



PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS AL BANCO DE TIRISTORES DE LA SEGUNDA ETAPA

1

Reporte De Residencia

Lugar de realización:

CENTRAL HIDROELECTRICA MANUEL MORENO TORRES

Nombre de los Residentes

Gregorio Arturo Torres Romero

Víctor Manuel Vargas Salinas

Asesor Interno:

M en C. Julio Enrique Megchún Vázquez.

Asesor Externo:

Ing. René Esquinca Espinoza.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Agosto-Diciembre 2017

CONTENIDO

	TEMAS	PAGINA
CAPITULO 1		
	Introducción. – 1.1 Antecedentes	04
	1.2 Estado del Arte	05
	1.3 Justificación	07
	1.4 Objetivos	08
	1.5 Metodología	09
	Reconocimiento del área de trabajo	9
1.5.1	Casa de maquinas.	9
1.5.2	Piso de generadores o playa de montaje.	10
1.5.3	Transformadores de excitación.	11
1.5.4	Sistema de excitación (AVR).	11
1.5.5	Quebradora de campo.	12
1.5.6	Generador.	13
1.5.7	Grúas viajeras.	13
1.5.8	Transformadores de servicios propios.	13
1.5.8	Sala de control o tableros.	14
1.5.10	Piso de barras.	15
1.5.11	Piso de turbinas.	16
1.5.12	Piso de cableado o de charolas.	18
1.5.13	Piso de inspección.	18
1.5.14	Desfogue o galería de oscilación.	18
1.5.15	Sala de transformadores.	18
CAPITULO 2	Fundamento Teórico	19
	Investigación general y específica de los tiristores.	19
2.1	Funcionamiento de un tiristor.	19
2.2	Activación del tiristor.	20
2.3	Aplicaciones.	21
2.4	Tipos de tiristores.	22
2.5	SCR.	22
2.5.1	Características generales del scr	23
2.6	Información específica de los tiristores de CFE.	25
CAPITULO 3	Desarrollo	27
	Descripción del sistema de excitación.	27
3.1	Rectificador de tiristores.	27
3.2	Verificación de la protección de los puentes de tiristores.	29

CAPITULO	TEMAS	PAGINA
CAPITULO 4	Fallos en el sistema de excitación.	30
4.1	Fallos de primer grado.	30
4.1.1	Fallo de alimentación.	31
4.1.2	Fallo del regulador 1 y 2.	31
4.1.3	Fallo de sobrecorrientes de excitación.	32
4.1.4	Fallo del circuito de supresión de sobretensión.	32
4.1.5	Regulador 1 y 2- Fallo de medida de UST.	33
4.1.6	Fallo de puente de tiristores.	33
4.1.7	Fallo de refrigeración del puente de tiristores.	34
4.1.8	Fallo d temperatura del puente de tiristores.	35
4.1.9	Fallo de fusibles en el puente de tiristores.	35
4.1.10	Fallo de no conducción del puente de tiristores.	36
4.1.11	Fallo de no conducción del tiristor 1, 2, 3, 4, 5 y 6.	37
4.2	Fallos de segundo grado.	37
CAPITULO 5	Pruebas al banco de tiristores.	38
	Procedimiento de pruebas al banco de tiristores.	38
5.1	Verificación de condiciones iniciales del Sistema de excitación.	38
5.2	Pruebas de alarmas y disparos.	39
5.3	Pruebas de conducción del tiristor.	40
5.4	Prueba de controlabilidad al banco de tiristores.	41
5.5	Medición de inductancia a los reactores.	43
5.6	Medición de resistencia de aislamiento a los motores de ventilación.	44
5.7	Prueba de resistencia de aislamiento al banco de tiristores.	45
5.8	Resistencia óhmica a los fusibles.	47
5.9	Saturación de temperaturas de temperaturas de los motores de ventilación.	48
5.10	Verificación de los circuitos RC's	49
CAPITULO 6	Mantenimiento al banco de tiristores.	51
6.1	Pasos para el mantenimiento del banco de tiristores	52
6.2	Desmontar el banco de tiristores	53
6.3	Mantenimiento de los componentes del banco de tiristores	55
6.4	Secado de los componentes del banco de tiristores	57
6.5	Montaje del banco de tiristores	58
	Conclusión	59
	Recomendaciones	60
	Bibliografía	61

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS AL BANCO DE TIRISTORES DE LA SEGUNDA ETAPA

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La necesidad de cumplir con los estándares de calidad y confiabilidad en el sistema eléctrico nacional, siempre ha sido un tema de importancia ya que con ello impulsamos el desarrollo del país. Para lograr este objetivo es necesario contar con la garantía de que los equipos se encuentran en óptimas condiciones para operar en el momento que se disponga y que la demanda lo requiera.

Es por lo anterior la necesidad de desarrollar métodos de mantenimiento que estén actualizados y sea dirigido para el personal quien realiza los trabajos. Este proyecto se realiza en función de la residencia profesional en la empresa denominada Comisión Federal de Electricidad, específicamente en la central hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres, que corresponde a cargo del departamento de control y protecciones, para ello es necesario realizar el procedimiento de pruebas al banco de tiristores de la segunda etapa.

Puntualicemos la importancia en el desarrollo del análisis del sistema que se aborda, en este caso conocido como sistema de excitación, o mejor conocido como (**AVR**) y del banco de tiristores para determinar las posibles fallas que se pueden presentar en este sistema y luego determinar las pruebas necesarias que se aplican para corregir los problemas encontrados.

Este proyecto pretende diseñar un procedimiento de pruebas para el banco de tiristores de la segunda etapa; con el fin de obtener calidad en la mano de obra y la eficiencia en la aplicación de los trabajos.

1.2 Estado del Arte

Conocimiento de la central

La Presa Chicoasen más formalmente llamada como la Presa Manuel Moreno Torres, Figura 1; es una Hidroeléctrica que adquiere la fuerza motriz del agua para la generación de energía eléctrica; esta se encuentra al final del Parque Nacional Cañón del Sumidero en el cauce del Río Grijalva a 41 km al noroeste de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. La central hidroeléctrica lleva también el nombre del Ing. Manuel Moreno Torres, quien fue Director General de CFE durante el sexenio del presidente Adolfo López Mateos (1958-1964) y fue uno de los principales impulsores del proyecto nucleoelectrico de Laguna Verde.

La planta hidroeléctrica se completó en 1980 y tiene una capacidad de 2,400 MW. Con un espacio de almacenamiento total de 1,376 hectómetros cúbicos de agua, y 261 metros de altura, siendo con esto una de las 10 presas más alta del mundo.

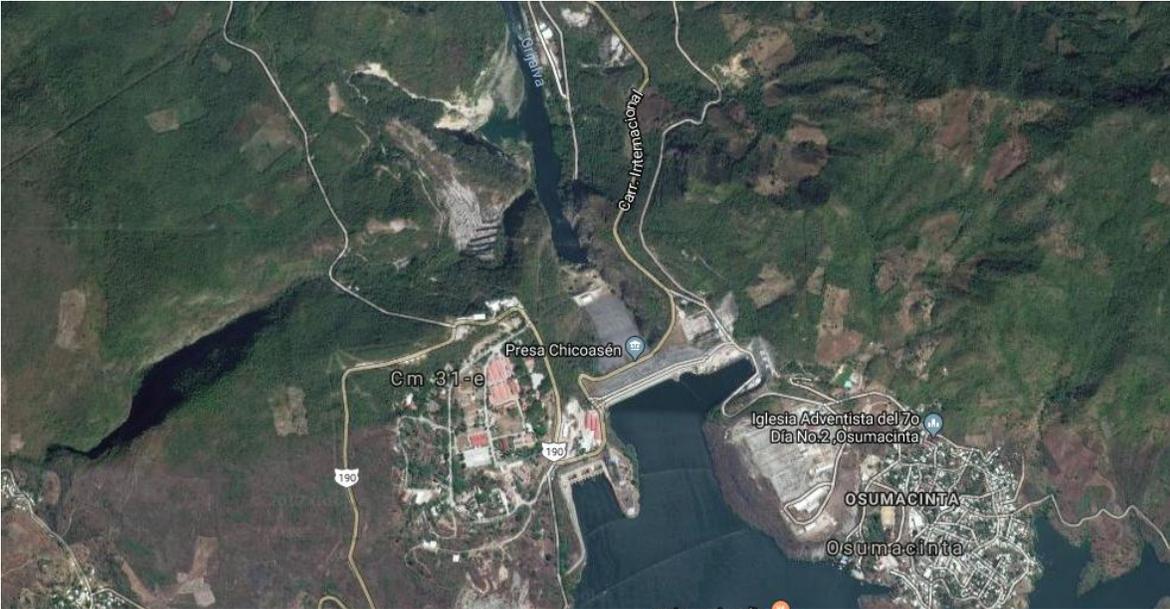


Figura 1: Ubicación y colindancia.

La producción de la hidroeléctrica requiere la construcción de presas, una casa máquinas para instalar los equipos electromecánicos (turbina, generador eléctrico, transformadores), y un cuarto de control para la operación de la central.

La central se construyo en dos etapas: En la primera etapa se instalaron las unidades 1, 2, 3, 4 y 5 de la marca ASEA de 300MW que entraron en operación en distintos meses de 1980 y 1981. En la segunda etapa se implementaron las unidades 6, 7, y 8 de la marca ALSTOM

de 300MW, las cuales se habilitaron en operación en distintos meses de 2004 y 2005, por lo que actualmente la central cuenta con una capacidad instalada de 2400MW.

La energía generada se transporta a través de diez líneas de transmisión: seis a 400 KV y cuatro de 115 KV. La mayoría de las líneas de alta tensión en 400 KV envían el fluido eléctrico hacia la Ciudad de Veracruz, y el área central del país, con un enlace a la Central Hidroeléctrica La Angostura, en el municipio de Venustiano Carranza, Chiapas y otro con la Central Hidroeléctrica Malpaso en el municipio de Netzahualcóyotl, como se ilustra en la figura 2.



Figura. 2: Sistema eléctrico nacional (SEN).

1.3 Justificación

La demanda de energía en el sector eléctrico sigue en aumento debido al crecimiento de la población, en la central hidroeléctrica Chicoasen se llevo a cabo la ampliación que consistía en agregar tres turbogeneradores, a este proyecto se conoció como la “segunda etapa”, lo cual significa que la aportación de esta central hacia el sistema interconectado nacional sea mayor, e incluso es una de las centrales que conforman los nodos de mayor importancia tanto en generación como en regulación para dicho sistema.

Lo mencionado, da lugar a la adquisición de equipos nuevos con diseños diferentes a los de la primera etapa.

Por lo anterior, se justifica para la realización de este proyecto, ya que se necesitan tener en cuenta que los equipos adquiridos son de mayor importancia, ya que por alguna negligencia o descuido puede dañarse; se propone realizar los procedimientos adecuados con equipos actualizados para realizar sin ningún percance las pruebas al banco de tiristores.

1.4 Objetivos

General

Establecer un sistema de actividades mediante la actualización de datos para que el personal técnico realice las pruebas al banco de tiristores de la segunda etapa de la C.H. Ing. Manuel Moreno Torres, de una forma eficiente.

