



**ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACIÓN**

**SISTEMAS DE CONMUTACION DE ALTA FRECUENCIA
UTILIZANDO UN CONVERTIDOR E INVERSOR EN CASCADA
PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA FUNDICION
DE METALES**

**TÓPICO DE GRADUACIÓN
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACIÓN INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR :

**ANGEL ALVARADO MAYORGA
JORGE CÁCERES LEÓN.
PEDRO GUERRERO MORGAN**

**Guayaquil- Ecuador
1997**

AGRADECIMIENTO

A DIOS, nuestros Padres y
hermanos por su constante
apoyo, y por todo cuanto nos han
brindando

DEDICATORIA

Al Ing. Alberto Larco
por el apoyo que nos ha
brindado

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este proyecto, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL” .

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

Integrantes :



ANGEL ALVARADO MAYORGA



JORGE CÁCERES LEÓN



PEDRO GUERRERO MORGAN



ING. ARMANDO ALATAMIRANO

Sub-Decano de la facultad de
Ingeniería Eléctrica



ING. ALBERTO LARCO

Director de Tópico



ING. FEDERICO BOZANO

Miembro del Tribunal



ING. WASHINTONG MEDINA

Miembro del Tribunal

RESUMEN

Este informe presenta un análisis eléctrico y electrónico para el control de potencia a alta frecuencia en un Horno de Inducción "VIP POWER TRACK-10", empleado para la fundición de metales. Este informe incluyen fotos, simulaciones, planos y apéndices de guías de mantenimiento y solución de problemas.

El sistema esta compuesto por un convertido AC-DC, que es alimentado por 360Vac trifásico, a su vez la salida del convertidor es conectada a un inversor monofásico que opera en rango de frecuencia 500-1200 Hz., para dar una potencia máxima de 350 kW. El convertidor un rectificador trifásico compuesto por seis diodos, que dan como resultado un voltaje a una frecuencia Ripple de 360 Hz., el cual pasa por varios filtros antes de ser conectado al inversor que es operado por Tiristores (SCR's). La frecuencia a la cual opera el inversor es ajustada por la tarjeta de control que envía una señal de pulsos de disparo a los SCR's para que estos entren a funcionar.

Además el sistema cuenta con dispositivos de protección como un interruptor de acción rápida, el cual proporciona un bajo voltaje que es conectado a través de bloqueos de puerta al gabinete y también está diseñado para funcionar dentro de los 12 a 20 ms. después de que se detectado un aumento de corriente arriba de lo normal, un reactor limitador de corriente es utilizado para retrasar los picos de voltaje y dar el tiempo necesario para que el interruptor de acción rápido actúe.

Para controlar potencia de operación la tarjeta de control dispone de cuatro retroalimentaciones:

- Potencia del Horno
- Corriente de SCR's
- Voltaje de los condensadores en el circuito tanque
- Tiempo de desactivación de los SCR's (T.O.T)

A parte de estos cuatros parámetros se debe controlar la frecuencia de operación.

El Horno de Inducción "Vip Power Track-10", que se describe en este informe pertenece a la Constructora "Mejía" Cuenca - Ecuador, el cual se encontraba fuera de funcionamiento debido a un desperfecto en la tarjeta de control, que ocasionó daños en los SCR's, lo cual paralizó el proceso de fundición.

El objetivo propuesto fue el de poner en funcionamiento el horno, previo al análisis de los circuitos de control, de potencia y protecciones para la rehabilitación del equipo.

Para esto se hizo algunos viajes a Cuenca, además de las otras operaciones y análisis de la tarjeta de control que se la realizó en el Laboratorio de Electrónica de Potencia de la Universidad donde se pudo observar los daños que esta tenía. Este equipo nos daba la oportunidad de aplicar todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en los cursos de ingeniería industrial.

INDICE GENERAL

RESUMEN	v
INDICE GENERAL	vii
COMENTARIOS GENERALES	1
CAPITULO I	
<u>TEORIA DE OPERACIÓN.</u>	2
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. EL HORNO DE INDUCCIÓN SIN NUCLEO	3
1.3. EL EQUIVALENTE ELECTRICO DEL HORNO SIN NÚCLEO	4
1.4. AJUSTE DEL TANQUE DURANTE EL PROSESO DE CALENTEMIENTO	7
1.5. ANLISIS DE DIAGRAM DEL BLOQUE INVERSOR	9
CAPITULO II	
<u>ANALISIS DEL CIRCUITO DE POTENCIA</u>	13
2.1. EL INTERRUPTOR DE CIRCUITO DE ACCION RAPIDA	13
2.2. CONVERSION CA-CD	15
2.3. EL INVERTIDOR	17
2.4. TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO	24

2.5. CIRCUITO TANQUE	25
-----------------------------	-----------

CAPITULO III

<u>ANALISIS DEL CIRCUITO DE CONTROL</u>	27
--	-----------

3.1. LA RESPUESTA DE FRECUENCIA EN EL CIRCUITO RCL	27
3.2. ANALISIS DE CIRCUITOS	29
3.3. INTEGRACIÓN DEL CONTROL	30
3.4. CIRCUITO DE PROTECCIÓN PARA SOBRE VOLTAJE DE LOS SCR's	33
3.4.1. DESCRIPCIÓN.	33
3.4.2. PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS	35

CAPITULO IV

<u>SISTEMA DE AGUA</u>	37
-------------------------------	-----------

4.1. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA	37
---	-----------

CAPITULO V

<u>PUESTA EN MARCHA Y PROCEDIMIENTO DE PRUEBA</u>	41
--	-----------

5.1. CHEQUEO DE LA POTENCIA DE CONTROL Y BLOQUEO	41
5.2. CHEQUEO DE LA TARJETA DE CONTROL Y AJUSTE DEL LIMITE DE FRECUENCIA	43
5.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES PARA AJUSTE DE LOS LIMITES	48

5.4. JUSTANDO LOS LIMITES	50
CAPITULO VI	
<u>MANTENIMIENTO DEL POWER TRACK</u>	52
6.1. MANTENIMIENTO DE RUTINA	52
6.2. MANTENIMIENTO PROGRAMADO	55
6.2.1. DISPOSITIVOS INDICADORES	55
6.2.2. DETECCIÓN DE PROBLEMAS	58
APENDICES	
APENDICE A	
SUSTITUCIÓN Y REEMPLAZO DE COMPONENTES	68
APENDICE B	
CONVERTIDORES DE PULSOS RESONANTES	73
APENDICE C	
HORNOS DE INDUCCIÓN	90
ANEXOS	
ANEXO 1	
DIAGRAMAS DE CABLEADO ELECTRICO	102
ANEXO 2	
TARJETA DE CONTROL: LAYOUT Y ESQUEMATICO.	104

ANEXO 3

SIMULACIONES EN EL DESIGN LAB 8.0	123
CONCLUSIONES	141
BIBLIOGRAFIA	142

**SISTEMAS DE CONMUTACION DE ALTA FRECUENCIA
UTILIZANDO UN CONVERTIDOR E INVERSOR EN CASCADA
PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA FUNDICION
DE METALES**

COMENTARIOS GENERALES

El sistema de conmutación del que vamos a tratar se trata de sistema de fusión VIP POWER TRAK, este equipo es un horno de inducción que está compuesto por dos unidades básicas: la unidad de potencia y el horno. La unidad de potencia contiene todo el equipo necesario para convertir una voltaje de 460 voltios 60Hz a mayores frecuencias que se requieren para el calentamiento o la fusión por medio de inducción, así como para monitorear y controlar automáticamente la aplicación de potencia de alta frecuencia hasta una estación u horno de calentamiento por inducción.

Los hornos en tales instalaciones son conectados generalmente a la unidad de potencia mediante una combinación de cables enfriados por agua y barras bus de alta frecuencia. Las barras del horno corren desde el gabinete de la unidad de potencia hasta el área del horno. Las conexiones finales entre las barras y el horno se efectúan mediante cables enfriados por agua, los cuales para economía en la operación, se mantienen tan cortos como resulte práctico. El equipo auxiliar como sistemas de enfriamiento, sistemas de levante para el horno, sistemas de manejo de chatarra, pre-calentadores, etc., deberán ser planeados cuidadosamente como parte del paquete completo del sistema de inducción.

CAPITULO I

TEORIA DE OPERACION.

1.1 INTRODUCCIÓN:

El calentamiento por medio de inducción, es el calentamiento de un objeto eléctricamente conductor inmerso dentro de un campo magnético variable. El objeto que está siendo calentado no necesita ser un material magnético para calentarse eficientemente. Todo lo que se requiere es que posea una conductividad eléctrica lo suficientemente buena. La mayoría de los metales ferrosos y no ferrosos pueden ser calentados y fundidos por medio de inducción. El calentamiento y la fusión por inducción es posible directamente solo materiales conductivos. Las corrientes giratorias inducidas a la pieza de trabajo o carga son las principales responsables del calentamiento. Con materiales magnéticos, las pérdidas por histéresis contribuyen ligeramente al calor, pero desaparecen a medida que el material pasa a través de la temperatura Curie y pierde sus propiedades magnéticas. Así, el calentamiento inductivo es principalmente el resultado de las pérdidas I^2R causadas por las corrientes que circulan dentro de la pieza de trabajo ó metal.

Una ventaja significativa del calentamiento o fusión por inducción sobre otros métodos consiste en que el calor es producido dentro de la pieza. La mayor parte de la energía inducida tiende a elevar la temperatura de la pieza o carga. Cuando se utilizan gases, aceites (líquido o sólido) para calentar metal, el calor se aplica a la superficie de la pieza o carga. Mucho del calor produce escapes o pérdidas de combustible sin entrar en contacto siquiera con la pieza o fusión, y no representa ninguna contribución útil al proceso.

El calentamiento por medio de inducción no debe confundirse con calentamiento dieléctrico. El calentamiento dieléctrico es el calentamiento de sustancias no conductoras y tiene lugar a frecuencias de radio. El calentamiento por inducción no puede ser aplicado directamente a materiales no conductivos. En aplicaciones como la fusión de vidrio, el calor es generado dentro de un suceptor conductor y transferido por radiación y conducción a la fusión no conductiva.

1.2. EL HORNO DE INDUCCIÓN SIN NÚCLEO.

El horno de inducción sin núcleo está compuesto de un recipiente refractario, capaz de conservar el baño fundido, rodeado por una bobina helicoidal a la que se aplica una fuente de corriente alterna. La *fig. 1.1* es una vista de corte seccional simplificada, mostrando un horno de inducción sin núcleo.

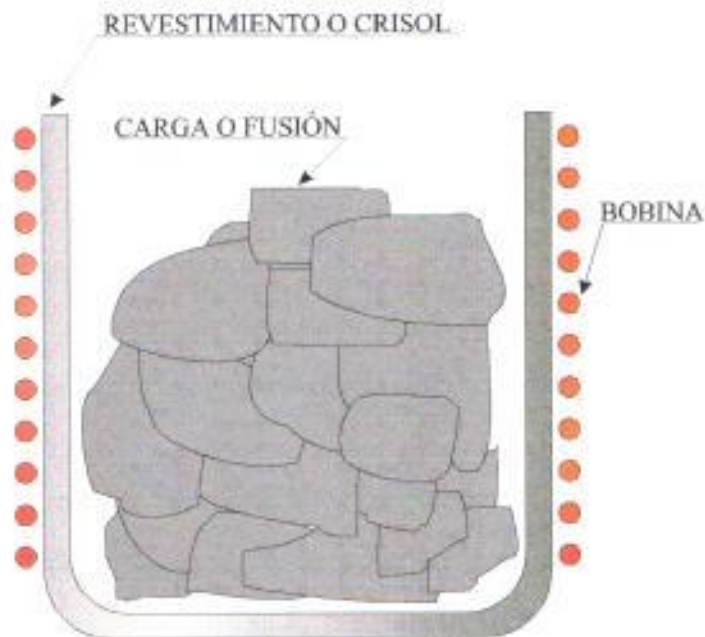


fig.1.1 Corte frontal seccional del horno

La corriente alterna aplicada a la bobina produce un campo magnético variable que se concentra dentro de la bobina helicoidal. Este campo de flujo magnético al cortar la carga, induce una corriente alterna dentro de esta. La corriente circulatoria dentro de la carga produce I^2R en pérdida, lo que calienta la carga.

1. 3. EL EQUIVALENTE ELÉCTRICO DEL HORNO SIN NÚCLEO.

Eléctricamente el horno ya cargado parece ser un transformador con una vuelta corta para secundario. La *fig. 1.2* muestra el equivalente eléctrico de un horno ya cargado.

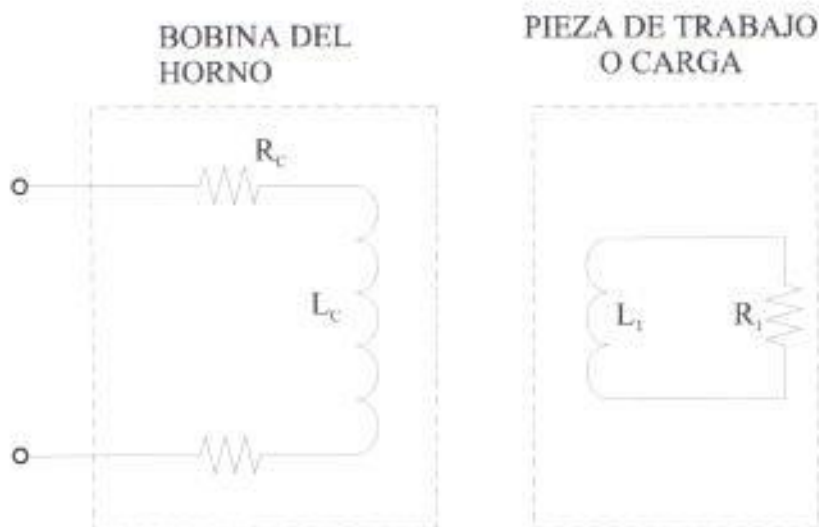


fig. 1.2. Equivalente eléctrico del horno con carga

Al aplicar un voltaje fijo alterno dicho circuito podría resultar en una proporción baja de disipación de la potencia activa en R_l con relación a la potencia reactiva, debido a que la reactancia inductiva representa la mayor oposición al flujo de corriente dentro del circuito. Dicho de otra manera, el

factor de potencia de la bobina de carga es muy pobre. Se utilizan dos métodos para regular dicho circuito y mejorar la gama de potencia activa-reactiva.

1. Capacitores de corrección del factor de potencia en paralelo con la bobina.
2. Capacitores para la corrección del factor de potencia, conectados en serie con la bobina.

El tanque paralelo ha sido adoptado para la mayoría de frecuencias fijas, así como para algunas aplicaciones de frecuencias variables. Lo segundo o serie alterna ha sido adoptado para el inversor del Power Trak, por razones que resultarán aparentes más tarde.

