

CFE

COMISIÓN FEDERAL
DE ELECTRICIDAD

2014

**MANUAL DE MANTENIMIENTO MAYOR PARA
EQUIPOS DE PROTECCION Y MEDICION**



GODINEZ HERRERA SAUL DE JESUS
CFE C.H. M.M.T.



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
C.H. MANUEL MORENO TORRES.

RESIDENCIA PROFESIONAL DEPTO.
PROTECCION Y MEDICIONES

NOMBRE DEL PROYECTO: 'MANUAL DE
MANTENIMIENTO MAYOR PARA EQUIPOS
DE PROTECCION Y MEDICION.

PRESENTA:

GODINEZ HERRERA SAUL DE JESUS

CARRERA:

INGENIERÍA ELÉCTRICA

ASESOR

ING. FRANCISCO DE JESUS ZAPATA
NAVARRO

LUGAR Y FECHA

C.H. MANUEL MORENO TORRES, CHICOASEN, CHIAPAS, 23 DE
JUNIO DEL 2014.

CONTENIDO

CAPITULO I	
1.1 1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVO GENERAL	2
1.3 OBJETIVO ESPECIFICO.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN	2
CAPITULO II	
FUNDAMENTO TEÓRICO	4
2.1 1 ANTECEDENTES	4
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MANUEL MORENO TORRES	6
2.3 ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	3
2.4 TEORIA SOBRE LOS GENERADORES	12
2.5 MANTENIMIENTO DE GENERADORES HIDROELECTRICOS	15
GENERALIDADES.....	30
2.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES Del GENERADOR U-1.....	26
2.7 PARTES DEL HIDROGENERADOR.....	15
CAPITULO III	
DESARROLLO	35
3.1 MANTENIMIENTO MENOR DEL GENERADOR U-1.- inicio de la libranza	35
3.2 DIAGRAMA DE PROTECCIONES PRINCIPAL DE UN GENERADOR.....	37
3.3 PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR (87G).....	39
3.4 PROTECCION CONTRA FALLAS A TIERRA EN EL ESTATOR DEL GENERADOR (64G).....	39
3.5 PROTECCION CONTRA PERDIDA DE CAMPO (40G).....	40
3.6 PROTECCION CONTRA FALLAS A TIERRA EN EL CAMPO (64F).....	41
3.7 PROTECCION CONTRA TEMPERATURAS ALTAS EN EL ESTATOR (49G).....	43
3.8 PROTECCION CONTRA SOBRE VOLTAJE EN EL GENERADOR (59G).....	44
3.9 PROTECCION CONTRA SOBREEXCITACION (24).....	45
3.10 PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DE SECUENCIA NEGATIVA(46).....	46
3.11 PROTECCION DE POTENCIA INVERSA (32G).....	47
3.12 PROTECCION DE BAJA FRECUENCIA (81G).....	48
3.13 MANTENIMIENTO TECNICO DE LAS PROTECCIONES.....	49

CAPITULO IV.....	
4.0 MANTENIMIENTO TECNICO DE LOS TC's DEL GENERADOR.....	55
4.1 DESMONTAJE DE LOS TC'S DEL NEUTRO DEL GENERADOR.....	55
4.2 CAMBIO DE CIRCUITERIA DE LOS TC'S DAÑADOS.....	57
4.3 CAMBIO DE AISLANTE Y COLOCACION DE BARNIZ ROJO A LOS TC's.....	60
4.4 REACOMODO DE GABINETE DEL TC DEL NEUTRO DEL GENERADOR.....	63
4.5 MONTAJE DE LOS TC's DEL NEUTRO DEL GENERADOR.....	64
4.6 PRUEBA DE RESISTIVIDAD OHMICA Y AISLAMIENTO A LOS TC'S DEL NEUTRO.....	67
4.7 MANTENIMIENTO DE LOS TC's DE SALIDA DEL GENERADOR 1.....	68
4.8 COLOCACION DEL GABINETE DE SALIDA DEL GENERADOR.....	73
4.9 MANTENIMIENTO AL TRANSFORMADOR DE EXITACION DE LA UNIDAD-1.....	76
4.10 MONTAJE DEL GABINETE DEL TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN.....	80

CAPITULO V.....	
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
5.2 BIBLIOGRAFIA.....	83

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Los generadores eléctricos son de gran importancia para los sistemas eléctricos de potencia, su salida por falla origina severas repercusiones en la continuidad, como en la calidad de servicio para las compañías suministradoras de electricidad.

Durante la vida operacional de las grandes maquinas rotatorias, es necesario aplicar mantenimientos preventivos programados, para asegurar una operación confiable y disminuir o minimizar las salidas no programadas, estos mantenimientos varían en detalle y extensión.

Es así que para las diferentes centrales hidroeléctricas se realizan planes de mantenimientos para conservar sus condiciones nominales de operación de los generadores y sus equipos auxiliares.

En la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres antes de realizar dichos mantenimientos se realizan negociaciones sobre los mantenimientos programados de los generadores, dicho informe es autorizado tanto por la gerencia como la subgerencia.

En función de estas condiciones y del tiempo de operación de la unidad generadora se formula el programa de mantenimiento mayor correspondiente a la unidad No.1

Este año 2014 el generador de la unidad número 1 tiene programado mantenimiento mayor.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Conocer, mantener y preservar en condiciones de operación el equipo instalado y que se encuentra convirtiendo la energía mecánica de la turbina a energía eléctrica, conservando e incrementando los índices de disponibilidad, confiabilidad y calidad de la central.

1.3 OBJETIVO ESPECIFICO

Restituir, preservar y mantener las condiciones operativas de las partes eléctricas del generador de la unidad 1 de la central hidroeléctrica Manuel Moreno Torres así como sus equipos auxiliares, considerando las indicaciones de los manuales del fabricante, experiencias y observaciones realizadas mediante inspecciones y diagnóstico.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Para asegurar el suministro de energía eléctrica continuo y la gran demanda a la que el país está sometido, la CFE está comprometida al buen servicio y a la calidad de esta, es por eso que es fundamental efectuar en forma oportuna el mantenimiento de las unidades generadoras.

En base a experiencia acumulada por más de 70 años de operación CFE ha establecido criterios para la conservación adecuada de sus unidades, y para unidades de gran capacidad, ha establecido que unidades de 300 MVA se deben revisar integralmente cada 10.000 horas de operación

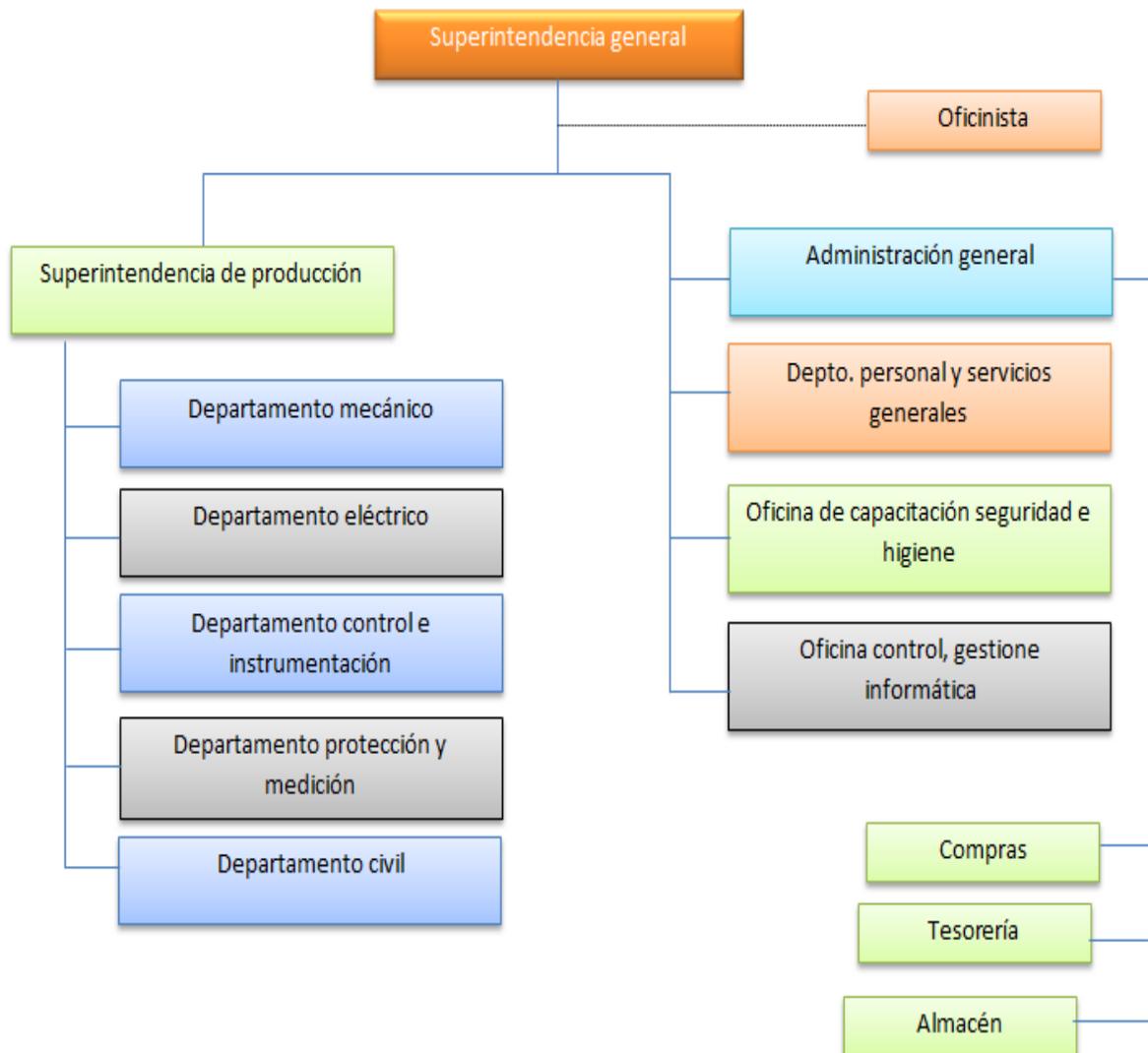
Este mantenimiento fue programado debido a que la unidad num.1 tenía hasta el mes de septiembre más de 30,000 horas acumuladas de operación. De acuerdo al programa de mantenimientos de la C.H Manuel Moreno Torres se tiene programado y establecido que los generadores hidroeléctricos deben de entrar en mantenimiento mayor cuando cumplan un total de 30,000 horas de operación, Es por eso que se ha programado el primer mantenimiento mayor a la unidad 1.

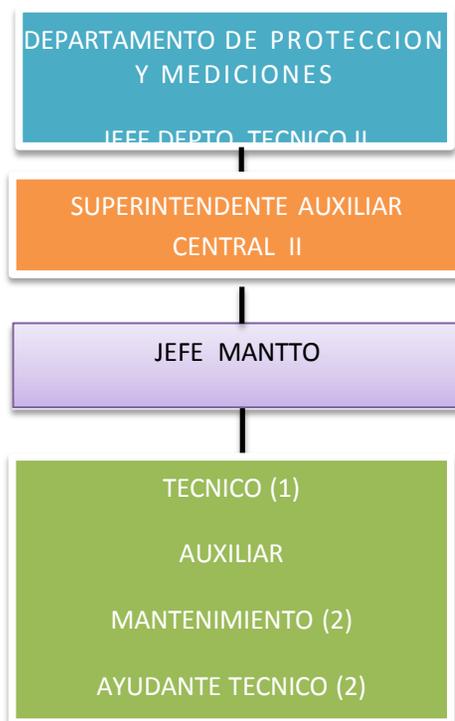
Este plan de mantenimiento está previsto para conocer el estado actual y la evolución futura de los equipos auxiliares del generador como del mismo y

Así preservar sus condiciones nominales de la máquina, para cumplir con el servicio de continuidad, operación económica y calidad del servicio.

1.5 ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

CFE es una empresa certificada por la Norma ISO 9001:2000, por lo que la C.H.MMT contiene un sistema de gestión de calidad que incluye todos los procesos que han sido identificados y que forman parte de la organización de esta central hidroeléctrica, mismo que se ilustra en los organigramas siguientes.





CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

La central hidroeléctrica Manuel Moreno torres está ubicada sobre el río Grijalva a la salida del cañón del sumidero, en el municipio de Chicoasén, Chiapas, es la segunda presa aguas arriba desde la desembocadura. El

acceso a la central hidroeléctrica es por la carretera de Tuxtla Gutiérrez. La C.H Manuel moreno torres es una de las cuatro hidroeléctricas más importantes del país que integran el Complejo Hidroeléctrico Grijalva, que son, de Este a Oeste (aguas arriba a aguas abajo): Presa Belisario Domínguez o La Angostura, el mayor embalse de México; Presa Manuel Moreno Torres o Chicoasén, que tiene la cortina más alta del país, Presa Nezahualcóyotl o Malpaso y Presa Ángel Albino Corzo o Peñitas.

La central hidroeléctrica lleva el nombre del ing. Manuel Moreno torres, quien fue director general de CFE durante el sexenio del presidente Adolfo López Mateos (1958-1964) que fue uno de los principales impulsores de la central.

La Central Hidroeléctrica Manuel moreno torres consta de una obra civil y una obra electromecánica, que la constituyen la cortina, vaso, obra de toma, tubería de presión, casa de máquinas, galería de oscilación, galería de transformadores, túneles de desvío, vertedores, generadores, bus de fase aislada, transformadores, cables de potencia, subestación, etc.

Su casa de maquina es subterránea y se ubica en una caverna excavada en la margen derecha del río Grijalva en donde están instalados los equipos electromecánicos (turbina, generador eléctrico, transformadores), y un cuarto de control para la operación de la central. Estas instalaciones deben estar debajo del fondo de la base de la cortina de la presa, con la finalidad de aprovechar la energía potencial del agua.

La central hidroeléctrica Chicoasén aprovecha la energía potencial del agua almacenada en su presa para transformarla en energía eléctrica. La turbina, al ser impulsada por el agua que choca contra sus álabes, convierte la energía cinética del agua en energía mecánica o de movimiento y por ello la turbina gira. El generador, acoplado a la turbina, también gira y convierte la energía mecánica en energía eléctrica de 17 kv de tensión.

La energía eléctrica es alimentada a los transformadores de caverna, que elevan la tensión eléctrica desde 17 kv hasta 400 kv; los cables de potencia conducen la energía eléctrica a 400 kv desde los transformadores de caverna hasta las mufas exteriores, después, mediante líneas aéreas, es llevada la energía eléctrica hasta la subestación, de la cual salen las diferentes líneas de transmisión que transportarán el fluido eléctrico a diferentes centros de consumo del sistema eléctrico nacional.

Desde la subestación de la central sale una línea de transmisión en doble circuito de 400 kv que llegan hasta la subestación Juile, con una longitud

de 232 km, dos más que se interconectan con la Central Hidroeléctrica de Malpaso con una longitud de 64 km y otra de 69 km.

Por último, dos líneas de transmisión más que se conectan con la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez con una longitud de 73 km, y otra de 88 km. Todas estas líneas, forman parte del troncal de 400 kv de Sistema Eléctrico Nacional.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MANUEL MORENO TORRES

DESCRIPCION DE LA CENTRAL

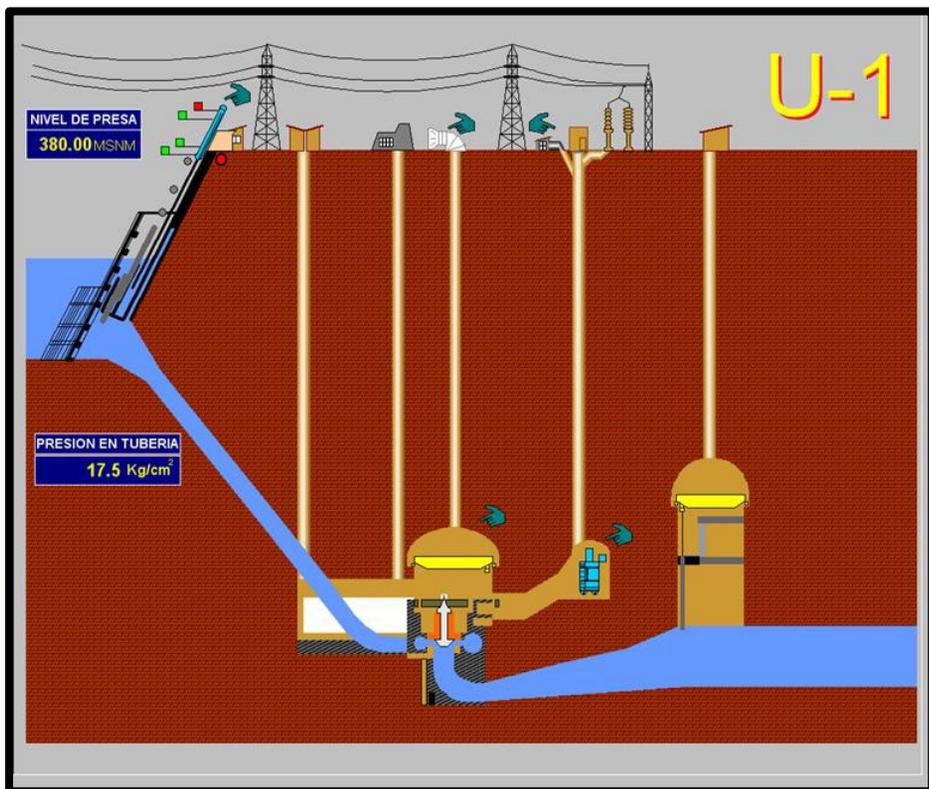
Obra civil

La Central Hidroeléctrica Chicoasén, consta de las siguientes partes:

Vaso: También conocido como embalse y forma un recipiente que, junto con la cortina, almacena el agua para su aprovechamiento. Este vaso tiene las características siguientes:

- a) **NAME**(Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias 395 MSNM) :
Es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición.
- b) **NAMO** (Nivel de Aguas Máximas de Operación 392 MSNM):
Máximo nivel con que se puede operar la presa para satisfacer las demandas
- c) **NAMINO** (Nivel de Aguas Mínimas de Operación 380 MSNM):
Volumen o capacidad útil y es con el que se satisface la demanda de agua
- d) Área Máxima del Embalse 3 000 Hectáreas
- e) Capacidad total al NAME 1 680 Millones M³
- f) Capacidad de Control de Avenidas 490 Millones M³

g) Capacidad Útil 285 Millones M³



Cortina: Es del tipo de enrocamiento, tiene una altura de 262 m, equivalente a la altura de un edificio de 85 pisos. Su construcción cuyo centro es un núcleo flexible de arcilla impermeable y compactada; a ambos lados del núcleo tiene un filtro de grava y arena de río, que evita la fuga de los materiales arcillosos. La transición, construida junto a los filtros, son de roca, grava y arena; posteriormente lleva un enrocamiento de volteo y en la parte alta de la cortina del lado aguas arriba lleva un enrocamiento de gran tamaño.