8

Específico

Diseñar el procedimiento de las actividades para que el personal técnico realice el mantenimiento y pruebas de equipos en un tiempo menor y de una forma segura y eficiente.

1.5 Metodología

Reconocimiento del área de trabajo

1.5.1 Casa de maquinas:

Antes de realizar cualquier actividad en este lugar de trabajo, es necesario reconocer cada sección o área del lugar, ¿cómo está estructurado?, la función de cada área, los equipos que se manejan y lo más importante para la seguridad del personal, los riesgos que se corren en el área de trabajo.

La casa de maquinas se encuentra estructurado de la siguiente manera: Tabla 1.

No. PISO	NOMBRE	ELEVACION
1	PISO DE GENERADORES O PLAYA DE MONTAJE	211 MSNM
2	PISO DE BARRAS	207 MSNM
3	PISO DE TURBINAS	203 MSNM
4	PISO DE CABLEADO O DE CHAROLAS	199 MSNM
5	PISO DE INSPECCIÓN	187 MSNM
6	DESFOGUE O GALERÍA DE OSCILACIÓN	182.2 MSNM

Tabla 1: Muestra la distribución de los diferentes niveles de la central así como referenciado con la altura sobre el nivel del mar “MSNM”.

La central cuenta con una galería de drenaje de 199 m de longitud y 1.50 m de ancho y 3.75 m a la parte superior de la bóveda en forma de arco, dispuesta a lo largo de la Casa de máquinas a la elevación de 184.24 m.

A dicha galería son canalizadas todas las aguas de los sistemas de drenaje y filtraciones existentes en la Casa de máquinas, la galería cuenta con una ligera pendiente hacia el cárcamo de drenaje o bombeo que se encuentra entre las unidades 5 y 6, desde donde es bombeada el agua hacia el exterior por medio de un sistema de bombeo integrado por 3 bombas verticales para pozo profundo marca WORTHINGTON con un gasto de 13250 lts/min, equipadas con motores marca “US” tipo vertical de 250 H.P. a 440 v y 3 bombas con un gasto de 2300 lts/min, equipadas con motores de 50 H.P. de la misma marca que los anteriores.

Las bombas se encuentran instaladas en la elevación 207.00 m, con el mismo centro de línea que el cárcamo de drenaje.

La descarga del equipo de bombeo se realiza en la galería de oscilación de las unidades 1 y 2 de la siguiente forma, las tuberías de descarga de las bombas de 250 H.P., con un diámetro de 12" y las de las bombas de 50 H.P., con un diámetro de 6" son conectadas a una tubería de 20" que se constituye en la línea de descarga general del equipo de bombeo y por medio de la cual es conducida el agua a la galería de oscilación señalada.

Después de conocer la información de cada una de las áreas que componen el lugar de trabajo (casa de maquinas) hay que recorrer cada una de ellas para tener conocimiento visual de dichas áreas y saber en cuál de estas se realiza el trabajo.

1.5.2 Piso de generadores o playa de montaje:

El recorrido se empieza por el piso de playa de montaje, donde se ubican los equipos que en esta área se operan.

En el área de playa de montaje o piso de generadores encontramos los transformadores de excitación, los AVR, quebradora de campo, generador, grúas viajeras, los transformadores de servicios propios, y acceso a la sala de control. Como se muestra en la figura 3.



Figura 3: Ubicación piso de generadores o playa de montaje.

1.5.3 Transformadores de excitación:

Los transformadores de excitación, Figura 4 son los que se encargan de darle un pulso de corriente al generador para empezar a generar la energía eléctrica.



11

Figura 4: Transformadores de excitación.

1.5.4 AVR (Sistema De Excitación):

El sistema de excitación estática comprende el equipo completo de excitación y regulación de tensión del generador.

La parte principal del sistema de excitación es el convertidor de tiristores que alimenta el devanado de campo con corriente continua. Este convertidor está controlado por la unidad de control de excitación y la potencia requerida para la excitación es tomada a través de un transformador de alimentación tipo seco y alejado en un armario de chapa de acero. La alimentación para el transformador es tomada de las terminales del generador (Bus de fase aislada). Dentro de esto podemos encontrar, ples, tiristores, capacitores, resistencias térmicas para humedad relativa, etc. Como se muestra en la figura 5.



Figura 5: Gabinete parte interior AVR.

1.5.5 Quebradora de campo:

Es el interruptor que se encarga de realizar apertura o cierre del circuito entre el generador y el transformador, ya que si este no opera no excita la maquina, representada en la figura 6.



Figura 6: Gabinete Parte interior Quebradora de campo.

1.5.6 Generador:

Es la maquina sincrónica que Tiene la característica de funcionar como generador o como condensador (motor) según sea la necesidad y gracias a sus características de diseño.

1.5.7 Grúas viajeras:

Son equipos mecánicos que permiten mover y trasladar los equipos de alto tonelajes, CFE cuenta con dos grúas viajeras figura 7, las cuales soportan dos pesos, una de 40 toneladas y la otra de 270 toneladas.



Figura 7: Vista de Grúa

1.5.8 Transformadores de servicios propios:

Proporciona el potencial para alimentar a los interruptores de servicios propios quienes a su vez alimentan a los equipos auxiliares de la maquina, cabe resaltar que los servicios propios. Figura 8



Figura 8: Gabinetes servicios.

1.5.9 Sala de control o tableros:

Es el centro de mando de los servicios propios, automatizados, de todas las unidades generadoras y de los Servicios Generales de la Central. En esta área de trabajo encontramos equipos IHM (interface hombre-máquina), donde se monitorea y controla las unidades generadoras. Figura 9.

Los servicios propios de las unidades se nombran de la siguiente manera, Sistema de: 1.- Aireación, 2.- Agua de enfriamiento, 3.- Izaje y pre-lubricación, 4.- Extractor de vapores, 5.- Regulación y 6.- Frenado.

Los Servicios Generales de la Central son Sistema: Contra-Incendio; Achique; Aire Comprimido; Ventilación; Control de Grúas Viajeras; Sala de Baterías; Iluminación y Comunicación.



Figura 9: Vista exterior sala de

1.5.10 Piso de barras:

En esta área, encontramos todos los equipos de protección y control de las unidades, así con los interruptores de cambios de servicios propios, también se encuentran las tres fases (delta-estrella) que llegan a los generadores, ahí llegan el bus par y el bus non, los cuales hacen referencia a los alimentadores de toda la casa de maquinas (Circuitos del exterior, provenientes de la subestación), que vienen de la estación unitaria con un voltaje de 440v cada una. A demás de los equipos mencionados, se encuentran también, el banco de baterías por unidad, tanque acumulador de aire para cambio a condensador de las unidades 3 y 5 así como el sistema de bombeo de achique de la casa de maquinas figura 11.



Figura 10: Bus de Fase aislada



Figura 11: Sistema de bombeo.

1.5.11 Piso de turbinas:

En resumen los tipos de turbinas que existen son las Pelton, Francis y Kaplan. A continuación se enumeran sus características técnicas y sus aplicaciones más destacadas:

Turbina Pelton. También se conoce con el nombre de turbina de presión. Son adecuadas para los saltos de gran altura y para los caudales relativamente pequeños. La forma de instalación más habitual es la disposición horizontal del eje. Figura 12.



Figura 12: Turbina Pelton.

Turbina Francis la cual es la que aplica en esta central, Figura 13; es conocida como turbina de sobrepresión, porque la presión es variable en las zonas del rodillo. Las turbinas Francis se pueden usar en saltos de diferentes alturas dentro de un amplio margen de caudal, pero son de rendimiento óptimo cuando trabajan en un caudal entre el 60 y el 100% del caudal máximo.

Pueden ser instaladas con el eje en posición horizontal o en posición vertical pero, en general, la disposición más habitual es la de eje vertical.



Figura 13: Turbina Francis

Turbina Kaplan. Son turbinas de admisión total y de reacción. Se usan en saltos de pequeña altura con caudales medianos y grandes. Normalmente se instalan con el eje en posición vertical, pero también se pueden instalar de forma horizontal o inclinada.



Figura 14: Turbina Kaplan

En este piso se encuentran las turbinas que como anteriormente mencionamos son tipo Francis de las 8 unidades, que son las que se encargan generar la energía, se encuentran las electroválvulas, las estaciones hidráulicas de las unidades de la segunda etapa que son la unidad 6, 7, y 8, el distribuidor de álabes, se encuentra la unidad auxiliar, figura 15.

Así como también las bombas de izaje que solo pertenecen a las de la primera etapa ya que son auto lubricantes, los extractores de vapores de aceite, el contenedor de combinado aire-aceite, el regulador de velocidad, equipos de control autómatas, tubería de agua de enfriamiento, tuberías contra incendios, compuertas cilíndricas en las unidades 6, 7, y 8, el acceso a la carcasa espiral, interruptores de la unidad auxiliar.



Figura 15: Unidad auxiliar ubicada en piso de turbinas.

1.5.12 Piso de cableado o de charolas:

En esta área de trabajo encontramos la mayoría del cableado que se encuentra en casa de maquinas, que son llevadas por medio de charolas, y también se encuentra el tanque acumulador de servicios generales el cual es para uso del personal técnico, así también se ubica el acceso al tanque acumulador de aire del sistema de condensadores síncronos correspondiente a la 2ª etapa.

1.5.13 Piso de inspección:

El nombre de este piso hace referencia a que se encuentran las escotillas para entrar al rodete y realizar la inspección interna de las turbinas, también encontramos, sensores electro-niveles que monitorea la tubería de descarga. Otros equipos que se encuentran en este piso son los siguientes: bombas de achique de la segunda etapa, tubería de presión de la unidad 2, 3 y de la unidad auxiliar.

1.5.14 Desfogue o galería de oscilación:

La Galería de Oscilación es una obra civil, su función es la “frenar la fuerza del agua” y calmar su salida a los Túneles de Desfogues. Está dividida en dos sub-cámaras, por un sitio de mantenimiento y estación de la grúa viajera, la primera para las unidades 8, 7, 6, 1, 2, y la segunda para las unidades Auxiliar, 3, 4 y 5. Cada una con sus respectivas compuertas las cuales son 2 por unidad.

1.5.15 sala de transformadores:

Se encuentran todos los transformadores de potencia los cuales corresponden 3 por unidad, los transformadores son monofásicos que hacen un banco trifásico uno por fase. Estos se encargan de elevar la tensión del generador que equivale a 17 000 volts a 400 000 volts los cuales son entregados a la subestación a través de las líneas de transmisión. Estos transformadores cuentan con sus equipos auxiliares como son bombas de recirculación de agua, aceite, flujometros, electroválvulas, intercambiadores de calor etc.

Investigación general y específica de los tiristores

Definición de tiristor:

Es un dispositivo electrónico semiconductor que tiene dos Estados de funcionamiento: conducción o Bloqueo. Posee tres terminales: Ánodo (A), Cátodo (K) y Puerta (G). Internamente está Constituido por la unión de cuatro cristales Semiconductores PNPN. Figura 16.

