corriente no es exacta y - si esta comparación es afectada por el cambio de taps. en el transformador principal.

La segunda restricción sobresaliente es una restricción de 2a. armónica y la razón para ésta es que la corriente magné tizante del transformador la cual por supuesto se presenta solo en uno de los devanados del transformador y que aparece por lo tanto como una falla interna del equipo de protección con - segundas armónicas.

Este fenómeno es utilizado en el relevador BDD por el - uso de un circuito de restricción de 2as. armónicas, dando estabilidad en la protección para conmutaciones o alteraciones - de voltaje cuando surgen las corrientes magnetizantes del - -- transformador.

El uso de un restrictor de 2as. armónicas, sin embargo - significa que si cualquier saturación de corriente sucede, como por ejemplo, la influencia de una fuerte corriente de falla

interna ocasionará que las 2as. armónicas de la corriente, --
aparezcan en el secundario del transformador de corriente lo-
cual tiende a restringir la protección.

Esto disminuiría la operación del equipo de protección
si ocurriese, por tal razón se adaptan unidades instantáneas-
de sobrecorriente puestas a 8 veces el tap de corriente del -
relevador y a niveles altos de falla sobre este valor, por lo
tanto los transformadores de corriente no se saturan incluso-
en períodos de oscilación, si la velocidad de operación de la
protección se mantiene.

f).- PROTECCION CON RESTRICCIÓN A TIERRA DEL TRANSFORMADOR 64/
GT.

Relevador: English Electric. Tipo: CAG14

Rangos de ajustes: 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.7, 2.0 Amps.

Resistencia estabilizadora: 0-400 Ohms.

Ajustes Recomendados: Taps: 1 Amp.

Resistencia estabilizadora recomendada: 200 Ohms.

Este relevador esta diferencialmente conectado a través
de el transformador de corriente de la protección diferencial-
total que se localiza al lado de las barras colectoras de cada
interruptor de 230 Kv y un transformador de corriente, locali-
zado en el neutro del transformador de 230 Kv.

Una resistencia estabilizadora es conectada en serie --

con la bobina para dar resistencia al relevador operado por -- combinación de voltaje, así será estable contra oscilaciones - de saturación de el transformador de corriente.

Este relevador contiene un circuito serie acceptor sintonizado de la frecuencia fundamental para facilitar el rechazo de las componentes armónicas de corriente producidas por la saturación del transformador de corriente.

g).- PROTECCION DE RESPALDO SOBRECORRIENTE DEL GENERADOR/TRANSFORMADOR $\frac{50/51}{GT}$

Relevador: English Electric. Tipo: CDG61

Temporizador: English Electric Tipo: VAT11

Rangos de Ajustes:

Tiempo inverso de sobrecorriente: taps. 2.5, 3.75, 5.0, 6.25, -
7.5, 8.75 y 10.0 Amps.

Tiempo de rotación: 0-1.0 seg.

Sobrecorriente instantánea: 20-80 Amps.

Temporización (para sobrecorriente instantánea) 0.06-0.6 seg.

Bobina de bandera: 0.2/2.0 Amps.

Ajustes Recomendados:

Tiempo inverso de sobrecorriente: taps 7.5 Amps.

Tiempo de rotación (retardado) 0.1 seg.

Bobina de bandera: 0.2 Amps.

Sobrecorriente instantánea: 30 Amps.

La función de este relevador es de respaldo para la -- protección diferencial cubriendo el generador y el transformador contra fallas en las fases y en un menor grado contra fallas a tierra del devanado de 230 Kv (secundario) del transformador principal.

Los ajustes de estos dos relevadores son basados en la necesidad de que ambas protecciones, de tiempo inverso e instantáneo no operen cuando el generador alimenta corrientes de corto circuito a las fallas del sistema en 230 Kv. pero cuando la falla sucede en la zona protegida, éstas deben operar en el menor tiempo posible. También se requiere que estos permitan que la protección primaria opere antes de que ellos mismos operen, de tal forma que la falla de la protección primaria pueda ser detectada.

El ajuste recomendado para el relevador de sobrecorriente de tiempo inverso es 7.5 Amps. con tiempo de operación de 0.1 seg. este es el mínimo ajuste de corriente para el cual se proporciona estabilidad en fallas externas usando el T.C. con relación de 1200-5 Amps.

Si el nivel de falla del sistema de 230 Kv es de 2430-MVA a 60 Hz. Este relevador opera en 0.48 seg. para una falla de fase en las conexiones del transformador de 230 Kv. y en 0.78 seg. para una falla de fase en las conexiones del genera

dor, a condición de que uno de los interruptores de 230 Kv. - este cerrado.

h).- PROTECCION BUCHHOLZ DEL TRANSFORMADOR 63/GT.

El transformador esta equipado con un par de dispositivos buchholz de flotador, cada flotador lleva un par de contactos.

En la presencia de una condición inicial de falla dentro del transformador, se produce gas lentamente por el lento proceso de avaría del aislamiento, y este se concentra en la parte superior de la camara del buchholz desplazando el aceite normalmente presente en éste, esto da como resultado la inclinación del flotador superior y el cierre de los contactos de alarma. Esta alarma es anunciada en el cuarto de control - B.T.G.

Si una falla de naturaleza más severa ocurriese dentro del tanque del transformador. Una oleada de aceite y gas es producida por la súbita liberación de la energía bajo el aceite. esta oleada es suficiente para desplazar el segundo flotador de su posición inicial, y cerrar los contactos de disparo.

Este contacto opera un relevador auxiliar dentro del Panel de relevadores y dispara la unidad en la misma forma -- que el resto de las protecciones del grupo I.

Esta protección es efectiva contra disminución de acei

te del transformador, falla a tierra del núcleo, y fallas de aislamiento entre vueltas dentro del tanque del transformador.

i).- PROTECCION CONTRA SECUENCIA DE FASE NEGATIVA DEL GENERADOR 46/G.

Relevador: General Electric. Tipo: INC77B

Unidad de disparo: (taps: 3.0, 3.7, 4.5 Amps)

Tiempo de Rotación: 0-10 seg.

Unidad de alarma: (0.07-0.15 p.u. de taps)

Tiempo de rotación: 0-10

Ajustes Recomendados.

Unidad de disparo: tap. 3 amps.

Tiempo de rotación: 7

Unidad de alarma: 0.12 por unidad de tap.

Bobina de bandera: 0.2 Amps.

Tiempo de rotación: 3 seg.

Estos dispositivos son relevadores de corriente del tipo disco de inducción. Alimentados por transformadores de corriente localizados en las terminales (boquillas) del neutro del generador y responden a las componentes de secuencia de fase negativa de la corriente que fluye en el generador, como resultado de la secuencia de fase negativa filtrada en los relevadores de las redes.

Cada relevador de protección incluye una alarma y un ele

mento de disparo. Este elemento tiene una característica que coincide aproximadamente a la relación $I_2^2 t$ de la máquina y el ajuste es hecho por la clavija de ajuste y el tiempo de rotación del relevador. Se recomienda que estos sean colocados a 3 amps. y 7 seg. respectivamente.

La capacidad constante de $I_2 = 0.087$ por unidad define la máxima cantidad de corriente de secuencia de fase negativa con la cual el generador puede aguantar o resistir continuamente. El elemento de alarma es dispuesto para operar a este valor y avisar al operador que el generador está en peligro.

El ajuste de la unidad de alarma varía entre 0.07 y 0.15 por unidad del ajuste del tap aplicado a la unidad de disparo. El ajuste recomendado es 0.12 por unidad del tap de 3 Amps.

Este valor es seleccionado ajustando una resistencia variable y es llevado fuera usando un equipo de inyección descrito por el fabricante.

La unidad de alarma también posee una unidad de retardo de tiempo. Y se recomienda que ésta sea puesta a tiempo de rotación = 3 para dar un retardo de tiempo de aproximadamente 2.5 seg. en operación.

El propósito de esta protección es proteger el generador contra los efectos nocivos de las corrientes de secuencia-

de fase negativa resultantes de falla desequilibrada del sistema.

Estos componentes inducen corrientes de doble frecuencia en el rotor las cuales provocan calentamientos si persisten más allá que la capacidad de la máquina permite.

j).- PROTECCION DE RESPALDO ADMITANCIA DEL GENERADOR/TRANSFORMADOR 21/GT.

Relevador: General Electric: Tipo: CEB52A

Rangos de ajuste: 1, 2, 3, 10, 20, y 30 Ohms.

Desplazamiento: 0-0.5 Ohms.

Bobina de banderola: 0.2/2 Amps.

Relevador de tiempo: General Electric R.P.M. 14D

Rango de tiempo: 0.15 a 3 seg.

Este relevador es de impedancia direccional o tipo - - "MHO" y "vigila" desde el transformador de potencia en sus conexiones exteriores de 230 Kv hacia el sistema de 230 Kv.

Los transformadores de corriente están localizados en el Bus de 230 Kv y el de enlace y son de polaridad opuesta relativa, la razón de esto es para que la discriminación entre los relevadores de impedancia puestos en máquinas adyacentes pueda ser llevado a cabo cuando ambos interruptores del Bus y el de enlace sean cerrados. En efecto el relevador tipo CEB - penetra en el sistema de 230 KV por la conexión del Bus sola-

mente, y no por la conexión de enlace a fin de que si una falla de 230 Kv en un Bus no es librada, solo el generador conectado a ese Bus dispare, aún cuando el interruptor de enlace esté cerrado.

Este relevador provee a los generadores con protección de respaldo para fallas de fase no libradas en el sistema de 230 Kv. Un juego de relevadores es proporcionado para cada máquina.