Durante el llenado del vaso, el túnel de desfogue intermedio sirve para mantener el nivel del agua a una elevación de 315 msnm, durante el tiempo que sea necesario para ver el comportamiento inicial de la cortina y también para evitar que se inunde la obra de toma cuyo canal de llamada se encuentra a 354.35 msnm, para dar oportunidad a que se termine esa obra de toma.

Obra de toma: Es una derivación del vaso, pero con una profundidad menor, ya que el vaso tiene su fondo a una elevación de 197 a 205 msnm y en cambio la obra de toma tiene su fondo a una elevación de 354.35 msnm. Se

encuentra ubicada sobre la margen derecha del río Grijalva y sirve para suministrar el agua a las turbinas, a través de las tuberías de presión.

Cuenta con unas rejillas que evitan el paso de trozos de madera u otros objetos que pudieran causar problemas en la operación normal de la central.

La compuerta de servicio normalmente está abierta y se cierra solamente para vaciar la tubería de presión con fines de inspección o mantenimiento del equipo que normalmente trabaja ahogado; la compuerta auxiliar se usa cuando, por alguna razón no puede cerrarse la compuerta de servicio.

El ducto de ventilación, evita que durante el vaciado de la tubería de presión haya en su interior un vacío, o sea, una presión menor a la atmosférica que succionaría a tal grado que dificultaría el vaciado del agua y podría causar daños al equipo asociado; este ducto permite que entre aire atmosférico evitando dicho vacío y además tiene escalera marina para su inspección.



Tubería de presión: Conduce el agua desde la obra de toma hasta la turbina respectiva; se emplea una tubería por unidad, por lo que serán ocho tubos de presión, cada uno de acero con diámetro que va desde 6.20 hasta 4.58 m.

Galería de oscilación: Tiene las funciones fundamentales siguientes:

A. Ante un disparo de la turbina, amortigua el golpe de ariete que produce el agua al regresar del río, hacia el desfogue de la turbina, el punto más bajo de la tubería de desfogue, está a 185 msnm y el río a 205 msnm aproximadamente, lo que ocasiona ante un disparo, una fuerte corriente de agua del río al desfogue, golpeándolo y dañando a la turbina, en caso de no haber galería de oscilación como el desfogue de la turbina normalmente trabaja con una presión menor a la atmosférica, acentúa aún más el fenómeno explicado. Al absorberse el golpe de ariete del agua, en la galería de oscilación, sube el nivel del agua en la forma siguiente:

- I. Alcanza el nivel 229 msnm, cuando hay un gasto de 6,512 m³/seg y ocurre el cierre de cinco unidades también.
- II. Alcanza el nivel 236 msnm, cuando hay un gasto de 16,512 m³/seg y ocurre el cierre de cinco unidades también.

B. Durante el rodado de la turbina, la galería de oscilación se comporta como un acelerador que facilita a la turbina alcanzar más rápidamente su velocidad normal de 163.64 rpm. Primera etapa y 180 rpm de la segunda etapa. Esto se debe a que el desfogue queda ahogado por el río, encontrando el agua inicial que mueve la turbina, cierta oposición para su desplazamiento hasta el río; en consecuencia la galería de oscilación que está más cercana a la turbina, facilita ese desplazamiento inicial del agua, que sube su nivel, pero que por lo pronto abrevia el tiempo para que la turbina alcance su velocidad normal.

C. La compuerta de la galería de oscilación se cierra para vaciar la tubería de desfogue de la turbina, por necesidades de mantenimiento; al cerrarse impide que el río inunde dicha tubería.

Galería de transformadores de caverna: Aloja a los transformadores de potencia tipo caverna; estos transformadores reciben la energía eléctrica de 17 kv del generador, a través de los buses de fase aislada alojados en el túnel de barras; los transformadores de caverna elevan la tensión de 17 a 400 kv, para enviar esa energía por los cables de potencia de 400 kv, que están alojados en las lumbreras de la galería que nos ocupa, lumbreras que cubren una altura de 180 metros; hay una lumbrera por cada banco trifásico de transformadores, haciendo un total de ocho.

Los tres cables de potencia por unidad, llevan la energía hasta las tres mufas exteriores y de ahí por línea aérea, es conducida hasta la subestación.

Túneles de desvío: Se emplean durante la construcción de la cortina para desviar el agua del río, descargándola aguas abajo de la cortina y evitando que aguas arriba suba peligrosamente el nivel, que pudiera inundar el recinto de la cortina. Las compuertas de estos túneles, permiten sacar de servicio uno de ellos para hacer las obras de conexión con los túneles de desfogue; obsérvese que dos túneles de desfogue se unen a los túneles de desvío 1 y 2. Los tapones en los túneles de desvío son puestos al terminar la cortina, en cuyo caso los desvíos provisionales ya no son necesarios; aguas abajo de los tapones, esos túneles funcionan como túneles de desfogue. De esta manera, solamente el tercer túnel de desfogue es independiente de los túneles de desvío.

Vertedores: Son la seguridad de la central, ya que en el caso de una avenida extraordinariamente intensa podrá desviar el agua descargándola en el río aguas abajo por tres túneles de descarga, evitando así que el nivel del vaso suba a valores peligrosos que pueden provocar daños en la cortina e inundaciones en la casa de máquinas y en la región.



Los tres túneles de descarga del vertedor son de 15 m de diámetro cada uno, 1300 m de longitud, revestidos de concreto y con capacidad normal de

desfogue de 5 000 m³/seg en cada uno de ellos, entre los tres túneles podrán manejar una avenida máxima de hasta 20 000 m³/seg.

OBRA ELECTROMECAÁNICA

Casa de máquinas: Es de tipo subterráneo y cuenta con la primera etapa, las primeras cinco con capacidad de 1,500 MW, tipo Francis de eje vertical, con caída neta diseño de 185.00 m y un gasto de 189 m³/s y 300 MW de capacidad de cada una, entraron en operación comercial entre los años 1980-1981. La segunda etapa lo conforman las unidades 6,7 y 8 desde el 2004 quedando con la capacidad de la central de 2400 MW.

Se ubica en una caverna excavada en la margen derecha del río Grijalva cerca de la obra de toma; mide aproximadamente 25 m de ancho, 50 m., de altura y 200 m. de largo; aloja ocho unidades turbogeneradoras y a sus respectivos equipos auxiliares. La parte más baja se encuentra a una elevación de 181.25 msnm y la más alta a 228.38 msnm.

El aire viciado es expulsado de las casas de casa de máquinas dobles, distribuidas a lo largo de la casa de máquinas. El aire atmosférico es inyectado a través de las ocho lumbreras de cables de potencia y ventilación y a través de dos lumbreras de ventilación, haciendo un total de diez lumbreras de la galería de transformadores de caverna, que se intercomunica con la casa de máquinas.

Tiene 5 niveles o pisos que destacan en casa de máquinas, el piso de generadores o (playa de montaje) a 211 msnm, el piso de barras a 207 msnm, el piso de turbinas a 203 msnm, la galería de charolas a 199 msnm, la galería de inspección a 192.5 msnm, la galería de drenaje a 184.25msnm, la lumbrera de elevadores, la lumbrera de cables de control, la sala de tableros, oficinas, sala de baterías y el túnel de acceso.

I. Piso De Generadores (Playa De Montaje) 211.00 M.S.N.M.

En este piso podemos encontrar la ubicación de las unidades turbogeneradoras y sus equipos de servicios propios, estas unidades se dividen en 2 etapas, primera etapa que consta de las unidades 1, 2, 3, 4,5 y la segunda que consta de las unidades 6, 7,8. En esta área se localiza equipos tales como: tableros de equipos de excitación, sala de control, llegada del túnel de acceso, acceso a las grúas viajeras.

II. Piso De Barras A 207 Msnm

En esta área se localiza equipos tales como: Generadores, transformadores del neutro del generador, tableros de S.P. y auxiliares, buses ducto o de fase

aislada, bombas de achique, escaleras de acceso al área de transformadores de caverna, compresores del sistema c.s.

III. Piso De Turbinas A 203 Msnm.

En esta área se localiza equipos tales como:

Las turbinas y sus equipos complementarios, el registro de acceso hombre a la tubería de presión de las turbinas, la unidad auxiliar y sus equipos complementarios, tablero de enlace de unidad auxiliar y sistema de hidrantes.

IV. Piso O Galería De Charolas A 199 Msnm.

En esta área se localizan equipos tales como:

Charolas de cables de control, tubería de drenaje, equipos complementarios de la unidad auxiliar, compresores de servicios generales empotrados en el muro de concreto se ubican las cámaras espirales (caracoles) de las turbinas.

V. Galería De Inspección A 192.5 Msnm

En esta área se localiza equipos tales como: Equipos complementarios de la unidad auxiliar (válvulas), equipos complementarios de las turbinas (válvulas), la escotilla de acceso hombre al tubo difusor de las turbinas, escala de control (micro switch 33d) de los c.s. Cabezal del sistema contra incendios de generadores y transformadores, plataforma de inspección de los niveles de agua de las bombas de achique y fosas sépticas de casa de máquinas (189.50 m.s.n.m.), galería o cárcamo de filtraciones (184.25 m.s.n.m.).

2.3 GENERADOR ELECTRICICO

El tipo de generador empleado en los sistemas eléctricos de potencia es el generador síncrono, son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Están basados en la ley de Faraday.

En el diagrama adjunto se ve un generador cuya parte rotativa es impulsada por una turbina, para crear el movimiento que se requiere entre campo y conductores para obtener el voltaje inducido.

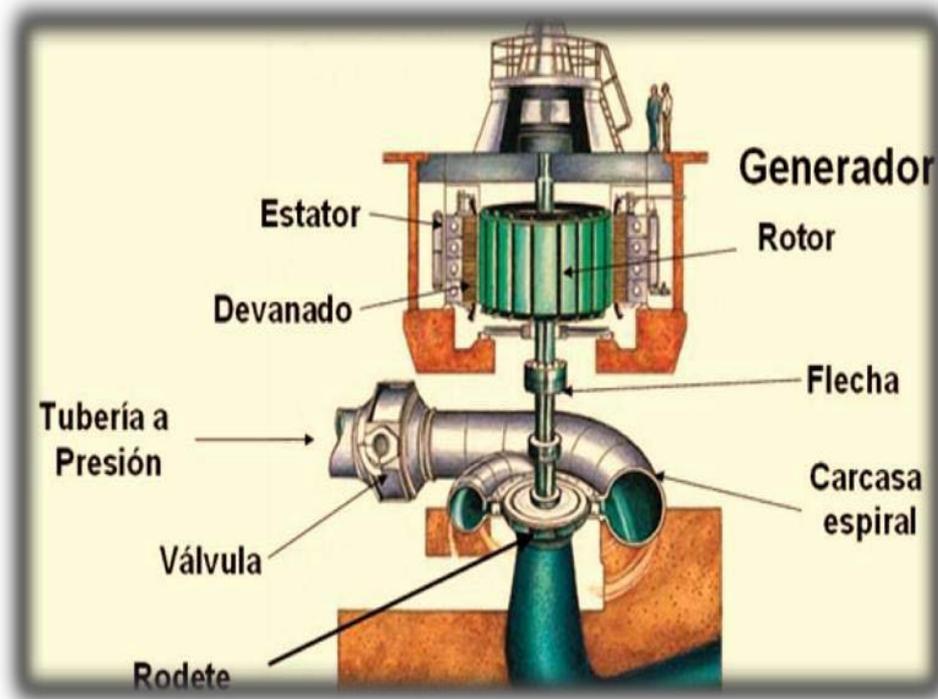


Fig.1.hidrogenerador eléctrico

Una característica de cada generador es su fuerza electromotriz (F.E.M.), simbolizada por la letra griega épsilon (ϵ), y definida como el trabajo que el generador realiza para pasar la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo por el interior del generador.

Los generadores se clasifican en dos tipos fundamentales:

- **Primarios:** Convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente, como alternadores, dinamos, etc.
- **Secundarios:** Entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente, es decir, en primer lugar reciben energía de una corriente eléctrica y la almacenan en forma de alguna clase de energía. Posteriormente, transforman nuevamente la energía almacenada en energía eléctrica. Un ejemplo son las pilas o baterías recargables. Desde el punto de vista teórico (teoría de circuitos) se distinguen dos tipos de generadores ideales:

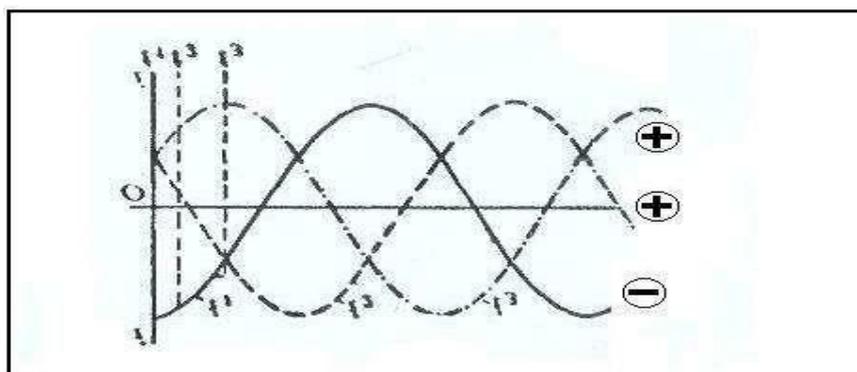
2.3.1 F U N C I O N A M I E N T O

Partimos de la base de que si un conductor eléctrico corta las líneas de fuerza de un campo magnético, se origina en dicho conductor una corriente

eléctrica. La generación de corriente trifásica tiene lugar en los alternadores, en relación con un movimiento giratorio. Según este principio, existen tres arrollamientos iguales independientes entre sí, dispuestos de modo que se encuentran desplazados entre sí 120° . Según el principio de la inducción, al dar vueltas el motor (imanes polares con devanado de excitación en la parte giratoria) se generan en los arrollamientos tensiones alternas senoidales y respectivamente corrientes alternas, desfasadas también 120° entre sí, por lo cual quedan desfasadas igualmente en cuanto a tiempo. De esa forma tiene lugar un ciclo que se repite constantemente, produciendo la corriente alterna trifásica. Todos los generadores trifásicos utilizan un campo magnético giratorio. En el dibujo 2 hemos instalado tres electroimanes alrededor de un círculo. Cada uno de los tres imanes está conectado a su propia fase en la red eléctrica trifásica. Como puede ver, cada electroimán produce alternativamente un polo norte y un polo sur hacia el centro.

Las letras están en negro cuando el magnetismo es fuerte, y en gris claro cuando es débil. La fluctuación en el magnetismo corresponde exactamente a la fluctuación en la tensión de cada fase. Cuando una de las fases alcanza su máximo, la corriente en las otras dos está circulando en sentido opuesto y a la mitad de tensión. Dado que la duración de la corriente en cada imán es un tercio de la de un ciclo aislado, el campo magnético dará una vuelta completa por ciclo.

Aunque las tres corrientes son de igual frecuencia e intensidad, la suma de los valores instantáneos de las fuerzas electromotrices de las tres fases, es en cada momento igual a cero, lo mismo que la suma de los valores instantáneos de cada una de las fases, en cada instante, como podemos ver en la siguiente figura.



Dibujo2.

Un generador de potencia se compone de las siguientes partes: Un circuito magnético

- Estator. Parte fija.
- Rotor. Parte móvil que gira dentro del estator.
- Entrehierro. Espacio de aire que separa el estator del rotor y que permite que pueda existir movimiento. Debe ser lo más reducido posible.

Dos circuitos eléctricos, uno en el rotor y otro en el estator.

- Arrollamiento o devanado de excitación o inductor. Uno de los devanados, al ser recorrido por una corriente eléctrica produce una fuerza magnetomotriz que crea un flujo magnético.
- Inducido. El otro devanado, en el que se induce una f.e.m. que da lugar a un par motor (si se trata de un motor) o en el que se induce una f.e.m. que da lugar a un par resistente (si se trata de un generador).

2.4 PARTES DEL HIDROGENERADOR

Descripción general de las partes principales:

El generador está compuesto principalmente por el rotor (inductor) y el estator (inducido), que describe el funcionamiento y las características principales de cada uno de ellos, ubicando los elementos móviles en el rotor y los fijos en el estator.

Elementos del rotor:

El conjunto turbina-generador es de eje vertical con el generador guiado por un cojinete de empuje en el fondo de la turbina por debajo del generador por un cojinete guía por encima del mismo y por un cojinete guía por encima de la rueda de la turbina.

La línea de eje del lado del generador y de la cruceta del rotor. En parte inferior de la cruceta del rotor, se encuentra la brida de acople con el eje de la turbina.

1. Anillos rozantes y escobillas: Conocidos también como anillos colectores, son dos y están montados en la parte superior de la flecha y giran a la misma velocidad del generador, y permiten conectar eléctricamente al elemento que suministra la corriente de excitación (sistema de excitación), a los polos del rotor

por medio de las escobillas. Los anillos colectores se sujetan con pernos axiales aislados, y se soportan en un cubo de acero soldado en el eje con un tornillo tope.

El anillo base del rotor está constituido por una determinada cantidad de secciones. Que consiste en segmentos de placa de acero sobre montados de tal manera que haya la mayor área de sección y superficie de fricción, teniendo en cuenta el número de polos y el tamaño apropiado de los segmentos.

En el fondo hay un anillo de presión de aproximadamente 60 mm de espesor sobre el cual se colocan los segmentos consecutivamente.

El nivelado del anillo resultante se asegura parcialmente por medio de cuñas, situadas en ranuras de la superficie interior y parte por medio de barras metidas en agujeros que se han perforado previamente en los segmentos.

Entre cada sección hay un canal de aire consistente en dos placas de soporte separadas por piezas espaciadoras en su sitio, de manera que guían el aire hacia fuera a través del anillo.

La parte superior del anillo está terminada con una placa de presión similar a la inferior y por medio de pernos pasadores se tensionan los dos anillos con el fin de obtener la fuerza de fricción requerida ante las capas de los segmentos.

Un hueco situado en la parte inferior del anillo de presión inferior, forma un soporte para la pista de frenado. Consistente en segmentos fijos en su sitio por abrazaderas, los que pueden ser retirados con facilidad.

El anillo tiene ranuras hechas para las colas de milano de los polos en la superficie exterior, en la superficie interior existen ranuras que se usan primero para el montaje del apilado de Laplace y luego se usan para colocar en su sitio a la araña del rotor.

2. Barras de excitación: Sirven de conductor entre los anillos rozantes y los polos de rotor, son dos barras de cobre en forma rectangular similares a la que se utilizan en los devanados están montados sobre una sección de la flecha y sobre las tapas de la araña sujetadas firmemente por tornillos aislados por arandelas de baquelita, y gira a la velocidad del conjunto.