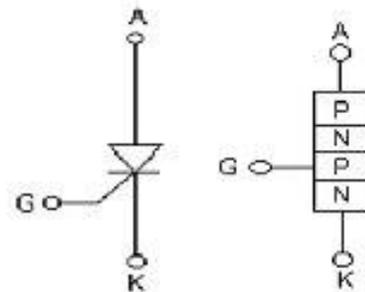


Figura: 16. Tiristor

La conducción entre el ánodo y el cátodo es Controlada por el terminal puerta. Se dice que es Un dispositivo unidireccional, debido a que el sentido de la corriente es único.

La caída de voltaje se deberá a la caída óhmica de las cuatro capas y será pequeña, por lo común 1V. En el estado activo, la corriente del ánodo está limitada por una impedancia o una resistencia externa, R_L .

La corriente del ánodo debe ser mayor que un valor conocido como corriente de enganche I_L , a fin de mantener la cantidad requerida de flujo de portadores a través de la unión; de lo contrario, al reducirse el voltaje del ánodo al cátodo, el dispositivo regresará a la condición de bloqueo. La corriente de enganche, I_L , es la corriente del ánodo mínima requerida para mantener el tiristor en estado de conducción inmediatamente después de que ha sido activado y se ha retirado la señal de la compuerta. En la gráfica aparece una gráfica característica v-i común de un tiristor.

2.1 El funcionamiento del tiristor es:

Cuando la tensión entre el ánodo y el cátodo es cero, la intensidad del ánodo también lo es. Hasta que no se alcance la tensión de bloqueo (o disparo) (V_{BO}) en la puerta, el tiristor no se dispara. Cuando se alcanza dicha tensión, se percibe un aumento de la intensidad en el ánodo (I_A), disminuye la tensión entre el ánodo y cátodo, comportándose así como un diodo polarizado directamente.

Si se reduce la corriente que va desde ánodo al cátodo hasta un mínimo llamado corriente de mantenimiento, el tiristor entra en bloqueo, y no conduce.

Si se polariza inversamente, se observa una débil corriente inversa (de fuga) hasta que alcanza el punto de tensión inversa máxima que provoca la destrucción del mismo.

Se puede decir que un tiristor es como un diodo controlado por una puerta (G).

El tiristor sirve como dispositivo de conmutación en DC (corriente continua) y en AC (corriente alterna). Es decir, son como interruptores pero rápidos y silenciosos, sin partes móviles, sin contactos electromecánicos y que pueden controlarse electrónicamente.

2.2 Activación del tiristor:

Un tiristor se activa incrementándola corriente del ánodo. Esto se puede llevar a cabo mediante una de las siguientes formas.

TÉRMICA. Si la temperatura de un tiristor es alta habrá un aumento en el número de pares electrón-hueco, lo que aumentará las corrientes de fuga. Este aumento en las corrientes hará que 1 y 2 aumenten. Debido a la acción regenerativa (1+ 2) puede tender a la unidad y el tiristor pudiera activarse. Este tipo de activación puede causar una fuga térmica que por lo general se evita.

LUZ. Si se permite que la luz llegue a las uniones de un tiristor, aumentaran los pares electrón-hueco pudiéndose activar el tiristor. La activación de tiristores por luz se logra permitiendo que esta llegue a los discos de silicio.

ALTO VOLTAJE. Si el voltaje directo ánodo a cátodo es mayor que el voltaje de ruptura directo VBO, fluirá una corriente de fuga suficiente para iniciar una activación regenerativa. Este tipo de activación puede resultar destructiva por lo que se debe evitar.

dv/dt. Si la velocidad de elevación del voltaje ánodo-cátodo es alta, la corriente de carga de las uniones capacitivas puede ser suficiente para activar el tiristor. Un valor alto de corriente de carga puede dañar el tiristor por lo que el dispositivo debe protegerse contra dv/dt alto. Los fabricantes especifican el dv/dt máximo permisible de los tiristores.

CORRIENTE DE COMPUERTA. Si un tiristor está polarizado en directa, la inyección de una corriente de compuerta al aplicar un voltaje positivo de compuerta entre la compuerta y las terminales del cátodo activará al tiristor. Conforme aumenta la corriente de compuerta, se reduce el voltaje de bloqueo directo, tal y como aparece en la siguiente.

2.3 Aplicaciones:

Rectificación de corriente

- Carga de baterías
- Soldadura
- Generación de potencia a distancia
- Procesos electroquímicos
- Regulación de fuentes de alimentación

Control de velocidad de motores

- Máquinas herramientas
- Vehículos de tracción

Sustitución de dispositivos electromecánicos

- Relés
- Protectores de sobre carga
- Graduadores de iluminación
- Sistema de encendido de motores de explosión
- Control de temperatura con termopares

Control de potencia

- Radar
- Laser de impulsos
- Generadores de ultrasonidos

Circuitos lógicos

- Multivibradores de potencia
- Control de tiempo, contadores
- Fines de carrera, detección de niveles
- Circuitos de alarma
- Control de alumbrado de emergencia

2.4 Tipos de tiristores:

Los tiristores se fabrican casi exclusivamente por difusión. La corriente del ánodo requiere de un tiempo finito para propagarse por toda el área de la unión, desde el punto cercano a la compuerta cuando inicia la señal de la compuerta para activar el tiristor. Para controlar el di/dt , el tiempo de activación y el tiempo de desactivación, los fabricantes utilizan varias estructuras de compuerta.

2.5 SCR:

Silicón Controlled Rectifier o Rectificador Controlado de Silicio, es un dispositivo semiconductor bi-estable formado por tres uniones pn con la disposición pnpn. Está formado por tres terminales, llamados Ánodo, Cátodo, Y Puerta. La conducción entre ánodo y cátodo es controlada por el terminal de puerta. Es un elemento unidireccional (sentido de la corriente es único), conmutador casi ideal, rectificador y amplificador a la vez. Figura 17.

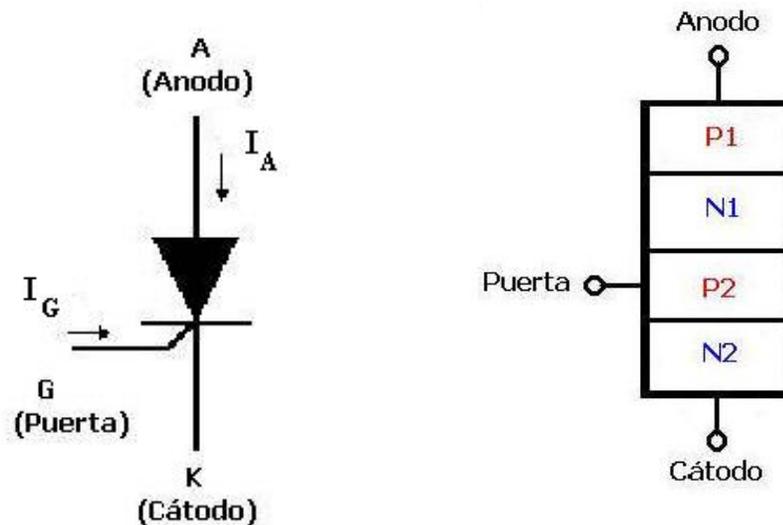


Figura 17: SCR

2.5.1 Características generales del scr:

- Interruptor casi ideal.
- Soporta tensiones altas.
- Amplificador eficaz.
- Es capaz de controlar grandes potencias.
- Fácil controlabilidad.
- Relativa rapidez.
- Características en función de situaciones pasadas (memoria).

ÁREA DE DISPARO

En esta área se obtienen las condiciones de disparo del SCR. Las tensiones y corrientes admisibles para el disparo se encuentran en el interior de la zona formada por las curvas: Figura 18.

- Curva A y B: límite superior e inferior de la tensión puerta-cátodo en función de la corriente positiva de puerta, para una corriente nula de ánodo.
- Curva C: tensión directa de pico admisible V_{GF} .
- Curva D: hipérbola de la potencia media máxima P_{GAV} que no debemos sobrepasar.

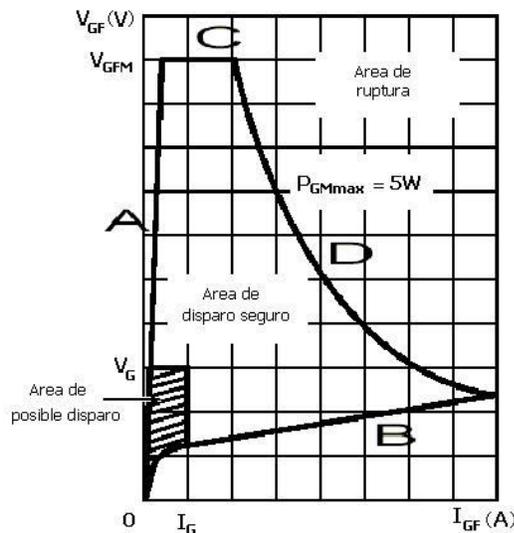


Figura 18: SCR área de disparo.

ÁNGULOS DE CONDUCCIÓN

- La corriente y tensión media de un SCR dependen del ángulo de conducción.
- A mayor ángulo de conducción, se obtiene a la salida mayor potencia.
- Un mayor ángulo de bloqueo o disparo se corresponde con un menor ángulo de conducción

Ángulo de conducción = 180° - ángulo de disparo Figura 19.

- Conociendo la variación de la potencia disipada en función de los diferentes ángulos de conducción podremos calcular las protecciones necesarias.

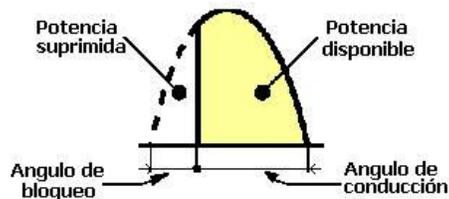


Figura: 19 Ángulos de conducción.

Dependiendo de las condiciones de trabajo de un tiristor, éste disipa una cantidad de energía que produce un aumento de la temperatura en las uniones del semiconductor. Este aumento de la temperatura provoca un aumento de la corriente de fugas, que a su vez provoca un aumento de la temperatura, creando un fenómeno de acumulación de calor que debe ser evitado. Para ello se colocan disipadores de calor.

MÉTODOS DE DISPARO: Para que se produzca el cebado de un tiristor, la unión ánodo - cátodo debe estar polarizada en directo y la señal de mando debe permanecer un tiempo suficientemente larga como para permitir que el tiristor alcance un valor de corriente de ánodo mayor que I_L , corriente necesaria para permitir que el SCR comience a conducir. Para que, una vez disparado, se mantenga en la zona de conducción deberá circular una corriente mínima de valor I_H , marcando el paso del estado de conducción al estado de bloqueo directo.

DISTINTOS MÉTODOS DE DISPARO:

- Por puerta.
- Por módulo de tensión.
- Por gradiente de tensión (dv/dt)
- Disparo por radiación.
- Por disparo de temperatura.

DISPARO POR PUERTA: Es el proceso utilizado normalmente para disparar un tiristor. Consiste en la aplicación en la puerta de un impulso positivo de intensidad, entre los terminales de puerta y cátodo a la vez que mantenemos una tensión positiva entre ánodo y cátodo.