A una frecuencia dada, para que un ajuste dado de condiciones del horno, existe un valor óptimo de capacitancia que se puede conectar en serie al circuito tanque (la combinación de la bobina más los dos capacitores), para producir una resonancia. Al producirse la resonancia, la reactancia capacitiva balancea la reactancia inductiva de la bobina, el factor de potencia del circuito es unitario y la potencia entregada a la carga es la máxima con respecto a la potencia proveniente de la fuente. La *fig. 1.3* muestra un equivalente simplificado del circuito tanque, R_C representa la resistencia de la bobina del horno, L_C-L_L representa la inductancia de la bobina con carga, la cual casi siempre es menor que la inductancia de la bobina vacía (L_C), debido a que la corriente inducida dentro de la pieza de trabajo ó carga produce un flujo magnético que se opone al flujo de la bobina que induce dicha corriente, y de ésta manera reduce la inductancia efectiva del circuito del horno R_L representa la resistencia de las líneas de corriente dentro de la carga como se reflejan hacia el circuito de la bobina. y C representa la capacitancia en serie.

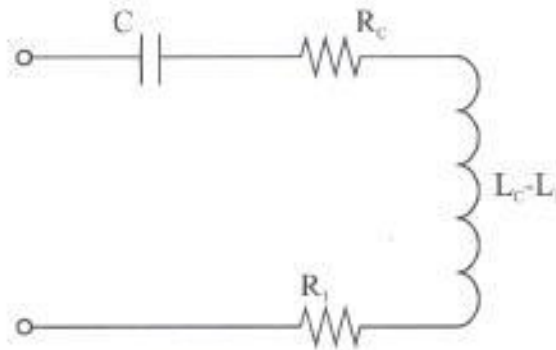


fig 1.3. Circuito equivalente de la Red Tanque del horno

La fig. 1.4a es un diagrama de impedancia del circuito de resonancia en serie de la fig. 1.3. Nótese que el valor de la capacitancia ha sido seleccionado de forma tal que la reactancia capacitiva es exactamente igual a la reactancia inductiva. La suma vectorial resulta cero.

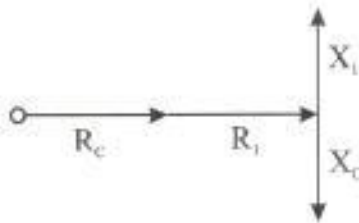


fig. 1. 4a. Diagrama vectorial de impedancias del circuito resonante de la

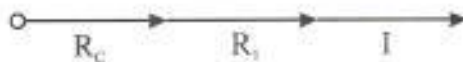


fig. 1. 4b Diagrama vectorial de la corriente con respecto a las Resistencias.

El circuito aparece en el suministro puramente como resistivo, tal como se muestra en la fig. 1.4b. Esta figura muestra también que la potencia real es consumida no únicamente dentro de la carga (R_l), sino en la resistencia de la bobina (R_c) también. Esta pérdida de la bobina, así como el calor conducido desde la carga a través del refractario hasta la bobina, hace necesario el enfriamiento por medio de agua de la bobina.

1. 4. AJUSTE DEL TANQUE DURANTE EL PROCESO DE UN CALENTAMIENTO .

El circuito tanque del horno puede ser comparado a un receptor de radio que puede ser ajustado para recibir potencia con mayor eficiencia a una determinada frecuencia. En un sistema de frecuencia fija, (tal como el motogenerador y multiplicadores estáticos) esta frecuencia es fijada por medio de la frecuencia del suministro de energía. Esto no sería tan problemático si el ajuste del circuito tanque permaneciera fijo, esto es, si se pudiera seleccionar un valor fijo de capacitancia el cual mantuviera una condición de circuito cercano a la unidad de factor de potencia durante el curso de un calentamiento ó fusión. Desafortunadamente, los cambios en la geometría de la carga, los cambios en la resistencia del material cargado con temperatura y, en el caso de la fusiones ferrosas, las pérdidas de propiedades magnéticas sobre la temperatura Curie, causará que el valor de L_C-L_L cambie.

Con una fuente de potencia que opera a una frecuencia fija, resulta necesario que durante el curso de un calentamiento ó fusión se cambie el valor de los capacitores de corrección del factor de potencia, a fin de compensar los cambios en la inductancia del circuito del horno. Estos cambios en capacitancia, aún si se logran automáticamente sin la atención del operador, son llevados a cabo mediante pasos discretos. Cada paso aproxima únicamente el valor que brindaría óptima eficiencia de operación. Otra solución a éste problema resulta evidente. Si pudiéramos ajustar la frecuencia del transmisor (la fuente de potencia) para compensar los cambios en el ajuste del receptor (el circuito tanque del horno), podríamos mantener la unidad deseada del factor de potencia sin cambiar los capacitores. Cuando investigamos la magnitud del

cambio de frecuencia requerido para alcanzar éste punto de ajuste óptimo, encontramos que generalmente es menor que el 10% de la frecuencia operante.

La *fig. 1.5* muestra los cambios relativos que tiene lugar dentro de las condiciones del horno en el transcurso de la fusión. Nótese que la potencia de salida permanece constante en el máximo especificado, mientras que la frecuencia aumenta ligeramente a fin de compensar el decrecimiento en inductancia que ocurre a medida que el baño va de carga fresca a totalmente fundida a la temperatura de vaciado. Esta graduación precisa del cambio en el ajuste del sistema del operador. Con los sistemas de frecuencia fija, los cambios necesarios son efectuados en pasos discretos, cada cambio conduce únicamente a una aproximación del punto de eficiencia óptima que el POWER TRAK sigue con exactitud.

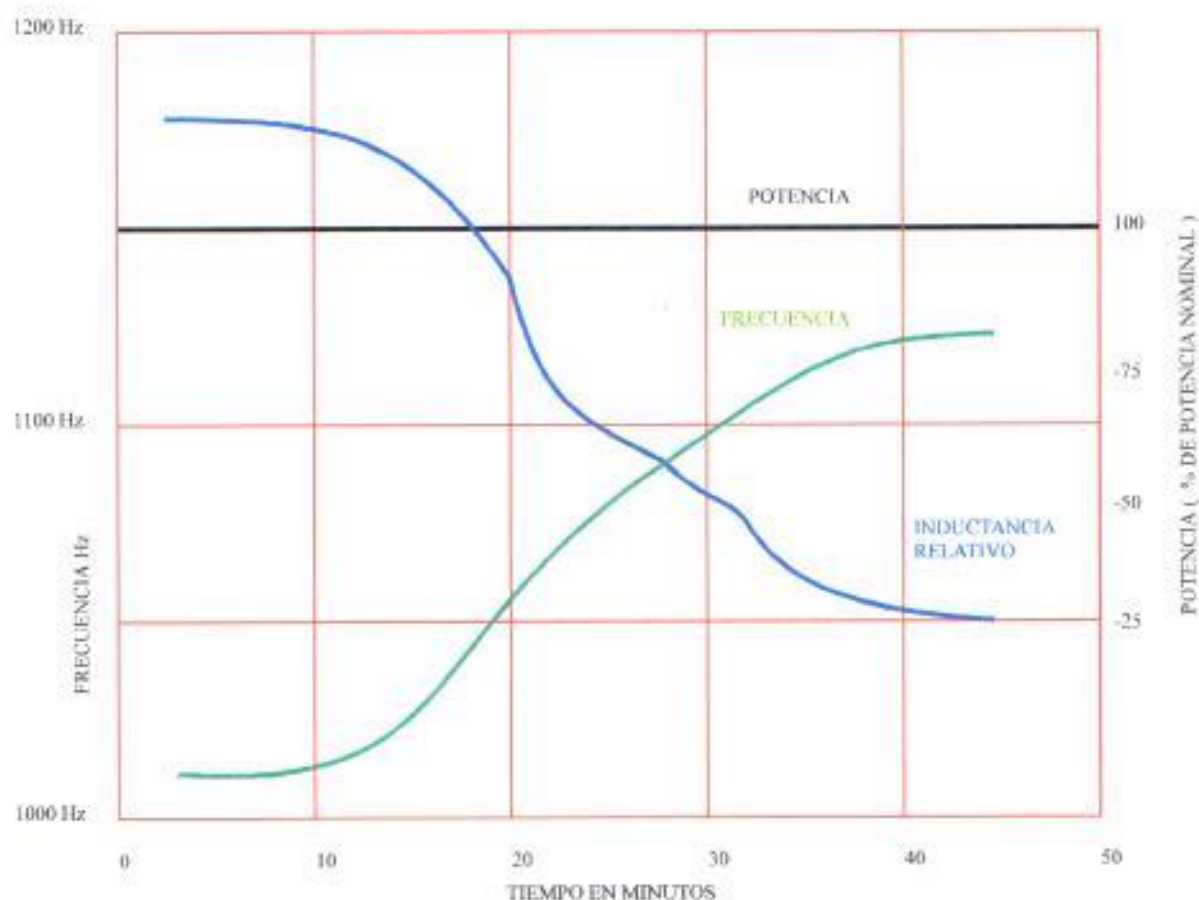


fig. 1. 5. Condiciones del horno durante una colada de 1025 lb. de acero inoxidable

1. 5. ANÁLISIS DEL DIAGRAMA DEL BLOQUE INVERSOR

En la *fig. 1.6* observamos un medio desconectador que proporciona 460 VAC a 60 Hz a un interruptor de circuitos de acción rápida de 3 fases, el cual sirve a su vez como medio primario para energizar el circuito y apagarlo. Este interruptor de circuitos trifásicos contiene una protección de bajo voltaje, la cual es alambrada a través de una serie de bloqueos de puerta o panel de acceso, interrumpe el circuito graduado de bajo voltaje, ocasiona que el interruptor de circuitos se ponga en operación y evita que sea reajustado y encendido hasta que todas las puertas y paneles removibles estén en su lugar.

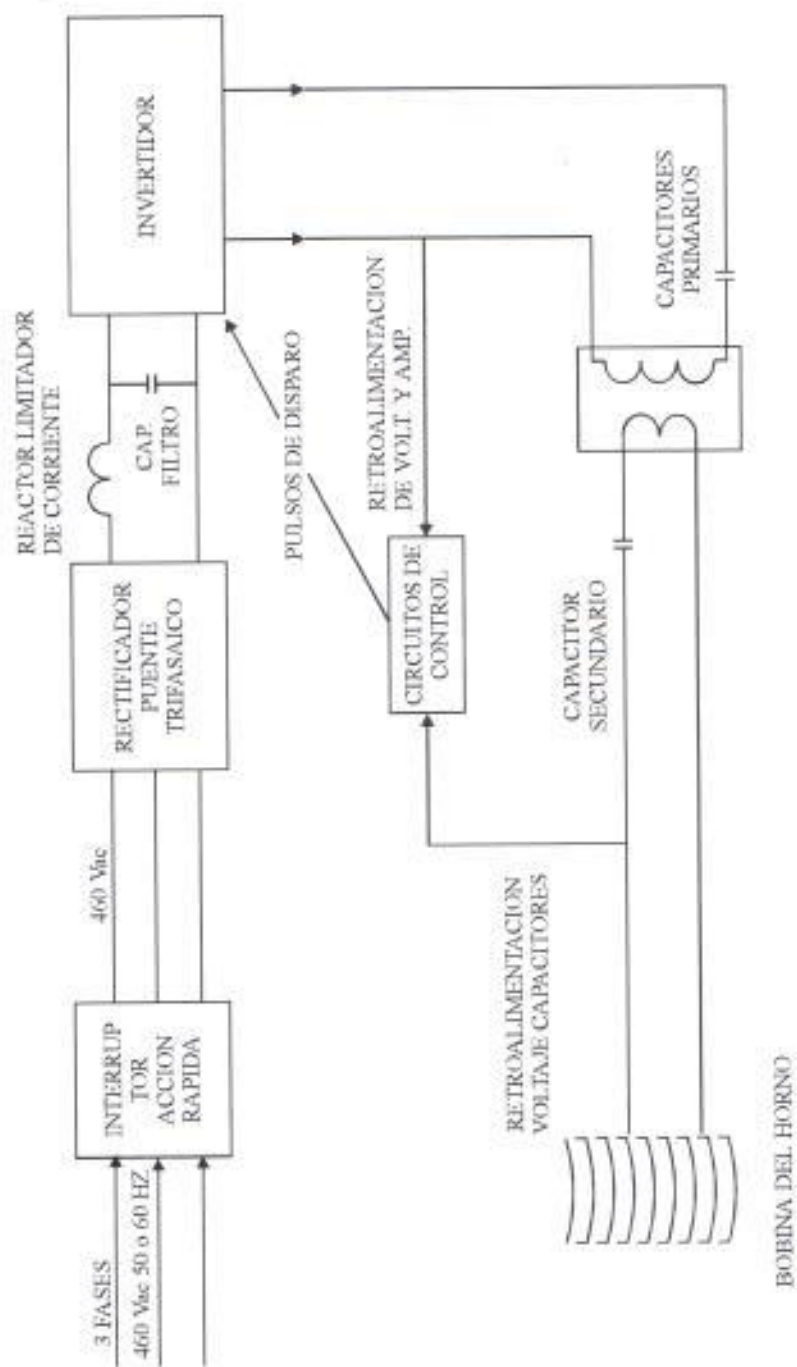


FIG. 1.6 ESQUEMA SEPTIFICADO DEL SISTEMA POWER TRACK.

TUFCO DE GRADUACION: SISTEMAS ELECTRONICOS INDUSTRIALES

HORNO DE INDUCCION VLF POWER TRACK 350-10

ESPOL

Un puente rectificador trifásico convierte la corriente de entrada de 60Hz, a un voltaje de corriente directa, con una frecuencia de rizado de 360 Hz. Este voltaje es filtrado por medio de la acción de capacitores filtro. El reactor limitador de corriente sirve también para retrasar y limitar cualquier aumento repentino de corriente causado por un corto en el circuito tanque, o algún desperfecto en el inversor, de tal forma que la corriente no alcance valores que podrían dañar los diodos o los rectificadores controlados de silicio (SCR's) durante los 12 a 20 milisegundos requeridos para que el interruptor de circuitos de acción rápida responda.

Los SCR's de la sección del inversor son interruptores electrónicos de alta velocidad capaces de controlar la corriente de 1000 A o más con señales relativamente pequeñas de entrada ó pulsos de disparo (abertura). La frecuencia de salida en el inversor es determinada por el periodo de conmutación de los SCR's por medio de las señales generadas por la tarjeta de control.

La tarjeta de control responde a la realimentación representando el voltaje del inversor, corriente del inversor y salida de potencia para producir pulsos de disparo para los SCR's, lo que producirá ya sea un nivel de potencia seleccionado por el operador, o la máxima entrada de potencia posible al circuito tanque del horno durante condiciones particulares de calentamiento o fusión. La tarjeta de control también fija límites en la operación del inversor a fin de evitar daños en los SCR's debido a la alta corriente ó un tiempo de apagado breve y para evitar daño a los capacitores de corrección del factor de potencia del horno, debido a un voltaje excesivo.

La capacitancia secundaria se ajusta en pasos para permitir la sintonía del circuito tanque del horno a una frecuencia dentro del nivel de operación del POWER TRAK .Esta sintonía proporciona la versatilidad necesaria para acoplar varias bobinas, fundir diversas aleaciones, así como compensar por los cambios en las características del revestimiento refractario sin hacer ajustes a la fijación interna del inversor.

CAPITULO II

ANALISIS DEL CIRCUITO DE POTENCIA

2.1. EL INTERRUPTOR DE CIRCUITOS DE ACCIÓN RÁPIDA.

La potencia trifásica nominal de 460 Vac. penetra en el anexo del interruptor mostrado en B-1 del dibujo. Un transformador reductor de voltaje conectado al lado activo del interruptor proporciona potencia para la acción de bajo voltaje del interruptor de circuitos. Este voltaje de control está conectado a través de los bloqueos de puerta del gabinete hasta la bobina de acción de bajo voltaje. El interruptor accionará si se abre cualquier puerta del gabinete o si se retira cualquier panel de acceso teniendo el interruptor en posición de *encendido*.