3. Laminado o anillo base del rotor: constituido por una cantidad de secciones y el anillo base está formado por paquetes de laminación de acero sobre montados de tal manera que se cubra toda la mayor área de sección y superficie de fricción, teniendo en cuenta el número de polos y tamaño apropiado de los elementos. Entre cada sección ay un canal de aire consistente en dos placas de soporte, separadas por piezas espaciadoras que guían el aire hacia afuera a través del

anillo. La parte superior e inferior del anillo están acabadas por una placas de presión se tensionan por medio de pernos pasadores para dar la fuerza de fricción requerida entre capas de segmentos la calidad y las dimensiones de las láminas de acero es determinada por: la fuerza centrífuga, el momento de inercia, la estabilidad en relación a las fuerzas magnéticas entre el estator y el rotor así como también el flujo magnético entre polo y polo. En la superficie exterior el anillo tiene ranuras para las colas de milano de los polos y placas deflectoras de aire de enfriamiento. En la superficie interior existen ranuras para colocar en su sitio la araña del rotor.

4. Pista de frenado: Está colocado en la placa inferior del anillo base del rotor, forma un soporte para la pista de frenado que consiste de segmentos fijados por abrazaderas, los cuales se pueden retirar con facilidad su función principal es friccionarse con los 8 gatos de frenado cuando la maquina está en proceso de paro.

Frenado: los gatos están destinados a frenar la parte giratoria cada vez que el grupo se detiene a fin de evitar una rotación prolongada a baja velocidad que podía perjudicar los cojinetes.

En funcionamiento normal, el frenado mecánico se realiza a 18 rpm, sea 10 % de la velocidad nominal de rotación para parar la unidad.

5. Polos: Como el generador se acopla a una turbina hidráulica el rotor tiene relativamente un elevado número de polos y se le denomina rotor de polos salientes o rueda polar. El polo está estructurado de la siguiente manera:

Núcleo del Polo.-

El polo está constituido por placas de chapa de acero con la zapata del polo y el núcleo formado de una sola pieza. Las placas están apiladas y presionadas entre piezas de acero y terminales de acero por medio de pernos pasadores.

Las proyecciones de las piezas terminales forman soportes para la parte del embobinado que atraviesa el grosor y el material de las piezas terminales se elige de manera que las fuerzas centrífugas de esta parte puedan ser transmitidas a las colas de milano sin exceder los límites de tensión permitidos.

La sección del núcleo del polo es rectangular. La zapata del polo es biselada para dar al voltaje la forma de una onda senoidal. Las colas de milano se suministran para montar los polos en el anillo del rotor. La ranura es más amplia en uno de los lados para dar espacio a dos cuñas opuestas que son enclavadas y que aseguran el polo en su posición correcta.

Las cuñas están cubiertas de un lubricante especial para altas presiones que permite que sean quitadas con relativa facilidad en caso de que hubiera necesidad de desmontar un polo.

El polo se ajusta verticalmente por medio de un tornillo en el anillo de presión inferior del rotor, situado bajo las colas de milano. Después del ajuste el tornillo es asegurado por medio de soldadura.

Devanado del polo.-

El arrollamiento retorico está constituido por 44 bobinas formadas por espiras o vueltas de cobre semiplanas soldadas en cada ángulo y aisladas entre ellas con un papel de Nomex Epoxi.

El devanado del polo consiste en barras rectas de cobre unidas formando una bobina apropiado para el polo rectangular.

Para alimentar la superficie de refrigeración se usan barras de dos anchos. El aislamiento entre las espiras consiste en asbesto impregnado con resina exposi. Durante la fabricación la bobina es calentada y comprimida. La resina se derrite primero y llena todos los espacios vacíos, endureciéndose, luego de esta manera se obtiene una fuerte unión entre el cobre y el aislamiento de asbesto, formando una bobina rígida.

El aislamiento alrededor del polo, así como el de los anillos de los extremos, está hecho de fibra de vidrio impregnada con resina poliéster. Todos los aislamientos son de clase F.

6. Araña del rotor tipo disco:

La araña del rotor está diseñada para acoplamiento por bridas al eje. Dos discos de placa de acero están soldados al cubo y placas de acero están soldadas entre dos discos para formar un cuerpo rígido en forma de tambor, a las placas de entre los discos se le sueldan refuerzos para su rigidez vertical. Barras soldadas a los extremos anteriores de las placas soportan el anillo base del rotor.

El cubo del rotor tiene forma cónica con brida en el extremo inferior para ser acoplado a la flecha, en la parte superior se monta por contracción el manguito de la chumacera y es trabajado en conjunto.

Los discos de placa de acero se sueldan al cubo del rotor formando las superficies superiores e inferiores de la araña del rotor. Los discos transfieren el momento de torsión del cubo al anillo base del rotor.

7. Eje superior o flecha: El eje de chapa de acero en forma cilíndrica y soldada. Todas las superficies externas están trabajadas y en la parte interior va soldado un anillo en forma de brida esta brida esta perforada para hacer atornillada al eje principal. Sobre el eje se trabajan diferentes diámetros para formar los soportes de los equipos auxiliares; tales como anillos colectores, generador de imanes permanentes, etc. Que se sitúan por medio de ranuras hechas en el eje.

Componentes del estator

8. Chumacera guía superior: En general la finalidad básica de las chumaceras es transmitir el peso y esfuerzo de las partes giratorias a la losas, esto es a la estructura de la casa de máquinas. Por consiguiente la chumacera guía no permite oscilaciones a las partes giratorias es decir sirve para guiar el eje. La chumacera está construida por una sola unidad con excepción del cubo y del pozo de aceite que va montado sobre el eje.

La chumacera guía tiene como partes principales: la cascara, los segmentos, el cubo, el pozo de aceite, cubierta superior, enfriadores de aceite, aceite lubricante y supervisores de temperatura.

El principio del funcionamiento es el siguiente: la parte principal de la cascara es un anillo grueso de acero fundido y soldado a dicho anillo están los depósitos de aceite y los soportes de los segmentos de la chumacera, una tercera o cuarta parte de la altura de los segmentos se llena de aceite para disipar el calor y las pérdidas por fricción del cubo, en los segmentos se requieren un gran flujo de aceite que circula por medio de la superficie inferior del cubo que actúa como bomba centrífuga, obligando al aceite circular a través de la chumacera al depósito de aceite superior desde donde vuelve al depósito inferior a través de refrigeradores, según las pérdidas de la chumacera. Para asegurar la lubricación de aceite a bajas velocidades los segmentos tienen canales inclinados donde se desliza el aceite dándole efecto de una bomba al rotar el cubo.

La unidad de refrigeradores de aceite está diseñada para mantener las pérdidas de presión extremadamente bajas. Se construye en un recipiente adyacente al depósito de aceite, en tubos de cobre en forma de U fluye el agua de refrigeración y en discos de cobre soldados a los tubos de agua, circula el aceite y por transmisión de calor se enfría.

Los detectores de temperatura se colocan lo más cercano al metal babbid de los segmentos para detectar las partes más calientes de la chumacera.

9. Araña soporte de la chumacera guía superior: La araña soporte esta dimensionada para dar a la chumacera guía un máximo de estabilidad y permitir

el menor movimiento radial posible. La araña consiste de cierta cantidad de brazos radiales y un cubo central, está diseñada para soportar el peso combinado de la chumacera guía superior, la placa de la cubierta el equipo de excitación y la cubierta superior del estator,

10. Carcaza del estator: La carcaza del estator es una estructura de acero soldada, hecha de secciones de placa y acero enrollado compuesta principalmente por pilares verticales, anillos horizontales, placas de apoyo vertical, barras en cola de milano y placas de casco.

Exteriormente tiene una forma de polígonos regulares con los pilares verticales en los vértices. Generalmente los estatores están divididos en un número o devanado de secciones que han sido determinados por las condiciones de transporte y montaje, dichas divisiones del estator están situadas a media distancia entre los pilares y consisten en placas juntas que son atornilladas con pernos.

11. Soporte del estator: la función de los pilares es transmitir la fuerza de reacción tangencial del núcleo del estator, la fuerza vertical de la araña del soporte superior y el peso del estator a los cimientos los pilares están fijos a los cimientos mientras que radialmente se mantienen por fricción; la fricción es suficiente para impedir que el estator se desvíe a causa del desbalance de fuerzas magnéticas, a la vez que representa poca resistencia movimientos pausados con la expansión térmica; de esta manera el estator podrá expandirse radialmente, mientras que tangencialmente será frenado, de manera que mantendrá su forma y concéntrica.

12. Núcleo del estator: El núcleo está hecho de acero al silicio de un alto grado de calidad resistente a la acción del tiempo, aislado en los dos lados con un barniz resistente al calor y sujeto a la carcasa por medio de cuñas de cola de milano. El núcleo está finalmente asegurado por medio de dados de presión de acero no magnético y por placas de acero, presionados al núcleo por anillos de presión en la parte superior e inferior de la carcasa del estator.

13. Placas de presión. Placas de ajuste y dedos de presión no magnéticos soportan al núcleo en la parte superior e inferior la presión se ejerce por medio de pernos que atraviesan los segmentos detrás de la circunferencia del núcleo, la tensión diagonal se obtiene con pernos situados en el borde exterior de los segmentos la tensión resultante es contrarrestada por barras de longitud completa.

14. Devanado del Estator: El devanado del estator está conectado en estrella y consiste en bobinas idénticas de una espira, formando un embobinado de tipo diamante con aislamiento clase F y colocadas en ranuras abiertas con dos lados

de bobina por ranura. Los hilos que forman un conductor se trasponen en las ranuras. Los extremos del conductor neutro se acoplan a terminales aparte.

Cinta de mica-mat, retorneada de fibra de vidrio es aplicada en seco en las partes que quedan en la ranura y los extremos de los devanados bajo tensión constante en una máquina de encintar hasta obtener el grosor requerido. Los extremos hechos a máquina se sellan para la preparación de poner la cinta a mano. Cada hilo está aislado con fibra de vidrio impregnado con resina epoxídica termo-fraguada, que garantiza las buenas características térmicas aislantes.

Las bobinas ya secas y aisladas se colocan en una autoclave y son expuestas a un alto vacío. Luego se introduce una resina insoluble epoxídica, aplicándola bajo presión e impregnando la bobina. Finalmente son metidos en plantillas formadas antes de ser metidas en el horno. El aislamiento descrito se denomina micapact. Después de haber efectuado el proceso de aislamiento, la parte de la bobina que queda en la ranura y las partes adyacentes a la entrada de la ranura son barnizadas con un barniz base de resina con grafito para evitar descargas de corona, un barniz de características no lineal es aplicado a los extremos de las partes de las bobinas que quedan en la ranura para nivelar y distribuir la tensión mecánica.

Las conexiones entre los extremos de las bobinas y las terminales se hacen después del montaje de las bobinas en las ranuras del estator. Después de terminado el devanado, se pulveriza con barniz resistente al aceite. Los detectores de temperatura de las ranuras están situados en el espacio entre dos bobinas.

15. Cubierta de devanados: el devanado se protege por cubiertas de fibra de vidrio moldeadas y autoextensibles están montadas entre la carcasa y las placas que van encima de la araña del soporte superior; su diseño incrementa la eficiencia del flujo de aire al generador.

16. Circulación del Aire: Dos ventiladores axiales opuestos, montados en el anillo base del rotor, forzan el aire a través de los polos y sale a la carcasa del estator por los conductos del núcleo. Una parte del aire va a través de los canales paralelos a los devanados superiores del estator por agujeros en la parte superior del estator y en los anillos base. Considerando la longitud del núcleo del estator es necesario refrigerar las partes centrales.

Por esto durante el apilado del anillo base del rotor se hace uno o más canales para el aire. Entradas especialmente formadas en la parte superior e inferior de las placas centrales del rotor dejan pasar el aire a estos canales a través de los polos, saliendo al núcleo del estator.

Enfriadores de aire refrigerados por medio de agua, colocados alrededor de la carcasa del estator, enfrían el aire que circula por ellos, al espacio entre el generador y la carcasa. El aire enfriado vuelve a entrar en el generador por la parte superior e inferior del estator.

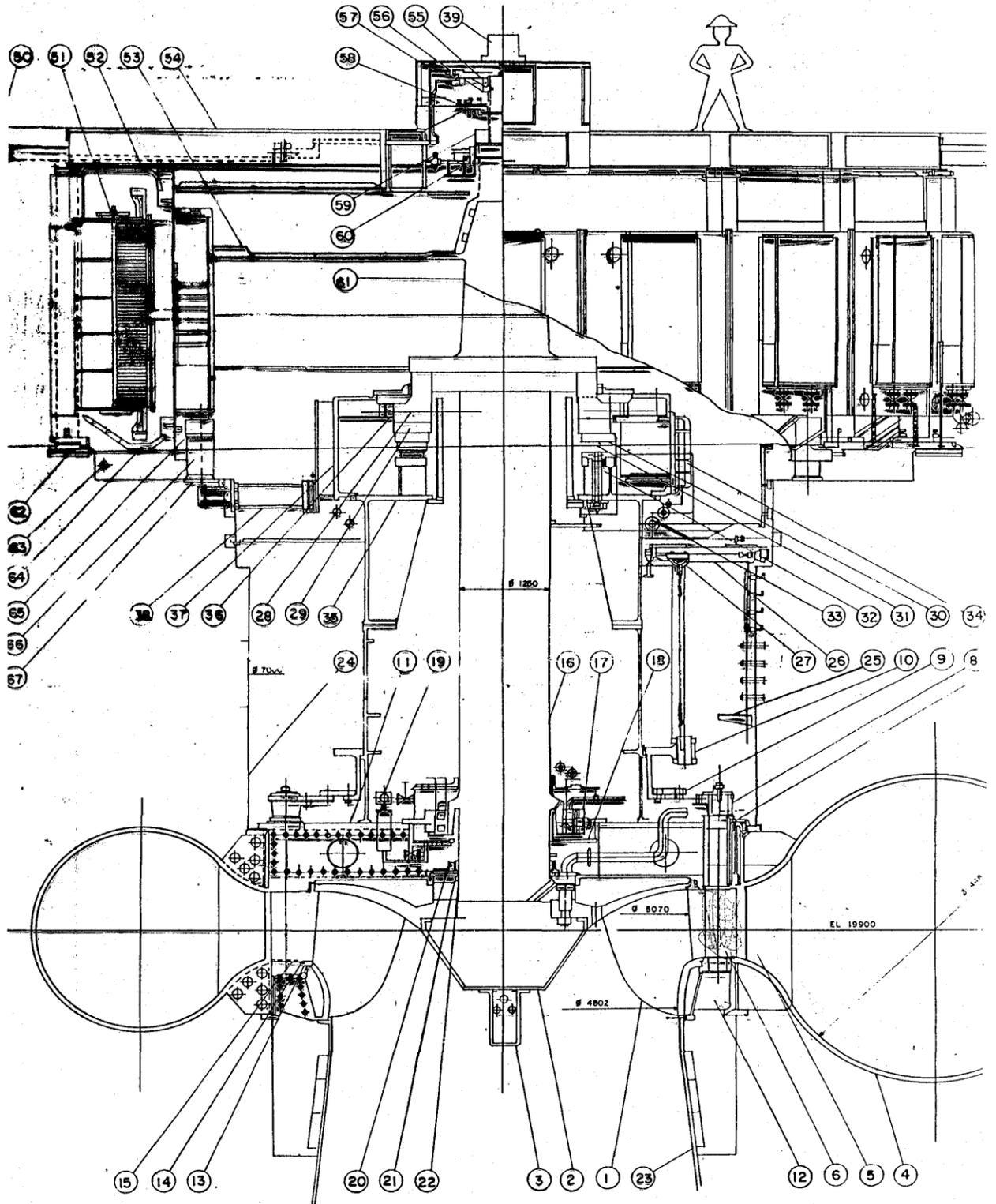
17. Intercambiadores de calor: los intercambiadores de calor o enfriadores de aire, son elementos que están montados sobre abertura en la superficie exterior del estator y están conectados por medio de una válvula de cierre a la tubería del agua de refrigeración. Están dimensionados para permitir que el generador opere con seguridad a la potencia nominal, aún con un enfriador fuera de servicio y el agua de refrigeración a la temperatura específica.

Los tubos de refrigeración están hechos de Cu-Ni/70-30, con aletas de refrigeración de aluminio y se sostienen en un marco de acero entre las placas tubulares de latón. El agua de refrigeración es distribuida a los tubos en travesaños desmontables de acero cubiertos de plástico y galvanizado al calor. Una junta resistente al aceite va insertada entre las placas tabulares y los travesaños.

18. Válvulas: las válvulas nos permiten controlar el flujo de agua y aislar los enfriadores para el mantenimiento. Las válvulas deben ser de un funcionamiento seguro, de cierre rápido y hermético.

19. Gatos de frenado: el equipo de frenado o gatos de frenado, es un sistema que se emplea en los generadores hidroeléctricos para parar la maquina en el menor tiempo posible. La razón de frenar el alternador es la siguiente: las chumaceras están calculadas para la velocidad de sincronismo, por ello es necesario que la maquina frene en un tiempo corto, ya que a bajas velocidades puede desgastarse el eje que esta sobre las chumaceras.

El frenado y levantado del rotor se efectúa por medio de una cantidad de 8 gatos de frenado montados sobre los cimientos del foso del generador. En la operación de frenado los cilindros de los gatos que están conectados en serie, son accionados por aire comprimido a presión ascendiendo hasta ponerse en contacto con la pista de frenado del rotor lo que provoca fricción y en consecuencia frenado.