DISPARO POR MODULO DE TENSION: Es el debido al mecanismo de multiplicación por avalancha. Esta forma de disparo no se emplea para disparar al tiristor de manera intencionada; sin embargo ocurre de forma fortuita provocada por sobre tensiones anormales en los equipos electrónicos.

DISPARO POR GRADIENTE DE TENSION: Una subida brusca del potencial de ánodo en el sentido directo de conducción provoca el disparo. Este caso más que un método, se considera un inconveniente.

DISPARO POR RADIACION: Está asociado a la creación de pares electrón-hueco por la absorción de la luz del elemento semiconductor. El SCR activado por luz se llama LASCR.

DISPARO POR TEMPERATURA: El disparo por temperatura está asociado al aumento de pares electrón - hueco generado en las uniones del semiconductor. Así, la suma ($a_1 + a_2$) tiende rápidamente a la unidad al aumentar la temperatura. La tensión de ruptura permanece constante hasta un cierto valor de la temperatura y disminuye al aumentar ésta.

2.6 Información específica de los tiristores de CFE:

La investigación específica trata de especificar el tipo de tiristor que es utilizado en el banco de tiristores de la central hidroeléctrica Manuel moreno torres (CFE).

El tiristor utilizado en CFE es un tiristor de control de fase (SCR).

NOMBRE: Tiristor De Control De Fase (SCR).

MODELO: TC20-2402

El tc20 es un dispositivo de un alto voltaje; figura 20, elevada corriente, de disco compacto que emplea un di/dt de la estructura de la compuerta, este diseño permite que la compuerta

del SCR sea fiable para funcionar a alto di/dt y dv/dt en condiciones diferentes en varias aplicaciones de control de fase.

Maneja un voltaje de 4400 volts a 2450 amperes.

CARACTERÍSTICAS:

- 1.- Baja, en estado de tensión
- 2.- Es de alto voltaje
- 3.- Es de elevada corriente
- 4.- Tiene forma de CD, que emplea un di/dt
- 5.- Es fiable para funcionar con alta di/dt
- 6.- Paquete de cerámica hermético



Figura 20: Tiristor SCR Modelo

Descripción del sistema de excitación (AVR)

El objetivo del sistema de excitación es controlar la tensión de estator de un generador, cabe mencionar que para la excitación se utilizan dos técnicas, una considerada de forma móvil y al otro de forma fija o estática, este sistema de excitación es del tipo estático.

El control de excitación está basado en un regulador de tensión automático digital (AVR), que controla el encendido de los puentes de tiristores para alimentar el generador con corriente de excitación variable.

El equipo puede ser configurado según las necesidades del sistema de control. Existen varias configuraciones (2 reguladores redundantes, vías automática y manual, etc.) y el número de puentes rectificadores depende de la corriente de excitación que es suministrado al generador. El sistema de excitación puede ser conectado a un sistema DCS (distribuidor de control de sistema) a través de un bus de terreno (MODBUS).

El hardware del sistema de excitación está contenido en un armario robusto y compacto. El diseño del regulador impide cualquier fallo de cableado y garantiza una buena compatibilidad electromagnética (CEM).

3.1 Rectificador de tiristores:

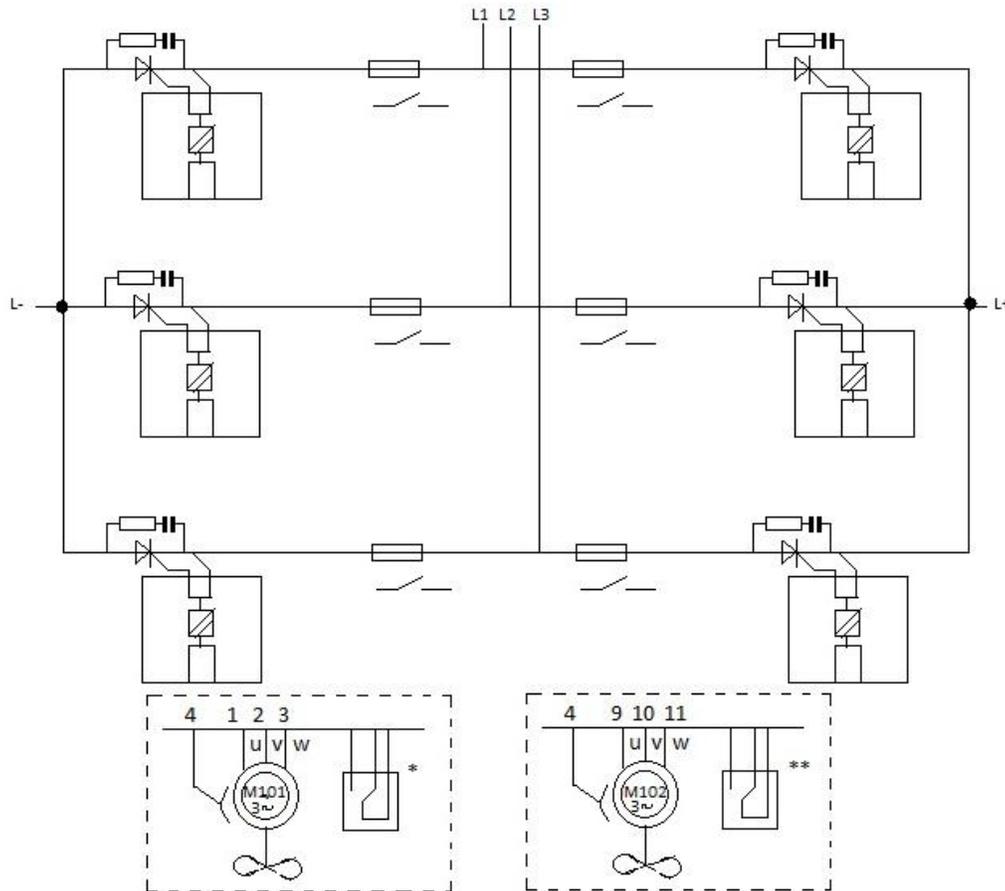
Los rectificadores de tiristores están diseñados para rectificar y modular la tensión alterna del transformador de excitación y para controlar la corriente de excitación del generador.

Cada puente está compuesto de seis tiristores, seis fusibles de respuesta rápida (cada uno tiene un contacto auxiliar), un circuito RC de limitación de sobretensiones, un circuito de puertas y un disipador térmico.

La refrigeración es por ventilación forzada. El sistema de refrigeración por ventilación forzada incluye un conducto de aire con dos ventiladores fijados en la parte superior del bastidor. El puente de tiristores está protegido contra el recalentamiento por un termostato. El sensor del termostato está situado dentro del conducto de refrigeración.

Los puentes son alimentados por el transformador de excitación, conectado a los bornes marcados L1, L2 y L3 en las barras del puente.

Los bornes de salida de corriente continua (CC) están marcados con la letra L+ para la polaridad positiva y L- para la polaridad negativa; representado en el esquema 1, que se muestra a continuación.



Esquema 1: Rectificador de tiristores

3.2 Verificación de la protección de los puentes de tiristores:

REQUISITOS DE SEGURIDAD: Las alimentaciones no utilizadas deben ser bloqueadas para evitar que una tercera persona encienda el equipo durante los trabajos de mantenimiento.

CONDICIONES PRELIMINARES: Las fuentes principales de alimentación deben estar cortadas y desconectadas. La alimentación auxiliar debe estar disponible para las pruebas.

PROCEDIMIENTO:

1.- VERIFICAR LOS SECCIONADORES CON FUSIBLES DE LOS TIRISTORES

-Verificar los 6 micro-conmutadores con fusibles de cada puente de tiristores. Abrir placa roja (con un pequeño destornillador) a la izquierda de cada Micro-conmutador, para simular el cierre del conmutador. Verificar las alarmas correspondientes a los fallos de tiristores. Cerrar la placa roja y acusar recibo de las alarmas pulsando el botón “ED”.

2.- VERIFICAR LOS AJUSTES Y EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE LOS TERMOSTATOS

-Reducir el ajuste del termostato en el frente del conducto de refrigeración del puente de Tiristores.

-Verificar el cierre del conmutador mediante un óhmetro. Verificar que una alarma de Temperatura se haya disparado y acusar recibo de ella.

3.- VERIFICAR EL RELÉ DE PROTECCIÓN DE SOBRECARGA DEL MOTOR

-Utilizando un destornillador, pulsar el pequeño botón rojo “test” del relé de sobrecarga verificar que una alarma se haya disparado y acusar recibo de ella. Reiniciar el relé de sobrecarga pulsando el botón azul.

4.- VERIFICAR EL AJUSTE ACTUAL DEL RELÉ DE SOBRECARGA.

- Verificar el ajuste del relé de sobrecarga indicado en el botón azul.

Ajuste del puente de tiristores Como se muestra en la tabla 2.

Tipo de puente	Ajuste del termostato	Ajuste del relé de sobrecarga
REDEX300	55°C	3 A

Tabla 2: Ajuste de relé

Capítulo 4.- Fallos en el sistema de excitación

4.1 Fallos de primer grado:

Se consideran algunas acciones que surgen en el proceso de la excitación, aquellas fallas que se pueden presentar como:

- *Fallo de alimentación
- *Regulador 1 y 2
- *Sobrecorrientes de excitación
- *Fallo del circuito de supresión de sobretensión
- *Regulador 1 y 2 – Fallo medida de UST
- *Fallo de puente de tiristores
- *Fallo de refrigeración del puente de tiristores
- *Fallo de temperatura del puente de tiristores
- *Fallo de fusibles del puente de tiristores
- *No conducción del puente de tiristores
- *Fallo de no conducción del tiristor (1, 2, 3, 4, 5, 6)

En estas consideraciones a las fallas de primer grado, se puede hacer referencias en las siguientes tablas de los putos mencionados anteriormente, la cual me permite tener un margen de una posible falla en el sistema.