El interruptor no puede ser armado y llevado a la posición de *encendido* a menos que todos los paneles de acceso estén en su lugar y todas las puertas estén cerradas.

Este interruptor de circuito de acción rápida está diseñado para funcionar dentro de los 12 a 20 milisegundos después de que se ha detectado un aumento de corriente arriba de lo normal. Sin embargo, aún esta operación relativamente rápida no protegería a los diodos y SCR's de la unidad de potencia para evitar daños. Un inductor limitador de corriente es utilizado a fin de retrasar la llegada de picos de corriente durante la eventualidad de cortocircuitos o disparos equivocados del inversor, a la vez que evita que el sistema se desconecte en los transientes de corriente y se dispare en falso el disyuntor de acción rápida. Este retraso en los picos de corriente permite al interruptor de circuitos disponer del tiempo necesario para actuar antes de que las corrientes

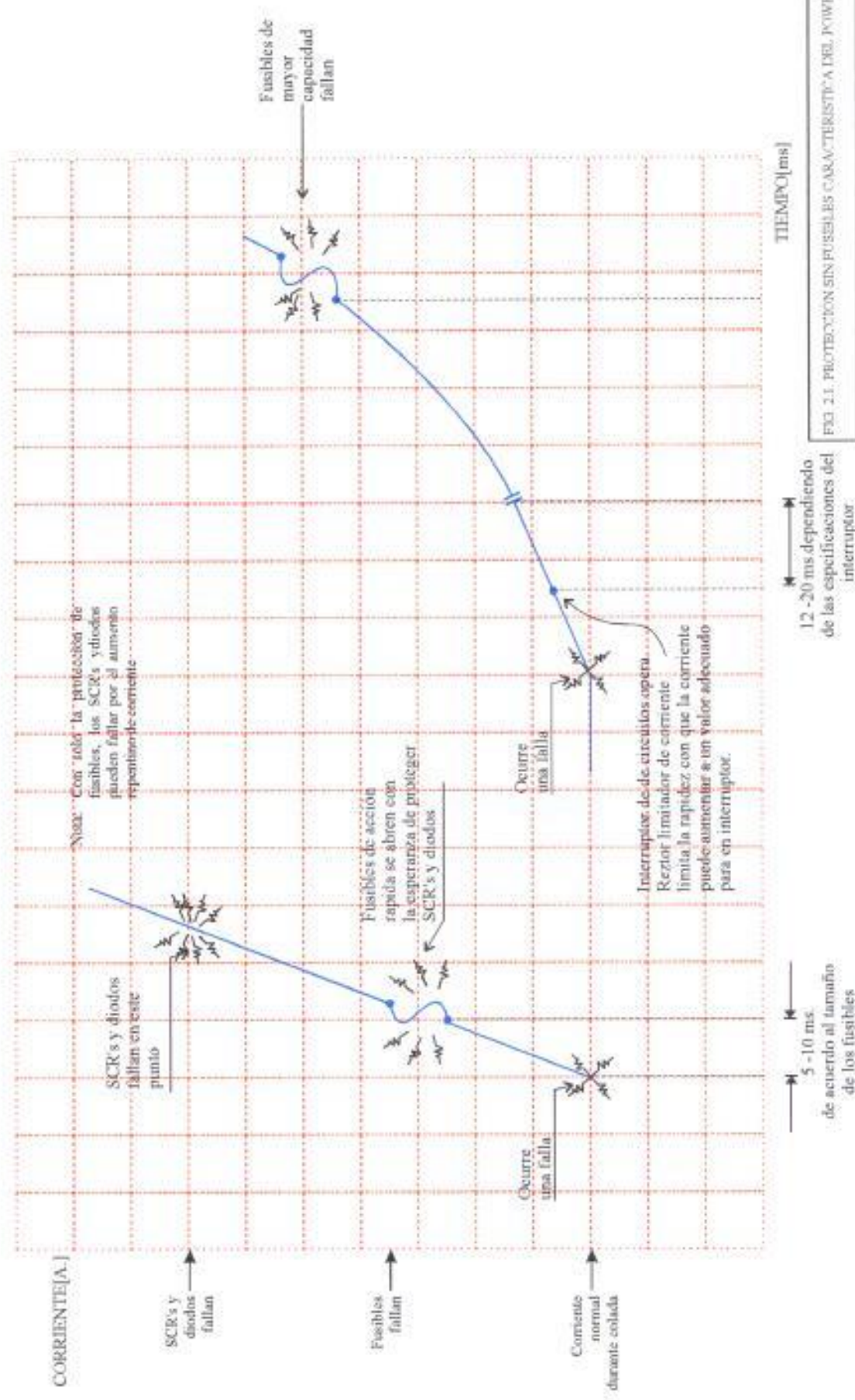


FIG. 2.1. PROTECCIÓN SIN FUSEBLES CARACTERÍSTICA DEL POWER TRACK

TÓPICO DE GRADUACIÓN: SISTEMAS ELECTRONICOS INDUSTRIALES

en diodos o SCR's alcancen su límite de tolerancia. Este valioso dispositivo del suministro de potencia evita los problemas y costos de reemplazar fusibles de acción rápida de alto precio. Los fusibles se suministran como un respaldo para el interruptor de circuitos y como seguridad contra algún mal funcionamiento del mismo, así como para proteger el rectificador de diodo trifásico contra costos. La *fig. 2.1* es una representación gráfica de la coordinación del interruptor de circuitos y sus fusibles, empleados para proteger al Power Trak contra variaciones de corriente.

2. 2. CONVERSIÓN DE AC-DC

El esquema de conversión de frecuencia del POWER TRAK Trak es un método AC-DC-AC. El primer paso en esta cadena AC-DC-AC es una conversión AC-DC, lograda por medio de un rectificador de puente trifásico. Los diodos que actúan esencialmente como válvulas de chequeo eléctrico, permiten el flujo de corriente en la dirección de la flecha sobre la cual está construido el símbolo. La salida del puente trifásico es un voltaje de DC con 360Hz de frecuencia de rizado, característico en un rectificador trifásico de onda completa..

En la *fig. 2.2* , se pueden observar los componentes del convertido, en el diagrama de cableado se pueden observar mas detalles de este. El circuito snuber RC a través de cada diodo disminuye el ruido de alta frecuencia producido a medida que los diodos son puestos dentro de conducción. Los tres MOV's (varistores de óxido metálico) conectados de línea a línea en la entrada trifásica al puente corta los picos de cualquier voltaje de línea de entrada que pudiera dañar a los diodos.

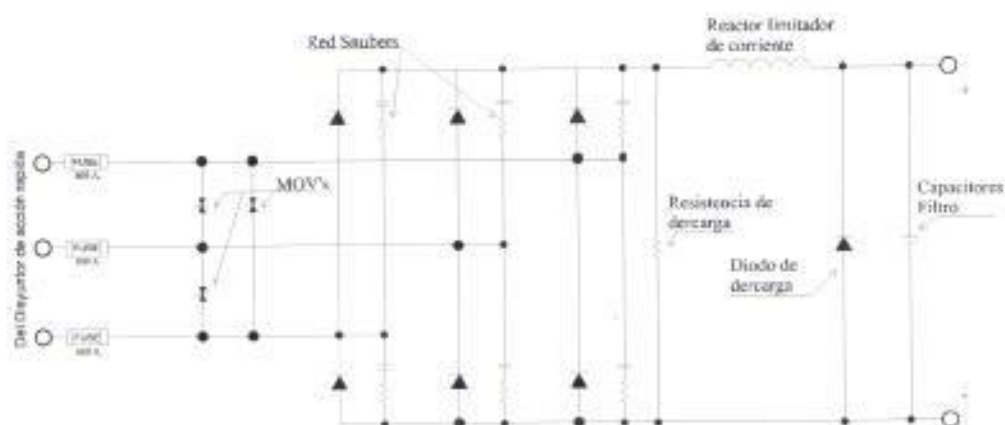


fig. 2.2. Diagrama simplificado del convertidor AC-DC.

El filtrado de la corriente de salida del puente trifásico está contenido dentro de la unión de DC entre la salida al puente y la entrada del inversor. El filtro está compuesto de una resistencia, reactor limitador de corriente, diodo de descarga y uno ó más capacitores de filtro.

La resistencia sirve para descargar los capacitores filtro cuando el equipo es apagado, de manera que la carga del capacitor no permanezca como peligro de shock para quien esté trabajando con el equipo. La resistencia reduce el voltaje residual a menos de 50 V, en menos de un minuto después de una falla o apagado del equipo.

El reactor limitador de corriente retrasa las excursiones de corriente ,que ocurren bajo condiciones de falla, lo suficiente para permitir que el interruptor de circuitos magnéticos de acción rápida se abra y desconecte el circuito antes que niveles de corriente sean alcanzados, lo cual podría dañar los SCR's y diodos.

El diodo de descarga conectado en paralelo a través de los capacitores filtro no conduce corriente durante la operación normal, debido a que está inversamente conectado con su ánodo en la barra bus negativa y su cátodo conectado a la barra positiva, proporcionando así una línea de descarga de baja impedancia en caso que una carga inversa apareciera en los capacitores.

2. 3. EL INVERSOR.

La *fig. 2.3* es un esquema simplificado del inversor, con la salida de la conversión AC-DC reemplazada por un suministro de DC y el circuito de salida es reemplazado por elementos idealizados de resistencia, capacitancia e inductancia.

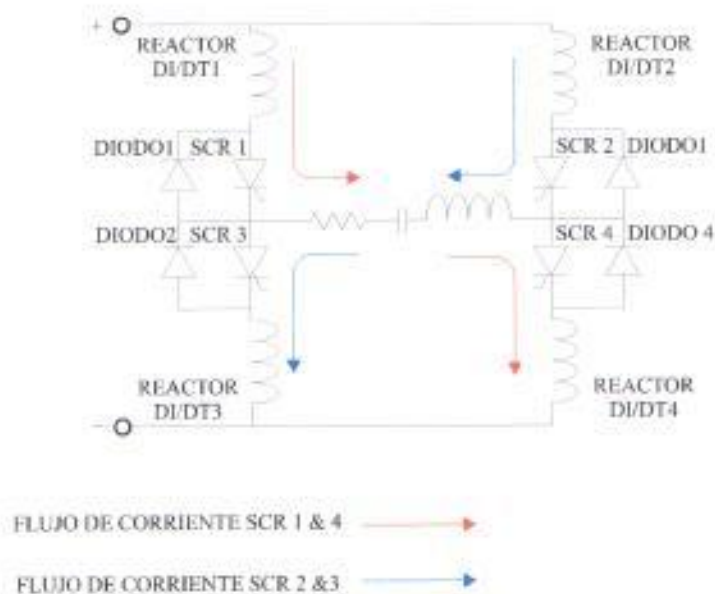


fig. 2. 3. Diagrama simplificado del Inversor

Como una primera aproximación considere que los SCR's son interruptores perfectos, esto es, que pueden ser construidos para ir de una resistencia infinita hasta una resistencia cero instantáneamente. Es fácil ver que al disparar los

SCR1 y 4 hacia conducción simultánea a intervalos fijos y haciendo lo mismo con los SCR2 y 3, con la misma frecuencia repetitiva de tiempo, sincronizada al punto medio del ciclo de disparo de SCR.1 y 4 podríamos producir una onda rectangular de voltaje alterno, relaciona a los disparadores de los SCR's, según se muestra en la *fig. 2. 4.*

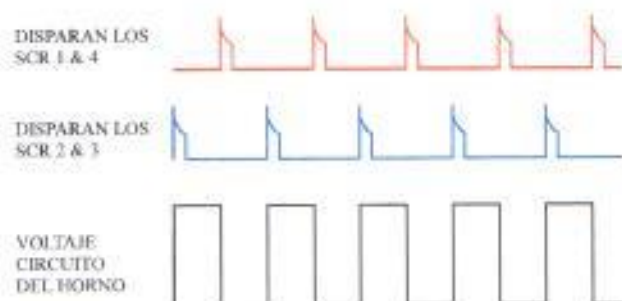


fig. 2. 4. Relaciones idealizadas de tiempo del inversor

La *fig. 2.5* muestra un circuito simplificado, extraído de la *fig. 2.3*, que representa una línea de corriente desde la fuente de energía positiva, a través del reactor $DI/DT1$, SCR1, R, C y L de la carga, el SCR4, el reactor $DI/DT4$ y de ahí a la terminal negativa del suministro. Los SCR1 y 4 han sido reemplazados por interruptores que operan juntos, y los reactores $DI/DT1$ y 4 han sido amalgamados al L de la carga. El circuito RCL simple que resulta, exhibirá la respuesta transitoria a un voltaje DC que es típico de tales artefactos. Debido a la resistencia de éste circuito, que es muy baja, la respuesta transitoria será una respuesta hipoamalgamada. El circuito tenderá a oscilar si se excita por medio de un voltaje DC.

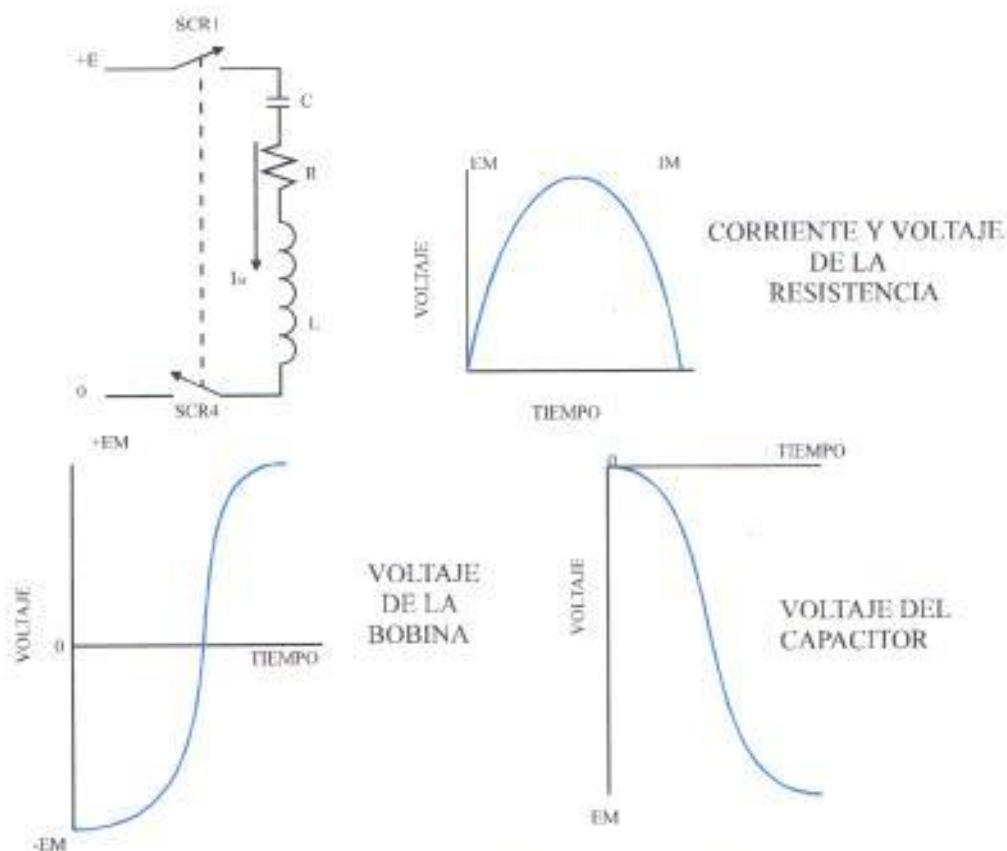


fig. 2.5. Análisis del voltaje y corriente en un circuito RCL en serie

En el instante de que los interruptores son cerrados, la corriente dentro del circuito es cero, no existe cambio en el capacitor y no hay energía almacenada dentro del campo magnético de la inductancia. Sin embargo, el rango de cambio de corriente con respecto al tiempo es máximo. El voltaje total aplicado aparece a través de la inductancia, la cual a este punto es el único elemento de circuito en oposición al flujo de corriente. A medida que fluye la corriente empieza a acumularse una carga sobre las placas del capacitor. Esta acumulación de carga desarrolla un voltaje que se opone al voltaje aplicado y resulta en una disminución de la magnitud de la corriente. A medida que la corriente tiende a disminuir, la energía almacenada dentro del campo magnético del inductor es regresada al circuito en la forma de un voltaje a

través del inductor (sus terminales). Este voltaje auxilia en el flujo de corriente aún después que el capacitor se ha cargado al voltaje aplicado. La fuerza electromotora impartida por el colapso del campo del inductor continua para cargar el capacitor hasta que toda la energía almacenada dentro del campo del inductor ha sido recuperada. Esta acumulación adicional de carga en el capacitor causa que el voltaje del capacitor logre dos veces el valor del voltaje aplicado. A este punto, la corriente dentro del circuito se invertirá ya que el voltaje del capacitor excede al suministro de voltaje y es opuesto al mismo en polaridad. Si en este punto sustituimos un SCR por nuestros interruptores, encontraríamos que la actividad dentro del circuito cesaría.