C A P I T U L O V

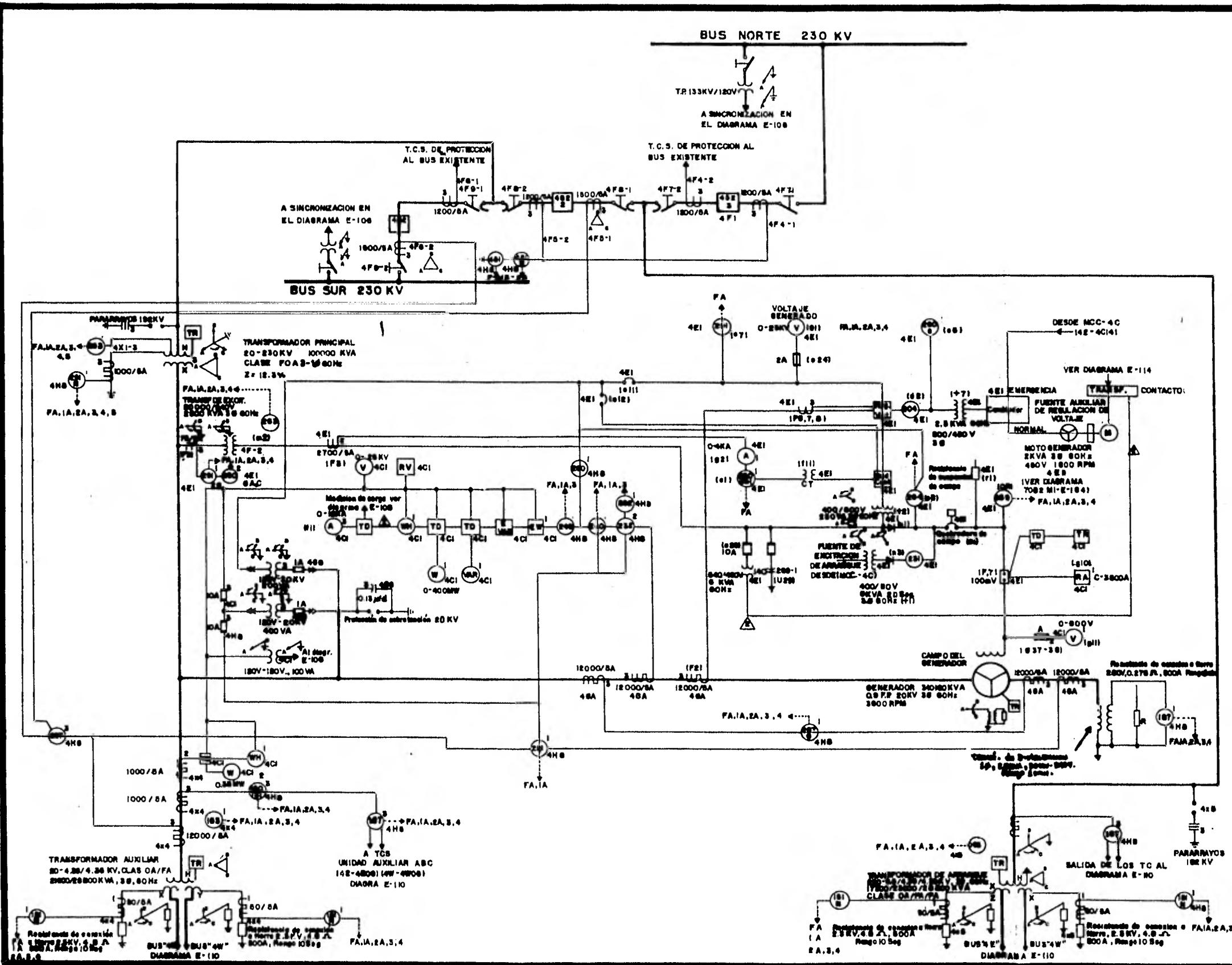
UNIDAD 4

5.1 DESCRIPCION DEL DIAGRAMA UNIFILAR DE MEDICION Y PROTECCION.

En el diagrama unifilar de medición y protección de la unidad 4, se puede observar las conexiones de los transformadores de corriente y potencia con los diferentes relevadores-utilizados, así como su relación de transformación.

También se puede observar en este diagrama, la conexión del generador con los transformadores de potencia y éstos con los busses, y los datos de cada parte del sistema.

Para complementar el diagrama unifilar de medición y protección, se da a conocer una tabla donde se enlistan las protecciones eléctricas utilizadas en esta unidad. Donde se puede observar la lógica de operación y el disparo o función sobre la que dicha protección operara en caso de falla.



RELEV.	DESCRIPCION
100	Instalaciones/Unidad de sobrecorriente de tiempo C.A.
101	Instalaciones/Unidad de sobrecorriente de tiempo C.A.
101N	Transformador a tierra
103	Dispositivo de presión súbita
107, 207	Unidad diferencial
201	Relé de vigilar de arranque de la excitación
204	Custodio principal
221	Relé de arranque de la excitación
232	Relé de potencia direccional
240	Relé de parada de tiempo
248	Relé de secuencia de tiempo
250	Instalaciones/Unidad de sobrecorriente de tiempo C.A.
250	Relé de sobrecorriente (instalación)
251	Relé de sobrecorriente de tiempo de C.A.
252	Protección contra sobrecorriente
254	Relé de sobrecorriente de sobrecorriente
255	Relé de sobrecorriente de tiempo de voltaje
256	Relé de retardo de tiempo
257	Dispositivo de presión súbita
258	Relé de tiempo del campo (Relé)
259	Relé de dirección del generador
260	Relé de regulación
401	Relé de sobrecorriente del transformador de arranque
402	Relé de sobrecorriente a tierra del bus de arranque

FUNCION	DESCRIPCION
F-A	Alarma lámpi
F-1	Dispara 230KV A 482-1, 482-2
F-1	Dispara 230KV B 482-2, 482-3
F-2	Dispara 410KV A Transf. aus.
F-2	Dispara 410KV B Transf. de arranque
F-3	Dispara de turbina
F-4	Dispara del interruptor de tiempo
F-5	Puero bomba de aceite y ventiladores del transf. de potencia
F-6	Puero bomba de aceite ventiladores del transf. de arranque
F-7	Puero bomba de aceite y ventiladores del transf. auxiliar

DIAGRAMAS DE REFERENCIA	DESCRIPCION
E-108	Diagrama unifilar principal
E-108	Diagrama de observación y de fase
E-108	Diagrama del Generador de medición y relevadores
E-108	Diagrama del bus de distribución de mediciones y relevadores
E-114	Diagrama unifilar 480V-MCC.08 y 4C
E-104	Diagrama de tiempo de la cámara, turbinas y Generador
E-108	Diagrama elemental de disparo del Generador, Hoja 1
700E-MI-E-77	Protección contra potencia inversa

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DE MEDICION Y PROTECCION

UNIDAD N°4 300 MW

PLANTA TERMELÉCTRICA VALLE DE MUÑOZ

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

DIAGRAMA LOGICO DE OPERACION
DE LA UNIDAD No 1

TIPO DE PROTECCION		FUNCION DE OPERACION SOBRE	NORMAS NEMA	DISPARO DE INTERRUPTORES DE 230 KV. 452-1,2	DISPARO DE INTERRUPTORES DE 230 KV 452-2,3	DISPARO DE INTERRUPTORES DE 4100 V. TRANSF AUXILIA DE SERVICIOS PROFIOS	DISPARO DE INTERRUPTORES DE 4100 V. TRANSF. DE ARRANQUE	DISPARO DE TURBINA	DISPARO DE QUEBRADORA DE CAMPO	ALARMA B.T.G.
GENERADOR	DE RESPALDO		231	X						X
	POTENCIA INVERSA		232	X						X
	DIFERENCIAL		207	X		X		X	X	X
	PERDIDA DE CAMPO		240							X
	FALLA A TIERRA		264	X		X		X	X	X
	SECUENCIA NEGATIVA		245	X						X
	FALLA A TIERRA EN EL CAMPO		210							X
EXCITACION	FALLA DE EXCITACION INICIAL		2314	X		X		X	X	X
	ALTA CONDUCTIVIDAD DEL AGUA		2d16	X		X		X	X	X
	FALLA DEL SISTEMA DE EXCITACION		7d43	X		X		X	X	X
	TANQUE VACIO DE ENFRIAMIENTO DEL ESTATOR		2d33	X		X		X	X	X
	BUCHHOLZ DEL TRANSFORMADOR DE EXCITACION		263	X		X		X	X	X
	SOBRECORRIENTE DEL TRANSFORMADOR DE EXCITACION		250 251	X		X		X	X	X
TRANSF. PRINCIPAL	DIFERENCIAL DE GRUPO GEN/TRNSF		287 G	X		X		X	X	X
	FALLA A TIERRA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL		251 N	X		X		X	X	X
	ALTA TEMPERATURA EN EL DEVANADO DEL TRANSF.		249							X
	CAMBIO SUBITO DE PRESION		263	X		X		X	X	X
TRANSF. AUXILIAR DE SERVICIOS PROFIOS	DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR		187	X		X		X		X
	FALLA A TIERRA DEL TRANSFORMADOR		151 N	X		X		X		X
	ALTA TEMPERATURA EN EL DEVANADO DEL TRANSF.		149	X		X		X		X
	SOBRECORRIENTE DEL TRANSFORMADOR		150 E1	X		X		X		X
	BUCHHOLZ DEL TRANSFORMADOR		163	X		X		X		X
TRANSF. DE ARRANQUE	DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR		187		X		X			X
	ALTA TEMPERATURA EN EL DEVANADO DEL TRANSFORMADOR		149		X		X			X
	FALLA A TIERRA DEL TRANSFORMADOR		451 N		X		X			X
	BUCHHOLZ DEL TRANSFORMADOR		163		X		X			X
	SOBRECORRIENTE DEL TRANSFORMADOR		451		X		X			X
	FALLA A TIERRA DEL TRANSFORMADOR		151 N		X		X			X

5.2 LISTA DE PROTECCIONES

a).- PROTECCION DIFERENCIAL 287G

Esta protección utiliza un relevador diferencial de -- porcentaje, tipo UY3- G2 marca Hitachi. Usado para la protección de generadores contra daños relacionados a sus devanados, este relevador proporciona la acción de protección necesaria por medio de la detección sensitiva y de alta velocidad de fallas entre fases.

Diseñado sobre el principio de porcentaje diferencial, este relevador actúa correctamente distinguiendo entre las fallas de origen externo y las de origen interno.

Este relevador cubre las tres fases en una sola unidad lo que hace que el espacio requerido para su instalación sea mínimo, cada una de las fases contenidas constituye un relevador diferencial de porcentaje del tipo de copa de inducción, en donde las bobinas de restricción funcionan para desensibilizar la bobina de operación, particularmente en altas corrientes, creando un par motor de contactos que abren, contra el par motor de contactos de cierre de la bobina de operación, el cual es proporcional a la diferencia de las corrientes secundarias de los transformadores de corriente.

b).- PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA 264G

b).- PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA 264G

Este tipo de protección utiliza un relevador sensitivo de sobrevoltaje tipo IVAC marca Hitachi.

El neutro del generador está puesto a tierra a través del arrollamiento de alta tensión de un transformador de distribución. En el lado de baja tensión de este transformador se conecta una resistencia de carga, y el relevador de sobrevoltaje, entonces cuando una falla a tierra sucede, un voltaje con la frecuencia del sistema aparecerá entre el punto neutro y tierra, provocando que el relevador de sobrevoltaje sea operado.