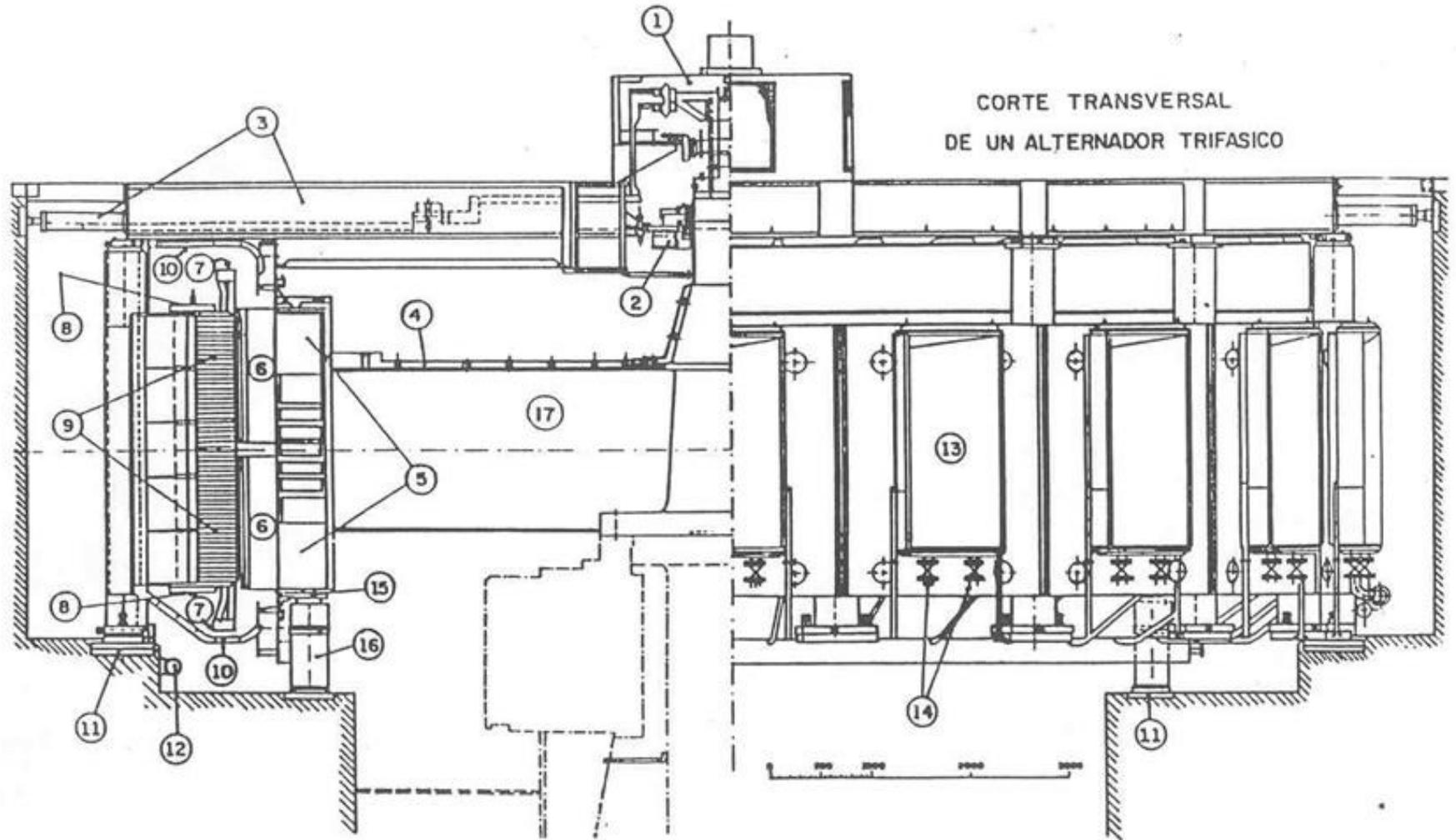


TURBINA

1. Rodete	14. Tapa del anillo de desgaste	27. Garrucha
2. Cono del rodete	15. Placa de revestimiento	28. Collar de la chumacera de carga
3. Tubería de aereación	16. Flecha de turbina	29. Collar de carga
4. Carcaza del espiral	17. Chumacera guía turbina	30. Segmento de la chumacera de carga
5. Antedistribuidor	18. Recipiente de aceite	31. Disco de la chumacera de carga
6. Distribuidor	19. Nivel del switch del flotador	32. Tubo de compresión
7. Portabuje	20. Estopero	33. Tapa
8. Brazo del servomotor	21. Sello de parada	34. Enfriador de aceite de la chumacera de empuje
9. Eslabón del servomotor	22. Camisa de la flecha	35. Soporte de la chumacera
10. Anillo de operación del servomotor	23. Tubo de succión	36. Chumacera guía intermedia
11. Tapa superior turbina	24. Forro del foso de turbina	37. Tanque de aceite de la chumacera de empuje
12. Soporte inferior	25. Pasillo	38. Soporte de la chumacera de empuje
13. Anillo de desgaste	26. Puente grúa	39. Switch de sobrevelocidad

GENERADOR

50. Placa de cimentación para el soporte de cruceta	57. Terminales de excitación	64. Cubierta inferior y pantallas para el aire
51. Estator	58. Generador de imanes permanentes y rueda dentada	65. Equipo de frenado
52. Cubierta Sup.y pantallas para el aire	59. Terminales del rotor	66. Pedestal del gato de frenado
53. Rotor	60. Chumacera guía superior	67. Placa de cimentación del pedestal del gato.
54. Araña Sup.y cubierta de lámina	61. Flecha del generador	68. Tubería de los enfriadores de aire
55. Colector	62. Placa de cimentación del estator	
56. Porta escobillas	63. Calefactor	



- 1.- ANILLOS ROZANTES Y ESCOBILLAS
- 2.- CIUMACERA GUIA
- 3.- SOPORTE CIUMACERA
- 4.- BARRAS DE EXCITACION
- 5.- LAMINADOS ROTOR
- 6.- POLOS

- 7.- DEVANADO DEL ESTATOR
- 8.- PLACAS DE PRESION
- 9.- LAMINADO DEL ESTATOR
- 10.- CUBIERTAS DE DEVANADOS
- 11.- SOPORTE DEL ESTATOR
- 12.- RESISTENCIAS CALEFACTORAS

- 13.- INTERCAMBIADORES DE CALOR
- 14.- VALVULAS
- 15.- PISTA DE FRENADO
- 16.- GATO DE FRENADO
- 17.- ARAÑA

2.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GENERADOR U-1



DATOS DE PLACA			
Tipo	Trifásico GG 6408 EU	Velocidad	163,64 RPM
Número de fabricación	6664775	Frecuencia	60 Hz
Año de fabricación	1978	Clase aislamiento	F
Potencia aparente	300000 KVA	Servicio	Continuo
Potencia nominal	17000V	Excitación	340 V 1840 A
Corriente nominal	11717 A	Norma	ANSI C 50.10-1965
Factor de potencia	0.95 Cos 1	Protección	IP 21

Generador síncrono trifásico, con resfriamiento por aire en circuito cerrado, eje vertical acoplado por una turbina Francis con un cojinete de guía y empuje colocado en el fondo de la turbina debajo del rotor y un cojinete de guía superior instalado en la ménsula superior encima del generador.

Niveles de temperatura: Los niveles de temperatura están dados para una temperatura ambiente de 40 °c y con una temperatura el agua de enfriamiento a 23 °c.

Las temperaturas están medidas:

-En el estator; por medio de sondas RTD (resístanse termal detector) colocadas entre las barras del bobinado del estator.

-En el rotor; por variación de la resistencia del bobinado del rotor.

Estator y bobinado

La carcasa es una soldadura soldada, fabricada en 4 secciones ensamblada con pasadores y tornillos en el sitio. La carcasa esta provista en su parte superior e inferior con tornillos y pasadores para la fijación respectivamente, a la cruceta superior y a los asientos que están embebidos en el concreto.

El diseño de dichos ligaciones permite la libre dilatación del estator resultado del aumento de temperatura.

Circuito magnético

El circuito magnético está formado por un apilado de segmentos de chapas según en 10106 de espesor 0.50 mm. Los segmentos están esmaltados en ambas caras, el apilado se hace en paquetes separados por distanciadores de perfil I, en acero no magnético a fin de constituir canales de ventilación.

El apriete axial del circuito magnético está asegurado por medio de segmentos de apriete en acero con dedos de acero no magnético y por tirantes con sus tornillos que pasaran a través del circuito no magnético.

Bobinado del estator

El arrollamiento es de tipo imbricado de 2 bobinas por ranura, cada bobina tiene su propia envoltura aislante realizada por encintado continuo.

Cada barra de tipo roebel, está constituida por un ensamblaje de conductores elementales aislados por un revestimiento en tejido de vidrio impregnado de resina epoxi. Se transponen convenientemente a la altura del circuito magnético de manera de presentar toda la misma reactancia en el campo de fuga transversal de la ranura, asegurando así un reparto uniforme de corriente entre ellos.

El aislamiento de estas barras es de clase f, se hace siguiendo el procedimiento MICADUR® (procedimiento único de aislación, donde el 100% del devanado es impregnado en vacío) .por encintado continua de la barra en toda su longitud, por un tejido de vidrio soportando una capa de mica y después de haber extraído en vacío toda materia volátil está impregnado resina epoxi

Modificado sin solvente a temperatura ambiente bajo presión y polimerizada a alta temperatura.

Las barras están ajustadas firmes en la ranura. Los posibles juegos entre las barras y su ranura están rellenos por medio de una cinta semi-conductora adaptable permitiendo el apriete mecánico y la masa eléctrica. La parte derecha de las barras en contacto con el circuito magnético esta revestida con una cinta conductora y una parte de las envolventes con una protección corona.

En sus extremidades, las barras están conectadas entre ellas por soldado. El aislamiento de los bucles queda asegurado por unas serie de capuchas en resina epoxi armada de fibra de vidrio y por una resina epoxi de relleno.

Las dos barras de una ranura están distanciadas entre ellas en el hierro por separadores aislantes y mantenidas por cuñas de vidrio epoxi de pequeña longitud.

Fuera del circuito magnético, los cabezales de bobinas están separados unos de otros y mantenidos entre ellos por calas aislantes y una cuerda circular impregnada de resina. El conjunto esta soportado a la parte superior por medio de cuñas de forma adaptada introducida en el espacio entre dos barras y los dedos de apriete del circuito magnético.

Características del bobinado del estator

- Tipo: roebel barra
- Cantidad de circuitos paralelos:4
- Cantidad de ranura: 360
- Cantidad de ranuras sobre/polo/fase:3
- Intensidad por ranura : 5094 A

Ranura

- Sección 176*23,2 mm
- Cantidad de conductores elementales por camada:37
- Cantidad de camadas por barra:2
- Sección del conductor elemental:1,6 x 7,5

Características principales de las turbinas (primera etapa).

Tipo	Francis
Numero de turbinas	3
Potencia nominal	310 MW
Altura de salto neto nominal	179.000 m
Caudal nominal	192,52 m ³ /s
Velocidad nominal de sincronismo	163,0 rpm
Sobre velocidad máxima	334,5 rpm
Frecuencia	60 Hz
Nivel de eje distribuidor	199,00 M.S.N.M.

Características principales del generador.

Potencia aparente nominal	300 000 KVA
Potencia aparente máxima	330 000 KVA
Factor de potencia	(cos ϕ) 0.95
Frecuencia	60 HZ
Tensión nominal	17 000 V
Intensidad nominal	10189 A
Velocidad nominal	180 min – 1
Velocidad de embalamiento máximo	332 min – 1

Vista desde arriba, la unidad gira en el sentido de las manecillas del reloj.

La mayor capacidad de la turbina se obtiene con la mayor caída de aguas de 185m.

TABLA GENERAL DE ESPECIFICACIONES

CENTRAL HIDROELECTRICA		PRESA	
TIPO		TIPO	
SUBTERRANEA		ENROCAMIENTO CON CORAZON IMPERMEABLE EN ARCILLA	
CAPACIDAD INSTALADA	2400 MW	ALTURA	265 M
NUM. DE UNIDADES	8 (300 MW)	VOLUMEN TOTAL	141.51 X 10 ⁶ M ³
TURBINA	TIPO FRANCIS		
CAUDA NETA	186 M	APACIDAD DE EMBALSE	1680 X 10 ⁶ M ³
VELOCIDAD (RPM)	1a ETAPA 163.64	AREA	26,039 KM ²
	2a ETAPA 180.00	CAUDAL	376.00 M ³ /S
GENERADORES	315.790 KVA	N.A.M.I.N.O	380.00 M.S.N.M
TIPOS DE GENERACIÓN	17 KV	N.A.M.O	392.50 M.S.N.M
		ELEVACION CORONA	402 M.S.N.M
TENSION DE TRANSMISIÓN	400 KV	GENERACION MEDIO ANUAL	5580 GWH
PERIODO DE CONSTRUCCIÓN:	PRIMERA ETAPA: 1975 - 1980		
	SEGUNDA ETAPA: 2000 - 2004		

2.6 MANTENIMIENTO DE GENERADORES HIDROELECTRICOS

GENERALIDADES

El mantenimiento son las actividades que se realizan a una unidad (turbina-generador) de acuerdo a sus trabajos de operación y somatología para devolver a la unidad sus condiciones nominales de operación (datos de placa) dichas actividades se pueden realizar en línea o fuera de línea, para lo cual no requiere desmontar la unidad. La reparación de los elementos principales tanto de la turbina como del generador se hacen en sitio y el relacionamiento es menor.

Por motivo de que los generadores se encuentran en constante actividad, este sufre deterioro en sus diversas partes componentes, por lo que es necesario restituir sus condiciones a valores permisibles para que pueda seguir operando sin riesgo.

Las constantes variaciones de temperatura, operar con altas temperaturas, la vibración continúa, los esfuerzos mecánicos, sobre corrientes y sobre tensiones que se producen durante las fallas, contaminación de polvo combinado con vapores de aceite o vapores químicos de otra índole, la humedad en el circuito de aire, fugas de agua en los circuitos de enfriamiento, etc., son factores que en forma aislada o combinada provocan el deterioro paulatino de las condiciones;

traduciéndose en; envejecimiento del aislamiento derivados de operar a altas temperaturas y frecuente cambios de temperatura; fallas en los devanados al disminuir la resistencia del aislamiento a valores tan bajos cuando la humedad en el circuito de enfriamiento es tal que no soporta la tensión normal; Esfuerzos mecánicos, sobre corrientes y sobre tensiones que provocan que fallen los devanados ya sea en su conductor o en su aislamiento, descargas luminosas de efecto corona cuando se producen sobre voltajes que deterioran la vida del aislamiento, aflojamiento de cuñas, soportes, amarres provocados por una o varias de las condiciones; aflojamiento de tornillos, tuercas o soldaduras de las diferentes partes componentes, etc.

2.6.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen tres tipos de mantenimiento, los cuales están en función del momento en que se realizan y son presentados a continuación:

Mantenimiento preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Mantenimiento correctivo: Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- -Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Mantenimiento predictivo: Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento

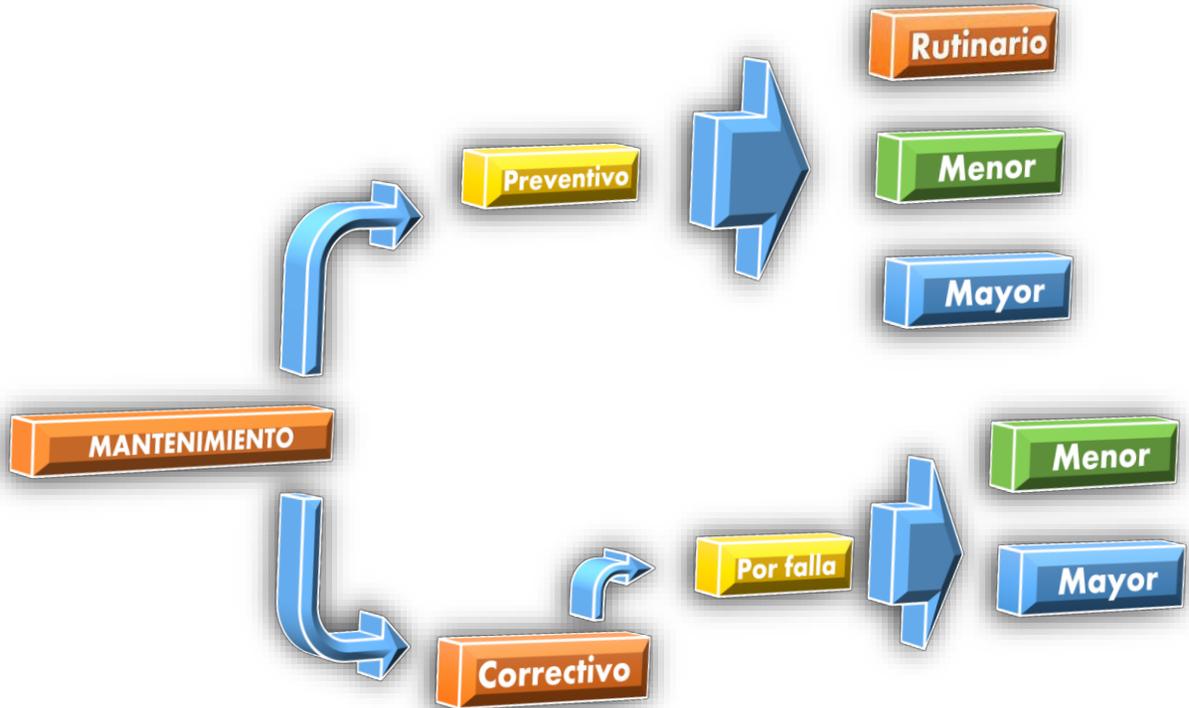
CLASIFICACIÓN:

Mantenimiento Rutinario: Es aquel que se efectúa diariamente. Se controla mediante la hoja de Reporte Diario de Actividades. Este control tiene por objeto tener una información real de la historia de cada uno de los equipos instalados a los que se haya ejecutado una reparación importante. Este tipo de mantenimiento rutinario será el que se ejecute en periodos normales de jornadas de trabajo sin sacar la unidad más de 8 horas dejando disponible la unidad antes de la hora pico, hora en que “Operación sistema” (CENACE) requiere la disponibilidad de las máquinas de las Centrales interconectadas.

Mantenimiento Menor :Es aquel mantenimiento que se realiza con el equipo fuera de línea pero que sí requiere del desarmado y/o sustitución y/o rehabilitación de partes de la Unidad incluyendo el mantenimiento General a todo el equipo involucrado con la operación de la Unidad y es también considerado realizarlo cuando se presenta una irregularidad en las condiciones normales de operación de la misma unidad y causan disminución súbita de su potencia de generación, ya que la reparación del daño implica un costo extra.

Mantenimiento mayor: Este mantenimiento es programado anualmente de acuerdo con CENACE y es aquel en el que la disponibilidad de las Unidades es afectada en un 100%.- Su programación se hace basándose en las recomendaciones y especificaciones de los fabricantes y sus horas de operación, implicando desmontaje de piezas principales. En vista de los grandes gastos que se erogan por materiales, persona extra, estos mantenimientos requieren salida de la unidad por lapsos prolongados y una autorización de trabajo que es tramitada por Oficinas Regionales, que al mismo tiempo tomará nota para un presupuesto anual.

DIAGRAMA 1.1 CLASIFICACION MANTENIMIENTOS



Las 8 unidades generadoras de la C.H Manuel Moreno Torres, se dividen en 2 etapas, las unidades 1, 2, 3, 4,5 de la primera etapa y 6, 7,8 de la segunda etapa. A continuación se observa las horas de operación después de la puesta en servicio de la segunda etapa que fue en diciembre del 2004.