La corriente a través del SCR habría descendido a menos del valor mínimo requerido para conservar el SCR fijo en conducción. Dado que el SCR no conducirá corriente en la dirección opuesta, el capacitor retendría su carga, no habría energía almacenada en el campo magnético del inductor y no fluiría más corriente dentro del circuito. La resistencia que representa todos los segmentos consumidores de potencia de nuestro circuito (las resistencias de las barras bus y las resistencias de la bobina, calor generado en todos los componentes del circuito, así como la potencia recibida a la carga) ha visto un pulso de corriente desde cero a un positivo máximo y de vuelta a cero.

Si los SCR2 y 3 fueran disparados a este punto, inmediatamente se produciría un disparo equivoco. Aunque el SCR representado por el interruptor 4 ha cesado de conducir debido a que su corriente ha caído a menos de la corriente requerida para mantenerse, no está cerrado en el nivel de apagado y no soportaría la realización de voltaje positivo. El interruptor 4, que representa al SCR4 se volvería a cerrar sin una señal de entrada, siendo el resultado obvio un

corto circuito a través del suministro de corriente directa. Cuando un SCR queda fuera de conducción, debe ser protegido contra la reaplicación de voltaje positivo durante un lapso de tiempo denominado tiempo de apagado (TOT) mientras que se restablece o cierra en el estado de bloqueo o conducción. Cada uno de los SCR's en el inversor están en paralelo con un diodo que permite un flujo de corriente en dirección opuesta, por un intervalo igual o mayor que el requerido TOT.

Durante este intervalo, el SCR es protegido del voltaje en dirección positiva y ve solamente el voltaje opuesto, proporcionado por la caída de voltaje a través del diodo. Este tiempo de apagado se convierte en uno de los más importantes parámetros dentro de los cuales deberá ser operado el inversor. Cualquier intento para operar con un TOT muy breve resultaría en un disparo equívoco del inversor y caída del interruptor de circuitos.

Con las medidas tomadas para que el diodo inverso proporcione TOT adecuado, neutro inversor operará ahora a una frecuencia dada si suministramos pares alternos de SCR's con pulsos que tengan la frecuencia y fase de tiempo adecuados. La *fig 2. 6* muestra los pulsos, su relación con la onda de corriente del SCR y la forma de onda vista a través del transformador primario de aislamiento.

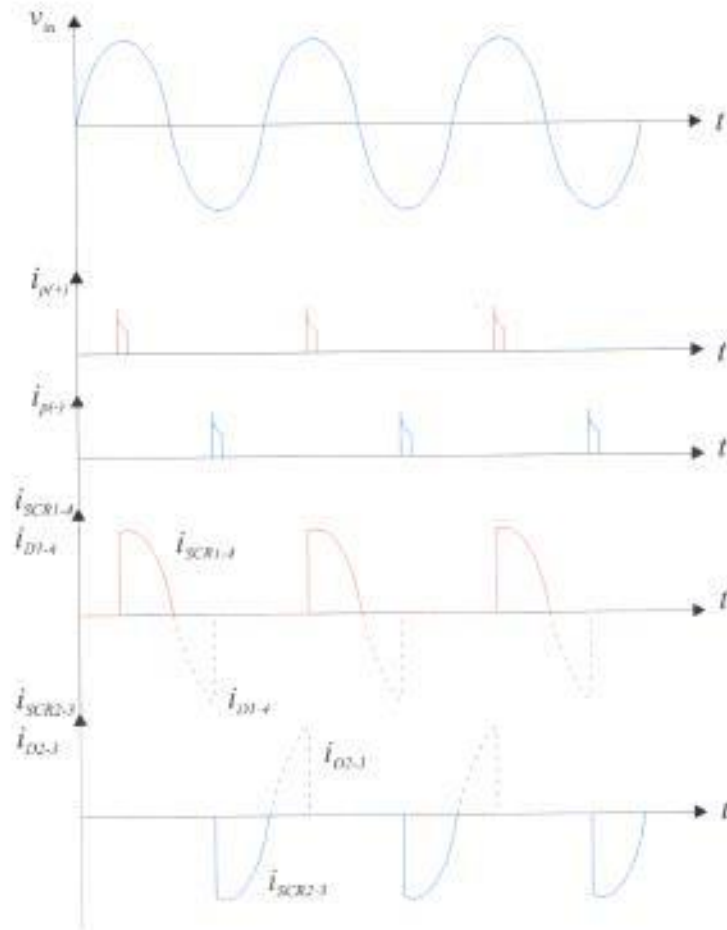


fig. 2. 6 Señales de disparo y tiempo de conducción de los SCR's y Diodos

La mayoría de las otras complicaciones del circuito, más allá de la simple distribución de SCR's y diodos que hemos examinado, están asociados con las características de los SCR's que determinan los parámetros de operación del inversor. Estos son:

- 1) Voltaje de bloqueo positivo.
- 2) Corriente máxima.
- 3) DI/DT , el nivel de cambio de corriente con respecto al tiempo.

- 4) DV/DT , el nivel de cambio de voltaje positivo reaplicado, con respecto al tiempo.

Si el SCR es sometido a un voltaje positivo demasiado alto, conducirá sin aplicar una señal de entrada. El diseñador del circuito debe seleccionar un dispositivo que sea capaz de soportar los voltajes a que estará expuesto dentro del circuito.

El inversor es diseñado para operar bien, bajo la máxima corriente que pueda manejar con seguridad el SCR. Se provee protección para limitar la corriente del inversor si y cuando la demanda de corriente de la carga alcance la máxima capacidad de corriente de los SCR^S.

El rango de aumento de corriente, cuando el dispositivo es disparado debe ser controlado. Se requiere una cantidad determinada de tiempo para permitir que la corriente se extienda a través del área completa de las capas de silicio. Si la corriente fuera de brincar instantáneamente a un valor dentro de los límites de seguridad de operación, la densidad de la corriente sería excesiva en la región cercana a la puerta de disparo y se quemaría, perforaciones dentro de la inductancia del circuito del horno limita DI/DT a valores razonables. No obstante, en los casos en que se produce un disparo equivocado o corto circuito, el DI/DT proporcionan la mínima reactancia inductiva requerida para limitar DI/DT bajo tales circunstancias a niveles seguros. La inductancia de la bobina del horno reflejada al circuito primario del transformador de aislamiento, está efectivamente en serie con los SCR^S cuando estos son disparados. Es principalmente este campanazo inductivo del que dependemos para la conmutación y apagado de los SCR^S. Esta característica del inversor en serie

hace que sea substancialmente más eficiente que los circuitos sintonizados en paralelo. Con los inversores que funcionan en circuitos tanque de ajuste paralelo, reactores de conmutación y capacitores deben ser suministrados en el circuito primario del transformador de aislamiento. Las pérdidas en estos componentes es parte sustancial de la pérdida de potencia en el inesor de ajuste paralelo.

Si el rango de elevación del voltaje positivo reaplicado es demasiado alto, un SCR entrará en conducción sin haber sido disparado. El accesorio en paralelo con cada SCR es un circuito snuber en combinación con un circuito igualador de voltaje. Este circuito controla el nivel de elevación del voltaje positivo reaplicado y asegura que los SCR's conectados en serie tengan unidad de voltaje cuando están en forma de bloque positivo.

2. 4. TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.

El inesor es acoplado al circuito tanque por medio de un transformador reductor de aislamiento de alta frecuencia el cual tiene una relación de transformación de 3200/124. La corriente de salida del inesor es multiplicada por la relación de transformación a los niveles requeridos para alimentar la bobina del horno.

Este transformador de aislamiento es también un accesorio importante de seguridad. Aislando el secundario del circuito del horno de la referencia de tierra baja la impedancia de la línea de potencia de entrada, protege al operador del horno del peligro que representa el Alto voltaje, que podría ocurrir con algunos desperfectos del horno.

2. 5. EL CIRCUITO TANQUE.

El circuito tanque consiste de la bobina del horno y sus capacitores en serie. Debido a que se requiere de la inductancia de la bobina del horno para producir el campanazo inductivo necesario para conmutar los SCR^S, el inversor no operará sin que esté conectada la bobina del horno. Cuando se utilizan interruptores selectores del horno para conectar el suministro de potencia de un horno a otro, se provee de interruptores de bloqueo, sensibles a la posición, los cuales interrumpen el voltaje hacia el relevador de control del inversor si se encuentran abiertos todos los interruptores selectores del horno. Debido a que los interruptores selectores del horno no están diseñados para abrirse bajo carga, cada interruptor cuenta con un interruptor de bloqueo y sensibilidad al movimiento que interrumpe la potencia de control al relay de control del inversor antes que el interruptor pueda ser movido lo suficiente para interrumpir el circuito del horno.

Se incluyen contactores para capacitor con el circuito del horno a fin de permitir el ajuste por pasos de la capacitancia en serie en el circuito del secundario. Esto capacita al operador para presintonizar el circuito tanque hasta quedar dentro del rango de operación más eficiente de la gama de frecuencia de salida del POWER TRAK. Estos contactores para capacitor, operados por solenoide, son controlados por medio de interruptores detrás de una puerta fija por medio de bisagras que se encuentran el panel de control del operador. Los contactores de capacitores vienen especificados en referencia a la operación sin carga. Por esta razón, al abrir la cubierta del interruptor del capacitor en la puerta de control, opera un interruptor de bloqueo, lo cual

interrumpe los pulsos de disparo del inversor en cualquier momento en que sea abierta la cubierta.

CAPITULO III

ANALISIS DEL CIRCUITO DE CONTROL.

3. 1. LA RESPUESTA DE FRECUENCIA EN UN CIRCUITO RCL.

Las curvas de la *fig. 3. 1* son las de una respuesta de frecuencia de un circuito en serie RCL. Por razones de análisis, el secundario del circuito del horno del POWER TRAK puede ser reducido a un circuito en serie conteniendo parámetros idealizados de resistencia, capacitancia e inductancia. El análisis de estas curvas ayuda a explicar los principios en los que se basa el concepto de control.

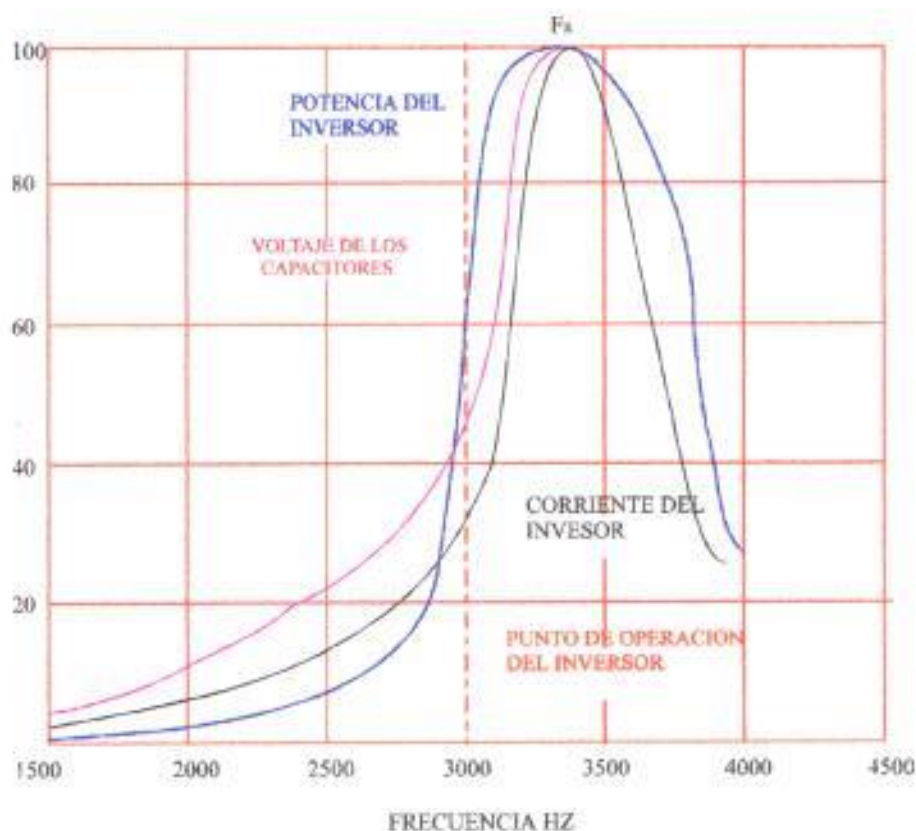


fig. 3. 1. Respuesta de frecuencia de un circuito RCL en serie.

Durante la fusión típica, de un horno de inducción con 170 kw. de potencia, 3000 hertz, produjo una potencia constante a partir de carga fría hasta la fusión completa, con cinco pasos de capacitancia en el tanque en serie, o circuito secundario. Con la carga completamente fundida a 1232 °C, el inversor estaba produciendo 175 Kw a 3010 Hz, habiendo aumentado gradualmente la frecuencia desde 2720 Hz con carga fría. Como ha sido mencionado anteriormente, este aumento en frecuencia compensa el decrecimiento en la inductancia efectiva del circuito del horno. Esta inductancia varía la frecuencia en la cual el pico de resonancia de la curva de respuesta tiene lugar. Este fenómeno puede ser observado en términos del grupo completo de curvas de la *fig 3. 1*, habiendo sido colocadas a la derecha desde una posición de casi 300 Hz más baja que la que ocupa ahora. También tiene lugar algunas modificaciones en la forma de las curvas, pero las ignoraremos para propósitos de ésta discusión.