Esta operación debe ser lo suficientemente rápida y sensible para evitar que la corriente de falla se incremente, previniendo así la transición a fallas más serias y que las laminaciones del estator hagan combustión.

c).- PROTECCION CONTRA SECUENCIA DE FASE NEGATIVA 246

Este tipo de protección utiliza un relevador del mismo nombre tipo IPO forma SC-2C₂ marca Hitachi.

Este relevador es usado como un medio de protección, para el rotor del generador contra el sobrecalentamiento, que es producido por la corriente de secuencia de fase negativa que se produce cuando la carga del generador esta desbalanceada.

Cuando un generador alimenta una falla desbalanceada, las corrientes que fluyen en el estator también están desbalanceadas y presentan una componente de secuencia negativa, así pues estas corrientes de secuencia negativa inducen en el hierro del rotor, en las cuñas no magnéticas y devanados amortiguadores, una corriente de doble frecuencia (120 ciclos) que produce un rápido sobrecalentamiento y si la falla persiste -- puede causar la destrucción de la máquina.

d).- PROTECCION CONTRA POTENCIA INVERSA DEL GENERADOR 232.

Este tipo de protección utiliza un relevador direccional de potencia, tipo PM2₉D₃ marca Brown Boveri.

La protección contra la potencia inversa o motorización del generador, tiene como objetivo beneficiar más bien al primotor o al sistema, que al generador.

La motorización ocurre como resultado de una deficiencia o disminución de la potencia suministrada por el primotor al generador, de tal manera que esta potencia no puede suplir todas las pérdidas, entonces la deficiencia es corregida absorbiendo potencia real del sistema.

Para una turbina que solo se sobrecalienta cuando el generador gira como motor, se utiliza un relevador direccional de potencia que funciona sobre cualquier flujo de potencia inversa mayor del 3% de los watts nominales de la máquina.

Cuando hay flujo de potencia hacia el generador la unidad direccional cierra y permite que la unidad de voltaje con retardo de tiempo opere. Así se proporciona un retardo de - - tiempo suficiente, para impedir el funcionamiento indeseado - en inversiones transitorias de potencia.

e).- PROTECCION CONTRA PERDIDA DE CAMPO 240

Esta protección utiliza un relevador de pérdida de excitación tipo UE, forma El, marca Hitachi.

Cuando la pérdida de excitación, ya sea parcial o to--tal ocurre en una máquina sincrona, se produce un flujo de po--tencia reactiva del sistema hacia la máquina, entonces la má--quina sincrona opera como un generador de inducción. Bajo es--tas condiciones el rotor del generador tiende a sobrecalentar--se debido a las corrientes inducidas en el, ya que como es un rotor redondo no contiene devanados amortiguadores que puedan conducir las corrientes inducidas en éste.

El relevador de pérdida de excitación del tipo UE es - una unidad con características de desplazamiento de impedan--cia, por lo tanto cuando la pérdida de excitación sucede en - una máquina sincrona, la impedancia vista desde sus termina--les, sufrirá una variación que será detectada por el releva--dor cerrando sus contactos.

También se coloca un relevador direccional que cierre-

sus contactos a causa del flujo de potencia reactiva hacia la máquina, como protección contra la pérdida de campo.

f).- PROTECCION CONTRA FALLA A TIERRA DEL CAMPO DEL GENERADOR
64G.

Para este tipo de protección se utiliza el relevador - Brown Boveri tipo ZU_{2g}.

Cuando una falla a tierra sucede en el devanado de campo del generador, no se causa ningún daño, pero se incrementan los esfuerzos a tierra en otros puntos del mismo devanado, aumentando la posibilidad de una segunda falla a tierra.

Una segunda falla a tierra pondría parte del devanado de campo en cortocircuito, luego entonces los polos del rotor no tendrían el mismo número de amper-vueltas, originándose un desequilibrio en los flujos del entrehierro, que originarían vibraciones del rotor capaces de dañar las chumaceras o bien que el rotor arrastre sobre el estator.

El relevador utilizado es un relevador que se conecta entre el polo positivo del circuito de campo y tierra, y es capaz de detectar cualquier fuga a tierra, operando instantáneamente para accionar la alarma de la falla solamente.

C A P I T U L O VI

CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

DE LAS UNIDADES 2 Y 3

6.1 DATOS

a).- Potencia de corto circuito en el bus de 230 KV.

$$S_{cc} = 11000 \text{ MVA.}$$

b).- Potencia base (esta potencia se toma arbitrariamente)

$$S_b = 100 \text{ MVA.}$$

c).- Transformador principal

$$S = 175.5 \text{ MVA.}$$

$$X = 5\%$$

d).- Transformador auxiliar de servicios propios

$$S = 12.5 \text{ MVA.}$$

$$X = 8\%$$

e).- Transformador de arranque

$$S = 21 \text{ MVA.}$$

$$X = 12\%$$

f).- Unidad generadora

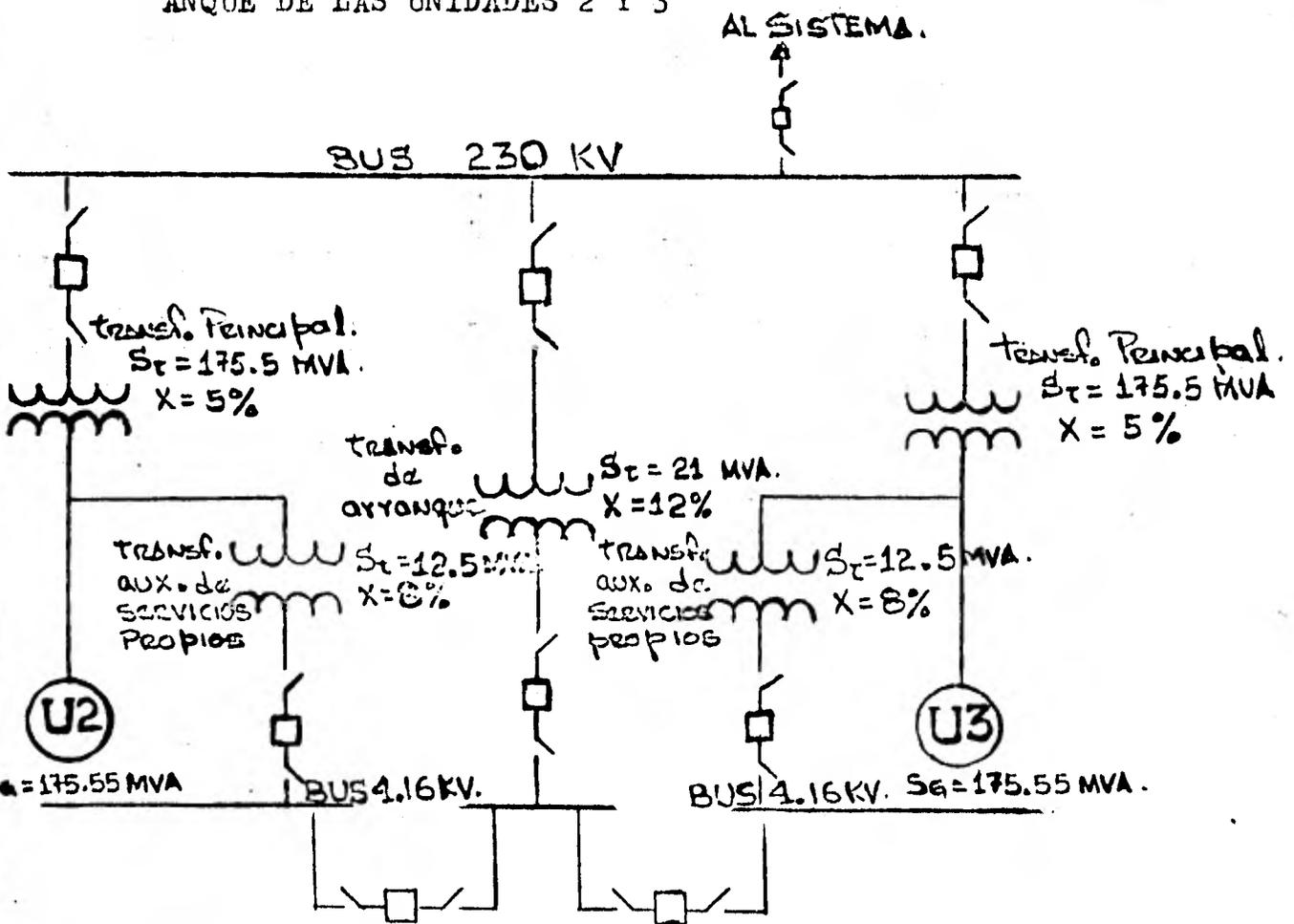
$$P = 158 \text{ KW.}$$

$$S = \frac{158 \text{ MW}}{0.9} = 175.555 \text{ MVA.}$$

$$\text{f.p.} = 0.9$$

$$X'' = 22\%$$

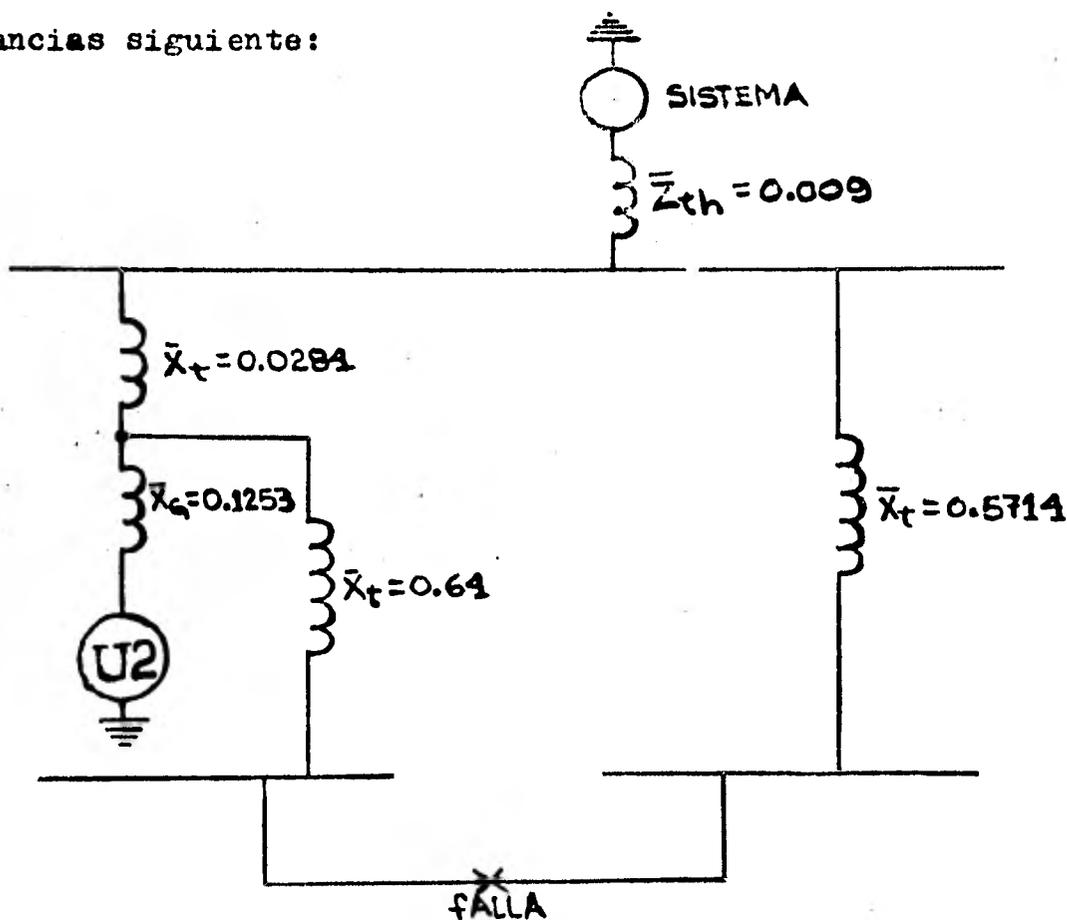
6.2 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN EL ARRANQUE DE LAS UNIDADES 2 Y 3



Como se puede observar en el diagrama anterior los -
 calculos que se hagan para el generador 2 serán iguales
 para el generador 3, por lo tanto tomaremos solamente el
 generador 2.