CAPITULO III

DESARROLLO

3.1 MANTENIMIENTO MAYOR DEL GENERADOR U-1 .- inicio de la libranza

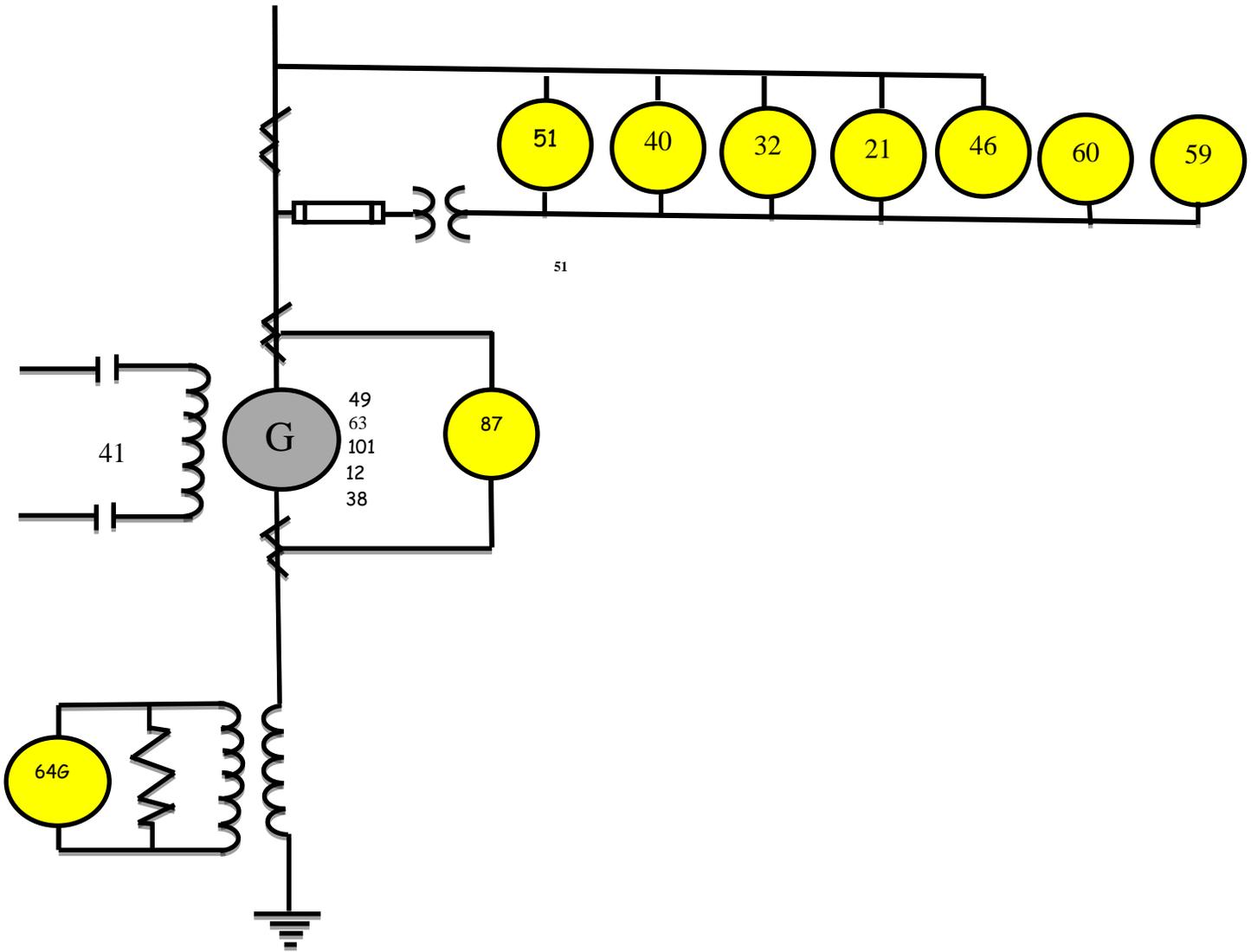
Se inició el mantenimiento mayor de la unidad1 lo primero que se realiza es lo siguiente.

1. Verificar que operación sistema haya autorizado la licencia de la unidad
2. Solicitar autorización al operador con licencia local del equipo a efectuar
3. Verificar que el operador haya colocado las tarjetas de licencia respectivas a la unidad.

4. Antes de efectuar cualquier trabajo extraer de su cuna dejando en posición fuera del interruptor de servicios propios de la unidad respectiva.
5. Bajar alimentaciones de corriente directa de interruptores termo magnético respectivo del tablero de corriente directa de 250 VCD, ubicado en la sala de tableros, correspondiente de la unidad a efectuar el mantenimiento.
Las cuales tienen las siguientes funciones:
 - a) Alimentación a la quebradora de campo
 - b) Detector de temperatura en el transformador de excitación
 - c) Línea de relevadores de excitación y motor carga del resorte
 - d) Una vez verificado estos puntos se procede hacer cierre de las 2 compuertas de desfogue, se cierra para vaciar la tubería de desfogue de la turbina, por razones de seguridad; al cerrarse impide que el río inunde dicha tubería, seguidamente se desconectan la alimentación trifásica del motor de la compuerta de obra de toma en este caso serían la compuerta 1 y 6 para la unidad 1

6. *Compuerta obra de toma:* Es una compuerta que se desliza verticalmente entre dos ranuras y sirve para detener las aguas, dejarlas correr o regular su gasto en una instalación hidráulica.

3.2 DIAGRAMA DE PROTECCIONES PRINCIPALES DE UN GENERADOR



Debido a las diferentes características de los generadores estos deben tener esquemas de protección diferente a los que normalmente se emplean para otros equipos del sistema eléctrico. Las fallas en un generador son invariablemente de carácter permanente y las reparaciones del mismo requieren un mayor tiempo e involucran gastos adicionales a continuación se describen los esquemas de protección utilizados habitualmente para el resguardo del generador.

3.3 Protección Diferencial del Generador (87G)

Una falla de fase en el devanado del estator del generador siempre es considerada como seria, debido a las altas corrientes encontradas y el daño potencial a los devanados de la máquina, así como a las flechas y el acoplamiento.

Los largos tiempos de reparación para maquinas severamente dañadas pueden ser muy costosos por consiguiente también generan altos costos por reemplazo de potencia mientras la maquina esta fuera de servicio. Por lo tanto es muy importante minimizar el daño debido a las fallas en el estator.

Para agravar esta situación, la corriente de falla en un generador fallado no se interrumpe cuando el campo del generador es disparado el generador es separado del sistema, la energía almacenada en el campo continuara alimentando corriente de falla por varios segundos.

El uso de métodos de rápida des excitación puede ser justificable para producir el decremento rápido de las corrientes de falla, normalmente se usa un relé diferencial de alta rapidez para detectar fallas trifásicas, de fase a fase y de doble fase a tierra, las fallas de una fase a tierra no son normalmente detectadas por los relés diferenciales de máquinas a menos que su neutro este puesto a tierra sólidamente o con baja impedancia mientras un relé diferencial no detectara una falla entre espiras en la misma fase debido a que la corriente que entra y sale del devanado no cambiara.

Normalmente la protección de fallas de fase del estator del generador no necesita ser relacionada con inrush como un esquema de protección de transformador, puesto que la tensión del generador es creada lentamente cuando el campo es aplicado.

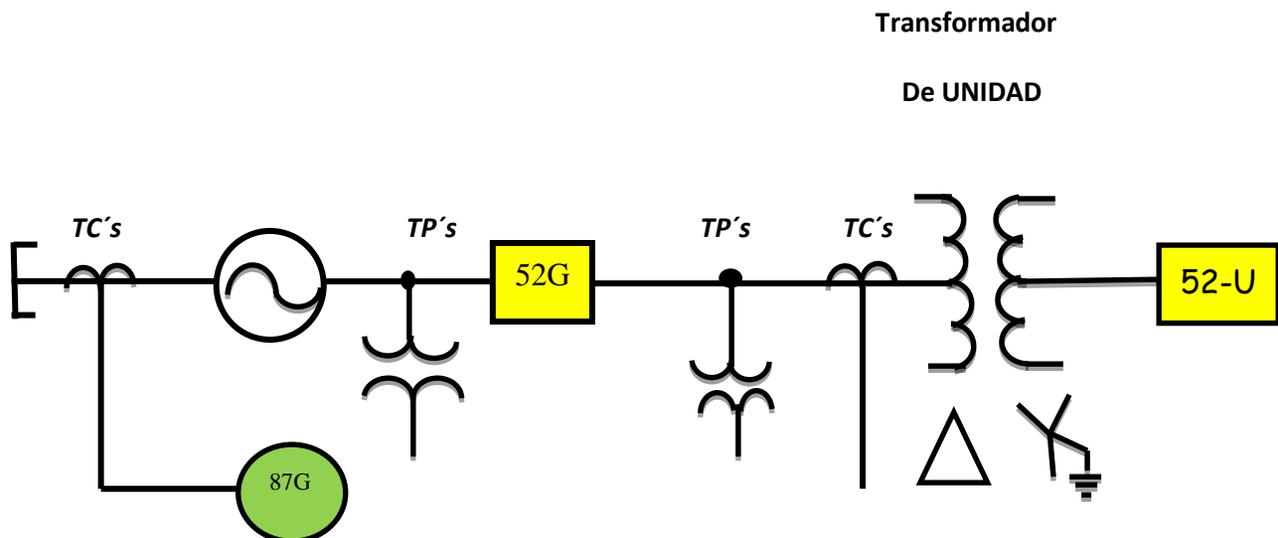


FIG.3.1.1 FIG. CONEXIÓN DE LA PROTECCION DIFERENCIAL DEL GENERADOR (87G)

3.4 Protección contra fallas a tierra en el estator del Generador (64G)

El esquema de protección más ampliamente usado en sistemas puestos a tierra con alta impedancia, consiste de un relé de sobretensión con retardo de tiempo conectado a través del resistor de puesta a tierra para sensar tensión de secuencia cero.

Estos esquemas aunque adecuados, solo proporcionar protección sensible para únicamente alrededor del 95% del estator esto es debido a que la falla en el 5% restante del devanado, cerca del neutro no causara suficiente tensión, residual de 60 Hz para operar estos relés. Es importante proteger todo el generador con un sistema de protección de falla a tierra adicional de tal forma que se cubra el 100% del devanado.

Las componentes de tensión de tercera armónica están presentes en las terminales de casi todas las maquinas en diferentes grados; se presentan y varían debido a las diferencias en el diseño y fabricación.

Para una falla cercana al neutro, el nivel de tensión de tercera armónica en el neutro disminuye, por lo tanto un relevador de baja tensión que operan a partir de la tensión de tercera armónica medido en el extremo del neutro es usado para detectar las fallas cercanas al neutro.

Las fallas a tierra en el resto de los devanados serán detectadas por la protección de fallas a tierra la combinación de ambos relés proporcionan protección al 100% del devanado del estator

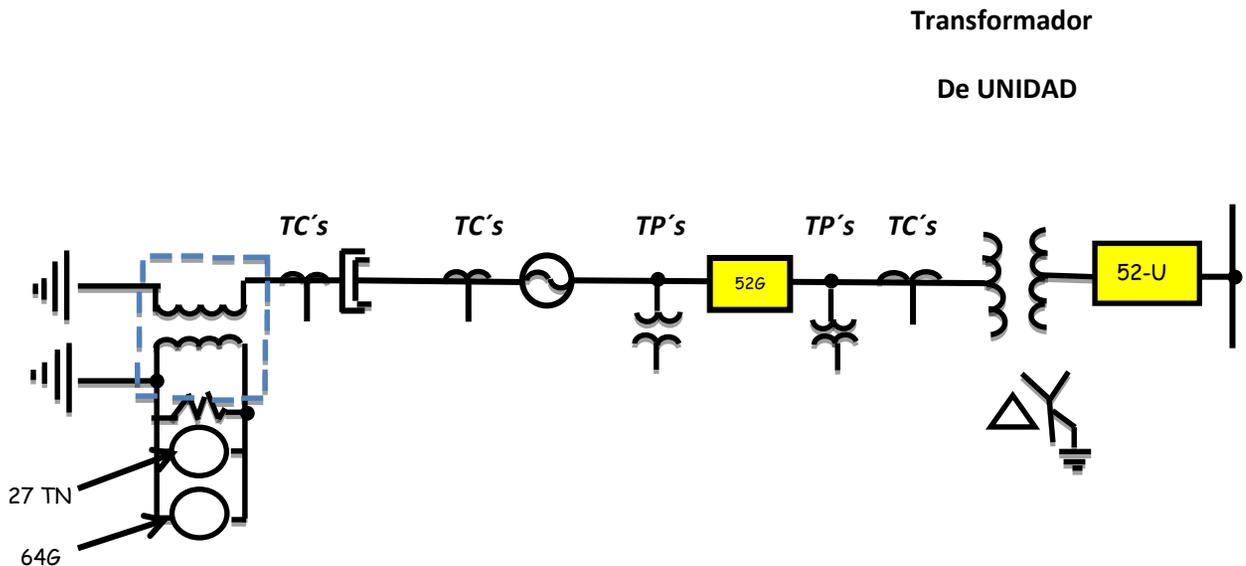


FIG.3.1.2 CONEXIÓN DE LA PROTECCION CONTRA FALLAS A TIERRAS EN EL ESTATOR DEL GENERADOR (64G)

3.5 Protección contra pérdida de campo (40G)

La pérdida parcial o total de campo de un generador síncrono es perjudicial tanto al generador como al sistema de potencia al cual está conectado. Esta condición debe ser detectada rápidamente y el generador debe ser aislado del sistema, si esta condición no es detectada, puede tener un impacto devastador sobre el sistema de potencia, causando una toma sustancial de la misma.

En generadores grandes esta condición puede contribuir o incluso provocar, un colapso de tensión en una gran área del sistema, si el sistema de excitación se pierde o es reducido, el generador absorberá VARS del sistema, en lugar de suministrar y operar en la región de subexcitación. Si ocurre una pérdida total del campo en el sistema puede suministrar suficiente potencia reactiva sin una gran caída de tensión terminal, el generador puede operar como un generador de inducción; si no es así se perderá el sincronismo.

El cambio del generador desde la operación normal (sobreexcitación), hasta la condición de pérdida de campo (subexcitado), no es instantáneo. Esto ocurre en un cierto periodo de tiempo generalmente en algunos segundos dependiendo de la carga del generador y la capacidad del sistema conectado.

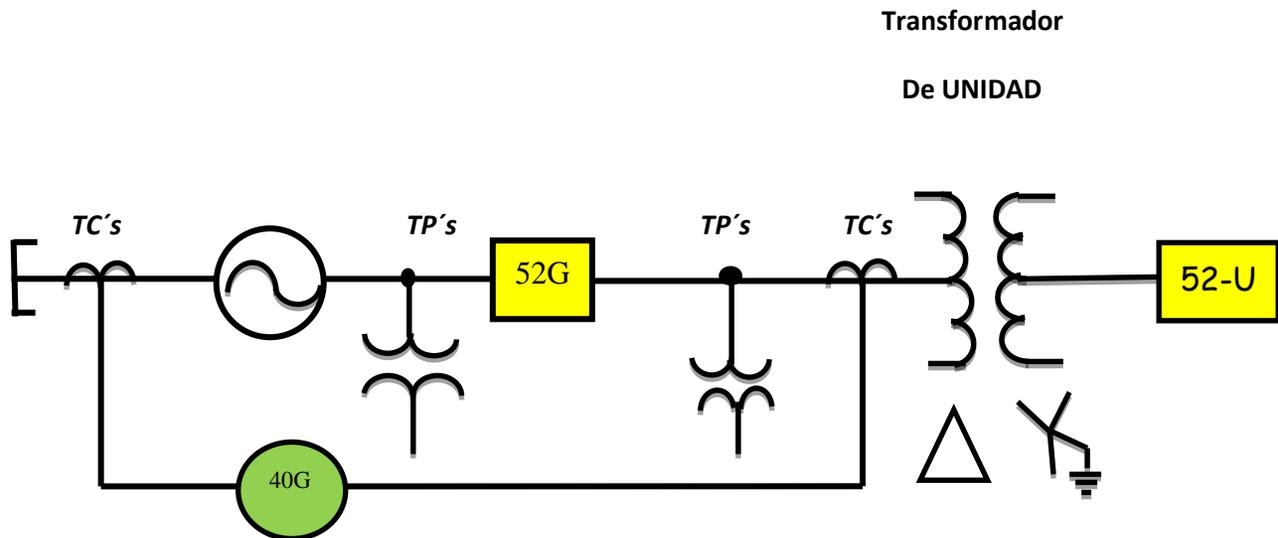


FIG.3.1.3 CONEXIÓN DE LA PROTECCION CONTRA PERDIDA DE CAMPO (40G)

3.6 Protección contra fallas a tierras en el campo (64F)

El circuito de campo de un generador es un sistema de C.D no puesto a tierra, una sola falla a tierra generalmente no afectara la operación de un generador ni producirá efectos de daño inmediato, sin embargo, la probabilidad de que una segunda falla a tierra ocurra es mayor después de que la primera falla a tierra ha ocurrido.

Cuando se tiene una segunda falla a tierra, una parte del devanado de campo estará corto circuitado produciendo por lo tanto flujos desbalanceados en el entre hierro de la máquina. Los flujos desbalanceados producen fuerzas magnéticas desbalanceadas las cuales dan como resultado vibración y daño de la máquina, una tierra en el campo también produce calentamiento del hierro del rotor debido a las corrientes desbalanceadas.

Dentro de la industria de las prácticas de disparo para relés de tierra en el campo no están bien establecidas, algunas empresas disparan, mientras que otros prefieren alarmar, arriesgando así tener una segunda falla a tierra y mayor daño, Existen varios métodos de uso común para detectar tierras en el campo del rotor.

Una tierra en cualquier punto del campo causara que el relé opere, se usa escobilla para aterrizar la flecha del rotor puesto que la película de aceite de los cojinetes puede insertar superficie resistencia en el circuito, de forma que el relé podría no operar para una tierra en el campo, un retardo de tiempo de 1.0 – 3.0 segundos es normalmente usado con este relé.

Un segundo método usado para detectar tierras en el circuito de campo, usa un divisor de tensión y un relé sensible de sobretensión entre en el punto de medio del divisor y tierra. Una tensión máxima es impuesta al relé por una tierra en el lodo positivo o negativo del circuito de campo, Sin embargo, existe un punto ciego entre positivo y negativo en el que una falla a tierra no producirá una tensión a través del relé.

Este relevador está diseñado para superar el problema usando un resistor no lineal (varistor) en serie con una de las dos resistencias (la resistencia del varistor varia con la tensión aplicada). En el divisor de tensión, el divisor es dimensionado de tal forma que el punto ciego del devanado de campo está en el punto medio del devanado cuando la tensión del excitador esta o tensión nominal. Los cambios en la tensión del excitador moverán el punto ciego centro del devanado del campo.

El método inyección de baja frecuencia, ha sido ampliamente usado en Europa con gran éxito una señal cuadrada de +-15, es aplicada al campo atreves de un acoplador de tierra, la señal de retorno del voltaje es modificada debido a la capacitancia del devanado de campo la frecuencia de la señal es ajustada (0.1 a 1.0 Hz) para compensar la capacitancia del devanado del campo comparado la señal de voltaje de entrada y salida, el relevador calcula la resistencia del devanado de campo.