Aunque las curvas de la *fig 3. 1* representan una situación estática que existe únicamente en un punto en particular en la fusión, sirven para ilustrar un aspecto importante del fenómeno que utilizamos en nuestro control. En este punto en la fusión y en todos los otros puntos durante la misma, un cambio en la frecuencia de operación del inversor resultará en un cambio en la potencia de salida, corriente del inversor y voltaje de capacitor secundario. Así a cualquier punto dentro del ciclo de fusión es posible controlar la potencia, punto dentro del ciclo de fusión es posible controlar la potencia, voltaje y corriente variando la frecuencia. A frecuencias bajo la resonancia a la izquierda de la cresta de la curva de respuesta, los aumentos de frecuencia resultarán en aumentos en los otros parámetros y descensos en frecuencia causarán que descendan.

Las características inherentes del inversor evitan la operación en la región del pico de resonancia y más allá. Cerca de la región de la cresta, donde la frecuencia de operación del inversor se aproxima a la frecuencia de resonancia natural del tanque, el tiempo de apagado de los SCR's se hace muy corto. De hecho, si fuera posible ajustar el tanque a una frecuencia más baja que la frecuencia del inversor, el inversor no funcionaría. El tiempo de apagado del SCR desaparece completamente en la región más allá del nodo o pico de resonancia. Por ello, el inversor ajustado en serie siempre opera bajo el pico de resonancia.

3. 2. LIMITACIONES DEL INVERSOR.

El punto de operación señalado en la *fig 3. 1* ilustra una condición ideal. En este punto el inversor del POWER TRAK está produciendo su potencia nominal con corriente del inversor, voltaje del capacitor y frecuencia de capacitores, todo dentro de los límites admisibles. También la diferencia entre la frecuencia resonante del horno y la frecuencia de operación del inversor es lo suficientemente considerable para proporcionar un tiempo de apagado adecuado. Casi siempre es posible efectuar un ajuste burdo del circuito del horno con el número adecuado de capacitores conectables, a fin de mantener esta relación ideal durante toda la fusión.

También es posible que con un ajuste inadecuado o algún desperfecto que el voltaje de capacitor, corriente de inversor, frecuencia de inversor o TOT vayan fuera de los límites antes que sea alcanzado el nivel de potencia deseado.

Nuestro control, por ello debe cumplir con dos aspectos 1°. Debe permitir al operador seleccionar cualquier salida de potencia, hasta el rango de potencia de la unidad. 2°. Debe monitorear y controlar cinco variables dentro de los límites de operación. Todas estas funciones deben ser efectuadas por una sola tarjeta de control.

3. 3. INTEGRACIÓN DEL CONTROL.

La *fig. 3. 2* representa el diagrama de un bloque de control e integración del circuito de potencia, mientras que la *fig. 3. 3* es un diagrama de alambrado mostrando la misma información en mayor detalle. La *fig. 3. 2* muestra que la tarjeta de control acepta cinco señales de entrada, además de la señal de apagado y los voltajes de CD positivo y negativo requeridos por sus transistores y circuitos integrados.

Tres señales de realimentación se originan en el inversor mismo. Un transformador de potencia, PT1 alimenta una señal de voltaje al transductor de potencia, donde se combina una con una señal de corriente desde el transformador de corriente CT1 para producir dos voltajes de corriente directa proporcionales a la potencia. Uno de estos voltajes es alimentado a la tarjeta de control, y los otros son utilizados para alimentar el medidor de potencia de salida en la parte frontal del panel. Otra salida del CT1 es alimentada directamente a la tarjeta de control donde es utilizada a fin de monitorear la corriente del inversor. La tercera señal de realimentación se deriva del CT2 y es utilizada como monitor y para controlar el límite del tiempo de apagado.

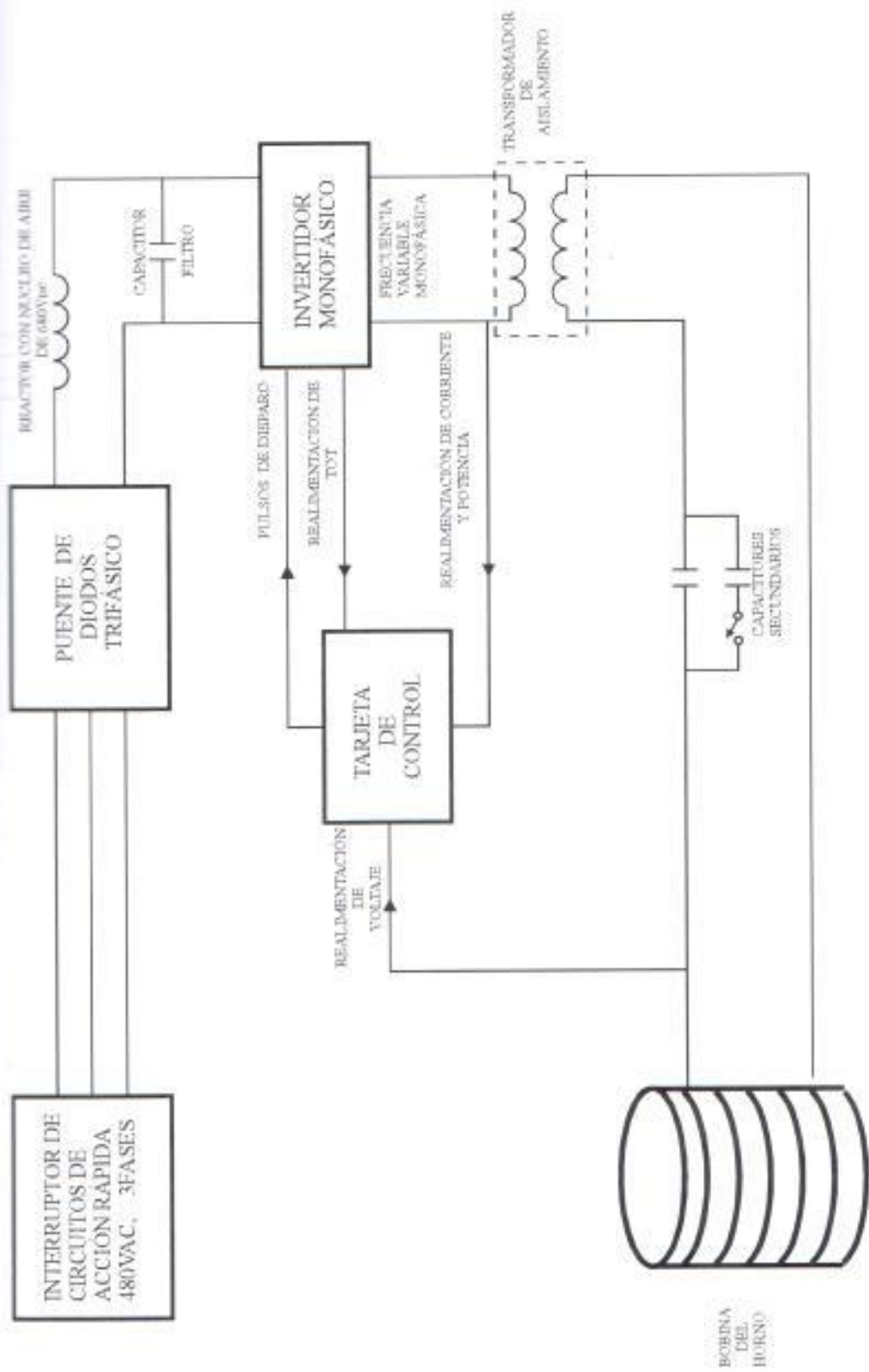


FIG. 1. DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL POWER TRACK
 TÓPICO DE CALIDAD: SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES
 HORNO DE INDUCCIÓN Y DE POWER TRACK 150-10 ESPOL

Las dos señales de realimentación restantes se originan dentro del tanque del circuito del horno. Una de estas, la salida de PT2 que es proporcional al voltaje del capacitor secundario, está dirigida a la tarjeta de control condicionado a través del transformador de control de realimentación. La señal de voltaje del horno desde PT3 se utiliza para alimentar el voltímetro de horno en el panel de control.

Las salidas a la tarjeta de control se utilizan para manejar 6 lámparas indicadoras, las que anuncian el modo de control de operación o límite que restringe la salida de potencia. Una salida de la tarjeta de control es una corriente directa análoga a la frecuencia de los pulsos de disparo, que es utilizado para operar el medidor de frecuencia del panel de control. La última salida del panel de control son los pulsos de disparo de los SCR's, cuyo rango de repetición determina la frecuencia de operación del inversor. Todos los parámetros del circuito pueden, como ya hemos notado, ser controlados mediante la frecuencia de operación. La función principal de la tarjeta de control es, entonces, producir pulsos de disparo y modificar su nivel de repetición de forma tal que ninguno de los parámetros de operación exceda los límites operacionales.

3.4. CIRCUITO DE PROTECCION PARA SOBREVOLTAJE DE LOS SCR's

3.4.1. DESCRIPCIÓN

El sistema OVP (Protección de sobre Voltaje) ha sido dotado con accesorios para proteger los SCR's contra ciertos tipos de condiciones de sobre voltaje. El

sistema monitorea el pico de voltaje a través de cada SCR individual. En el momento en que ocurre un sobre voltaje, una señal es enviada a la tarjeta de control, transmitiendo la orden de disparar todos los SCR's dentro del sistema que se está protegiendo.

Estas funciones son efectuadas por un varistor MOV de 510 V., a través de cada SCR y conectado en serie con la primera devanación de un transformador sensitivo de corriente. La segunda devanación es conectada a un módulo del OVP que indica una condición de sobre voltaje y releva también las señales de falla a la tarjeta de control. Se requiere una ligera modificación en la tarjeta de control a fin de tener una interfase con el módulo de OVP. Es esencial que el código de color de los cables conectado al módulo sensitivo de corriente # 162-1609-5 sean seguidos tal como se indica en el diagrama de alambrado de la unidad.

El sistema opera de la siguiente manera: En el instante en que el voltaje de cualquiera de los MOV's se excede (para la alta frecuencia entre 1100 y 1250 V. de pico son necesario) la corriente empieza a fluir a través del MOV, y así a través de la primera devanación del transformador sensitivo de corriente. La segunda devanación produce un voltaje de salida que es alimentado al modulo de OVP # 170-1096-8. Esta señal opera el circuito lógico dentro del módulo OVP y también opera el indicador. El circuito lógico dentro del módulo de OVP dispara ambas amplificadores de disparo en la tarjeta de control y consecuentemente dispara todos los SCR's dentro del sistema.

3.4.2. PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

Con el objeto de probar éste sistema, es necesario crear una condición de sobrevoltaje a través de los SCR'S. Esto puede hacerse en forma muy simple, utilizando siguiente procedimiento. Se recomienda precaución al operar el sistema utilizando los principios de pruebas.

El procedimiento recomendado para probar el sistema del OVP es como sigue:

1. El VIP deberá ser probado completamente siguiendo los procedimientos normales incluyendo controles de límite, entrada de potencia, circuito de agua, interruptor de circuitos y reactor, etc.
2. Conecte cada punta de un osciloscopio de detección dual a través de cada SCR de un ensamble con el común (tierra) conectado al centro de los SCR's. El tener un osciloscopio con "storage" será de extrema utilidad en éstas pruebas. Si no se dispone de un osciloscopio con "storage" utilice barrido muy lento en un osciloscopio regular.

! Peligro ! Al utilizar un osciloscopio para medir curvas según se recomienda en este artículo, recuerde:

- a. El chasis del osciloscopio deberá ser aislado de potencial de tierra.*
- b. Cuando el osciloscopio es conectado a un circuito inversor, el chasis estará a 650 V. de CD potencial.*

c. Deberán utilizarse tapetes aislantes en el piso y guantes de hules, a fin de proteger al personal de shocks eléctricos peligrosos.

3. Opere la unidad a la máxima potencia y observe el voltaje de pico en el SCR. Deberá ser de menos que 900 V.
4. Presione el botón de “apagado” mientras se tenga potencia plena. El voltaje de pico en el SCR no deberá aumentar más de 25 a 50 V, cuando el sistema empieza a disminuir la frecuencia antes de la extensión del pulso de disparo.
5. Conecte temporalmente una resistencia de 200 Ω en paralelo con R-49 la tarjeta de control. Con ésta resistencia instalada, el nivel de potencia deberá ajustarse bajo, antes de oprimir el botón de “apagado” dado que puede ocurrir grandes sobredisparos de voltaje a través de los SCR⁵

***! Precaución!** Es extremadamente importante mantener bajo el nivel de potencia para ésta prueba.*

6. Opere la unidad hasta un 15% de su potencia nominal. Nuevamente observe el voltaje de pico en el SCR cuando sea oprimido el botón de “apagado”. Usted deberá notar un sobredisparo de voltaje apreciable. El sistema de OVP deberá operar entre 1050 y 1250 V.
7. Si el paso 6. no aumenta el sobredisparo al punto de accionamiento, aumente el nivel de potencia en incrementos de 10% oprimiendo el botón de “apagado” al efectuar cada incremento. El VIP deberá accionar antes de que el sobredisparo de voltaje alcance los 1250 V. Si la unidad no acciona antes de alcanzar los 1250 V., entonces es señal de que algo anda mal en el sistema de OVP y es necesario solucionar el problema.

CAPITULO IV

SISTEMA DE AGUA

4.1 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA.

Toda el agua de enfriamiento para el sistema está distribuido a través del gabinete inversor del POWER TRAK. El diagrama del sistema de agua muestra detalles de los varios circuitos y tamaños recomendados para la tubería del suministro. Estos tamaños están seleccionados en base a una presión de 40 a 50 PSI disponible en el gabinete y una línea hasta el sistema de agua que no exceda 100 pies de largo. Si la presión es baja o se requieren líneas de suministro largas, se recomienda utilizar tamaños de tubería más grandes que las recomendadas.

Todas las conexiones finales a aparatos eléctricos son hechas con mangueras de goma de baja conductividad. La longitud mínima para cualquier manguera conectando a un punto de potencia de corriente alterna hasta un conectado a tierra, deberá ser de 18 pulgadas. La misma longitud mínima se aplica a mangueras que conectan puntos en lados opuestos de la línea de corriente alterna.

PRECAUCION

No todas las mangueras disponibles en el mercado poseen baja conductividad. Con 6000V de corriente directa aplicada por medio de un clip dentado a una muestra de 5" por 1/2" de manguera, la fuga de corriente no deberá correguir 20 microamperios. La mayoría de las mangueras con tratamiento anti-inflamable

satisfacerán estos requerimientos. La manguera con relleno de carbón no servirá.

El manifold de entrada de la unidad está equipado con un interruptor de presión. Este interruptor interrumpe la corriente solenoide al relay de control del inversor en caso de que el suministro de agua descienda a menos de 40 PSI.275.8Kpa.

PRECAUCION

Este equipo está diseñado para operar en forma continua con una temperatura en el agua de enfriamiento de entrada que no exceda 32 °C.