Para el calculo de la corriente de corto circuito se consideran solo las reactancias, ya que las resistencias por sus valores se pueden considerar despreciables.

Del diagrama anterior obtenemos el diagrama de reactancias siguiente:



Los valores de este diagrama en por unidad son obtenidos de la siguiente manera:

para la impedancia thevenin dada por el sistema

$$\bar{Z}_{th} = \frac{1}{\bar{S}_{cc}}$$

$$\bar{S}_{cc} = \frac{S_{cc}}{S_b} = \frac{11000 \text{ MVA}}{100 \text{ MVA}} = 110 \text{ p.u.}$$

$$\bar{S}_{cc} = 110 \text{ p.u.}$$

$$\bar{Z}_{th} = \frac{1}{110} = 0.009 \text{ p.u.}$$

para el transformador principal

$$S = 175.5 \text{ MVA}$$

$$X = 5\%$$

$$\bar{X} = \left(\frac{100 \text{ MVA}}{175.5 \text{ MVA}} \right) (0.05) = 0.0284 \text{ p.u.}$$

$$\bar{X} = 0.0284 \text{ p.u.}$$

para el transformador auxiliar de servicios propios

$$S = 12.5 \text{ MVA.}$$

$$X = 8\%$$

$$\bar{X} = \left(\frac{100 \text{ MVA}}{12.5 \text{ MVA}} \right) (0.08) = 0.64 \text{ p.u.}$$

$$\bar{X} = 0.64 \text{ p.u.}$$

para el transformador de arranque

$$S = 21 \text{ MVA.}$$

$$X = 12\%$$

$$\bar{X} = \left(\frac{100 \text{ MVA}}{21 \text{ MVA}} \right) (0.12) = 0.5714 \text{ p.u.}$$

$$\bar{X} = 0.5714 \text{ p.u.}$$

para el generador

$$X' = 22\%$$

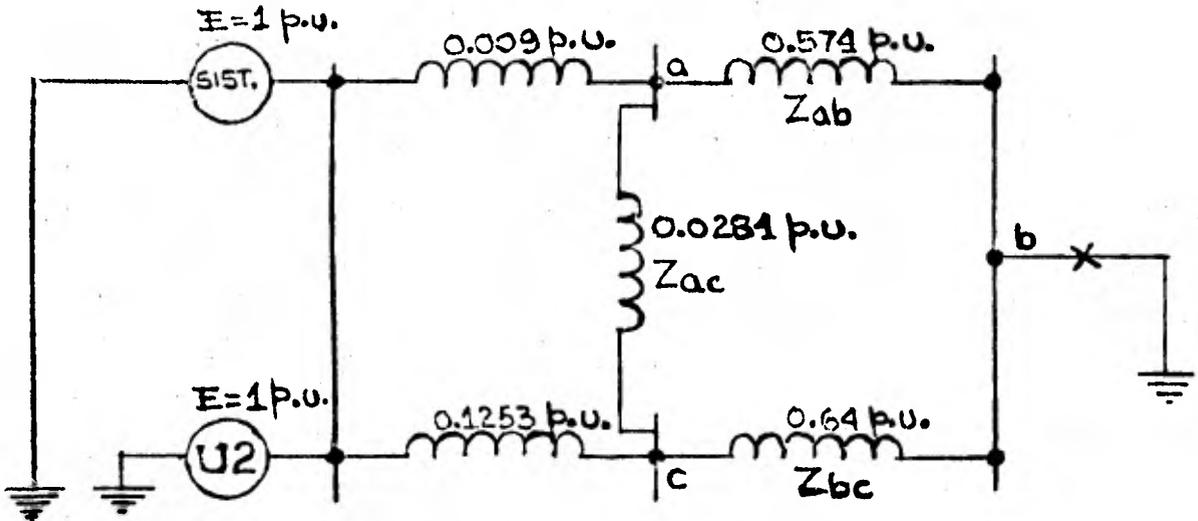
$$S = 175.555 \text{ MVA.}$$

aquí X' es la reactancia subtransitoria del generador y se toma esta debido a que es la que dura de 1 a 5 ciclos.

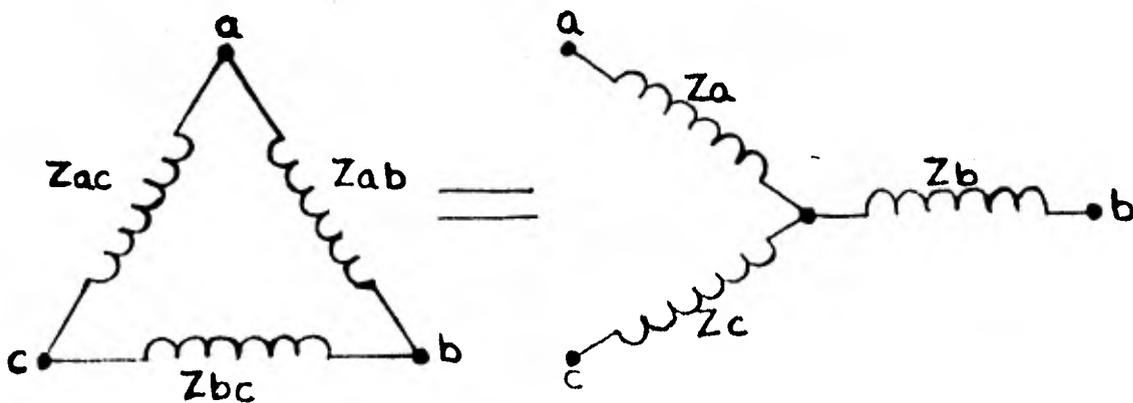
$$\bar{X}' = \left(\frac{100 \text{ MVA}}{175.555 \text{ MVA}} \right) (0.22) = 0.1253 \text{ p.u.}$$

$$\bar{X}' = 0.1253 \text{ p.u.}$$

reacomodando el diagrama anterior obtenemos el siguiente diagrama:



Del diagrama anterior se observa que en los puntos a, b y c se tiene una delta, la cual se convierte en estrella de la siguiente manera:



en el diagrama anterior se hace la equivalencia de los circuitos delta-estrella. en donde:

$$\bar{Z}_a = \frac{\bar{Z}_{ab} \bar{Z}_{bc}}{\bar{Z}_{ab} + \bar{Z}_{bc} + \bar{Z}_{ca}} = \frac{(0.5714)(0.0284)}{(0.5714 + 0.64 + 0.0284)} = \frac{0.5998}{1.2398}$$

$$\bar{Z}_a = 0.4838 \text{ p.u.}$$

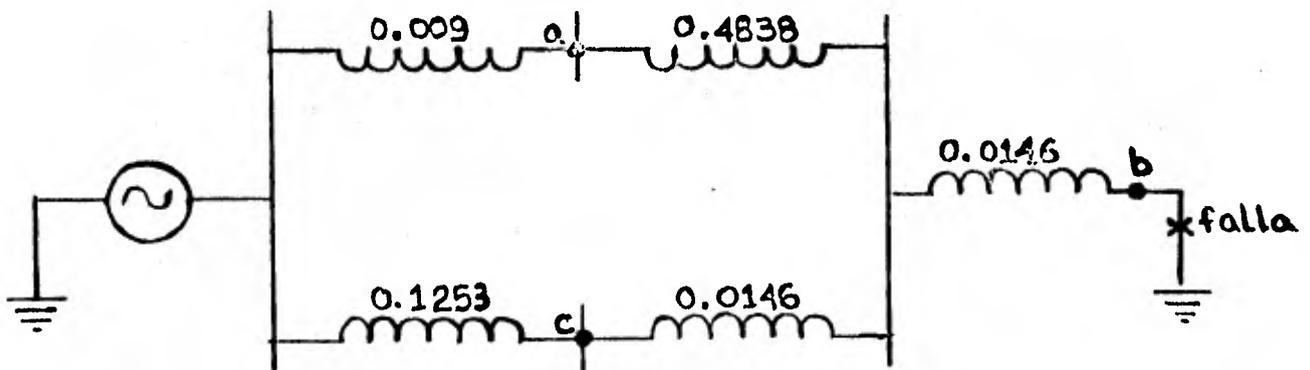
$$\bar{Z}_b = \frac{\bar{Z}_{ab} \bar{Z}_{bc}}{\bar{Z}_{ab} + \bar{Z}_{bc} + \bar{Z}_{ca}} = \frac{(0.5714)(0.64)}{(0.5714 + 0.64 + 0.0284)} = \frac{0.3657}{1.2398}$$

$$\bar{Z}_b = 0.2949 \text{ p.u.}$$

$$\bar{Z}_c = \frac{\bar{Z}_{bc} \bar{Z}_{ca}}{\bar{Z}_{ab} + \bar{Z}_{bc} + \bar{Z}_{ca}} = \frac{(0.0284)(0.64)}{(0.5714 + 0.64 + 0.0284)} = \frac{0.0182}{1.2398}$$

$$\bar{Z}_c = 0.0146 \text{ p.u.}$$

una vez calculados los valores de las reactancias, se sustituye el circuito delta por el de estrella obteniendose el siguiente diagrama.