El propósito del circuito acoplador es aislar el alto nivel de voltaje del campo, del amplificador de la señal cuadrada, la resistencia a tierra del rotor (campo) y la resistencia del acoplador, dividen la señal del voltaje inyectada, como un divisor de voltaje. El voltaje proporcional a la resistencia del campo a tierra, es retroalimentada al relevador digital a través de acoplador.

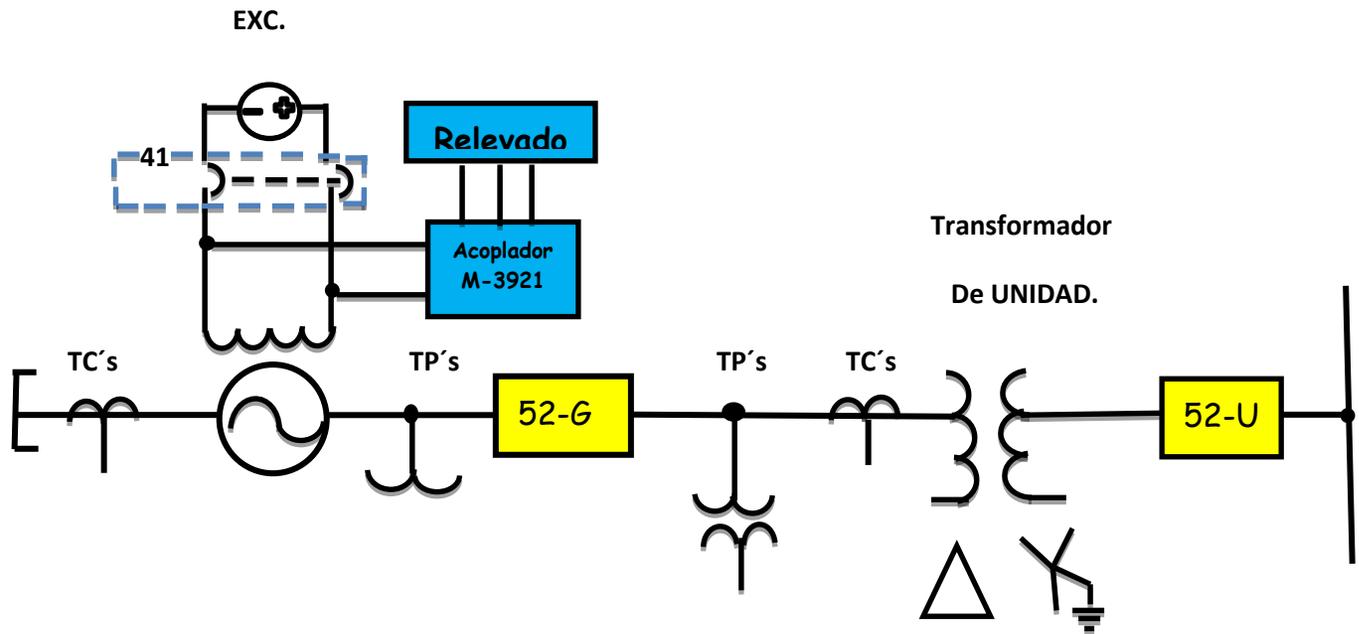


FIG.3.1.4 CONEXIÓN DE LA PROTECCION CONTRA FALLAS A TIERRA EN EL CAMPO (64F)

3.7 Protección contra temperatura alta en el estator (49G)

Se proveen diversos tipos de protección térmica del estator y su devanado, para diferentes situaciones:

- sobre carga del Generador.
- Falla del Sistema de Enfriamiento.
- Localización de puntos calientes en las laminaciones debidos a falla de aislamiento.

La capacidad de salida de un generador se expresa en términos de KVA, disponibles en los terminales del generador, a una frecuencia, voltaje y factor de potencia específicos.

En general, los generadores pueden operar sin ningún problema, ha potencia, frecuencia y factor de potencia nominales, para una variación de $\pm 5\%$ de su voltaje nominal, bajo condiciones de emergencia, es posible exceder la capacidad de potencia nominal del generador, por tiempo cortos de acuerdo con la norma IEEE C50.13-2005, la capacidad térmica del embobinado de la armadura por tiempo corto.

El relevador cuenta con un elemento instantáneo, y un elemento de T.I. que cuenta con una característica extremadamente inversa .una alarma de sobrecarga es deseable ya que le daría la oportunidad al operar de bajar carga en forma ordenada. Esta alarma no debe actuar para fallas externas, y debe estar coordinada con la protección de sobrecarga del generador, si está disponible.

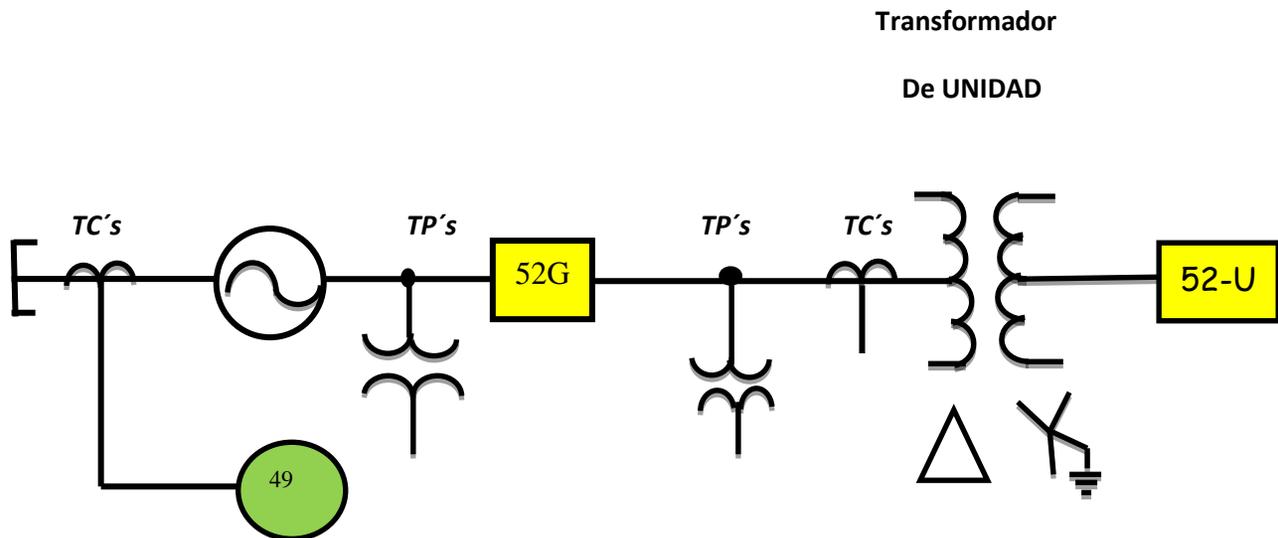


FIG.3.1.5 CONEXIÓN DE LA PROTECCION CONTRA TEMPERATURA ALTA EN EL ESTATOR (49G)

3.8 Protección contra sobrevoltaje en el generador (59G)

Una condición de sobrevoltaje puede ocurrir sin que se excedan los límites de V/Hz del generador, en general este problema se presenta en las turbinas hidráulicas, donde debido a un rechazo de carga la velocidad puede llegar al 200%

Bajo esta condición la sobreexcitación no será excesiva, pero la magnitud de voltaje puede ser mayor al límite permisible de la máquina.

El relevador de V/Hz del generador no puede detectar una condición de alto voltaje, por lo que un relevador para esta condición es necesario.

La sobre velocidad originada por perdida de carga o desperfectos es el regulador de tensión producen sobretensiones, toda sobre tensión asociada con una sobrevelocidad será controlada por el regulador automático de velocidad. No obstante en las unidades hidráulicas el flujo de agua no puede ser interrumpido o deflectado tan rápidamente y puede originarse una sobrevelocidad, en el caso de que la excitatriz se encuentra acoplada directamente a la máquina, la tensión atiende a crecer casi con el cuadrado de la velocidad.

El pickup debe ser ajustado arriba de la máxima tensión de operación normal, el relevador puede tener una característica de tiempo inverso o definido para darle oportunidad al regulador de responder a condiciones transitorias antes de que ocurra el disparo. Adicionalmente puede ser aplicado un elemento instantáneo para sobretensiones muy altas.

Es importante que el relé de sobretensión tenga una respuesta plana a la frecuencia, porque pueden presentarse cambios de frecuencia durante un evento de sobretensión.

Esto es de particular importancia en instalaciones hidroelectricas que pueden tener limites en la velocidad de cierre de compuertas, impuesto por la presion hidraulicas en las compuertas de las esclusas.

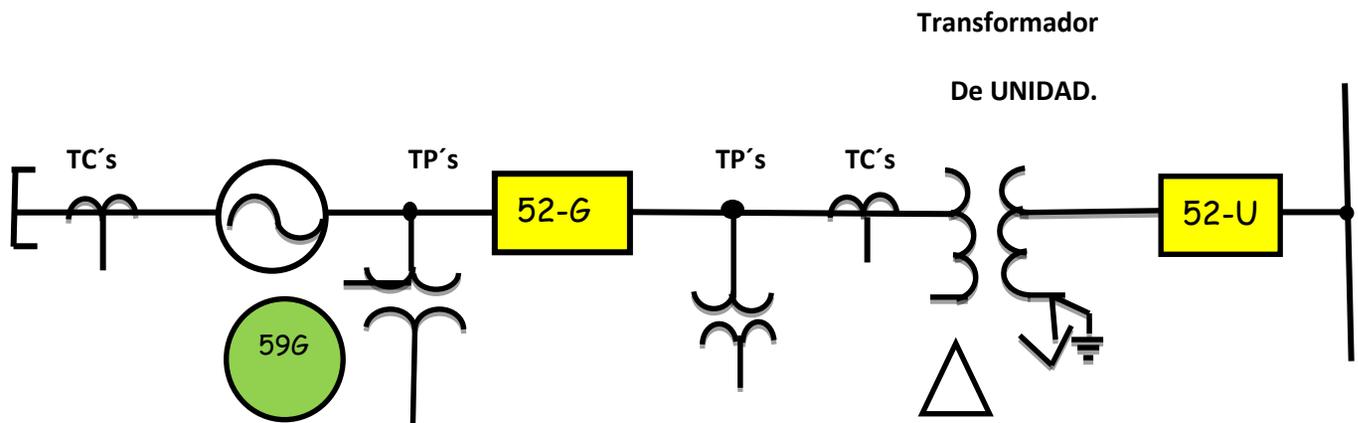


FIG.3.1.6 CONEXIÓN DE LA PROTECCION CONTRA SOBRE VOLTAJE EN EL GENERADOR (59G)

3.9 Protección contra sobre excitación (24)

Las normas ANSI/IEEE establecen que los generadores deben operar exitosamente a KVA nominales para niveles de tensión y frecuencia dentro de límites especificados. Las desviaciones en frecuencia y tensión fuera de estos límites pueden causar esfuerzos térmicos y dieléctricos que pueden causar daños en segundos.

Los relés de sobreexcitación, o V/Hz son usados para proteger a los generadores y transformadores de los niveles excesivos de densidad y flujo magnético. Los altos niveles de densidad de flujo son causados por una sobreexcitación del generador a estos altos niveles, las trayectorias del hierro magnético diseñadas para llevar el flujo normal se saturan, y el flujo comienza a fluir en trayectorias de dispersión no diseñadas para llevarlo

El daño debido a la operación con V/Hz excesivos ocurre más frecuentemente cuando la unidad esta fuera de línea, antes de la sincronización.

Para la protección de V/Hz, existen dos características generales de relevadores usados.

- TIEMPO DEFINIDO
- TIEMPO INVERSO

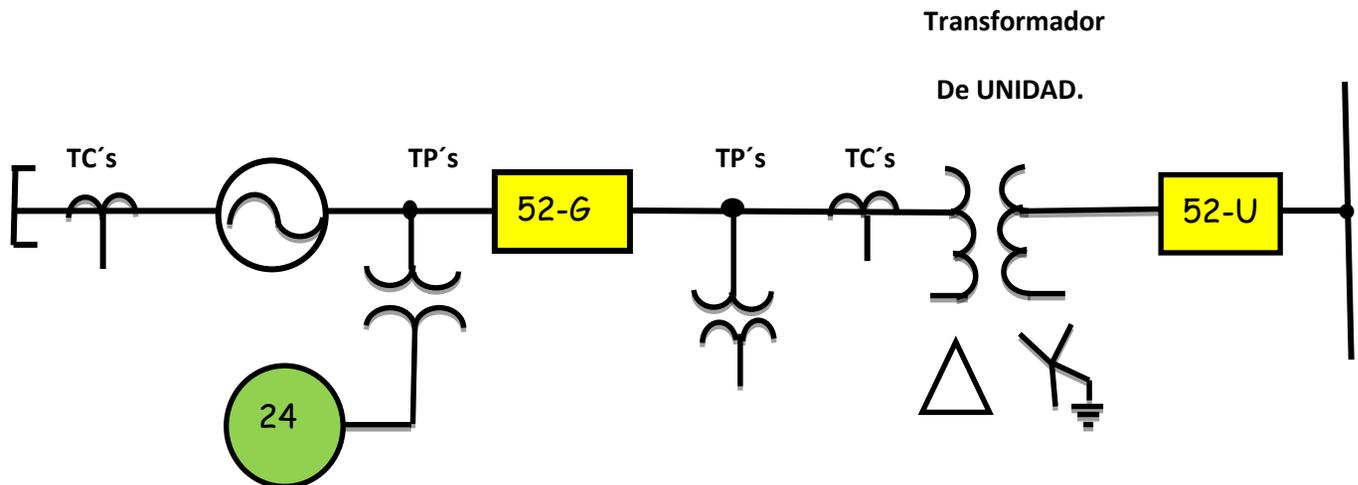


FIG.3.1.7 CONEXIÓN DE LA PROTECCION CONTRA SOBRE EXCITACION (24)

3.10 Protección de sobre corriente de secuencia negativa (46)

Existen numerosas condiciones del sistema que pueden causar corrientes trifásicas desbalanceadas en un generador. Estas condiciones del sistema producen componentes de corriente de secuencia de fase negativa la cual induce una corriente de doble frecuencia en la superficie del rotor.

Estas corrientes en el roto pueden causar altas y dañinas temperaturas en muy corto tiempo, las causas más comunes son las asimetrías de los sistemas (transformadores, elevadores, monofásicos con impedancia diferente o líneas de transmisión no transpuestas). Además de las asimetrías, cargas desbalanceadas fallas desbalanceadas en el sistema, y circuitos abiertos. La mayor fuente de corriente de secuencia negativa es la falla de fase a fase en el generador, la condición del conductor abierto produce bajos niveles de corriente de secuencia negativa relativa a los niveles producidos por las fallas fase- fase o fase a tierra.

El calentamiento por secuencia negativa en generadores sincrónicos es un proceso bien definido en el cual produce límites específicos para operación desbalanceada. EL Método de protección para un desbalance fue desarrollado basado en el concepto de limitar la temperatura a los componentes del abajo del nivel de daño.

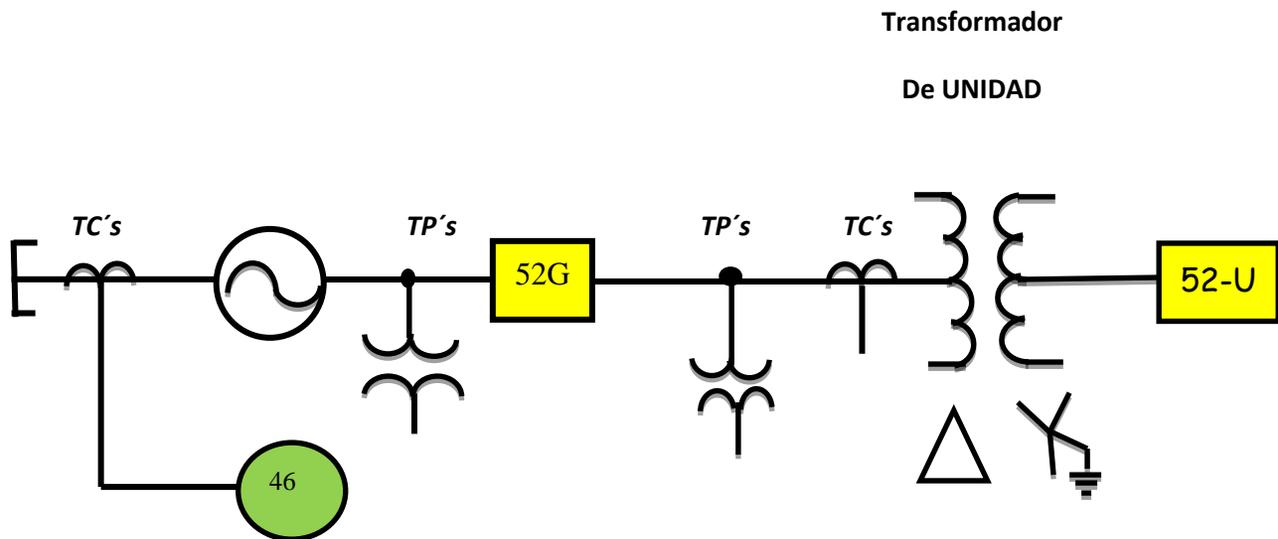


FIG.3.1.8 CONEXIÓN DE LA PROTECCION DE SOBRE CORRIENTE DE SECUENCIA NEGATIVA

3.11 Protección de potencia inversa (32G)

La motorización del generador ocurre cuando la energía suministrada por el motor primario se pierde mientras el generador está en línea, cuando esto ocurre el generador se convierte en motor síncrono, y se mueve al motor primario. Los riesgos que se presentan durante la motorización del generador, son principalmente con el motor primario, el cual puede ser sufrir daño durante esta condición.

La motorización causa condiciones indeseables en turbinas hidráulicas se presenta el fenómeno de cavitación (puede operar como condensador zinc).

Condiciones de motorización intencionales pueden ser permitidas en turbinas hidros para acelerar el rotor durante el proceso de arranque, y operación en modo bomba de almacenamiento (Pump/storage).

Desde el punto de vista del sistema, la motorización se define como el flujo de potencia real hacia el generador, que actúa como motor. Si el interruptor de campo pertenece cerrado, el generador puede permanecer en fase con el sistema y funcionar como motor síncrono. Por el contrario actuara como un motor de inducción.