Tabla 3: FALLO DE ALIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones < Acciones necesarias
<p>Alimentación defectuosa del armario de excitación – regulación</p> <p>Consecuencia: Indicación a distancia</p> <p>Convertidores de medida de excitación no disponibles</p> <p>Circuitos de protección no disponibles</p> <p>Detección: Relés –K41, -K42</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo de alimentación detectado por los relés –K41, -K42 o fallo del circuito de control <p>◁Verificar los circuitos de las baterías, los fusibles - F08 y –F09, y los bastidores de filtro –Z01 y –Z02 del compartimiento de regulación</p> <p>◁Verificar el circuito de alimentación, los disyuntores Q11, Q15, Q16, Q41, Q42, Q30, Q44, Q45, (fusibles – F10 y –F11) del compartimiento de regulación.</p> <p>◁Verificar la alimentación del circuito de protección de fallo de tierra del rotor, disyuntor –Q12.</p> <p>◁Verificar la alimentación del regulador(fusibles –F10 y -F11, disyuntores Q15, Q16, Q41, Q42)</p> <p>◁Verificar la alimentación del sistema de medida, disyuntor –Q43</p>

Tabla 4: FALLO DE REGULADOR 1 Y 2

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones < Acciones necesarias
<p>Fallo del regulador 1 y 2</p> <p>El regulador 1 esta defectuoso mientras el regulador 2 está controlando el generador</p> <p>Consecuencia: La salida lógica DEF – REG se posiciona en 1</p> <p>Indicación a distancia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El regulador 1 ha detectado un fallo <p>◁Remitirse al alarma indicado en el panel de control local LCP</p>

Detección:	
Tarjeta CPU 363 del regulador 1 Y 2	

Tabla 5: FALLO DE SOBRECORRIENTE DE EXCITACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	• Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Sobrecorrientes en el sistema de excitación CA</p> <p>El relé de protección de sobrecorrientes CA ha detectado una sobrecorrientes de excitación en el compartimiento de regulación.</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Indicación a distancia</p> <p>Detección:</p> <p>Relé de protección –F12</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El devanado secundario del transformador de excitación esta defectuoso. <p>‹Cuando el sistema está parado, verificar el transformador de excitación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fallo del sistema de control <p>‹Verificar la salida del regulador</p> <p>‹Verificar la tarjeta generadora de impulsos TTM 210</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fallo de sensor o de cableado <p>‹Verificar el sensor y el cableado de corriente</p> <p>‹Verificar los ajustes de los sensores según la especificación de prueba de fabrica especifica del proyecto</p>

Tabla 6: FALLO DEL CIRCUITO DE SUPRESIÓN DE SOBRETENSIÓN

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	• Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Fallo de fusible en el circuito de protección de sobretensión</p> <p>Se ha detectado un fusible defectuoso en el dispositivo de protección de sobretensión.</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Indicación a distancia</p> <p>Detección:</p> <p>Fusible –F06</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Componente en cortocircuito en el dispositivo de protección de sobretensión. <p>‹Verificar el puente de diodos y el circuito RC cuando el sistema este detenido</p>

Tabla 7: REGULADOR 1 Y 2 – FALLO DE MEDIDA DE UST

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	• Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Fallo de medida de tensión en el regulador 1</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Si el regulador es el regulador activo, conmutación al regulador 2.</p> <p>Indicación a distancia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cortocircuito en el circuito de medida de tensión de estator. <p>‹Verificar la tensión en el punto de prueba –X25, 02, 03, 04.</p> <p>ATENCIÓN: si se detecta también un fallo de medida en el regulador 2, el grupo se disparara.</p>

Tabla 8: FALLO DEL PUENTE DE TIRISTORES

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	• Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Fallo del puente de tiristores –U21</p> <p>Se ha detectado un fallo en el puente de tiristores –U21.</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Relé –K19 activado; Indicación a distancia.</p> <p>Inhibición de los pulsos de cebado hacia el puente de tiristores: funcionamiento con el o los otros puentes</p> <p>Detección:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Puente de tiristores –U21 defectuoso en el armario de excitación. <p>‹Remitirse al tipo de fallo específico indicado en el panel de control local (LCP).</p> <ul style="list-style-type: none"> *Fallo de refrigeración *Fallo de fusible *Fallo de temperatura <ul style="list-style-type: none"> • Circuito defectuoso posterior al tiristor. <p>‹Verificar el circuito posterior.</p> <p>ATENCIÓN: Un fallo en otro puente provocara el disparo del grupo.</p>

Tabla 9: FALLO DE REFRIGERACIÓN DEL PUENTE DE TIRISTORES

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Fallo de refrigeración en un puente de tiristores</p> <p>Se ha detectado un fallo en el ventilador de refrigeración de un puente de tiristores por los fusibles o por los relés térmicos.</p> <p>Umbral de protección térmica: remitirse a la sección de mantenimiento preventivo</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Relés –K15, -K16 o -K25, -K26 activados.</p> <p>Inhibición de los impulsos de cebado hacia el puente de tiristores: funcionamiento con el o los otros puentes.</p> <p>Detección:</p> <p>-F21, -Q21, -F22, -Q22 o –F23, -Q23, -F24, -Q24</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo de refrigeración en un puente de tiristores del armario de excitación. Remitirse al panel de control local (LCP) para identificar el puente rectificador defectuoso. <p>‹Verificar el respectivo motor de ventilador de refrigeración y la secuencia de comando de refrigeración en el armario de excitación.</p> <p>‹Identificar el cableado y el transformador por si hay un cortocircuito.</p> <p>‹Cambiar los fusibles defectuosos.</p> <p>‹Verificar y reiniciar el relé de sobrecarga.</p> <p>ATENCIÓN: Un fallo en otro puente provocara el disparo del grupo.</p>

Tabla 10: FALLO DE TEMPERATURA DEL PUENTE DE TIRISTORES

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Fallo de temperatura en un puente de tiristores</p> <p>Se ha detectado un fallo de temperatura en un puente de tiristores.</p> <p>Umbral superior: remitirse a la sección de mantenimiento preventivo</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Relé –K18, o –K28 desactivados.</p> <p>Inhibición de los impulsos de cebado hacia el puente de tiristores: funcionamiento con el o los otros puentes.</p> <p>Detección:</p> <p>Termostato en la parte superior del puente, o conmutador de temperatura del disipador térmico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo de temperatura en un puente de tiristores del armario de excitación. Remitirse al panel de control local (LCP) para identificar el puente rectificador defectuoso. <p>‹Verificar los filtros de las entradas de aire y las salidas de aire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fallo de temperatura debido a una sobrecarga de una fase. <p>‹Verificar la distribución de corriente entre los puentes.</p> <p>‹Verificar todas las conexiones del puente (barras de distribución internas y externas)</p> <p>ATENCIÓN: Un fallo en otro puente provocara el disparo del grupo.</p>

Tabla 11: FALLO DE FUSIBLES EN EL PUENTE DE TIRISTORES

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones ‹ Acciones necesarias
<p>Fallo de no conducción en un puente de tiristores.</p> <p>Se fundió un fusible en un puente de tiristores</p> <p>Consecuencia:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fusible defectuoso en un puente de tiristores del armario de excitación. Remitirse al panel de control local (LCP) para identificar el puente rectificador defectuoso.

<p>Relé –K17 o -K27 activados. Inhibición de los impulsos de cebado hacia el puente de tiristores: funcionamiento con el o los otros puentes.</p> <p>Detección:</p> <p>Detector de fusión de fusible en un puente.</p>	<p>◁Verificar los tiristores del puente. Sustituir los tiristores y fusibles defectuosos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circuito defectuoso posterior al tiristor <p>◁Verificar el circuito posterior.</p> <p>ATENCIÓN: Un fallo en otro puente provocara el disparo del grupo.</p>
---	--

Tabla 12: FALLO DE NO CONDUCCIÓN DEL PUENTE DE TIRISTORES

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones ◁ Acciones necesarias
<p>Fallo de no conducción en un tiristor de un puente rectificador</p> <p>Tiristor defectuoso en un puente de tiristores</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Relé –K14 o –K24 activado individualmente según el puente defectuoso.</p> <p>Salida activado individualmente según el tiristor defectuoso.</p> <p>Inhibición de los impulsos de cebado hacia el puente de tiristores: funcionamiento con el o los otros puentes.</p> <p>Detección:</p> <p>Sensor de efecto Hall en la alimentación CA del puente de tiristores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hay un tiristor defectuoso en un puente rectificador del armario de excitación. Remitirse al panel de control local (LCP) para identificar el puente y el tiristor defectuoso. <p>◁Verificar el circuito de cebado del tiristor y el circuito generador de impulsos, especialmente los componentes del circuito de puerta.</p> <p>◁Verificar las conexiones de las barras de distribución del puente.</p> <p>ATENCIÓN: Un fallo en otro puente provocara el disparo del grupo.</p>

Tabla 13: FALLO DE NO CONDUCCIÓN DEL TIRISTOR 1, 2, 3, 4, 5 Y 6

DESCRIPCIÓN DEL FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles razones ◁ Acciones necesarias
<p>No conducción del tiristor Nº 1 de un puente rectificador</p> <p>Consecuencia:</p> <p>Salida activado Indicación a loca</p> <p>Detección:</p> <p>Sensor de efecto Hall en la alimentación CA del puente de tiristores</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El tiristor No. 1 de un puente de tiristores del armario de excitación esta defectuoso. Remitirse al panel de control local (LCP) para identificar el puente rectificador defectuoso. <p>◁Verificar el cableado del circuito generador de impulsos</p> <p>◁Verificar los componentes del circuito de puerta</p> <p>◁Verificar las conexiones de las barras de distribución del puente.</p> <p>◁Verificar los tiristores del puente</p> <p>ATENCIÓN: Un fallo en otro puente provocara el disparo del grupo.</p>

4.2 Fallos de segundo grado:

Se consideran algunas acciones que surgen en el proceso de la excitación, aquellas fallas que se pueden presentar como:

- *Fallo de cortocircuito a tierra del rotor
- *Fallo de cebado demasiado largo
- *Fallo de sobretensión del rotor
- *Fallo de sobrecorrientes de excitación
- *Fallo de puente de tiristores
- *Fallo del regulador 2

Teniendo los fallos de segundo grado causa el disparo de unidad como se menciona en las tablas anteriores.

Capítulo 5.- Pruebas al banco de tiristores

Procedimiento de pruebas al banco de tiristores:

La realización de pruebas al banco de tiristores se debe de realizar antes y después de dar mantenimiento al banco, antes del mantenimiento para tener en cuenta y saber que tan dañado puede estar un dispositivo ya sea un tiristor, un fusible, o un circuito RC, después para corroborar que el problema está resuelto y funciona correctamente, posteriormente se deben de comparar los resultados de las pruebas para deducir la diferencia de los resultados y comprobar la efectividad del dispositivo.

38

Pruebas a realizar en el banco de tiristores:

- *Verificación de condiciones iniciales del sistema de excitación
- *Pruebas de disparos del regulador automático de voltaje a la sala de control
- *Prueba de conducción de tiristores
- *Prueba de controlabilidad al banco de tiristores
- *Medición de la resistencia de aislamiento a los motores de ventilación
- *Prueba de resistencia de aislamiento a los tiristores
- *Resistencia óhmica a los fusibles del banco de tiristores
- *Saturación de temperaturas a los motores de ventilación
- *Verificación de los circuitos RC's

5.1 Verificación de condiciones iniciales del sistema de excitación:

Esta prueba se realiza para ver las condiciones en las que se encuentra el sistema de excitación (AVR), ya que a veces por la humedad, polvo, calor, etc. Se pierde la efectividad del dispositivo y puede causar un disparo por alguna falla.

Las mediciones que se hacen en esta prueba son las siguientes:

Medición de resistencia óhmica a los TC's

Medición de 250 Vcd en el Bus M (I.T.M. #8 en el tablero dúplex)

Medición de 250 Vcd en el Bus R (I.T.M. #9 en el tablero dúplex)

Medición de 440 Vca

Medición de 220 Vca

Medición del voltaje de excitación

Medición de voltaje en el transformador de sincronización de pulsos

Medición del voltaje en el transformador de alimentación

Medición de 250 Vcd (I.T.M. #10 en el tablero dúplex)

5.2 Pruebas de alarmas y disparos del regulador automático de voltaje a la sala de control:

Para esta prueba se toman en cuenta los equipos de protección como el sistema de regulación de voltaje, que permite verificar algunas variables físicas con respecto al sistema de control.