Para proteger el equipo, un interruptor sensible a la temperatura del agua colocado en el manifold de entrada de agua, interrumpe la potencia al relay de control del inversor, si la temperatura de entrada excede los 35 °C

Deberán efectuarse chequeos regulares de temperatura y nivel de flujo de cada circuito de drenaje. Las lecturas deberán ser registradas y comparadas a las lecturas anteriores, a fin de determinar si han ocurrido algunos cambios en las condiciones de operación. Cualquier cambio deberá ser evaluado y buscar las posibles causas de problemas.

La condensación de humedad en componentes eléctricos, como los enfriados con agua, puede conducir a problemas que resultarían en fallas en el equipo y costosas pérdidas de tiempo. La condensación puede prevenirse utilizando

torres de enfriamiento, intercambiadores de calor, o sistemas recirculantes que conservan la temperatura del agua sobre el punto de condensación atmosférica. Bajo la mayoría de condiciones, 24 °C es la más baja temperatura que resulta seguro utilizar. Por ningún motivo deberá exceder el agua los 32 °C

Debe mantenerse un flujo adecuado de agua en todas las bobinas de los hornos. Debido a las altas temperaturas de las bobinas de los hornos, deberá utilizarse el nivel de flujo específico o aún mayor, con el objeto de prevenir daño a la bobina o rompimiento de mangueras. Durante operación alterna, cuando un horno vacío se está enfriando, puede disminuirse el flujo. Sin embargo, la presión deberá mantenerse sobre los 25 PSI en el lado del horno donde se localiza la válvula de control de agua, a fin de evitar que el vapor cierre algunos de los conductores paralelos. Con un sistema recirculante adecuado no existen ventajas en controlar el flujo.

Los circuitos de enfriamiento de agua del equipo contienen muchos conductos, algunos de los cuales, por necesidad, son más bien pequeños. Estos pasos pueden ser obstruidos por partículas de escamas, óxido o partículas contenidas en el agua.

En condiciones ideales, el agua utilizada para cargar el sistema de enfriamiento, utilizando una torre de riego abierto, y el agua introducida como agua tratada, deberá tener las siguientes características:

1. Potabilidad según lo defina el departamento de salubridad.
2. Conductividad: menos de 400 micromhos por centímetro.
3. Sólidos en suspensión: menos de 10 partes por millón.

En una torre de enfriamiento abierta, con un drenaje ajustado a una cantidad dos veces igual a las pérdidas por evaporación, la conductividad del agua de recirculación aumentará dos veces la conductividad del agua tratada, debido a la acumulación de sales depositadas por el agua evaporada dentro de la torre. Esto, más las partículas de suciedad provenientes del aire dentro de la torre conducirán, en la mayoría de los sistemas abiertos, a conductividades que alcanzan los 1000 micromhos por centímetro, en el agua de recirculación del equipo.

Estos 1000 micromhos es el límite de el agua de recirculación del equipo, lo cual es el parámetro crítico dentro del cual debe operar el sistema.

Así, en un sistema de una línea ó con un sistema completamente cerrado y presurizado, el límite de 400 micromhos puede ser excedido conservando la seguridad. El agua suministrada al sistema no deberá exceder los 800 micromhos por centímetro en conductividad.

La colección de suciedad puede ser problema severo con los sistemas de tipo abierto, en algunos medios ambientes. Una solución práctica para ello puede ser el uso de filtros laterales con capacidad de retrolavado, sobre todo para el problema que representan las partículas no disueltas en exceso, tanto si la fuente transmisora ha sido el agua de relleno ó la contaminación.

CAPITULO V

PUESTA EN MARCHA Y PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

5. 1. CHEQUEO DE LA POTENCIA DE CONTROL Y BLOQUEO.

Antes de aplicar la potencia principal y poner en funcionamiento la unidad, el tarjeta de control deberá ser chequeado como sigue:

NOTA: Para hacer estos cheque es necesario de que se disponga de Planos de cableado que se encuentra en el Anexo 1.

1. Retire los fusibles de potencia del panel de puente trifásico. Utilice cinta ó un clip para vencer el bloqueo en la puerta de control.
2. Aplique agua. Chequee la presión de agua al gabinete (Válvula exterior), que indique no menos de 40 PSI y no más de 90 PSI, y que el interruptor de presión de agua del sistema abierto (WSP1) esté cerrado .
3. Aplique potencia principal cerrando momentáneamente el interruptor del circuito. Chequee que se tenga la rotación adecuada en la bomba de agua del sistema cerrado. Intercambie cualquiera de las dos puntas en los fusibles PM1, 2 y 3 si la rotación de la bomba no es de acuerdo de la flecha indicada en el ensamble de la bomba. Una vez establecida la rotación adecuada de la bomba, chequee que la presión de salida de la bomba sea al menos 35 psi y relativamente estable. Si se presentan oscilaciones, deberán menores de 5 psi, sin bajar a menos de 30 psi. El interruptor de presión de agua del sistema cerrado WPS2 no permanecerá

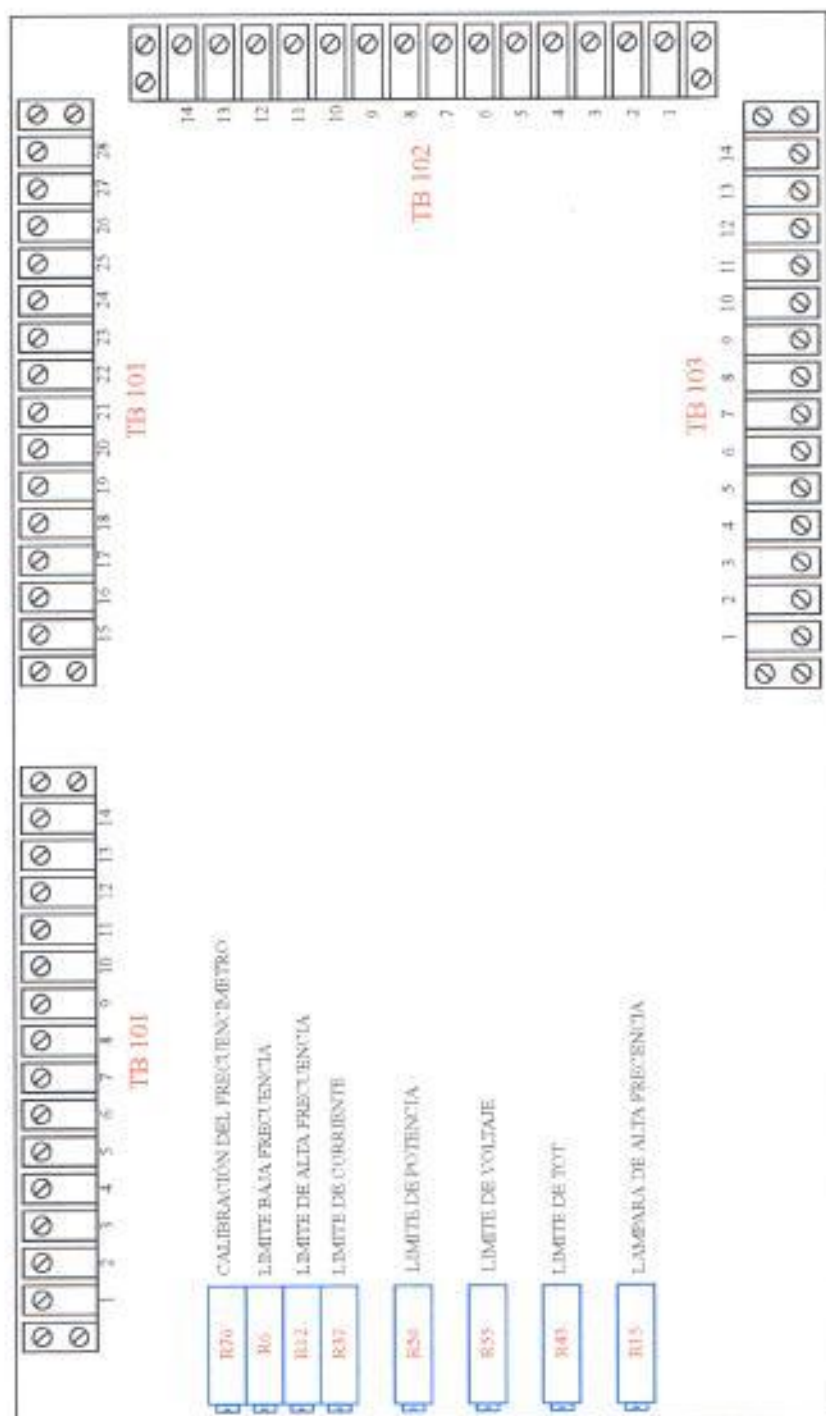


FIG. 3 IDENTIFICACIONES DE POTENCIOMETROS EN LA TARJETA DE CONTROL

TUPTO DE GRADUACION - SISTEMAS ELECTRONICOS INDUSTRIALES

HORNO DE INDUCCION YIP POWER TRACK 350-10

ESPOL

cerrado si se presentan fluctuaciones de presión bajo 30 psi, aún momentáneamente. Manteniendo la presión adecuada, chequee éste cerrado el WPS2.

NOTA: El paso (3) no se aplica a las unidades VIP POWER TRAK de 75kw. No se necesita agua de enfriamiento durante los chequeos de control. Sin embargo el WPS1 deberá ser saltado si se apaga el suministro de agua.

4. Reaplique potencia y chequee que tenga la rotación adecuada del ventilador en el intercambiador de calor aire-agua.

El flujo de aire deberá ser de abajo hacia arriba. Si el flujo esta invertido, intercambiando cualquiera de las dos puntas en los fusibles fm-1, 2 ó 3, invertirá la rotación del motor.

5. 2. CHEQUEO DE LA TARJETA DE CONTROL Y AJUSTE DEL LIMITE DE FRECUENCIA.

Para el desarrollo de este subcapítulo, ya disponíamos del diagrama esquemático del control que se encuentra en el *Anexo2*, mediante el seguimiento de las pistas en la tarjeta.

Los chequeos siguientes para la tarjeta de control pueden ser efectuados sin aplicar potencia a la unidad, si se aplica una fuente de 115 V. AC al secundario del transformador de control. Los fusibles del primario del transformador deberán ser retirados y tanto el WPS1 como el WPS2 deberán ser puenteados para este tipo de operación. Retire los fusibles del puente

trifásico, a fin de evitar la aplicación de alto voltaje de corriente directa al inversor durante estos ajustes iniciales. La *fig. 5. 1* muestra el diagrama de distribución de las terminales y ajustes en el tablero de control del inversor, además existe un layout completo de la tarjeta donde se pueden apreciar todos los componentes, que se encuentra en el *Anexo2*.

PRECAUCION: El intentar estos ajustes sin retirar los fusibles del puente trifásico, puede resultar en una falla de los componentes del inversor.

1. Chequee los siguientes voltajes en la tarjeta de control:
 - a) Mida $+24 V_{DC} \pm 1.2$ entre el terminal 11 y 12 del TB103 (la terminal positiva es la 11 y la 12 es la negativa, polarización de la tarjeta).
2. Oprima el botón de partida del inversor. El relay de control deberá energizarse. La lámpara indicando que el inversor está operando “inverter on” deberá encenderse. Oprima el botón de apagado del inversor y desconecte el interruptor principal o desconecte los 115 VAC.
3. Conecte un osciloscopio para observar la salida en los terminales 1 y 2 de TB 102, conectando la tierra del osciloscopio al terminal 2.(pulsos de disparo).

PRECAUCION: La mayoría de los osciloscopios tiene el chasis a tierra. Estos osciloscopios pueden resultar dañados a menos que sean aislados de tierra antes de ser utilizados en los circuitos flotantes de alto voltaje del POWER TRAK. El chasis del osciloscopio

deberá ser aislado de tierra. La punta de tierra en el cordón de potencia deberá ser retirada y el osciloscopio colocado sobre un tapete de hule, tablero u otra sustancia aislante.

PELIGRO:

Cuando se utilice para medir voltajes en el POWER TRAK, la caja aislada del osciloscopio y el chasis estarán a un voltaje elevado con respecto a tierra. Aún los tornillos en las perillas de control presentan un peligro de shock. Todas las conexiones del osciloscopio y ajustes, deberán realizarse con la potencia principal del VIP apagada. Si es necesario realizar un pequeño ajuste en el osciloscopio con potencia en la unidad, el técnico deberá permanecer sobre un tapete de hule o tablero seco, a fin de aislarse así mismo de tierra. El uso de guantes aislantes es una sabia precaución. Cada vez que se interrumpa la potencia para cambiar las conexiones del osciloscopio o para ajustes, se requieren hasta 50 segundos para que la carga de los capacitores sea vaciada. El uso de una barra corta con mango aislante es recomendable a fin de asegurarse de que la carga ha sido desalojada. Tendrían que ocurrir múltiples fallas dentro del equipo ,para que existiera peligro, sin embargo, el uso de una barra de tierra elimina aún esta remota posibilidad.

4. Chequee que el interruptor auto-manual esté en la posición de automático o hacia la izquierda.

5. Cierre el interruptor de circuitos de la unidad o reconecte los 115 VAC a fin de energizar el tablero. Presione el botón de encendido del inversor tan pronto como sea posible después de esto.
6. Chequee que no aparezca salida alguna en las terminales 1 y 2 de TB 102 (pulsos de disparos), hasta que hayan pasado por lo menos de 5 a 6 segundos después de que el interruptor haya sido cerrado, o de que haya realizado la conexión de los 115 VAC.
7. Presione el botón de apagado del inversor.
8. Presione el botón de encendido del inversor. Chequee que exista una señal de salida como lo indica la *fig. 5. 2a*. Esta salida no deberá empezar hasta aproximadamente 1 segundo después de que el botón haya sido oprimido. La salida deberá tener por lo menos una amplitud de 16 V, con una duración de aproximadamente 15 microsegundos.

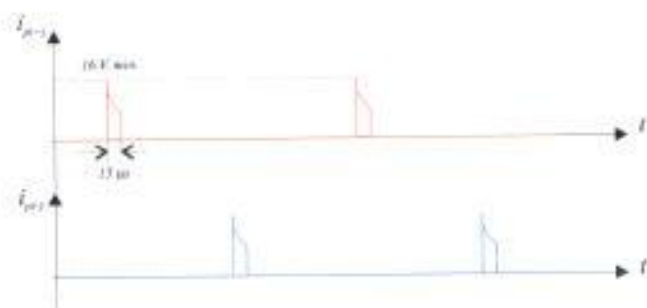


fig. 5. 2a. Pulsos de disparos en la tarjeta de control



fig. 5. 2b. TOT en los terminales 13 y 14 de TB-103

9. Con el control de potencia llevado completamente en sentido inverso a las manecillas del reloj, ajuste R6 para un tiempo de repetición de pulso, que corresponda a una frecuencia neutra de 500Hz para las unidades VIP POWER TRAK 10. En las *fig. 5. 2* se muestran los tiempos apropiados y las formas de onda.

10. Chequee los terminales 3 y 4 de TB 102 en busca de una señal de salida similar a la observada en los terminales 1 y 2. Si se utiliza un osciloscopio de trazo dual, las dos señales pueden ser mostradas en pantalla al mismo tiempo, como se ilustra en la *fig. 5. 2*. Estas estarán 180 grados fuera de fase. Esto es la salida de los terminales 3 y 4 aparecerá a la mitad del intervalo de tiempo entre los pulsos de los terminales 1 y 2.