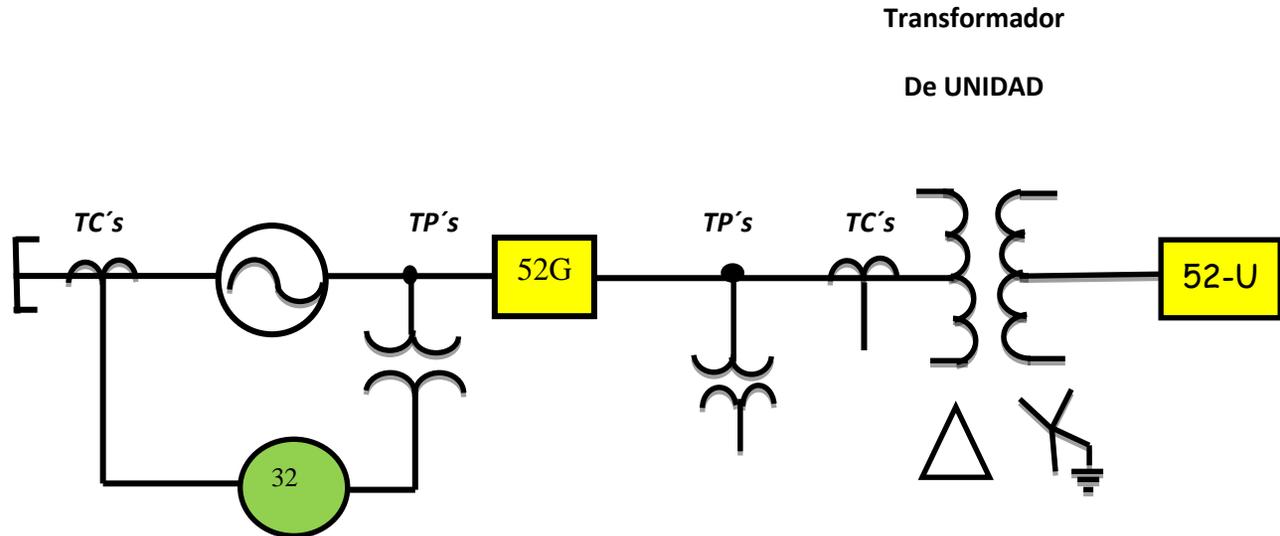


FIG.3.1.9 CONEXIÓN DE LA PROTECCION DE POTENCIA INVERSA (32G)

3.12 Protección de baja frecuencia (81G)

Tanto al generador como la turbina están limitados en el grado de operación a frecuencia anormal que puede ser tolerado. A frecuencias reducidas, se tendrá una reducción en la capacidad del generador.

Las condiciones de frecuencia anormal pueden causar disparos de generadores, que líneas de enlace se abran por sobrecarga o que partes del sistema se separen debido a las oscilaciones de potencia y a la inestabilidad resultante. Esto podría dar como resultado que el sistema de potencia se separe en una o más islas aisladas eléctricamente:

En un sistema de potencia pueden ocurrir dos tipos de condiciones de frecuencia anormal baja frecuencia y sobre frecuencia.

La condición de baja frecuencia ocurre en un sistema de potencia como resultado de una súbita reducción en la potencia de entrada por la pérdida de generadores o pérdida de enlaces clave de importación de potencia, esto puede producir un decremento en la velocidad del generador lo que causa una disminución de la frecuencia del sistema.

La condición de sobre frecuencia ocurre como resultado de una pérdida súbita de carga o pérdida de enlaces clave de exportación de potencia, la salida del impulsor que alimentaba la carga inicial es absorbida por la aceleración de estas unidades y puede resultar un incremento en la frecuencia del sistema.

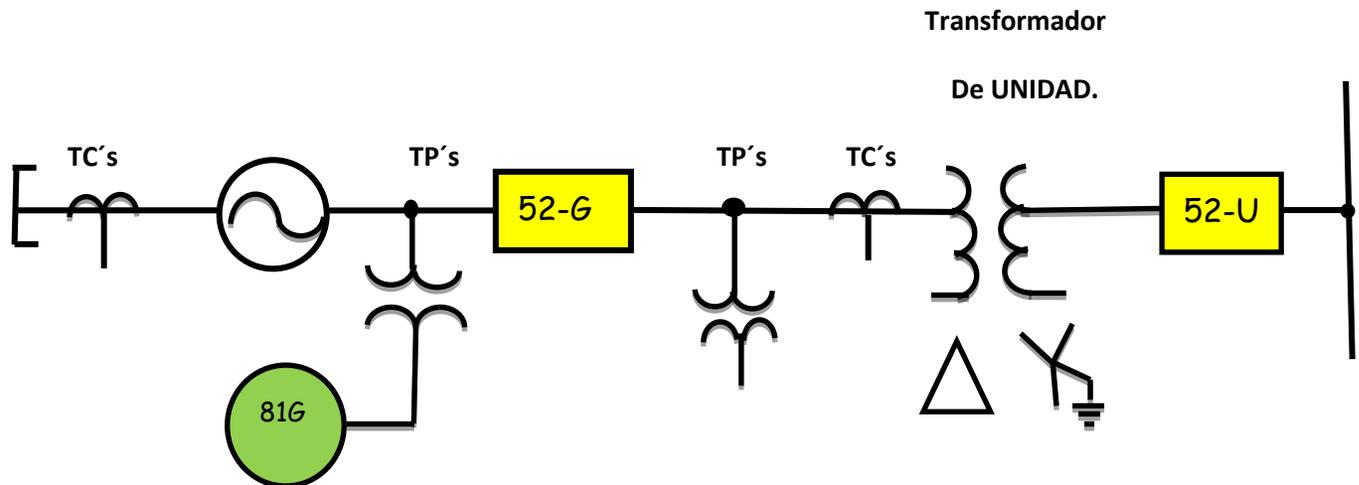


FIG.3.1.10 CONEXIÓN DE LA PROTECCION DE BAJA FRECUENCIA

3.13 MANTENIMIENTO TECNICO DE LAS PROTECCIONES

Durante el mantenimiento mayor a las protecciones se le hacen pruebas de disparo para verificar que las protecciones funcionen bien.

Se provoca un (trigger) o disparo para verificar que estén funcionando correctamente se puede hacer físicamente o simulando. Cada SELL tiene su programa que viene incluido al conectar la pc se abre por default el programa donde se encuentran Las protecciones al iniciar el software se abre el programa te aparece un símbolo de un teléfono les da clic para comunicarse con la protección después de acceder para generar la simulación del disparo se cambian ciertos valores para provocar un disparo simulado y verificar el funcionamiento si se quiere hacer físicamente se puentea el SELL para provocar el disparo.



FIG.3.13.1 CONEXIÓN DE LA PC CON EL SELL PARA ACCEDER CON LAS PROTECCIONES

Para todas las protecciones se aplican las mismas pruebas para verificar su funcionamiento.

Pasos para acceder al programa de cada protección

1. enlazar la pc con el SELL con un cable de datos
2. al enlazarlo se activara en la pc por default el programa de cada SELL.
3. al conectarse aparecera en la pantalla un símbolo de teléfono por el cual al darle clic se comunicara con el SELL.
4. al haber sido exitosa la comunicación te pedirá un password para acceder a toda la información de las protecciones.



FIG. 3.13.2 ACCEDIENDO A LAS PROTECCIONES

Con apoyo del departamento de control se realizan pruebas para verificar si el cableado que va de tableros al SELL aún se encuentra bien enviando una señal a la protección y verificando que llegue la señal directamente

3.13.2 Mantenimiento rutinario de los equipos de protección de la Unidad 1

Mientras la unidad permanece fuera gracias al mantenimiento mayor de la unidad 1 se procede con el mantenimiento rutinario de los equipos de protección entre ellos están.

1. Limpieza de los gabinetes
2. Reapriete de los cables y zapatas y tornillería.
3. Ajustes de las protecciones.



FIG. 3.13.2.1 Limpieza del gabinete de las protecciones

Se les da mantenimiento a los equipos para que funcionen bien y para verificar que todo esté en buen estado ya que los equipos son bastante delicados en este mantenimiento mayor se procederá al montaje de una nueva protección el registrador de disturbios.



FIG.+3.13.2.2 Mantenimiento de los equipos de las protecciones

3.13.3 Montaje del registrador de disturbios

Al terminar el mantenimiento rutinario se procede con el montaje de una nueva protección la función del registrador de disturbio es el archivar todas las fallas que sufra la unidad e inmediatamente enviarlas a otro servidor en el cual será tableros para que los operadores sean avisados esto procede a la modernización de las unidades ya que anterior mente para saber que pasaba tenía que verificarse todo para saber cuál era la falla.



FIG.3.13.2. Registrador de disturbios

3.13.4 calibración de los medidores de las protecciones de la unidad 1

En los trabajos del mantenimiento se encuentra la calibración de los medidores de la unidad.

Se toma esta medida para verificar que los medidores se encuentren trabajando perfectamente y que no tengan fluctuaciones de energía que afecten el funcionamiento de esta ya que se tiene que verificar constantemente la salida de energía y la pérdida de energía de las unidades gracias a los medidores.



FIG.3.4.1 Calibración de los medidores

CAPITULO IV

MANTENIMIENTO TECNICO DE LOS TC'S DEL GENERADOR

4.1 Desmontaje de los TC'S del neutro del generador

Ya con la autorización de que esta fuera la unidad y con la hoja de trabajo correspondiente se procede a desmontar los TC'S del neutro que se encuentra en el piso de barras para su correspondiente mantenimiento. El neutro está constituido de 3 TCS con 3 fases cada una, A B Y C.

Primer paso se quita la tapa de la caja donde se encuentra los TC'S se verifica que estén desconectados. Luego se procede a quitar la tornillería y se quitan las protecciones para luego desmontar fase por fase los TC'S.



Fig.4.1 Desmontaje de las fases de los TC'S del neutro del generador

En lo correspondiente se procede a continuar con el mantenimiento de los TC'S se les traslada a la T1 (taller para el mantenimiento) primer paso se desarmen los TC'S

Se le hacen pruebas de aislamiento a los TC'S

Equipo: Megger
Número de serie: 05/105/2250
Escala: 250-10 kv
Voltaje de prueba: 500 vcd

Básicamente existen cuatro formas de medir la resistencia de aislamientos.

- Mediante un OHMIMETRO (Megger), de indicación directa.
- Mediante un VOLTMETRO y AMPERIMETRO, utilizando una fuente de potencial de corriente directa.
- Mediante en VOLTMETRO y una fuente de potencial de corriente directa.
- Mediante un puente de resistencia con batería y galvanómetro auto contenido.

Esta prueba es de gran ayuda para determinar la presencia de humedad, aceite, polvo, corrosión, daños o deterioro del aislamiento. Se aplica también para el control del proceso de secado de las máquinas rotatorias.

4.2 Cambio de circuitería de los TC'S dañados.

Ya en la T1 los TC'S se procede con el mantenimiento se desarmen los TC'S Primero se procede a quitar el aislante, ya que se encuentran deteriorados y en malas condiciones después de eso se limpian con alcohol tipo industrial para después proceder con el aislamiento con cinta aislante y cinta vulcanizada además se limpia toda la tornillería y se pulen.



Fig.4.2.1 Tc's del neutro del generador

Se procede a habilitar en cableado de circuitería en las fases de los TC'S dañados ya que por las altas temperaturas y al lugar donde se encuentra ya está muy corroído al igual que el aislante de cada fase de los TCS y se le coloca el empalme correspondiente como se mostrara a continuación en las figura correspondiente 3.3.1.



Fig.4.2.2 aislamiento dañado

Usando cableado nuevo se procede a cambiar el dañado el nuevo cableado se soldará nuevamente y se empata con empalmes utilizando estaño, cautín y pasta a cada fase de los TC'S como se aprecia en las figuras correspondiente se aprecia el daño que ya se tenía y como se muestra en la figura 3.3.2



Fig.4.2.3 circuitería de los TC'S dañados

En las siguientes figuras se puede apreciar como el cableado viejo ha sido por fin remplazado y está siendo empataada la nueva ala fase del TC fig. 3.5.3 y 3.5.4



Fig. 4.2.4 Se comienza a cambiar el cableado de circuitería de las fases de los TC'S dañados.



Fig.4.2.5 Se hace empalme de circuitería

4.3 Cambio de aislante y colocación de barniz rojo a los TC'S

Una vez concluida la habilitación del cableado de circuitería en las fases de los TC'S y su empalme correspondiente el siguiente paso es cambiar el aislante por completo de las fases de cada TC. Se aísla con cinta aislante y vulcanizada se le coloca la cinta de fibra al mismo tiempo aplicándole barniz rojo para una mayor aislación y adherencia a la fase como se muestra en la figura 3.4.1



FIG.4.3.1 cambio de aislante por el nuevo

Después de haber aislado completamente cada fase del TC con cinta aislante y vulcanizada se procede a ponerle otra capa de aislante con una cinta de fibra de vidrio la cual al irse poniéndola se le va aplicando barniz rojo para mejor adherencia a las fases del TC y mejor protección
Fig. 3.4.2 y Fig. 3.4.3



FIG.4.3.2 Aislación con fibra de vidrio



FIG.4.3.3 Aplicación del barniz rojo

El siguiente paso después de haber cambiado toda la cinta aislante completamente al TC y a ver pintado con el barniz rojo completamente se procede al secado para luego cubrir con otra capa de barniz pero en esta caso transparente y se le asignan la etiqueta con sus datos de cada fase y a que TC pertenecen y sus valores para saber la ubicación correcta a la hora de montarlos.



FIG.4.3.4 Secado del barniz

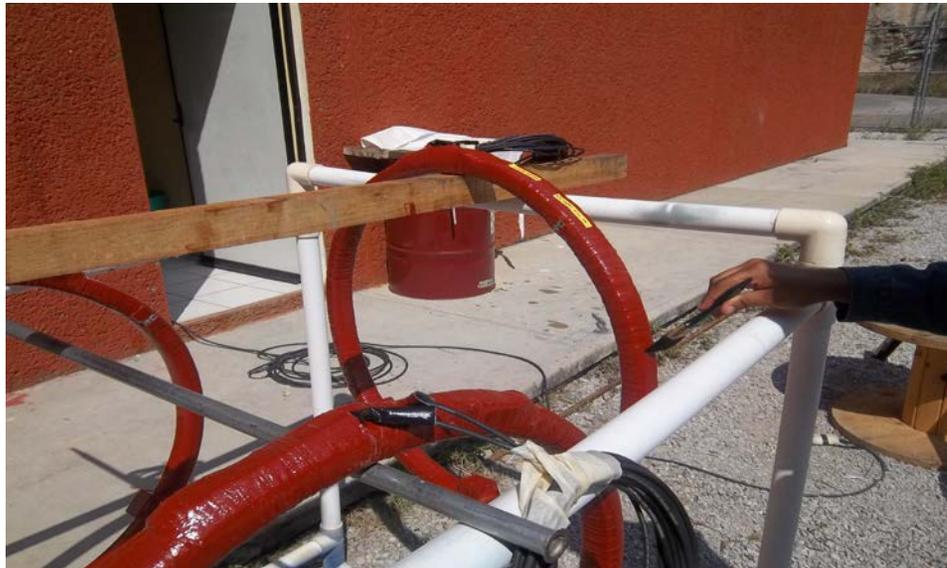


FIG. 4.3.5 Aplicación de barniz transparente a las fases de los TC'S

4.4 REACOMODO DEL GABINETE DEL TC DEL NEUTRO DEL GENERADOR

Terminando el mantenimiento a los TC'S se procede al reacomodo del cableado que se dirige del TC NEUTRO DEL GENERADOR a las tabllas de nuevo gabinete ya que este se conectara a tableros mediante el gabinete.



FIG.4.4.1 colocación original del cableado de los TC'S del neutro

Se cambia y se reacomoda La tubería donde va el cableado para su protección para colocar en una buena posición el gabinete se toma distancia y medidas ya que debe quedar de una forma simétrica y que al pasar los cables lleguen hasta el gabinete.

El siguiente paso después de reacomodar la tubería y el gabinete para el cableado que va a las tabllas del nuevo gabinete se montan los TC'S del generador del neutro que anterior mente fueron reparados.

4.5 MONTAJE DE LOS TC'S DEL NEUTRO DEL GENERADOR

El siguiente paso es montar los TC'S reparados de tal forma en la que sacaron se coloca cada fase de donde había sido retirado y en la misma posición en la que se encontraban para evitar que ocurran fallas y se va revisando con mucha precisión que queden en la posición en la que se encontraban y con el reapriete de tornillería necesario y adecuado.



Fig. 4.5.1 TC'S del neutro del generador listo para montaje

Entre cada fase de los TC'S llevan una protección de fibra para que no choquen entre ellos y así no se dañen o provoquen alguna falla como se aprecia en la Fig. 3.6, 2



FIG. 4.5.2 Montaje de los TC'S del neutro del generador

Al terminar el montaje correcto de los TC'S se procede a montar el gabinete para el reconecte de las terminales que estarán el gabinete dirigidas a tableros.



FIG.4.5.3 Montaje de todas las fases de los TC'S

Luego del montaje y del reacomodo de la tubería del cableado se procede a la colocación del gabinete y a pasar los cables para luego proceder con el coneccte de las terminales



FIG 4.5.4 Montaje del gabinete y reubicación del cableado

Al terminar se enzapata y se le pone la etiqueta correspondiente de cada cable de los TCS del neutro para conectar con las terminales que irán a tableros se agrega al gabinete contactos y un dispositivo para iluminarla mediante un apagador y a esto se le incorpora su tierra física.