de este diagrama se obtiene \bar{Z}_{cc} de la siguiente manera:

$$\bar{Z}_1 = 0.009 + 0.4838 = 0.4928$$

$$\bar{Z}_1 = 0.4928 \text{ p.u.}$$

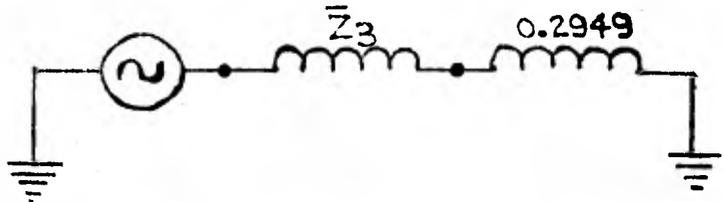
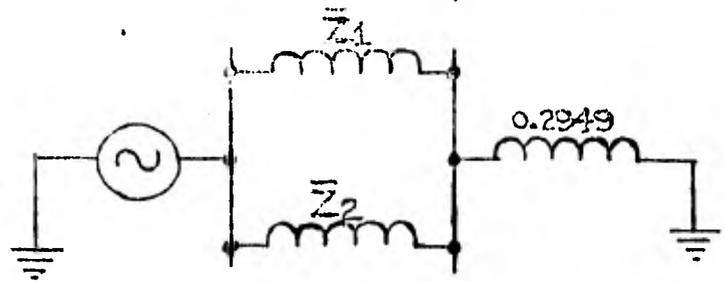
$$\bar{Z}_2 = 0.1253 + 0.0146j$$

$$\bar{Z}_2 = 0.1399 \text{ p.u.}$$

$$\bar{Z}_3 = \frac{\bar{Z}_1 \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2}$$

$$\bar{Z}_3 = \frac{(0.4928)(0.1399)}{0.4928 + 0.1399}$$

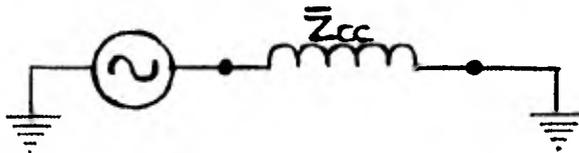
$$\bar{Z}_3 = 0.1089 \text{ p.u.}$$



$$\bar{Z}_{cc} = \bar{Z}_3 + 0.2949$$

$$\bar{Z}_{cc} = 0.1089 + 0.2949$$

$$\bar{Z}_{cc} = 0.4038 \text{ p.u.}$$



$$\bar{S} = \frac{1}{\bar{Z}_{cc}} = \frac{1}{0.4038}$$

$$\bar{S} = 2.47 \text{ p.u.}$$

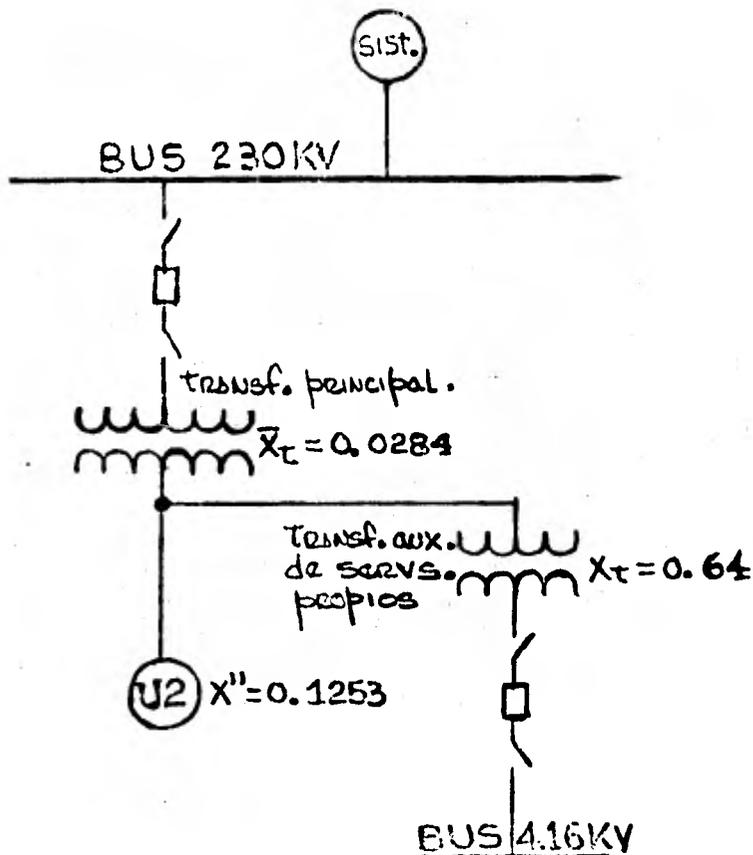
$$S_{3\phi} = \bar{S} S_b = (2.47)(100\text{MVA})$$

$$\bar{S}_{3\phi} = 247\text{MVA}$$

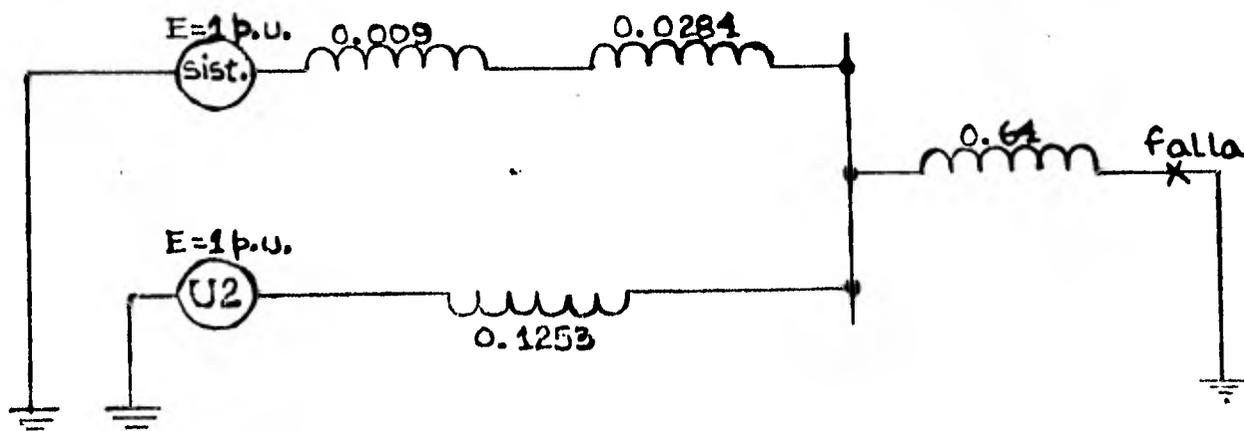
$$I_{cc} = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} V_{bus}} = \frac{(247\text{MVA})}{\sqrt{3} \cdot 4.16 \text{ KV.}}$$

$$I_{cc} = 34\,280.17 \text{ amp.}$$

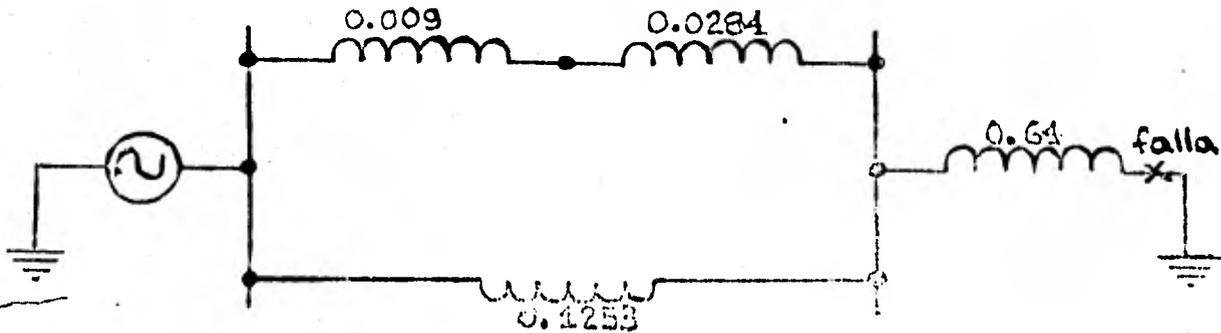
6.3 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO CUANDO LA MAQUINA LLEVA SUS AUXILIARES



Del diagrama anterior obtenemos el diagrama de reactancias que es el siguiente:



reacomodando el diagrama anterior obtenemos el siguiente diagrama:



del diagrama anterior se obtiene \bar{Z}_{cc} de la siguiente manera:

$$\bar{Z}_1 = 0.009 + 0.0284$$

$$\bar{Z}_1 = 0.0374 \text{ p.u.}$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{\bar{Z}_1 (0.1253)}{\bar{Z}_1 + 0.1253}$$

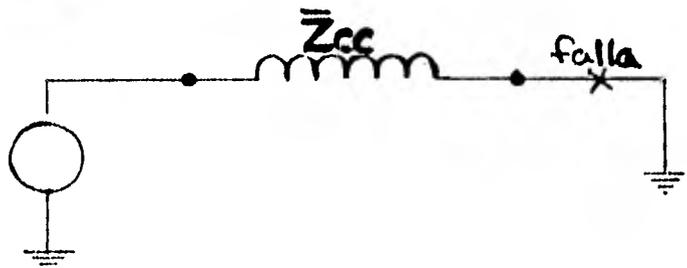
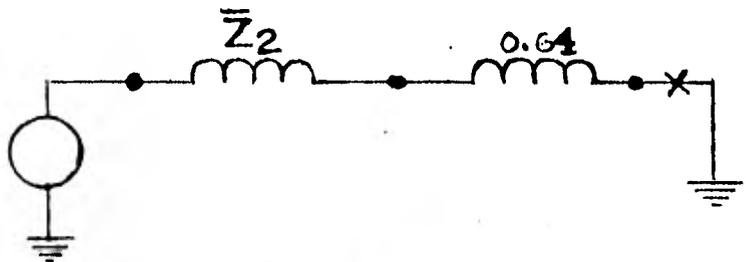
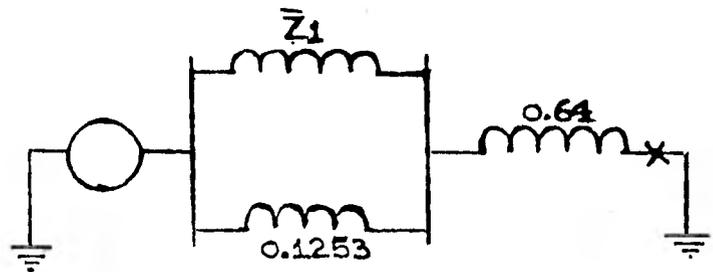
$$\bar{Z}_2 = \frac{(0.0374)(0.1253)}{0.0374 + 0.1253}$$