11. Gire la perilla de control totalmente en sentido de las manecillas del reloj.

Estas señales también pueden ser visualizadas en las simulaciones que se encuentran en el *Anexo 3*.

12. Ajuste R12 para una repetición de pulso en un tiempo de 1200 Hz. correspondiente a la *alta frecuencia*.

13. Con la frecuencia al límite ajuste R76 (ajuste de calibración para el frecuencímetro localizado en la puerta de control). Esta señal es un nivel DC de voltaje, que es proporcional a la frecuencia del horno de inducción, este voltaje es leído por un voltímetro que tiene cambiada la escala a frecuencia.

14. Ajuste R15 (ajuste de la lámpara para alta frecuencia), de forma tal que la lámpara roja del límite de frecuencia se encienda exactamente cuando se alcance el límite.
15. Gire la perilla de control a través de su rango completo, rechequeando la frecuencia neutra, límite de frecuencia, calibración de frecuencia y la operación de la luz para el límite de frecuencia.
16. Con la perilla de control de potencia ajustada para dar una frecuencia cerca a la línea roja, presione el botón de apagado del inversor y observe que el período de los pulsos va aumentando aproximándose a la frecuencia neutra antes que los pulsos se extingan.
17. Lleve la perilla de control de potencia a la posición extrema en sentido contrario a las manecillas del reloj.
18. Abra el interruptor de circuitos de la unidad, o retire los 115 VAC, antes de reinstalar los fusibles del puente trifásico.

5.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES PARA AJUSTE DE LOS LÍMITES.

Antes de operar la unidad, determine el punto de ajuste para cada uno de los límites.

1. Determine el punto de ajuste para la corriente, considerando que la corriente en el primario del CT1 es de 1400 A. y la relación de transformación es de 1200/5.

PRECAUCION: *Chequee y asegúrese de que el tipo de SCR, el rango del transformador de corriente y el número de capacitores primarios y capacitores filtro especificado en el diagrama corresponda exactamente a lo que ha sido instalado en su unidad, antes de utilizar las cifras del diagrama.*

2. Para localizar el límite de ajuste para el límite de voltaje, vea la parte inferior del diagrama de cableado que se encuentra en el *Anexo 1* y encuentre el rango de voltaje de los capacitores secundarios. El valor del diagrama de alambrado deberá ser chequeado contra las especificaciones dadas en los capacitores secundarios instalados dentro de la unidad. El límite de voltaje se ajusta un 10% sobre su rango nominal. Debido a que puede resultar peligroso e inexacto medir este voltaje directamente con la mayoría de medidores portátiles, deberá ser leído a la salida de PT2. Aquí nuevamente la proporción de primario a secundario deberá ser computada para determinar el punto de ajuste para este límite. Divida la entrada por la salida a fin de obtener el rango de vuelta. Divida el voltaje nominal del capacitor por el rango de vueltas para determinar el voltaje de salida del transformador de potencia, correspondiente al nivel de voltaje del capacitor. Añada 10% a este valor a fin de obtener el punto de ajuste.
3. El límite TOT es ajustado para una duración mínima de pulso de corriente en el diodo de 80 microsegundos para el POWER TRAK-10. La *fig. 5. 2b*

muestra el pulso que puede ser leído entre los terminales 13 y 14 de TB 103 en la tarjeta de control. Estas señales se encuentra simuladas en el *Anexo3*.

5. 4. AJUSTANDO LOS LÍMITES

Para estos ajustes se requieren de agua de enfriamiento y potencia principal. Los fusibles del puente trifásico deberán ser reinstalados. Todos los ajustes necesarios están localizados a lo largo del borde izquierdo del tablero de control del inversor, dentro de la puerta del gabinete de control.

- 1 Conecte un osciloscopio a través de la resistencia de 1 ohm,100 watts marcada RS4 (la resistencia del limite de corriente)
2. Conecte un medidor a través de la salida de PT2.Use la escala de 250 VAC.
3. Con el horno ligeramente cargado (1 horno) y sin capacitores conectados, arranque la unidad POWER TRAK hasta que el voltímetro muestre una lectura del voltaje computado en el paso mencionado arriba **5. 3. (2)**
4. Ajuste R55 (ajuste del límite de voltaje), a fin de obtener ajuste del límite de voltaje para capacitor. Esta parte de la tarjeta de control la podemos encontrar simulada en el *Anexo 3*
- 5 Añada pasos de capacitor hasta que se alcance el punto de ajuste de corriente.

- 6 Ajuste R37 (ajuste del límite de corriente), para limitar el voltaje en la resistencia del límite de corriente (el voltaje a través de Rs4) y por consecuencia, el límite de corriente del inversor.
- 7 Vuelva a conectar el osciloscopio a los terminales 13 y 14 de TB103 con 14 a tierra. Estas conexiones son utilizadas para el ajuste de TOT.
- 8 Cargue el horno con densidad, utilizando material magnético de ser posible.
- 9 Opere la unidad con un mínimo de capacitores conectados.
- 10 Ajuste R43 (ajuste de límite para TOT) a fin de limitar la duración mínima de pulso de 80 o 40 microsegundos, según sea adecuado.
- 11 Añada capacitancia hasta que se obtenga los Kilowatts nominales, en el medidor de potencia de la puerta de control.
- 12 Ajuste R56 (ajuste del límite de potencia) a fin de limitar la salida de potencia a los kilo watts nominales

La unidad está ahora lista para arrancar. Para asegurarse de que se está obteniendo una operación óptima de la unidad, deberá hacerse un récord de los datos de la fusión realizada.

CAPITULO VI

MANTENIMIENTO DEL POWER TRACK

6. 1. MANTENIMIENTO DE RUTINA.

El suministro de potencia VIP POWER TRAK requiere de muy poco mantenimiento de rutina. No obstante, la atención sistemática programada a los accesorios menores puede evitar fallas en el equipo, y la resultante pérdida de producción. Por ésta razón, se recomienda el siguiente programa de mantenimiento:

CADA MES:

1. Retire los paneles de inspección del gabinete de control.
2. Elimine por medio de aire o aspiradora, el polvo acumulado dentro del gabinete. El utilizar una aspiradora tipo industrial con un pincel pequeño para retirar el polvo de los rincones, constituye el método preferido. Debe tenerse cuidado para no dañar el alambrado de control u otros componentes.
3. Limpie todas las hojas de los interruptores y chequee en busca de rebabas o virutas que pudieran ser el resultado de un arco eléctrico.
4. Relubrique los interruptores con una película fina de grasa eléctrica de buena calidad.
5. Inspecciones todos los cables y barras bus en busca de conexiones flojas, señales de sobrecalentamiento o descoloración.
6. Cheque los contactores del capacitor y vea que tengan la presión y el cerrado adecuado. La evidencia de escamas o quemaduras indica que el solenoide está bajo o intermitente, o que los resortes de acero inoxidable

que sostienen los contactos móviles están flojos. Las superficies de contacto pueden ser frotadas ligeramente a fin de remover pequeñas escamas o virutas. Los contactos que presenten muchas marcas o estén quemado, deberán ser reemplazados.

Los resortes flojos también deberán ser cambiados, pero sólo por resortes idénticos de acero inoxidable. Los contactos reconstruidos deberán ser ajustados de forma tal que la distancia entre armaduras y su sello sea de 1/8" a 5/32", manteniéndose los contactos cerrados por medio de la mano.

7. Inspeccione todas las conexiones de agua en busca de señales de fugas.
8. Revise la condición general de los hornos, prestando especial atención a los cables de potencias. Vea que éstos puedan moverse libremente sin exceso de fricción o desgaste.
9. Revise todo el alambrado de control en busca de conexiones flojas o sueltas. Ponga especial atención a las conexiones del relay de control.
10. El personal de mantenimiento deberá realizar el chequeo diario junto con el operador por los menos una vez por mes.
11. Antes de entregar la unidad para producción, asegúrese de que todos los puentes (jumpers) y clusores de bloque (interlock cheaters) hayan sido retirados. El no hacerlo así podría exponer a varios riesgos al personal de operación y constituye una violación a las regulaciones federales.

CADA TRES MESES:

O a intervalos de aproximadamente 1500 horas de operación, la conductividad del fluido del sistema cerrado de enfriamiento deberá ser chequeado. Las

lecturas de menos de 20 micromhos por centímetro son una indicación positiva de que el filtro desionizador ha expirado y deberá ser reemplazado.

CADA AÑO:

(En caso de que utilice glicol de etileno como anticongelante).

Desaloje el sistema y déjelo tan seco como sea posible con aire comprimido.

Vuelva a llenar con una mezcla de agua deionizada y glicol de etileno de baja conductividad, e industrialmente puro.

***!Precaución!** El etileno de glicol de baja conductividad no contiene ningún aditivo. Si es dejado dentro del sistema más allá de su vida segura (uno o dos años) puede volverse ácido causando deterioros en la tubería y la formación de un precipitado gelatinoso que podría obstruir el sistema.*

***!Precaución!** Nunca debe utilizar en éste sistema un anticongelante automotriz. Los aditivos e inhibidores usado en su fabricación elevan la conductividad al punto en que causarán serios problemas de electrólisis, lo que ocasionará un deterioro rápido en la tubería y fallas en el equipo.*

Cuando se necesite protección contra el congelamiento, una solución de glicol en agua al 25% protege hasta -12 °C. Con aproximadamente un 65% de glicol en agua, se logra una máxima protección de -48 °C, y el efecto tiene a invertirse con mayores concentraciones. Con una solución al 80% de glicol el punto de congelación de la solución retrocede a -43 °C y el glicol puro se congela a -14 °C.

6.2. MANTENIMIENTO PROGRAMADO

6.2.1. DISPOSITIVOS INDICADORES

Tres medidores y nueve lámparas indicadoras brindan información acerca del sistema mismo, que puede ayudar al técnico de servicio en el diagnóstico de problemas.

- A. Medidor de Potencia. Mide la potencia que está siendo entregada al sistema en la salida del inversor, ésta es la potencia disponible a la entrada al transformador de aislamiento de alta frecuencia. Este medidor tiene su línea roja a una salida de potencia máxima admisible 350kw.
- B. El frecuencímetro. Mide la frecuencia de los pulsos de entrada a los amplificadores de salida de la tarjeta de control.
Una indicación en el frecuencímetro no es una indicación positiva de operación en el inversor. No es aún indicación positiva de la salida de un pulso de disparo desde la tarjeta de control.
- C. El Voltímetro de Horno. Mide el voltaje aplicado a la bobina del horno. En la serie del circuito tanque, el voltaje aplicado a los capacitores secundarios es generalmente de 10 a 20% más alto que el voltaje de horno. El voltímetro de horno no tiene línea roja debido a que el voltaje máximo tolerable para capacitores secundarios es la restricción real del sistema.
- D. La Lámpara de “ Encendido” de la Potencia Principal. Indica que el interruptor de circuitos de la unidad está cerrado. Los fusibles para ambos transformadores de control están intactos y que el voltaje está disponible desde una fase de la línea de entrada. La lámpara de encendido de

potencia principal no es una indicación positiva de que los fusibles principales en la entrada al puente trifásico estén intactos.

- E. La Lámpara de Control de Potencia. Indica que el nivel de potencia seleccionado por la perilla de control de potencia no ha excedido el límite del sistema. La lámpara seguirá encendida hasta que algún cambio en las condiciones del circuito o un aumento en el ajuste del control de potencia cause que se alcance algún límite del sistema. A este punto, la luz del control de potencia se extinguirá y la luz indicadora de límite apropiado se encenderá anunciando la condición de operación del sistema.
- F. La Lámpara del Límite de Potencia. Indica que la salida de la potencia del inversor ha alcanzado su máximo límite permitido.
- G. La Lámpara de Límite de Voltaje. Indica que el voltaje en los capacitores secundarios de corrección de factor de potencia ha excedido su rango nominal en un 10 %. La relación entre el voltaje del horno y los capacitores secundarios de corrección del factor de potencia es una función de condiciones del horno y el número de capacitores conectables en uso. En operación normal, el voltaje de capacitor excederá siempre el voltaje del horno. Añadiendo pasos de capacitores, generalmente se mejorará la salida de potencia cuando la unidad está operando a su voltaje límite.
- H. La Lámpara de Límite de Corriente. Se encenderá cuando la salida de corriente del inversor alcance niveles más allá de los cuales la vida de los SCR^S sería degradada. Al disminuir el número de capacitores generalmente aumentará la salida de potencia al operar al límite de corriente.
- I. La Lámpara del Límite de Frecuencia. Indica que el inversor está operando a la máxima frecuencia admisible. Al añadir capacitancia por lo

general mejorará la salida de potencia con el inversor operando en su límite de frecuencia.

- J. La Lámpara Indicadora del Límite de Tiempo para Apagado. Se enciende siempre que cualquier tiempo para apagado presentado a los SCR's disminuye al mínimo aceptable para el SCR. Un límite de tiempo para apagado (T.O.T) normalmente ocurrirá únicamente con cargas densas de materiales magnéticos bajo su temperatura Curie. Al añadir capacitancia mejorará algunas veces la salida de potencia con el inversor operando a un límite de TOT.
- K. La Lámpara de Temperatura de Agua. Se enciende siempre que la temperatura del agua de enfriamiento sobrepasa los 35 °C.
- L. La Lámpara de Presión de Agua. Indica que el inversor ha sido interrumpido, ya sea por el interruptor de presión de agua del sistema abierto o del sistema cerrado. Estos interruptores normalmente son ajustado de forma que aún descensos momentáneos en la presión del sistema abierto bajo 33 PSI ocasionando que el inversor no funcione. El interruptor de presión del sistema abierto no se reajustará hasta que la presión aumente a cuando menos 39 PSI. El interruptor de presión del sistema cerrado ocasionará la desconexión del inversor si la presión del sistema cerrado disminuye aún momentáneamente a menos de 30 PSI. El interruptor de presión del sistema cerrado no cerrará a menos de que la presión del sistema cerrado sea de más de 35 PSI.
- M. El Indicador de Sobrevoltaje en el SCR. Está localizada exactamente bajo el botón de "apagado" de alta frecuencia del inversor. La mirilla en el indicador se encenderá en rojo siempre que un sobrevoltaje en el SCR ocasione que el interruptor de circuito sea accionado, o en los nuevos Power Trak, la luz correspondiente en el monitor del circuito se encenderá.

6. 2. 2. DETECCIÓN DE PROBLEMAS.

Accionamiento del Interruptor de Circuitos.

Un accionamiento ocasional del interruptor de circuitos puede ocurrir debido a transiciones de línea. Bajo tales circunstancias, no se hará daño alguno al cerrar el interruptor del circuitos y rearmar el inversor inmediatamente. Sin embargo, la causa de dicha falla no se resulta obvia inmediata. Por ello es una buena precaución inspeccionar la unidad y efectuar cuando menos los chequeos de continuidad de la sección de potencia indicados en la *Tabla 6. 1* antes de volver a arrancar la unidad. Los intentos repetidos para cerrar el interruptor y volver a arrancar el inversor, con ciertos desperfectos existentes, puede resultar en un daño a los muchos componentes a los que el interruptor de circuitos está diseñado para proteger.

! Precaución! El interruptor de disparo rápido utilizado en la unidad deberá ser cerrado "off " mientras éstos chequeos están en progreso a fin de prevenir una aplicación inadvertida de potencia a la unidad al estar el personal trabajando dentro del gabinete.