El conmutador de Prueba – Servicio

Los 36 tiristores para pulsos de disparos

Medición de Temperatura del transformador de excitación (la temperatura para que mande una alarma es de 110°C y para que la unidad se dispare la temperatura debe de ser 120°C)

Los mini interruptores

Medición de corrientes asimétricas

Medición de sobre voltaje de campo

Medición de corrientes en la flecha

Medición de sobrecorrientes de campo

Lecturas de corrientes que circulan en los relevadores de bloqueo

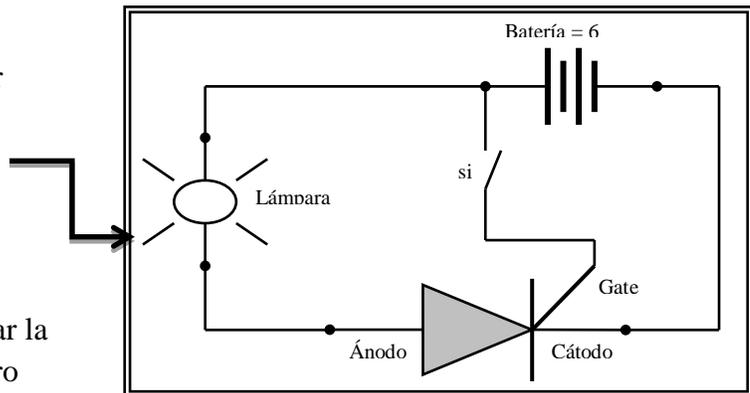
Medición de corriente y voltaje de los motores

5.3 Prueba de conducción de tiristores:

Figura 21: Prueba de conducción

En esta prueba, se utiliza un probador De tiristores, el circuito para Su construcción es el siguiente:

Para realizar esta prueba se conecta El ánodo y el cátodo del tiristor a las Salidas del probador y para comprobar la Conducción del tiristor, se da un ligero toque con la compuerta, si el foco enciende, entonces conduce y si no enciende, indica que el tiristor está dañado y hay que cambiarlo. Estas pruebas se realizan del lado positivo y del lado negativo.



40

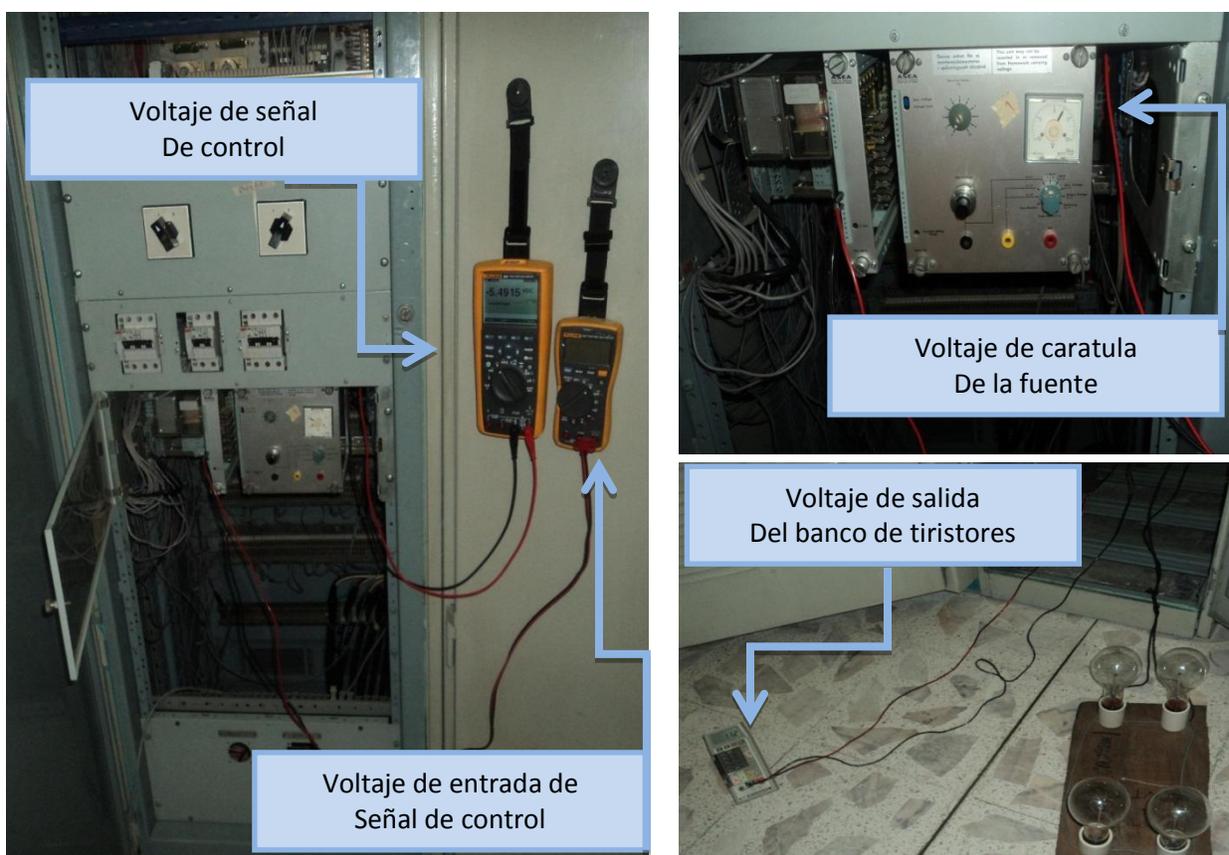


Figuras: 22, 23, 24. Representación de pruebas

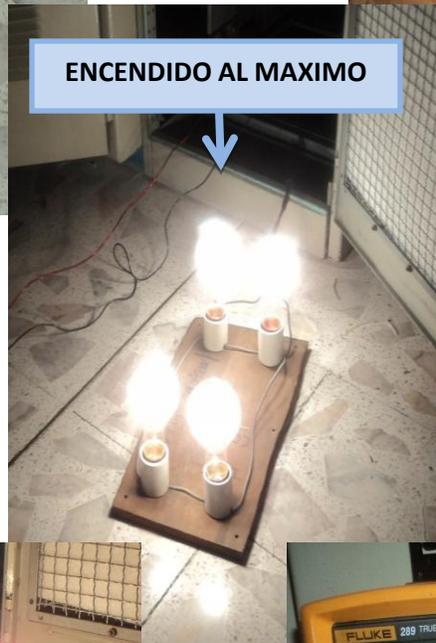
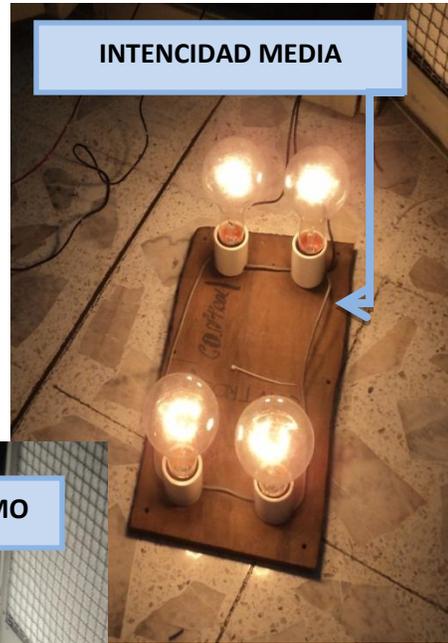
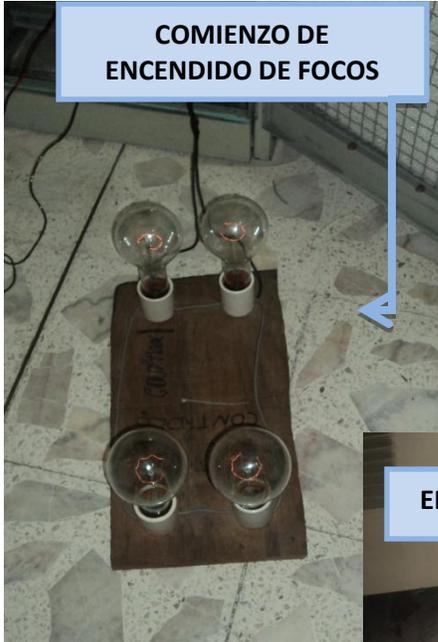
5.4 Prueba de controlabilidad al banco de tiristores:

Para esta prueba se tienen que checar el voltaje de entrada al banco de tiristores, la resistencia óhmica de los focos y se tienen que verificar algunos voltajes establecidos en la prueba. Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31.

En esta prueba se tomaran los datos de cuatro voltajes establecidos para ver la conducción del banco de tiristores, esto sucede cuando a un cierto voltaje se empiezan a encender los focos, los voltajes que se registran son los siguientes: el voltaje en la caratula de la fuente externa, el voltaje de la señal de control, el voltaje de entrada de la señal de control y el voltaje de salida en el banco de tiristores.



Figuras: 25 y 26 Pruebas en banco



Figuras: 27, 28, 29, 30 y 31 Pruebas de controlabilidad del banco.

VALORES TOMADOS DE EL ENCENDIDO MAXIMO



5.5 Medición de inductancia a los reactores:

En esta prueba se medirán la inductancia de cada reactor del banco de tiristores; figura 32, el banco cuenta con 18 reactores, tres en el puente 1 (fase A, fase B y fase C), tres en el puente dos con las mismas fases y tres en el puente tres, estos únicamente del lado positivo, y del lado negativo es similar, lo que quiere decir que son nueve del lado positivo y nueve del lado negativo. El formato para la obtención de los datos de la medición es la siguiente: Tabla 14

MEDICION DE INDUCTANCIA A LOS REACTORES.

Reactor	Lado positivo	Lado negativo.
R1P1FA		
R1P1FB		
R1P1FC		
R1P2FA		
R1P2FB		
R1P2FC		
R1P3FA		
R1P3FB		
R1P3FC		

Tabla 14: Formato de medición

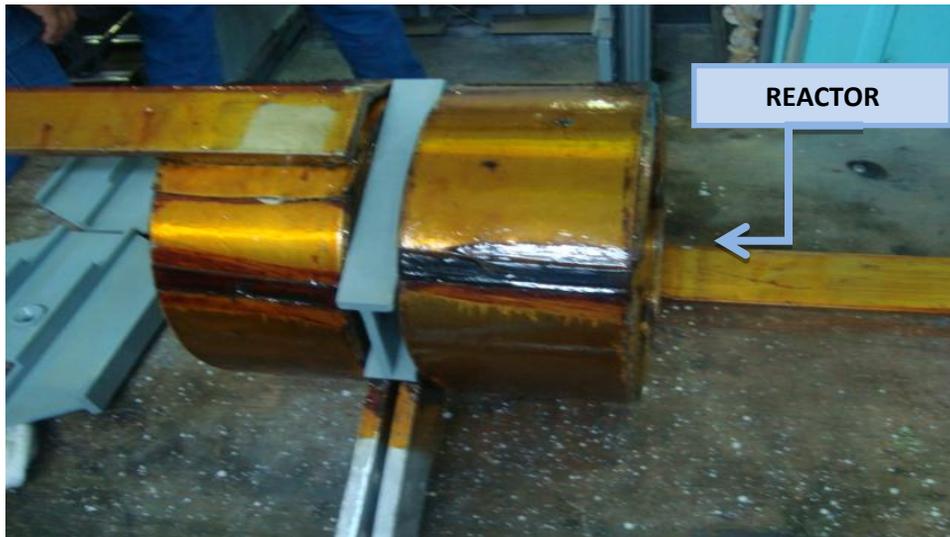


Figura 32: Reactor

5.6 Medición de la resistencia de aislamiento a los motores de ventilación:

En esta prueba se mide la resistencia de aislamiento de los motores de ventilación, el banco cuenta con dos motores de ventilación en la parte superior del gabinete.