$$\bar{Z}_2 = 0.0288 \text{ p.u.}$$

$$\bar{Z}_{cc} = \bar{Z}_2 + 0.64$$

$$\bar{Z}_{cc} = 0.0288 + 0.64$$

$$\bar{Z}_{cc} = 0.6688 \text{ p.u.}$$



$$\bar{S} = \frac{1}{\bar{Z}_{cc}} = \frac{1}{0.6688}$$

$$\bar{S} = 1.495 \text{ p.u.}$$

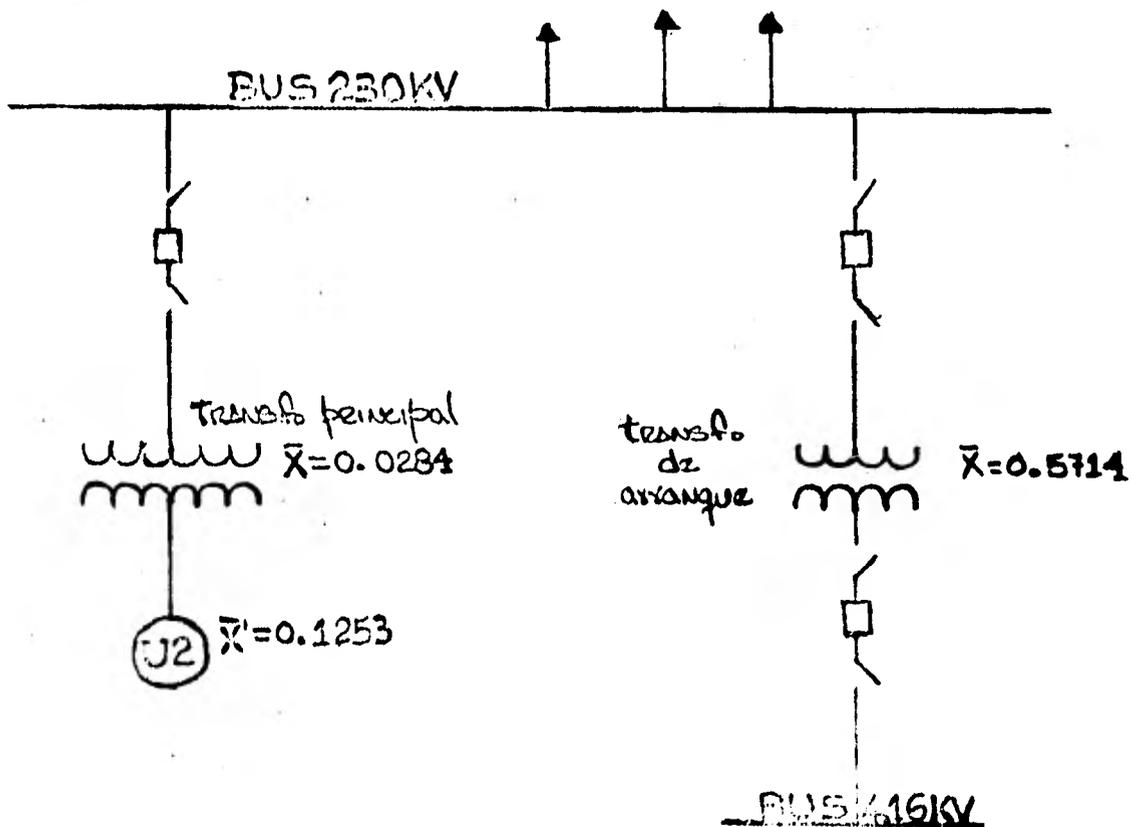
$$\bar{S}_{3\phi} = \bar{S} S_b = (1.495)(100 \text{ MVA})$$

$$\bar{S}_{3\phi} = 149.5 \text{ MVA.}$$

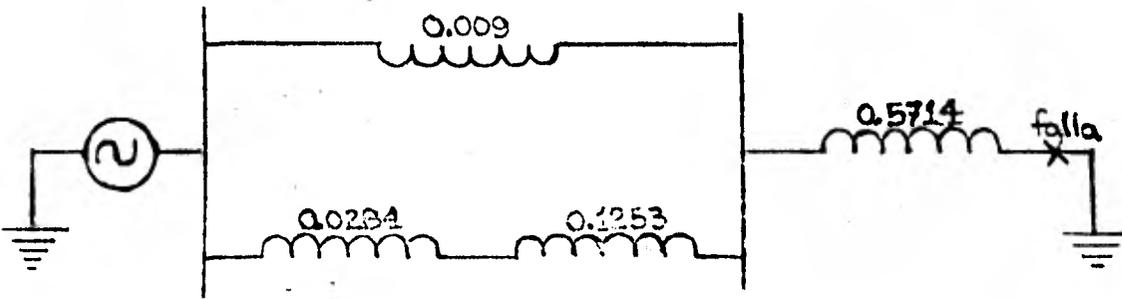
$$I_{cc} = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3} V_{bus}} = \frac{(149.5 \text{ MVA})}{\sqrt{3} (4.16 \text{ KV.})}$$

$$I_{cc} = 20\,748.5 \text{ amp.}$$

6.4 CALCULO DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO CUANDO LOS AUXILIARES VAN POR EL TRANSFORMADOR DE ARRANQUE.



reacomodando el diagrama anterior obtenemos el siguiente diagrama:



del diagrama anterior se obtiene \bar{Z}_{cc} de la sig. manera:

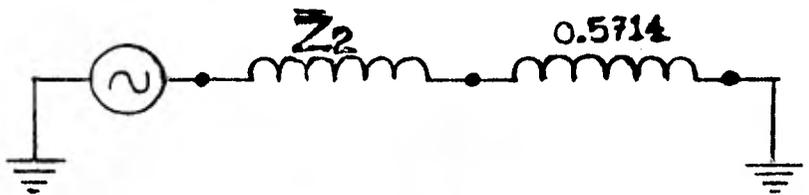
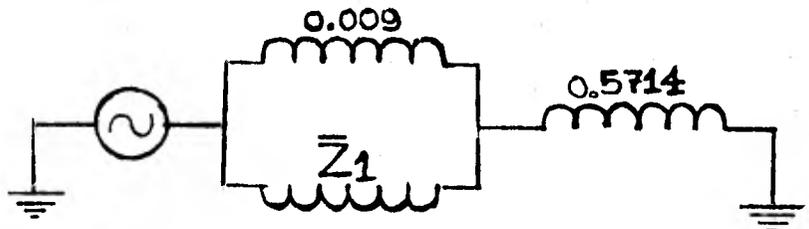
$$\bar{Z}_1 = 0.1253 + 0.0284$$

$$\bar{Z}_1 = 0.1537 \text{ p.u.}$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{\bar{Z}_1 (0.009)}{\bar{Z}_1 + 0.009}$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{(0.1537)(0.009)}{0.1537 + 0.009}$$

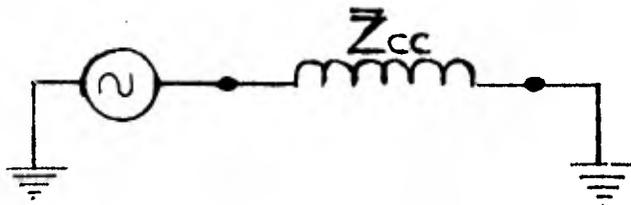
$$\bar{Z}_2 = 0.0085 \text{ p.u.}$$



$$\bar{Z}_{cc} = \bar{Z}_2 + 0.5714$$

$$\bar{Z}_{cc} = 0.0085 + 0.5714$$

$$\bar{Z}_{cc} = 0.5799 \text{ p.u.}$$



$$\bar{S} = \frac{1}{Z_{cc}} = \frac{1}{0.5799}$$

$$\bar{S} = 1.7244 \text{ p.u.}$$

$$S_{3\phi} = \bar{S} S_b = (1.7344)(100 \text{ MVA})$$

$$S_{3\phi} = 172.44 \text{ MVA.}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{3\phi}}{3 V_{bus}} = \frac{(172.44 \text{ MVA.})}{3 (4.16 \text{ KV.})}$$

$$I_{cc} = 23\,932.27 \text{ amp.}$$

A P E N D I C E .

NORMAS NEMA PARA DISPOSITIVOS Y RELEVADORES.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 1 ELEMENTO PRINCIPAL.- Es un dispositivo primario, como un interruptor de control, un relevador de voltaje, un interruptor de flotador, etc., el -- cual actua directamente o a través de un dispositivo tal como un relevador de tiempo retardado -- para poner o sacar de operación a un equipo.
- 2 RELEVADOR DE ARRANQUE O CIERRE CON RETARDO DE -- TIEMPO.- Es un dispositivo que funciona para dar el tiempo de retardo deseado antes o despues en cualquier punto de un sistema de relevadores de protección o secuela de interrupciones, excepto cuando se provee específicamente con un dispositivo 62 y 79 los cuales son descritos más adelante.
- 3 RELEVADOR DE INTERCONEXION O VERIFICADOR.- Es un dispositivo que opera en respuesta a la posición de otros aparatos, o a un número de condiciones predeterminadas en el equipo para permitir la secuencia de operación prevista, y detener o pro--

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

veer una verificación de la posición de esos dispositivos o de esas condiciones sea cual sea el propósito.