Chequeo de los dispositivos solid state.

Otras lecturas aparte de las indicadas en la *Tabla 6. 1*, especialmente indicaciones de infinitos o ceros, donde se especifica una resistencia finita, son razón para sospechar la existencia de componentes dañados. Los diodos y SCR^s individuales, pueden ser chequeados únicamente aislándolos de

cualquier pasaje paralelo y chequeado conductividad en ambas direcciones. Los componentes de solid state generalmente fallan por un corto circuito. Un ohmiometro mostrará resistencia baja sin tener en cuenta la polaridad cuando el diodo este dañado.

En contraste, un diodo bueno mostrará resistencia baja con el ánodo positivo con respecto al cátodo y una resistencia alta con ánodo negativo con respecto al cátodo. Un SCR en un buen estado mostrará una resistencia alta con cualquier polaridad de los cables de prueba. Un chequeo adicional para la continuidad del circuito de entrada (gate) puede efectuarse con un SCR. La resistencia entre los cables de entrada deberá ser de 25 a 75 Ω . Los valores indicados no son criticos, pero las lecturas abiertas o en corto indicarían un dispositivo defectuoso.

Desafortunadamente, un componente que parece bueno después del chequeo con un ohmiometro, aún puede no funcionar en forma adecuada dentro del circuito. El componente podría romperse sólo con un alto voltaje aplicado o presentar corto intermitente sólo cuando se calienta. Esto puede conducir a síntomas tales como “la unidad falla únicamente cuando se opera a alta potencia”, o “la unidad falla únicamente después de estar operando durante cierto tiempo”.

Los diodos y SCR's *hockey puck* deberá ser chequeados únicamente mientras estén montados en sus abrazaderas, con una aplicación adecuada de presión. Los dispositivos que muestran corto cuando están montados en su abrazadera posiblemente se abran cuando se les libere de la presión de la abrazadera.

Chequeo de los circuitos de bloqueo de control y potencia

Si el interruptor de circuitos se dispara y no puede ser restablecido, la *Tabla 6. 2* puede ser utilizado como guía para chequear los circuitos de bloqueo de potencia principal. Si el interruptor de circuitos puede ser cerrado, pero el inversor no arranca, puede utilizarse la *Tabla 6. 3* para chequear los circuitos de control del inversor.

Chequeo de los circuitos de protección de sobrevoltaje para los SCR^S (OVP)

- a. Opere la unidad en forma tal que el sobredisparo de voltaje de pico en el SCR sea entre 1100 y 1250 V., cuando se oprima el botón de “apagado”.
- b. Utilizando un osciloscopio, observe los pulsos de corriente a través de la devanación primaria del transformador sensible de corriente. Paso(a). Si los pulsos no existen, chequee el MOV y vea si existe clipping arriba de 800V de pico utilizando una señal rectificada de media onda a 50-60 Hz y fuga de 10 mA.
- c. Si existe los pulsos primarios, chequee la segunda devanación buscando continuidad, y reemplácela si está defectuosa.
- d. Si existe los pulsos secundarios, chequee también para un nivel positivo de 15 V., con pulso negativo de 10 microsegundos en 7 del módulo de OVP mientras se efectúa el paso (a).

Si no existe los pulsos negativos del paso (d), entonces no está funcionando apropiadamente la tarjeta de control y deberá ser reparada o reemplazada.

La unidad opera, pero el interruptor de circuitos se dispara en forma intermitente

1. Determine si se ha efectuado algún cambio en la línea de entrada o en la carga del sistema.
2. Chequear y trate de localizar barras bus flojas y alambrado de control flojos o sueltos que pudieran hacer conexiones intermitentes.
3. Chequee la potencia de entrada. Están disponibles las tres fase del suministro de 460 VAC
4. Chequee si existe expansión en los capacitores enfriados por agua.
5. Chequee que todas las puertas estén bien cerradas. Chequee todos los bloques de las puertas que estén bien montados y que los contactos con las puertas sean sólidos.
6. Chequee con cuidado la bobina y el casco del horno en busca de señales de arco eléctricos, ya sea vuelta a vuelta, o desde la bobina a la estructura del horno o vástagos.
7. Realice las pruebas de la *Tabla 6. 1* con el ohmiometro.

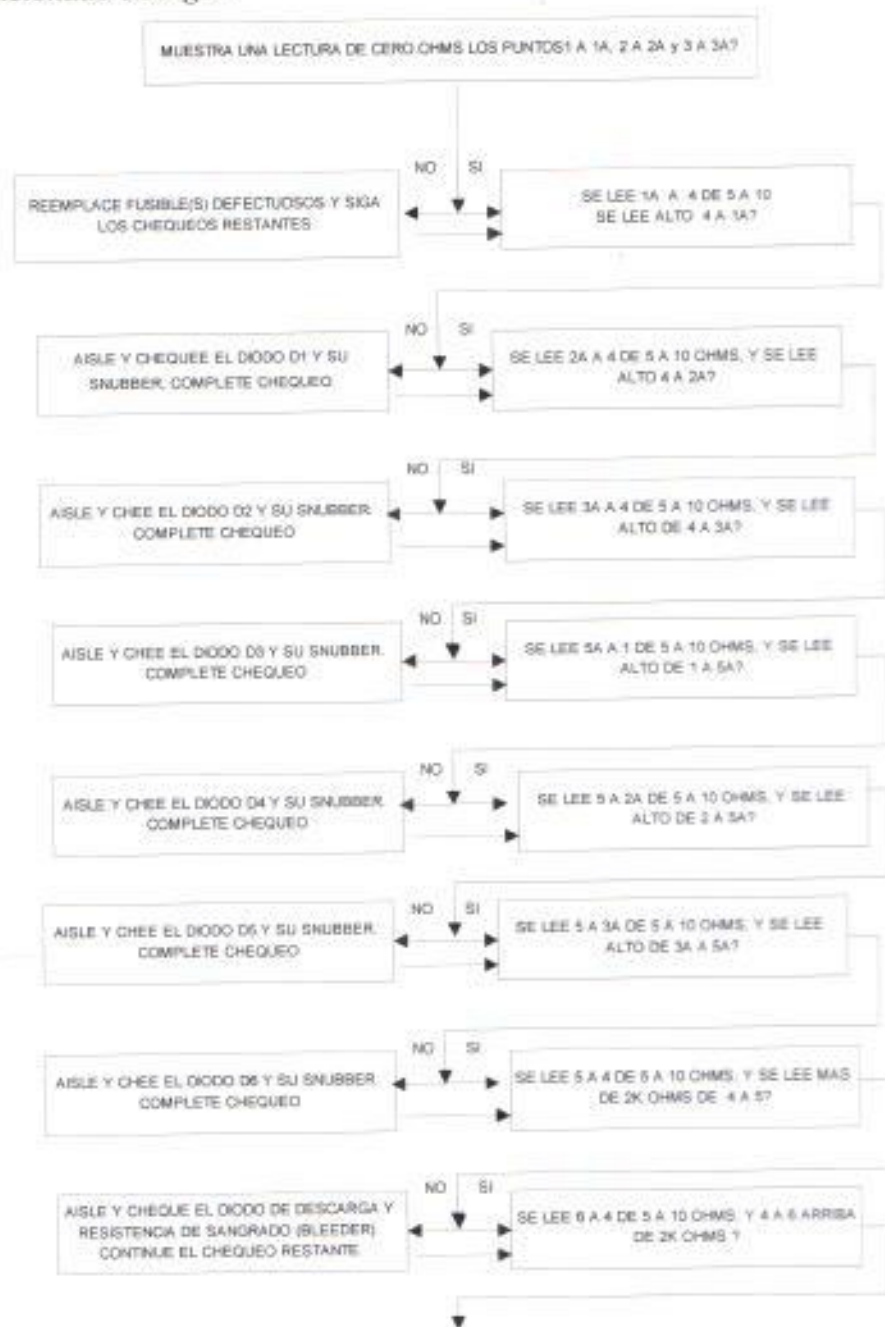
La unidad opera pero no alcanza la potencia nominal.

1. Cheque el voltaje de línea. Se requiere un mínimo de 440 VAC en las tres fases para alcanzar la máxima potencia.
2. Chequee si se ha efectuado algún cambio en la aleación. El cambio de ferrosos a no-ferrosos podría causar que el inversor fuese incapaz de alcanzar la potencia nominal con todos los capacitores conectados. Los intentos de fundir la coladas menores a una carga completa de algunas aleaciones resultarán a menudo en una disminución de la potencia a medida que la carga se funde.

3. Chequee que todos los contactores para capacitor estén trabajando en la secuencia adecuada y que estén haciendo un contacto sólido con buena tensión.
4. Chequee los capacitores primarios y secundarios y trate de localizar “studs” abiertos.
 - a. Aísle el capacitor de la barra bus removiendo los conectores de cobre.
 - b. Aísle los studs unos de otros removiendo todos los lazos interconectores.
 - c. Conectado cada stud al punto común, momentáneamente al fin de remover cualquier carga residual.
 - d. Con un ohmiometro mida desde el stud común hasta cada uno de los otros stud en orden. Un buen stud mostrará una deflexión en la escala alta, hacia la resistencia cero, y un giro gradual de regreso hacia la izquierda (hacia la resistencia aumentada). Un stud que no muestra una deflexión hacia cero está abierto. Un stud que da una deflexión pero sin regresar hacia la izquierda, están en corto o presenta fugas.

Si ninguno de los procedimientos contenidos en éste capítulo y en las tablas anexas al mismo, conducen a una solución para el problema, tal vez se requieran los servicios de un técnico experimentado a fin de rastrear el problema con un osciloscopio. Anote cuidadosamente las circunstancias existente y póngase en contacto con su representante de servicio de Inductotherm para solicitar ayuda adicional.

TABLA 6.1 Se ha accionado el interruptor de circuito o el voltaje y la potencia del horno han descendido hasta cero sin accionar. Si la interruptor ha diodo accionado o no puede ser reajustado, el frecuencímetro mostrara un ascenso en la escala cuando el control de potencia (perilla) es llevado en dirección de las manecillas del reloj. El voltaje y la potencia del horno permanecen en cero. Vea la figura c-1 y efectúe los siguientes chequeos en la potencia apagada con ohmiometro. Los chequeos son efectuados con el punto mencionado al principio positivo, respecto al punto mencionado en lugar.



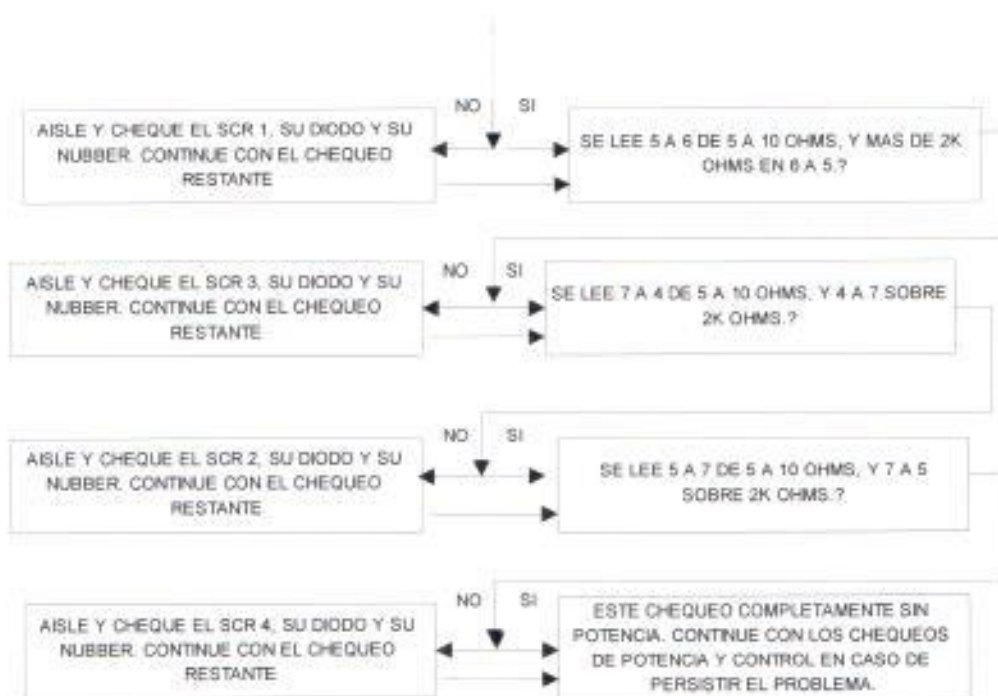


Tabla 6. 2. El interruptor de circuitos acciona y no puede ser restablecido



ALERTA! *No retire la cubierta dentro del anexo al interruptor de circuitos sin abrir el desconectador que alimenta la línea del interruptor. El transformador de .05 kVA, sus fusibles asociados y terminales son alimentado desde una línea lateral del interruptor y permanece vivos aun con el interruptor de circuito abierto.*

El no observar esta precaución puede resultar en un grave daño al personal y al equipo.

Tabla 6.3 El inversor no arranca después de un tiempo de retraso de más de 8 segundos. El interruptor de circuitos no cae. Todas las indicaciones en los medidores permanecen en cero.





CONCLUSIONES

Se logro los objetivos trazados al comenzar el proyecto los que eran tener un contacto directo con los circuitos eléctricos y electrónicos, y familiarizarnos con ellos y además poder ver la aplicación de la electrónica industrial y la importancia de la misma en la industria nacional.

En este tópico se trato sobre los sistemas de conmutación de alta frecuencia, viendo la aplicación de un convertidor AC-DC-AC para poder obtener un control de potencia a altas frecuencias que es lo que requiere la industria para el calentamiento y fusión por inducción en este caso, hay que indicar que el equipo de fusión VIP POWER TRACK, en las condiciones en que se encontraba, podría ser valorado en \$20.000 U.S.; por lo que la rehabilitación fue una buena opción, ya que esta no superó los \$2.000 U.S., valor que en su mayor parte se invirtió en los elementos semiconductores de potencia.

El haber realizado un análisis de la tarjeta de control, de los diagramas eléctricos y de sus circuitos de protección nos ha ayudado a fortalecer los conocimientos teóricos y adquirir la experiencia previa necesaria para nuestra integración a la vida profesional del país.

En este trabajo ofrecemos una descripción general del equipo y su funcionamiento, y establecemos metodología para la calibración y soluciones de problemas tanto en el circuito de control, como eléctrico descritas en capítulo V y VI. Vale resaltar que para el análisis de circuitos se ha utilizado el DESING LAB 8.0, el cual es un software profesional de simulaciones de

circuitos eléctricos, muy versátil y de gran alcance para la visualización de resultados.

BIBLIOGRAFIA

1. Electrónica de Potencia, Muhammad H. Rashid (2da Edición, México: Prentice Hall Hispanoamericana S. A. , 1993)
2. Manual de Ingeniería Eléctrica Tomo # 3, Donald G. Fink y H. Wayne Beaty (13^{ra} edición Mc. Graw Hill)
3. Inductotherm, Manual de operación del VIP POWER TRACK 350-10
4. Power Semiconductor Circuits - Dewan, Straughen (Wiley Interscience Publication, USA 1984)
5. Applications and Design with Analog Integrated Circuits J. Michael Jacob.(2^{da} Edición Pretince Hall)