

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Aragón

Manual técnico del horno de inducción Pillar Mark
VIII

Título de: Ingeniero Mecánico Electricista

PRESENTA:

Becerra González José Jesús

Asesor Verde Cruz Abel

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS:
MANUAL TECNICO DEL HORNO DE INDUCCION PILLAR MARK VIII DE
450KW

AUTOR: JOSÈ JESÙS BECERRA GONZÀLEZ

ASESOR: ING ABEL VERDE CRUZ

Esta tesis se la dedico a mis padres por su apoyo incondicional que me han dado toda la vida.

Manifiesto un sincero agradecimiento al señor José Antonio Rojas Acosta por haberme facilitado las instalaciones y equipo de su empresa y a mi primo José Antonio Becerra Jaén por compartir su experiencia y conocimientos.

INDICE

	PAG
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO 1: DESCRIPCION DE LA PLANTA.....	4
1.1 Descripción de la planta.....	5
 CAPITULO 2: FUNDAMENTOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS	 7
2.1 Resistencia	8
2.2 Inductancia	8
2.3 Capacidad	8
2.4 Diodos	9
2.5 Tiristores (SCR)	9
2.6 Rectificación	9
2.8 Calculo del angulo de disparo del horno de inducción MKVIII de 450KW	22
2.7 Inversor	22
CAPITULO 3: FUNCIONAMIENTO, CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES DEL HORNO.....	 25
3.1 Funcionamiento	26
3.2 Instrucciones de instalación	27
3.3 Operación de controles e indicadores	27
3.4 Características eléctricas	30
3.5 Calculo del diámetro de los conductores para alimentación del horno	30
3.6 Calculo de los conductores para alimentación del sistema de Enfriamiento.....	 31
3.7 Diagrama a bloques de alimentación del horno	35
3.8 Características del sistema de enfriamiento	36
3.9 Diagrama de sistema de enfriamiento	37
3.10 Sistema de control	38
3.11 Diagramas eléctricos y electrónicos	42
3.12 Características físicas del horno	53
 CAPITULO 4: MANTENIMIENTO.....	 54
4.1 Mantenimiento preventivo	55
4.2 Cuidados y mantenimiento al refractario	55
4.3 Mantenimiento preventivo a la torre de enfriamiento	56
4.4 Mantenimiento preventivo al sistema de enfriamiento de la unidad de potencia	 57
4.5 Mantenimiento preventivo a las conexiones eléctricas	58
4.6 Mantenimiento correctivo.....	59
4.7 Refractario perforado	59
4.8 Proceso de-sinterizado del horno MKVIII.....	64
4.9 Proceso de calibración para el horno MKVIII	65
4.10 Fallas en los SCR'S del circuito de inversión.....	69
4.11 Procedimiento para conectar , desconectar SCR'S	72
4.12 Falla línea a tierra.....	73
4.13 Deterioro de cables enfriados por agua	74
4.14 Falla por temperatura.....	75
CONCLUSION.....	76
BIBLIOGRAFIA.....	77

OBJETIVO

Hacer un manual técnico del horno de inducción PILLAR MARK8 para que cualquier persona con conocimientos básicos de electricidad y electrónica pueda realizar servicios de mantenimientos correctivos y preventivos a la unidad de potencia ya que es un aparato que sino se tiene una noción de básica de cómo funciona es difícil localizar las posibles fallas.

INTRODUCCION

En el manual hablaremos desde los fundamentos básicos de electricidad y electrónica, explicando el funcionamiento de los componentes como son las resistencias, capacitores, inductancias, SCR'S, también explicaremos las funciones de los diferentes circuitos que conforman los elementos antes mencionados así como la descripción de las funciones que realizan cada una de las tarjetas que tiene el horno, también explicaremos la función de cada uno de los indicadores así como la de los botones y potenciómetros de operación.

Describiremos cada uno de los sistemas que conforman el horno como es el sistema de enfriamiento, la unidad de potencia y el horno además de calcular los calibres de los conductores de alimentación para cada sistema.

Una de las partes importantes de este manual es donde se hablara del mantenimiento preventivo, reparaciones que se deben de realizar cada fin de semana así como los mantenimientos correctivos mas frecuentes que se deben realizar en un paro inesperado.