- 4 CONTACTOR PRINCIPAL.- Es un dispositivo controlado generalmente por el aparato No. 1 o su equivalente y es el dispositivo de protección que sirve para interrumpir el circuito de control, necesario para poner el equipo en operación bajo las condiciones deseadas o para sacarlo de operación en condiciones anormales.
- 5 DISPOSITIVO DE PARO.- Funciona para colocar y -- mantener un equipo fuera de operación.
- 6 INTERRUPTOR DE ARRANQUE.- Es un dispositivo cuya principal función es conectar una máquina a su fuente de alimentación. (voltaje de arranque)
- 7 INTERRUPTOR DE ANODO (ANODICO).- Es usado en los circuitos de placa (Anodo) de un ractificador de potencia con el propósito de interrupción de este circuito ractificador, si el arco se retroalimentara en el primario.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 8 APARATO DESCONECTADOR DE UN CONTROL DE POTENCIA.
Es un dispositivo desconectador (como un inte---
rruptor de cuchillas, un interruptor o un bloque
de fusibles) usado con el propósito de conectar-
o desconectar de la fuente de control de poten--
cia, y el bus de control o equipo.
NOTA.- El control de potencia considerado inclu-
ye la potencia auxiliar que suministra a apar--
tos, como motores y calentadores.
- 9 APARATO DE REVERSION.- Es usado para los propósii
tos de inversión del campo de una máquina o para
ejecutar cualesquiera otras funciones de rever--
sión.
- 10 SWITH DE SECUENCIA UNITARIA.- Es usado para cam-
biar la secuencia, en la cual varias unidades es-
tan situadas dentro y fuera de servicio en equi-
pos de multiples unidades.
- 11 RESERVADO PARA APLICACIONES FUTURAS.
- 12 DISPOSITIVO DE SOBREVELOCIDAD.- Es usualmente co
nectado directamente al interruptor de velocidad
que actúa sobre la máquina sobregirada.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 13 DISPOSITIVO DE VELOCIDAD SINCRONA.- Tal aparato puede ser un interruptor de velocidad centrifugo, un relevador de frecuencia estable, un relevador de voltaje, un relevador de baja corriente o - - cualquier tipo de aparato, que opere a la velocidad de sincronismo de una máquina.
- 14 DISPOSITIVO DE BAJA VELOCIDAD.- Funciones cuando la velocidad de una máquina disminuye por debajo de un valor predeterminado.
- 15 DISPOSITIVO IGUALADOR DE VELOCIDAD O FRECUENCIA. Funciona comparando y manteniendo la velocidad o la frecuencia de una máquina o de un sistema - - igual o aproximadamente igual a la de otra máquina, fuente o sistema.
- 16 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.
- 17 SWITCH DE DESCARGA O DE CONEXION EN PARALELO.- - Sirve para abrir o cerrar un circuito paralelo - de cualquier aparato, (excepto una resistencia) - tal como el campo de una máquina, un capacitor o un reactor.

NOTA.- éste dispositivo, excluye aparatos que --

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

funcionan para la conexión en paralelo, como puede ser necesario en el proceso de arranque de una máquina, hecho esto por los dispositivos 6 o 42 ó sus equivalentes; también excluye el aparato 73 que sirve para el control de resistencia.

18 DISPOSITIVO DE ACELERACION O DESACELERACION.- Es usado para cerrar o para causar el cierre de circuitos que son usados para incrementar o disminuir la velocidad de una máquina.

19 CONTACTOR DE TRANSICION ENTRE EL ARRANQUE Y MARCHA.- Es un dispositivo que opera para causar la transferencia automática de una máquina del arranque a la marcha actuando sobre las conexiones de alimentación.

20 VALVULA OPERADA ELECTRICAMENTE.- Es una válvula operada con motor o solenoide y que es usada en líneas de vacío de aire, gas, aceite, agua o similares.

NOTA.- La función de la válvula puede ser indicada por una leyenda descriptiva tal como "frenar o reducir la presión" o el nombre tal como válvula

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

la de frenaje operada electricamente.

- 21 RELEVADOR DE DISTANCIA.- Es un dispositivo que funciona cuando la admitancia del circuito, impedancia o reactancia, aumenta o disminuye por sobre límites predeterminados.
- 22 INTERRUPTOR DE CIRCUITO IGUALADOR.- Es un interruptor que sirve para controlar o para lograr cortar la compensación o el balance de corriente en el campo de una máquina o en la regulación del equipo en una instalación de multiples unidades.
- 23 DISPOSITIVO DE CONTROL DE TEMPERATURA.- Funciona cuando la temperatura de una máquina, aparatos o de cualquier medio, disminuye o se eleva por encima de valores predeterminados.
- NOTA.- Un ejemplo es un reostato que opera en un rango termico sobre un mecanismo, cuando la temperatura disminuye a un valor deseado para regular automaticamente la temperatura.
- 24 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 25 APARATO DE SINCRONIZACION O VERIFICADOR DE SIN--
CRONISMO.- Opera cuando dos circuitos de corrien-
te alterna están dentro de los límites deseados-
de frecuencia, ángulo de fase o voltaje, para --
permitir o causar la conexión en paralelo de - -
esos dos circuitos.
- 26 DISPOSITIVO TERMICO.- Funciona cuando la tempera-
tura del campo paralelo o la bobina amortiguado-
ra de una máquina, la de un limitador de carga,-
un liquido u otro medio aumenta sobre un valor -
predeterminado. O si la temperatura de aparatos-
protegidos tales como ractificadores de potencia
o de cualquier medio disminuye por debajo de va-
lores predeterminados.
- 27 RELEVADOR DE BAJO VOLTAJE.- Es un dispositivo --
que actua sobre un valor dado de bajo voltaje.
- 28 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.
- 29 CONTACTOR DESCONECTADOR - Es usado expresamente-
para desconectar un circuito de otro en condicio-
nes de emergencia, mantenimiento o prueba.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 30 RELEVADOR ANUNCIADOR.-- No es automaticamente restablecido y da un número de indicaciones visuales sobre el funcionamiento de dispositivos de protección y que puede estar también arreglado para ejecutar la función de bloqueo.
- 31 DISPOSITIVO DE EXCITACION INDEPENDIENTE.-- Funciona conectando un circuito tal; como un campo en derivación de un convertidor síncrono a una fuente de excitación independiente durante la secuencia de arranque, o energizando circuitos de excitación y encendido de un ractificador de potencia.
- 32 RELEVADOR DE POTENCIA DIRECCIONAL.-- Funciona sobre un valor deseado de flujo de potencia, en -- una dirección determinada o sobre la potencia inversa resultante de un arco inverso en el anodo--o catodo de un ractificador de potencia.
- 33 INTERRUPTOR DE POSICION.-- Es un interruptor que cierra o abre sus contactos cuando el aparato -- principal o piezas de aparatos, se aproximan a -- una posición dada.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 34 SWITCH DE SECUENCIA OPERADO POR MOTOR.- Es un --
dispositivo de varios contactos que fijan la se-
cuencia de operación de el aparato principal du-
rante el arranque y paro o durante otras opera--
ciones de control de secuencia.
- 35 ELEMENTO DE OPERACION DE ESCOBILLAS O DE CONE---
XION EN CORTO CIRCUITO DE LOS ANILLOS ROSANTES.-
Es usado para elevar, bajar o alinear las escobi-
llas de una máquina, también para cortocircuitar
sus anillos rosantes y enganchar o desenganchar-
los contactos del mecanismo de un rectificador.
- 36 DISPOSITIVO DE POLARIDAD.- Opera o permite la --
operación de otro dispositivo sobre una polari--
dad determinada solamente.
- 37 RELEVADOR DE BAJA POTENCIA O PEQUEÑA CORRIENTE.-
Es un dispositivo que funciona cuando la corrien-
te o la potencia fluye decreciendo por debajo de
un valor predeterminado.
- 38 DISPOSITIVO DE PROTECCION DE CHUMACERAS.- Funcio-
na por temperaturas excesivas de los rosamientos
y por otras condiciones mecánicas anormales. Ta-

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

les como desgastes indebidos que pueden eventualmente resultar de una temperatura excesiva de los rosamientos.

- 39 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.
- 40 RELEVADOR DE CAMPO (Perdida de).- Es un dispositivo que actua cuando la corriente de campo de una máquina es baja por condición anormal o falla, -- también actua sobre un valor excesivo de la componente reactiva de la corriente de armadura de una máquina de c-a indicando un campo de excitación - bajo y anormal.
- 41 INTERRUPCION DE CAMPO.- Es un dispositivo que funciona para aplicar o para cortar el campo de excitación de una máquina.
- 42 INTERRUPTOR DE MARCHA.- Es un dispositivo cuya -- función principal es conectar una máquina a su -- fuente de voltaje normal o de servicio. Este puede ser un contactor, que se conecta en serie con el interruptor o cualquier otro medio para abrir y cerrar el circuito frecuentemente.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 43 DISPOSITIVO SELECTOR O DE TRANSFERENCIA MANUAL.-
Es operado manualmente y actua sobre el circuito de control de tal manera que cambia el plan de -
operación del equipo o de algunos de los disposi
tivos.
- 44 RELEVADOR DE ARRANQUE DE UNIDADES EN SECUENCIA.-
Es un dispositivo que funciona para arrancar una
unidad en un equipo multiunitario, de manera pro
gresiva y adecuada teniendo en cuenta una falla,
o inadaptabilidad del proceso normal.
- 45 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.
- 46 RELEVADOR DE CORRIENTE PARA FASE INVERSA O DE BA
LANCE DE FASES.- Es un dispositivo que funciona-
cuando las corrientes polifásicas son de secuen-
cia de fase invertida, o cuando las corrientes -
polifásicas están desbalanceadas o contienen com
ponentes de secuencia negativa, arriba de un va-
lor fijado.
- 47 RELEVADOR DE VOLTAJE DE SECUENCIA DE FASE.- Es -
un dispositivo que funciona arriba de un valor -
predeterminado de voltaje pilifásico en la se---

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

cuencia deseada.

- 48 RELEVADOR DE SECUENCIA INCOMPLETA.- Es un dispositivo que regresa al equipo a la posición normal o posición de paro si la secuencia en el arranque, operación o paro, no es adecuadamente-completa en un tiempo prefijado.
- 49 RELEVADOR TERMICO DE TRANSFORMADOR O DE MAQUINA. Es un dispositivo que funciona cuando se excede-un valor predeterminado de temperatura de los elementos siguientes; armadura de alternador, armadura de generador de c-d, convertidor, rectificador de potencia o transformador de potencia. - (se incluye el transf. del rectificador).
- 50 RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE INSTANTANEA.- Es un dispositivo que funciona instantaneamente con un valor excesivo de corriente, indicando así una falla en los aparatos o en el circuito que está-siendo protegido.
- 51 RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE TIEMPO (C.A.).- Es un aparato con características de tiempo inverso o de tiempo fijo que funciona cuando la co

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

rriente en un circuito de c-a excede a un valor-determinado.

- 52 INTERRUPTOR DE POTENCIA (C.A.).- Es un dispositio que se usa para cerrar y abrir un circuito de potencia de c-a bajo condiciones normales o también para interrumpir este circuito en condiciones de emergencia o de falla.
- 53 RELEVADOR DE EXCITACION O GENERADOR DE C.D.- Es un aparato que obliga al campo de excitación de una máquina de corriente continua a incrementarse durante el arranque, o que funcione cuando el voltaje de la máquina ha alcanzado un valor de referencia.
- 54 INTERRUPTOR DE C.D. DE ALTA VELOCIDAD.- Es un interruptor que empieza a reducir la corriente del circuito principal en una centesima de segundo - (0.01 seg.) o menos inmediatamente después de -- ocurrir la sobrecorriente o por una elevación excesiva de corriente continua.
- 55 RELEVADOR DE FACTOR DE POTENCIA.- Es un dispositio el cual opera cuando el factor de potencia-

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

en un circuito de c-a, llega a estar por encima o por debajo de un valor predeterminado.