Primero se miden por cada fase, fase A, fase B y fase C, después se mide GND o tierra o sea la suma de las tres fases (A+B+C), para esto se debe de tener en cuenta el voltaje de los reactores para inyectar un voltaje de prueba, ya que si el voltaje de prueba es mayor al de los reactores, este puede dañarlos, esta prueba se hace para detectar la humedad del aislamiento de cada motor. El formato de prueba es el siguiente: Formato 1

MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A LOS MOTORES DE VENTILACIÓN.

Motor: _____

Medición	Conexión	Valor medido
$\emptyset A$	$\emptyset A$ vs GND	
$\emptyset B$	$\emptyset B$ vs GND	
$\emptyset C$	$\emptyset C$ vs GND	
GND	$\emptyset A + \emptyset B + \emptyset C$ vs GND	

Formato 1: Mediciones de resistencia de aislamiento a motores de ventilación.

5.7 Prueba de resistencia de aislamiento a los tiristores:

La prueba de resistencia de aislamiento se realiza para saber la pérdida de la resistencia en los tiristores por la humedad, el polvo o el calor. Figuras 33 y 34.

La prueba se le realiza a cada tiristor del lado positivo y del lado negativo con sus conexiones necesarias para la prueba, conexión **ánodo – cátodo** y **cátodo – ánodo**. El formato de prueba es el siguiente: Formato 2

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A LOS THYRISTORES.

Tiristor	Lado Positivo		Lado Negativo	
	Conexión	Conexión	Conexión	Conexión
	Ánodo (+) / Cátodo (-)	Ánodo (-) / Cátodo (+)	Ánodo (+) / Cátodo (-)	Ánodo (-) / Cátodo (+)
T1P1FA				
T1P1FB				
T1P1FC				
T2P1FA				
T2P1FB				
T2P1FC				
T1P2FA				
T1P2FB				
T1P2FC				
T2P2FA				
T2P2FB				
T2P2FC				
T1P3FA				
T1P3FB				
T1P3FC				
T2P3FA				
T2P3FB				
T2P3FC				

Formato 2: Corresponde a pruebas de resistencia de aislamiento a tiristores.

El voltaje de prueba para los tiristores es de 500v, ya que si se le aplica un voltaje mayor, puede dañar el equipo.

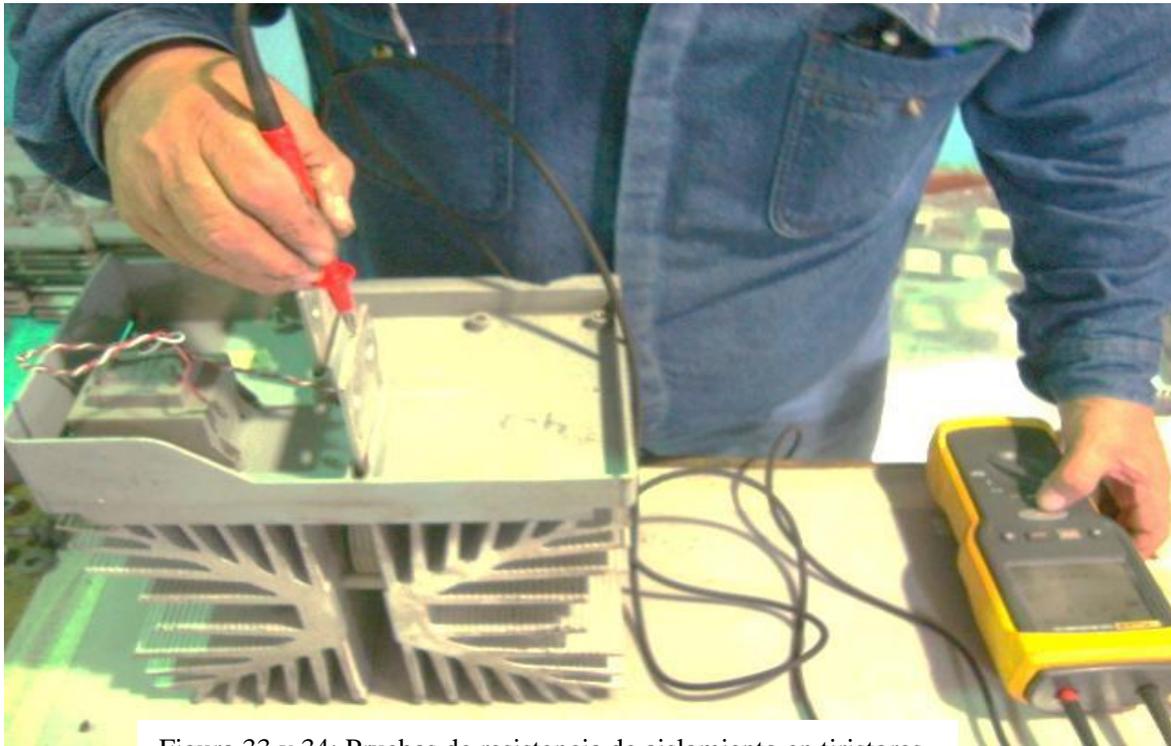


Figura 33 y 34: Pruebas de resistencia de aislamiento en tiristores



5.8 Resistencia óhmica a los fusibles del banco de tiristores:

Esta prueba es para determinar la resistencia de los fusibles, ya que por la humedad, suciedad y calor se pierde la resistencia establecida.

De igual manera el banco de tiristores cuenta con 36 fusibles, 18 del lado positivo y 18 del lado negativo, que son los que protegen al banco de tiristores de alguna falla. El formato para registrar los datos es el siguiente: Formato 3.

FUSIBLE	LADO POSITIVO	LADO NEGATIVO
F1P1FA		
F2P1FA		
F1P1FB		
F2P1FB		
F1P1FC		
F2P1FC		
F1P2FA		
F2P2FA		
F1P2FB		
F2P2FB		
F1P2FC		
F2P2FC		
F1P3FA		
F2P3FA		
F1P3FB		
F2P3FB		
F1P3FC		
F2P3FC		

Formato 3: Resistencia óhmica a los fusibles del banco de tiristores.

5.9 Saturación de temperaturas a los motores de ventilación:

En esta prueba se miden y se registran los datos de voltaje Vca, corriente y temperatura a un determinado tiempo en cada fase, fase A, B y C. Los datos se empiezan a tomar de 1 minuto hasta 35 minutos. El formato de prueba se muestra a continuación: Formato 4.

Tiempo	Fase	Voltaje (Vca)	Corriente (A)	Temperatura
1 minuto	A			
	B			
	C			
3 minutos	A			
	B			
	C			
5 minutos	A			
	B			
	C			
10 minutos	A			
	B			
	C			
15 minutos	A			
	B			
	C			
20 minutos	A			
	B			
	C			
25 minutos	A			
	B			
	C			
30 minutos	A			
	B			
	C			
35 minutos	A			
	B			
	C			

Formato 4: Prueba de saturación de temperatura en motores de ventilación.

5.10 Verificación de los circuitos rc's:

En esta prueba se verificarán cada componente del circuito RC del banco de tiristores, figura 35; de igual forma que los tiristores, el banco cuenta con 36 circuitos RC's, un circuito RC está formado por dos capacitores y cuatro resistencias conectadas en serie, así que se verificarán cada resistencia y cada capacitor. El formato de prueba se muestra a continuación: Formato 5.

Circuito RC	R1 (47Ω)	R2 (47Ω)	R3 (47Ω)	R3 (15kΩ)	R3 (220kΩ)	R3 (220kΩ)	C1 (4 mF)	C2 (4 mF)
RC1P1FA (+)								
RC2P1FA (+)								
RC1P1FB (+)								
RC2P1FB (+)								
RC1P1FC (+)								
RC2P1FC (+)								
RC1P2FA (+)								
RC2P2FA (+)								
RC1P2FB (+)								
RC2P2FB (+)								
RC1P2FC (+)								
RC2P2FC (+)								
RC1P3FA (+)								
RC2P3FA (+)								
RC1P3FB (+)								
RC2P3FB (+)								
RC1P3FC (+)								
RC2P3FC (+)								
RC1P1FA (-)								
RC2P1FA (-)								
RC1P1FB (-)								
RC2P1FB (-)								
RC1P1FC (-)								
RC2P1FC (-)								
RC1P2FA (-)								
RC2P2FA (-)								
RC1P2FB (-)								
RC2P2FB (-)								
RC1P2FC (-)								
RC2P2FC (-)								
RC1P3FA (-)								
RC2P3FA (-)								
RC1P3FB (-)								
RC2P3FB (-)								
RC1P3FC (-)								
RC2P3FC (-)								

Formato 5: Verificación de los circuitos rc's



Figura 35: Verificación de los circuitos rc's.

Capítulo 6.- Mantenimiento al banco de tiristores

Después de haber realizado las pruebas correspondientes al banco de tiristores, se procede a realizar el mantenimiento de acuerdo a las condiciones obtenidas de los resultados y llevando un procedimiento para su mantenimiento como se muestra en la figura 36 y 37.



51

Figura: 36 y 37. Gabinete vista interior banco de tiristores.

6.1 Pasos para el mantenimiento del banco de tiristores:

Para la realización de este procedimiento es importante considerar las siguientes recomendaciones:

Primero: Desmontar el banco de tiristores, en seguida Retirar tornillería del banco, posteriormente Retirar los circuitos RC's con mucho cuidado considerando que se deben Retirar los fusibles y por ultimo Retirar los tiristores, que es la parte fundamental del mantenimiento.

Segundo: Mantenimiento de las partes del banco de tiristores, Se inicia con la rutina de Limpieza a los tiristores, fusibles y circuitos que integran los filtros y acoplamientos RC's.

Tercero: Secado de las partes del banco de tiristores, Esta parte es muy importante ya que los elementos que conforman al banco de tiristores no deben contener humedad en superficies y partes internas de estos, ya que no permitirían garantizar un mantenimiento seguro, las partes que se deben poner mayor énfasis es el Secado de los tiristores son fusibles y circuitos RC's.

Cuarto: Montaje del banco de tiristores, en esta parte se recomienda usar un protocolo de acuerdo al fabricante ya que esto permite que el ensamble sea eficiente en su funcionamiento del sistema. Se considera procedimiento de tipo rutinarios en relación al montaje de tiristores, fusibles y circuitos RC's.