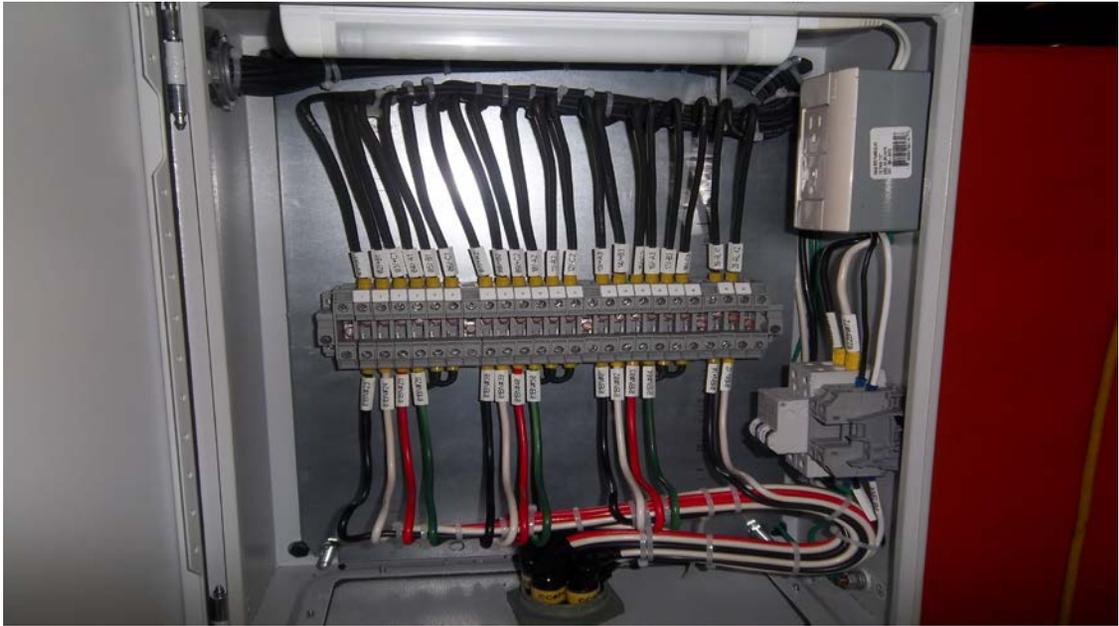
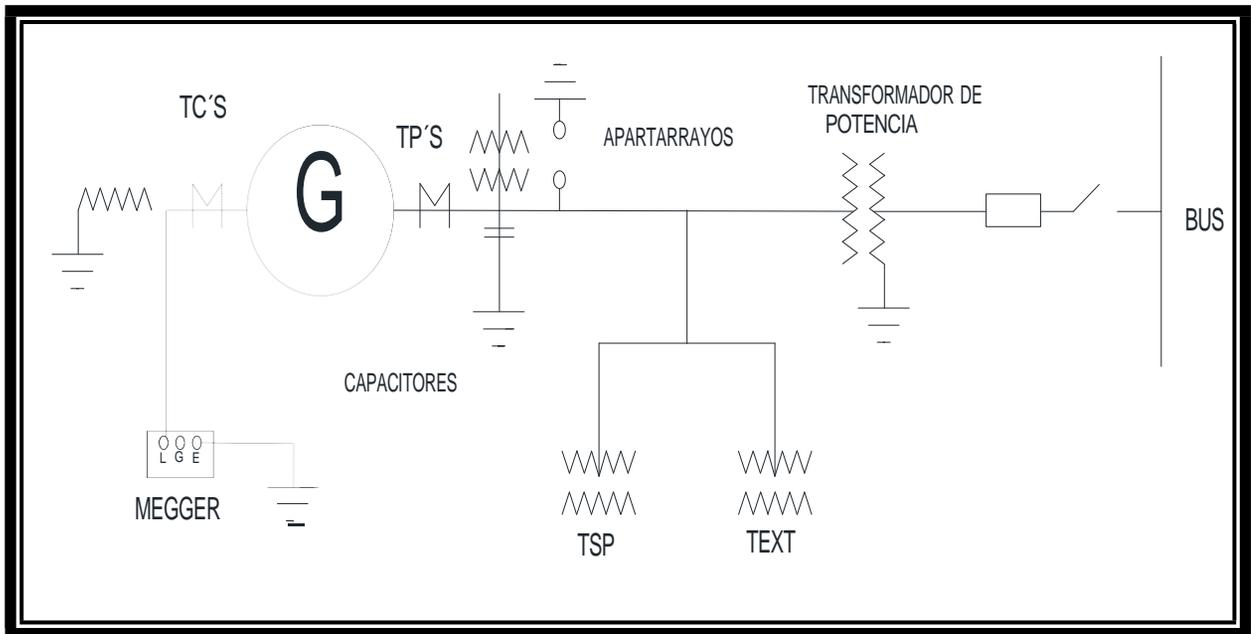


Fig.4.5.5 Gabinete del generador del neutro

Se hacen pruebas al terminar todo el montaje como de continuidad para ver que llegue la señal del punto de salida al punto de llegada y viceversa además de hacerle pruebas de aislamiento y resistividad óhmica para verificar que todo esté bien.

4.6 PRUEBAS DE AISLAMIENTO Y RESISTIVIDAD OHMICA AL NEUTRO DEL GENERADOR

En lo correspondiente al mantenimiento del neutro del generador se procede a realizar la prueba de resistencia y aislamiento para verificar que todo se encuentre en orden obteniéndose resultados satisfactorios.



- Se conecta la línea del megger al neutro del generador
- Se conecta la tierra del megger al sistema de tierra de la central
- Se alimenta el megger con un voltaje de 127 vca se enciende el megger
- Se selecciona la escala del megger
- Se selecciona un voltaje de 2500v cd
- Se empieza a tomar las lecturas durante 10 minutos
- Ya tomadas las lecturas se apaga el megger
- Se procede aterrizar por seguridad antes de desconectar el equipo de prueba mediante un conductor de trenza de cobre desnudo.

En caso de encontrar una resistencia de aislamiento igual a cero o del orden de kilo ohms, la falla es inminente y se debe discriminar si la falla está en el generador o en los equipos conectados a sus fases para ello se desconecta del bus de fase aislada o de los cables y se probaran las 3 fases juntas,

Esta prueba incluye el estator, bus de fase aislada, transformador de excitación transformador de servicios propios y transformador de potencia. Formato de prueba anexos.

4.7 MANTENIMIENTO DE LOS TC'S DE SALIDA DEL GENERADOR 1

Terminado el mantenimiento y montaje de los TC'S del neutro del generador se procede con el siguiente trabajo darle mantenimiento de igual manera a los TC'S de salida que se encuentran ubicados en el mismo piso el de barras los pasos son los mismos.

- verificar primero con operación que no esté alimentado y que avisar de que se aran trabajos ahí.
- Se procede a retirar la tapa del gabinete donde se encuentra los TC'S de salida.
- Se quita la tornillería y se retiran las fases de cada TC como se había hecho anterior mente con los de salida del neutro verificando que ya los cables ayan sido desconectados de igual forma
- Terminando esto se procede con el traslado de todas las fases de los TC para su reparación en la T1 (taller 1).



FIG.4.7.1 Desmontaje de los TC'S de salida del generador

El siguiente paso después de desmontar los TC'S se procede a llevarlos a la T1 para su reparación se hace lo mismo que se izó anterior mente con los TC'S de salida se les cambia el aislante el cableado se pule toda la tornillería limpieza del gabinete donde se encuentra montando los TC'S y al final el montaje del nuevo gabinete.

Primer paso al llegar a la T1 es quitarle el aislante dañado ya que se encuentra en muy malas condiciones debido a las altas temperaturas a la que se encuentra funcionando



FIG. 4.7.2 Retiro del aislante dañado

Terminado de retirar todo la cinta aislante dañada se procede a usar la nueva poniéndole varias capas para mejor seguridad y para después continuar con el siguiente paso que sería agregarle la capa de cinta de fibra de vidrio para mayor aislación.



FIG.4.7.3 Colocación de la nueva cinta aislante

Al terminar eso antes de agregar la nueva capa de cinta aislante se procede a unir el nuevo cableado soldándolo con estaño y el caudín.



FIG.4.7.4 colocación del nuevo cableado

Al terminar de colocar todas las capas de cinta aislante a las fases de los TC'S y de soldar el nuevo cableado a las fases sigue el siguiente paso que es agregarle la cinta de fibra aislante al irla agregando se le va agregando una capa de barniz rojo

aislante para mejor adherencia de la cinta de fibra para cada fase de los TC'S.



FIG 4.7.5 colocación de la cinta de fibra aislante

El siguiente paso es poner a cercar las fases de los TC'S y se les aplica el barniz transparente y sus etiquetas correspondientes para proceder con su montaje.



FIG. 4.7.6 Secado del barniz transparente de las de los TC'S

El siguiente paso es llevar nuevamente los TC'S a casa de máquinas para su montaje se transporta con sumo cuidado ya pulida la tornillería nuevamente se procede a colocarse de tal manera como fueron retirados además se tiene que colocar el nuevo gabinete.



FIG. 4.7.7 Montaje de los TC'S de salida del generador

4.8 COLOCACION DEL GABINETE DE SALIDA DEL GENERADOR

El siguiente paso es colocar la tubería de los cables para que lleguen hasta donde se encuentra ubicado el nuevo gabinete para continuar después con la conexión de las terminales.



FIG.4.8.1 Colocación del gabinete de salida del generador

Al terminar la colocación del gabinete sigue el acondicionamiento se colocan las tablillas para luego conectar los cables se enzapatan los cables y colocan a cada cable en su lugar correspondiente para de ir a tablillas.



FIG. 4.8.2 Enzapatado del cableado y colocación alas terminales

Al finalizar todo el trabajo en los TC'S de salida del generador y de colocar el cableado correspondiente en todas las terminales el siguiente paso es hacerle pruebas de continuidad y de resistividad y aislamiento para verificar el resultado del trabajo que se izó obteniendo resultados favorables.



FIG. 4.8.3 Terminación de colocación final del gabinete de los TC'S de salida del generador

4.9 MANTENIMIENTO AL TRANSFORMADOR DE EXITACION DE UNIDAD 1

El siguiente trabajo tras haber terminado con lo de los TC'S del neutro y de salida es el mantenimiento al transformador de excitación de la unidad 1

- Los siguientes trabajos se realizaran en el primer piso playa de montaje siempre tener la orden de trabajo y pedir permiso a operación para que estén enterados que se trabajara ahí.
- Verificar siempre que todo el lugar de trabajo esté en orden y que no esté energizado
- Se procede a darle mantenimiento a los TC'S del transformador de excitación a reacomodar el cableado y a la colocación del nuevo gabinete.

Primer paso desmontar las fases de cada T'C y reparar el aislante y cableado dañado esta

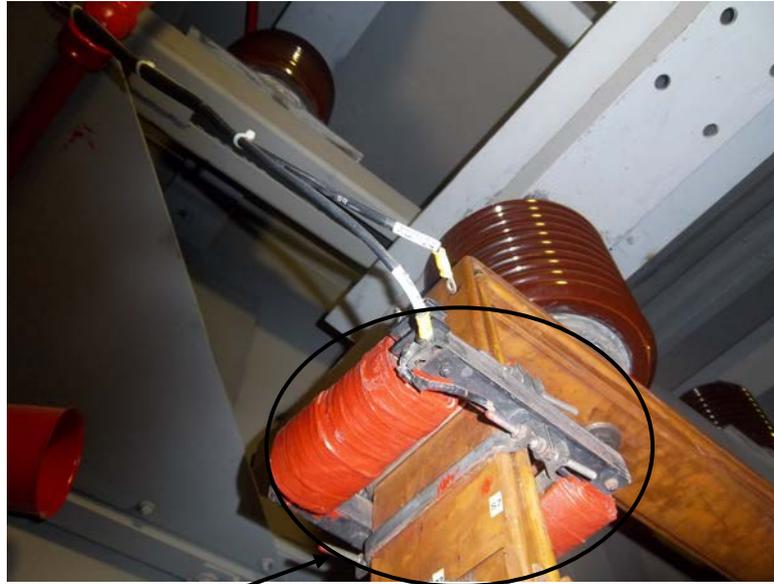


FIG. 4.9.1 Reparación de TCS

TC con el aislamiento dañado

El siguiente paso es desmontar los TC'S para repararlas los trabajos que se les aran será cambiar el cableado y ponerle un nuevo aislante a base de la cinta de fibra agregándole el barniz rojo siguiendo el procedimiento que se había llevado anteriormente en la reparación de los TC'S de salida y del neutro del generador la terminar sigue un recubrimiento de barniz transparente para mejor aislación todo estos trabajos se hacen en el cuarto de baterías (taller para reparación de equipos).

Al terminar todo la reparación se prosigue a llevarlos nuevamente al transformador de excitación que se encuentra en playa de montaje para su montaje.



FIG 4.9.2 Montaje de los TC'S del transformador de excitación

Tras haber montado los TC'S están listo empieza a ponerse y cambiarse la tubería para el cableado que ira al nuevo gabinete y que estará conectado a tablillas.

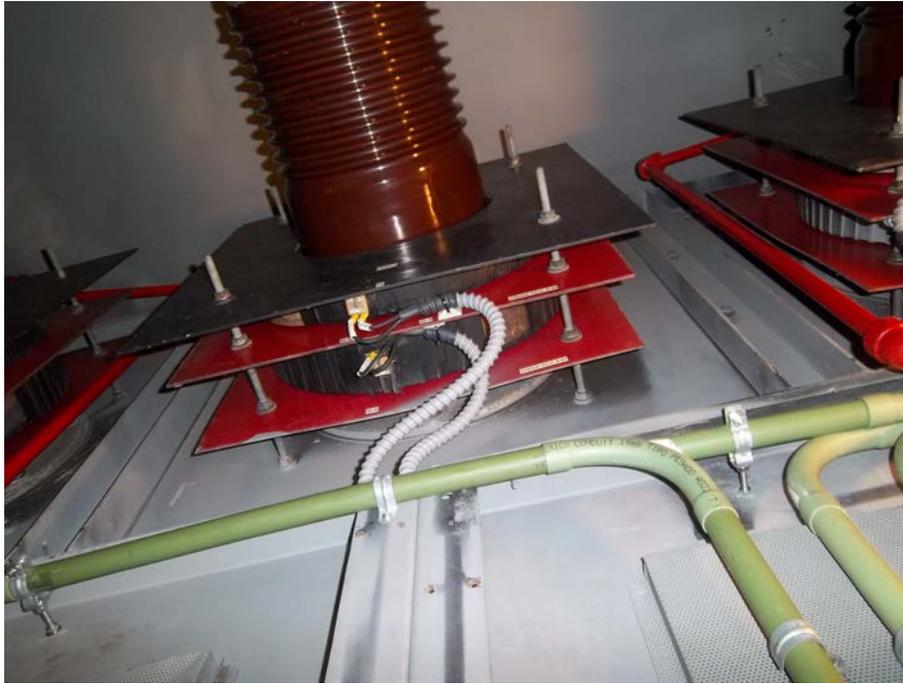


FIG. 4.9.3 Colocación de la nueva tubería para el cableado de los TCS

El siguiente paso es empezar a acomodar todo el cableado por la tubería colocada ya que esta llegara al nuevo gabinete



FIG.4.9.4 Reacomodo del cableado del gabinete

4.10 MONTAJE DEL GABINETE DEL TRANSFORMADOR DE EXITACION

Tras haber terminado el montaje de los TC'S y la colocación de la tubería del cableado de los cables que llegaran al gabinete se procede a conectarse en las tablillas.



FIG.4.10.1 Montaje del gabinete

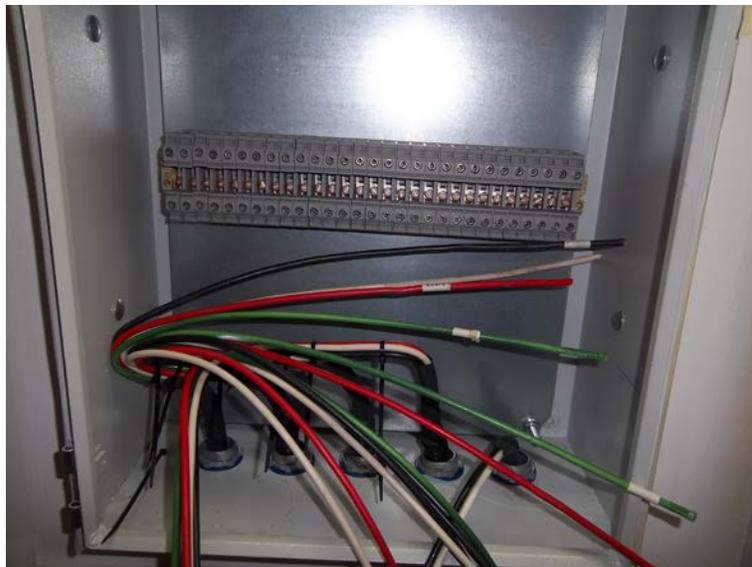


FIG.4.10.2 Colocación del cableado en el gabinete

Tras haber finalizado empieza el conectar a las tablillas del gabinete para que este nuevamente en función.



FIG. 4.10.3 Enzapatado y terminación de la conexión de los cables

Al concluir con todo el trabajo en el transformador de excitación se procede a hacer las pruebas correspondiente que son de resistividad aislamiento impedancia etc. Tras concluir las pruebas son satisfactorios los resultados

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En base al protocolo de pruebas aplicado en apego a la normativa IEC e IEEE indicada como referencia se considera que el total de las mediciones realizadas en el en los TC'S del neutro y de salida del generador los resultados obtenidos son aceptables, se prevé que las condiciones generales de sus aislamientos y devanados son adecuadas para que continúe operando de manera confiable.
- Todos los trabajos de mantenimiento mayor se deben realizar integrando todos los recursos humanos y técnicos que sean necesarios, dentro y fuera de la organización. Es muy importante saber que para tener un equipamiento funcionando correctamente y sin fallas es necesario darle su mantenimiento periódico realizando inversiones adecuadas en todos los entornos de trabajo ya que es más factible mantener el equipo siempre en sus condiciones permisibles que comprar uno nuevo.
- El mantenimiento hace uso de diversas técnicas de inspección con el propósito de saber la condición en la que se encuentra el generador en todo momento y con la información, planear las necesidades específicas de mantenimiento (mano de obra, partes de reemplazo, equipo, etc.). Además, el diagnostico de fallas, desde sus etapas iniciales, que se presentan en la maquina permite reducir los daños adicionales que pueden sufrir los componentes de estos y los costos asociados con estos daños.
- Con la aplicación adecuada, de este mantenimiento preventivo es una herramienta muy valiosa en la reducción de fallas. Uno de los puntos que podemos considerar muy importantes en el mantenimiento predictivo es la reducción de los tiempos muertos, utilizar correctamente el inventario, reducción de tiempos extras, reducción de compras de piezas emergentes, lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos principalmente a los departamentos encargados del mantenimiento.

Recomendaciones

- Este proyecto es recomendado para todo el personal del Departamento Protecciones y medición, con el fin de conocer e implementar todos los procedimientos, conocimientos y trabajos necesarios para el mantenimiento mayor de un generador hidroeléctrico así como sus funciones y partes que lo integran.
- Repetir protocolo de pruebas en próximo periodo de mantenimiento programado de la unidad, para supervisar la tendencia de los resultados obtenidos en esta ocasión.
- Las próximas mediciones de descargas parciales a la ranura se realizara de manera trifásica, utilizando como fuente de alta tensión el mismo equipo que en esta ocasión, con la finalidad de realizar un análisis comparativo de las tendencias, más efectivo.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Generador de potencia Ing. Alejandro R. Pérez Espinoza
- ✓ Curso De Mantenimiento De Generadores Hidroeléctricos. Gerencia De Producción Sureste. CFE
- ✓ Historial De Central Hidroeléctrica Manuel Moreno Torres. (C.H.M.M)

Referencias de la web.

- ✓ <http://www.conagua.gob.mx/spr/glosario.html>
- ✓ <http://es.scribd.com/doc/51675748/CENTRAL-HIDROELECTRICA-MANUEL-MORENO-TORRES>
- ✓ <http://www.mexicodesconocido.com.mx/presa-chicoasen-chiapas.html>
- ✓ http://es.wikipedia.org/wiki/Manuel_Moreno_Torres
- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos15/hidroelectricas-mexico/hidroelectricas-mexico.shtml>