- 56 RELEVADOR DE APLICACION DEL CAMPO.- Es un dispositivo que automáticamente controla la aplica--ción del campo de excitación a un motor de c-a en un punto determinado de el ciclo de desliza--miento.
- 57 DISPOSITIVO DE CORTOCIRCUITO O DE FALLA A TIE--RRA.- Es un aparato operado con energía almace--nada y que funciona durante cortocircuito o fa--lla a tierra del mismo, que responde por medios manuales o automáticos.
- 58 RELEVADOR CONTRA FALLA DEL RECTIFICADOR.- Es un dispositivo el cual funciona cuando una o más - de las placas rectificadoras fallan al encender se.
- 59 RELEVADOR DE SOBREVOLTAJE.- Es un dispositivo - que funciona sobre un valor determinado de so--bretensión eléctrica.
- 60 RELEVADOR DE BALANCEO DE VOLTAJE.- Es un dispo-

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

sitivo que opera sobre una diferencia determinada de voltaje entre dos circuitos.

61. RELEVADOR DE BALANCEO DE CORRIENTE.- Es un dispositivo que opera sobre una diferencia determinada de intensidad de corriente de entrada o salida entre dos circuitos.
62. RELEVADOR DE TIEMPO RETARDADO PARA APERTURA O PARO.- Es un dispositivo de tiempo retardado que funciona junto con los dispositivos que inician la operación de paro, corte o apertura de una secuencia automática.
63. RELEVADOR DE FLUJO, NIVEL DEL LIQUIDO O PRESION-DE GAS.- Es un dispositivo que opera sobre un valor dado de presión de gas, nivel del liquido o flujo y una relación también de cambio sobre esos valores. (buchholz).
64. RELEVADOR DE PROTECCION A TIERRA.- Es un dispositivo que funciona cuando hay una falla a tierra del aislamiento de una máquina, transformador u otros aparatos, también por el arco de una máquina de c-d a tierra.

NUMERO DE
DISPOSITIVOS

DEFINICION Y FUNCION

NOTA.- ésta función es asignada solo a relevadores que detectan la corriente a tierra de la carcasa de una máquina, la estructura de un aparato o de una bobina normalmente aislada.

- 65 GOBERNADOR.- Es el equipo que controla la válvula de abertura de un primotor.
- 66 DISPOSITIVO DE AVANCE LENTO O ESCALONADO.- Funciona permitiendo solamente un número específico de operaciones de un equipo determinado, también para ejecutar un número específico de operaciones sucesivas en intervalos de tiempo. Funciona también para permitir aceleraciones intermitentes o escalonadas de una máquina a baja velocidad para posición mecánica.
- 67 RELEVADOR DIRECCIONAL DE SOBRECORRIENTE ALTERNA.
Es un dispositivo que funciona sobre un valor deseado de flujo de sobrecorriente alterna en una determinada dirección.
- 68 RELEVADOR DE BLOQUEO.- Es un dispositivo que manda una señal piloto para efectuar el disparo o bloqueo, debido a una falla externa en una línea

NUMERO DE
DISPOSITIVOS

DEFINICION Y FUNCION

- de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones preconcebidas, coopera también con otros dispositivos mancomunadamente para bloquear el disparo o para bloquear el cierre de un sistema en condiciones de fuera de servicio.
- 69 DISPOSITIVO DE CONTROL CONDICIONADO.- Es generalmente un switch de dos posiciones operado manualmente, de tal manera que en una posición permite el cierre de un interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posición, impide al interruptor o al equipo su operación.
- 70 REOSTATO OPERADO ELECTRICAMENTE.- Es un reostato usado para variar la resistencia de un circuito en respuesta a algún medio de control eléctrico.
- 71 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.
- 72 INTERRUPTOR DE CORRIENTE DIRECTA.- Es usado para cerrar e interrumpir un circuito de potencia de corriente continua bajo condiciones normales, de fallas o de emergencia.
- 73 CONTACTOR CON RESISTENCIA DE CARGA.- Es usado para conectar en derivación o para agregar un limi

NUMERO DE
DISPOSITIVOS

DEFINICION Y FUNCION

tador de carga, un cambiador, una resistencia de indicación dentro de un circuito de potencia o también para conectar un calentador de unidad o de espacio en el circuito, un switch de alumbrado o la resistencia de carga de un rectificador u otra máquina dentro o fuera del circuito.

- 74 RELEVADOR DE ALARMA.- Este dispositivo es diferente de aquel anunciador visto en el número 30 y es usado para conectar un circuito emisor de alarma visual o audible.
- 75 MECANISMO DE CAMBIO DE POSICION.- Es un mecanismo usado para mover un interruptor en posiciones; conectado, desconectado o prueba.
- 76 RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE C.D.- Es un dispositivo que funciona cuando la corriente en un circuito de corriente continua excede a un valor dado.
- 77 TRANSMISOR DE IMPULSOS.- Es usado para generar y transmitir impulsos sobre un circuito de hilo piloto o telemedición hacia la indicación remota o dispositivo receptor.

NUMERO DE
DISPOSITIVOS

DEFINICION Y FUNCION

- 78 RELEVADOR DE MEDICION DE ANGULO DE FASE O PERDIDA DE SINCRONISMO.- Es un dispositivo que funciona a un determinado valor de ángulo de fase entre dos voltajes, entre dos corrientes o entre voltaje y corriente.
- 79 RELEVADOR DE RECIERRE PARA C.A.- Es un dispositivo que controla el recierre automático y bloqueo de un interruptor de corriente alterna.
- 80 RESERVADO PARA APLICACION FUTURA.
- 81 RELEVADOR DE FRECUENCIA.- Es un dispositivo que funciona sobre un valor predeterminado de frecuencia (ya sea debajo o por encima de la frecuencia normal del sistema) o dentro de un rango de variación.
- 82 RELEVADOR DE RECIERRE PARA C.D.- Es un dispositivo que controla el cierre automático y recierre de un interruptor de corriente continua, generalmente en respuesta a las condiciones de carga del circuito.
- 83 RELEVADOR DE TRANSFERENCIA O DE CONTROL AUTOMATICO DE SELECCION.- Es un dispositivo que opera pa

NUMERO DE
DISPOSITIVOS

DEFINICION Y FUNCION

ra seleccionar automáticamente entre ciertas -- fuentes o condiciones en un equipo, también ejecuta operaciones de transferencia automáticamente.

84 MECANISMO DE OPERACION.- Es un mecanismo completamente eléctrico o servomecanismo que incluye el motor de operación, bobinas, switches de posición, etc., y que sirve para cambio de derivaciones, regular la inducción o para regular -- cualquier pieza de aparatos que no tenga número de dispositivo.

85 RELEVADOR RECEPTOR DE CARRIER O HILO PILOTO.- -- Es un dispositivo que es operado o fijado por -- una señal usada en conexión con la corriente -- portadora o con un relevador direccional de f--lla de c-d en el hilo piloto.

86 RELEVADOR AUXILIAR DE BLOQUEO.- Es un dispositivo operado electricamente y con reposición ma--nual o electricamente, que funciona parando y -- manteniendo el equipo fuera de servicio durante las condiciones anormales.

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

- 87 RELEVADOR DE PROTECCION DIFERENCIAL.- Es un dispositivo protector que funciona sobre un porcentaje de intensidades de corriente, de ángulo de fase o cualquier otra diferencia de cantidades eléctricas.
- 88 MOTOR AUXILIAR O GRUPO MOTOR-GENERADOR.- Es usado para operar equipo auxiliar tal como bombas, sopladores, amplificadores magnéticos rotatorios, etc.
- 89 SWITCH DE LINEA.- Es usado como interruptor separador o aislador en un circuito de c-a o c-d, -- cuando un dispositivo es operado eléctricamente o contiene accesorios eléctricos tales como; desconectador auxiliar, cierre magnético, etc.
- 90 DISPOSITIVO DE REGULACION.- Funciona para regular cantidades tales como voltaje, corriente, potencia, velocidad, frecuencia, temperatura, y -- carga a un cierto valor o entre ciertos límites en las máquinas, líneas de enlace u otros aparatos.
- 91 RELEVADOR DIRECCIONAL DE VOLTAJE.- Es un disposi

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

tivo que opera cuando el voltaje a través de un interruptor abierto o contactor, excede un valor establecido en una dirección determinada.

92 RELEVADOR DIRECCIONAL DE VOLTAJE Y POTENCIA.- Es un dispositivo que permite o causa la conexión de dos circuitos cuando la diferencia de voltaje entre ellos excede a un valor dado en una dirección predeterminada y actúa para desconectar - - esos dos circuitos cuando el flujo de potencia - entre ellos excede un valor dado en la dirección contraria.

93 CONTACTOR DE CAMBIO DE CAMPO.- Funciona para incrementar o disminuir en fracciones el valor del campo de excitación en una máquina.

94 RELEVADOR DE DISPARO.- Es un dispositivo cuya -- función es disparar un interruptor, contactor o cualquier equipo, o permite el disparo inmediato de éstos por medio de otros dispositivos, tam--- bién sirve para prevenir el cierre inmediato de un interruptor en caso de que éste abriese automáticamente, aún cuando el cierre del circuito -

NUMERO DE
DISPOSITIVO

DEFINICION Y FUNCION

se halla mantenido.

95 al 97 Usados solamente para aplicaciones específicas -
de una instalación individual, en donde ninguna-
de las funciones numeradas del 1 al 94 es conve-
niente.

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

- 1.- Generator protection
a product of english electric, meter, relay and instru--
ment division.
- 2.- Electrical protection of large generator units.
By R.W. Newcombe, A.M.I.E.E.
- 3.- Use of the R-X diagram in relay work
General Electric Co., Power Sistemas magnagement Business
Dept. Philadelphia, PA. 19142.
- 4.- Tesis profesional del Ing. José A. Castañeda E.
"Protección de Generadores"
Facultad de Ingenieria, U.N.A.M.
- 5.- Estaciones transformadoras y de distribución
Gaudencio Zoppetti Judes
Capitulo IV reles.
- 6.- Applied Protective Relaying.
a new "Silent Sentinels" Publication
westinghouse Electric Corporation.
- 7.- Electrical Maintenance Seminar
Installation el service Engineering International Department.

Chapter 4, Protective Devices

General Electric Co. 1979

- 8.- El Arte y la ciencia de la protección por relevadores
C. Russel Mason, C.E.C.S.A.

- 9.- Protección de circuitos eléctricos por medio de relevadores.
Ing. Gustavo García Fernández.

- 10.- Manual de protección Eléctrica de las unidades
Turbina - Gen./transf. de 158 MW de la planta termoeléctrica Valle de México
C.F.E. abril 1970.