Es importante considerar un procedimiento de torque en las partes que requieran tornillería específica de grado 6, utilizando un torquimetro para su fijación, es de suma importancia contar con una supervisión en este último aspecto ya se ajusta a un torque de 60 lb/In².

6.2 Desmontar el banco de tiristores

Retirar tornillería del banco:

Para empezar con el mantenimiento del banco de tiristores, primero se tienen que retirar toda la tornillería con la que cuenta el banco, la tornillería de los fusibles, de los tiristores, de los circuitos RC's, etc. Para poder retirar cada parte del banco.

Retirar los circuitos RC's:

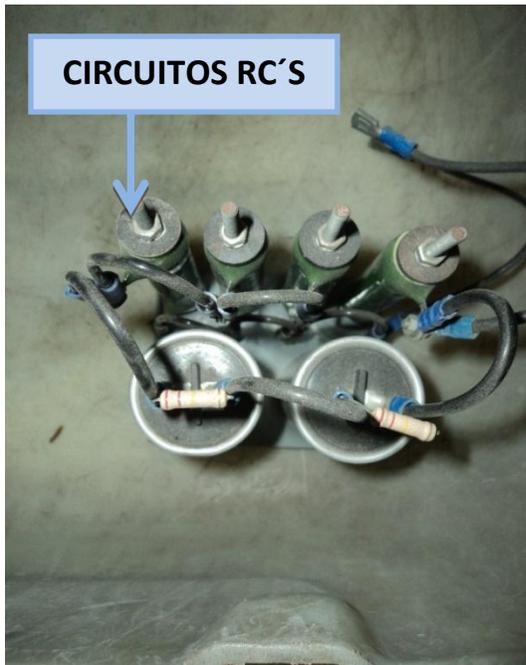
Con la precaución adecuada se procede a retirar los circuitos RC's, procurando no tocar los cables ya que estas pueden romperse y pueden dañar el circuito.

Retirar los fusibles:

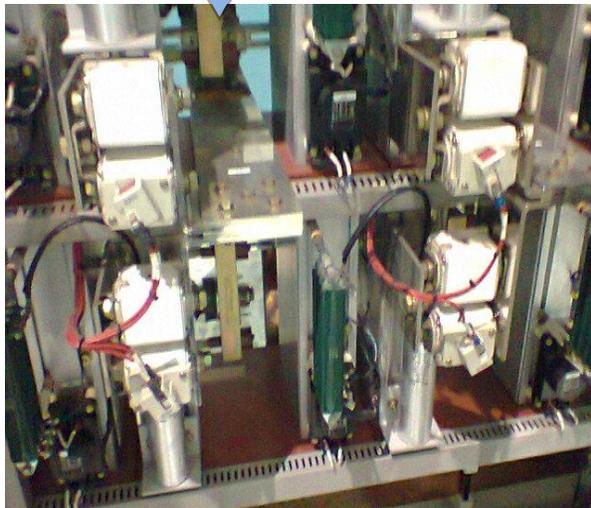
De igual manera se retiran los fusibles cuidadosamente, para no soltarlo, ya que si se sueltan se pueden dañar.

Retirar los tiristores:

Los tiristores se deben de retirar uno por uno y cuidadosamente y con la precaución necesaria, aflojar sin sacar las dos tuercas externas de la abrazadera que sujeta al tiristor, en ningún caso debe aflojarse la tuerca central Nylstop, al hacerlo se puede alterar la presión ejercida por la abrazadera, sacar el componente mediante el extractor suministrado con este fin, si el componente está pegado, golpear suavemente los disipadores térmicos hasta que pueda sacarse, mover solo un disipador térmico a la vez para evitar ejercer presión sobre el componente, procurando que al momento de ponerlo en el suelo o en el lugar donde se le dará el mantenimiento no se deje caer de golpe ya que los tiristores son delicados y un golpe puede dañarlos. El puente de tiristores debe estar conectado a tierra antes de comenzar las operaciones de mantenimiento.



TIRISTORES



Figuras 38, 39, 40 y 41: Desmontaje del banco de tiristores.

6.3 Mantenimiento de las partes del banco de tiristores:

Limpieza de los tiristores:

En la limpieza de los tiristores, lo primero que hay que hacer es limpiar y sacudir la suciedad con brochas, cepillos, y utilizar la aspiradora y utilizar un trapo para limpiarlo, después hay que lavar el tiristor con los líquidos necesarios para su limpieza (swipe, dielectrol, agua, alcohol, etc.) y utilizar una fibra para remover la suciedad. Figuras 42, 43, 44, 45 y 46.



Figuras 42, 43, 44, 45 y 46: Mantenimiento y limpieza a las partes de banco.

Limpieza de los fusibles:

De igual manera los fusibles son limpiados con los líquidos necesarios, en este caso se utilizar el alcohol para su limpieza, los fusibles tienen unas laminillas de cobre que también son limpiados y que se tienen que refregar con la fibra de tal forma que las laminillas queden brillantes, también se deben de limpiar los tornillos que se encuentran con las laminillas ya que pueden presentar oxidación. Figura 47.



Figura 47: Limpieza de fusibles.

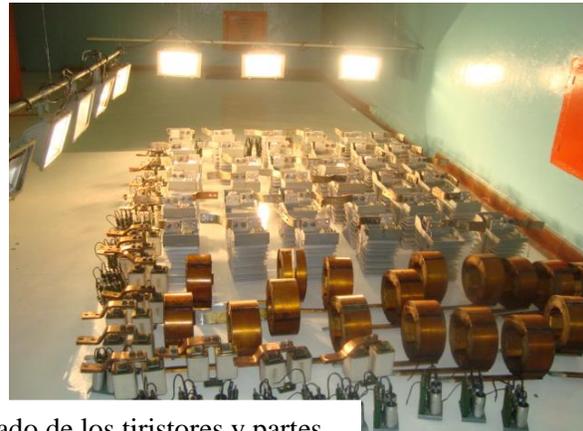
Limpieza de los circuitos RC's:

Lo primero que se debe de hacer en los circuitos RC's, es checar que las terminales de los cables no estén deteriorados, ya que a veces por el calor se hacen frágiles y pueden romperse, si esto ocurre, se tienen que cambiar para que funcionen correctamente, se separan los capacitores y las resistencias, después se limpian cada uno, con una brocha para remover el polvo y con el alcohol para limpiar la suciedad y dar le brillo.

6.4 Secado de las partes del banco de tiristores:

Secado de los tiristores, fusibles, circuitos RC's, etc.

Para el secado de las partes del banco de tiristores, se realiza una instalación de reflectores en una parte libre de casa de maquinas, ya que no se cuenta con un cuarto especial para secar las partes, el secado se realiza por medio del calor que emiten los reflectores, esto solo para los tiristores, circuitos RC's, los fusibles y los reactores. Figuras 48, 49, 50 y 51.



Figuras 48, 49, 50 y 51: Secado de los tiristores y partes.



6.5 Montaje del banco de tiristores:

Antes de montar las partes del banco, hay que revisar el gabinete donde se encuentra el banco, para darse cuenta si está en buenas condiciones, si le hace falta alguna parte, si está limpio, si tiene los filtros en las rejillas de las puertas, etc.

Colocar los tiristores:

Los tiristores deben ser verificados uno por uno, utilizar un óhmetro para medir la resistencia anodo-catodo, un tiristor en buen estado debe tener una resistencia muy alta en ambos sentidos, la resistencia puerta-cátodo, medida en ambos sentidos, debe ser de entre 10 y 100 ohmios.

Poner el tiristor en el extractor con el ánodo y el cátodo en dirección correcta, verificar que los disipadores térmicos puedan moverse libremente, con el extractor, poner el componente entre las barras y el perno de tope del lado del disipador térmico, mover los disipadores térmicos hasta que toquen el componente, aplicar una gota de aceite en las barras de las abrazaderas, apretar las dos tuercas de la abrazadera, hasta que toque el disipador térmico, asegurarse de que la abrazadera este en paralelo al disipador térmico, apretar alternativamente las tuercas, hasta que se suelte el anillo de prueba situado bajo la tuerca Nylstop. Una presión insuficiente o excesiva de la abrazadera puede provocar la destrucción del componente, conectar el circuito de puerta al tiristor y por último, sacar los cables de puesta a tierra.

Después de realizar el montado de los tiristores, se montan los circuitos RC's, los fusibles y se termina de poner la tornillería necesaria de estos componentes.

CONCLUSIÓN

En el desarrollo del procedimiento de pruebas al banco de tiristores se encontraron con pruebas que se les hacen al banco ya anteriormente realizados de acuerdo a los problemas encontrados en el sistema de excitación.

De acuerdo a las características que se comentan en el trabajo y a los resultados que se obtienen de las pruebas, se llega a la conclusión de que el realizar las pruebas al banco de tiristores y al sistema de excitación son de gran importancia ya que se pueden resolver los problemas a tiempo y no esperar a que se opere una alarma para corregir el problema, esto evita que se puedan causar otros problemas y afecten la productividad de la empresa.

RECOMENDACIONES

Las pruebas mencionadas anteriormente realizan cuando hay mantenimiento mayor a las unidades, la recomendación es que no se debe de esperar a que la unidad salga a mantenimiento mayor, si no de que estas pruebas específicamente tratándose del banco de tiristores se realicen a cada determinado periodo, esto para determinar si el dispositivo (tiristor, fusible, circuito RC, etc.), está trabajando correctamente y evitar una alarma y posterior un disparo por falla en el puente.

Verificar que el personal que elabore las pruebas esté capacitado, ya que a veces por falta de información se puede cometer errores que arrojen resultados erróneos y puedan causar un problema.

Inspeccionar que en el espacio que se estén realizando las pruebas, se tenga la dedicación completa a lo que se está haciendo, ya que a veces por alguna interrupción o distracción se pueden cometer errores en las pruebas.

Por último si se determina que un dispositivo está dañado y necesita ser reemplazado, realizar también las pruebas necesarias ya que a veces los dispositivos se encuentran en un ambiente que puedan causar humedad, suciedad, etc. Y al momento de reemplazar no se resuelva el problema.

BIBLIOGRAFIA

Nasar S. (1997) Electric Machines and. Electromechanics. Mc Graw-Hill.

Richardson D. (1997), Máquinas eléctricas rotativas, McGraw Hill

Kosow, Irving L. (1996). Maquinas Eléctricas y Transformadores. (2 Ed.). Prentice-Hall Hispanoamericana.

Champan S. J. (2005) Máquinas eléctricas. (4 Ed.). Mc Graw-Hill.

www.cfe.org.mx

Manual de fabricantes (weg, siemens)

www.baldordistribuidora.com

LIBRO: Curso de transformadores y motores de induccion. Autor: enriquez harper. Cuarta edicion.

www.conae.gob.mx.

Norma oficial mexicana nom-016-ener-2002, eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kw. Límites, método de prueba y marcado.

NORMA NEMA STANDARD MG-1. Information guide for general purpose industrial ac small and medium squirrel-cage induction motor standards

www.schneider-electric.com.mx.

BOLETIN: revision de la normatividad en las aplicaciones de motores de induccion de alta eficiencia.

ARTICULO: motores de alta eficiencia. Autor: enrique c. Quispe y luis f. Mantilla