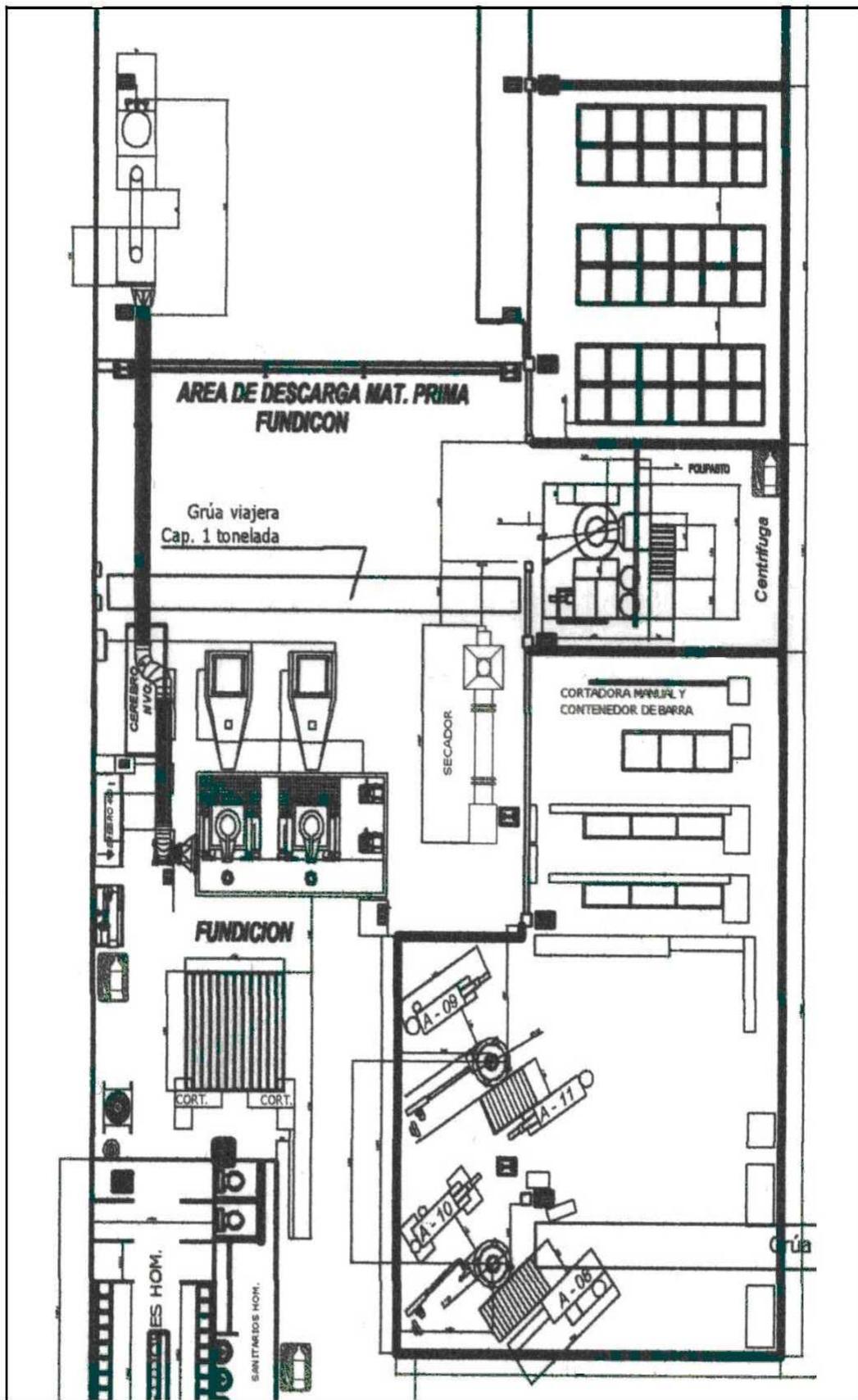
CAPITULO 1

DESCRIPCION DE LA PLANTA

La planta se divide en varias áreas, pero a nosotros nos interesa el área de fundición que consta principalmente de:

- 1.-Horno numero 4 de inducción Pillar Mark VIII DE 450 KW con una capacidad de 750 kg.
- 2.-Horno numero 5 de inducción Pillar Mark V de 375 KW con una capacidad de 750 Kg.
- 3.- Lingotera para horno 4
- 4.-Lingotera para horno 5
- 5.-Una grúa viajeras de 1 tonelada
- 6.-Una grúa viajera de 1.5 toneladas
- 7.-Una cortadora de lingote

En la siguiente figura se muestra un plano del área de fundición.



CAPITULO 2

FUNDAMENTOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS

El horno de inducción MARK VIII tiene elementos eléctricos como resistencias, capacitores, inductancias, diodos y SCR (tiristores), todos estos elementos componen la parte de potencia del horno los elementos antes mencionados son elementos pasivos y se comportan diferente al suminístrales energía eléctrica, que explicare a continuación.

RESISTENCIA

Una resistencia es aquella que impide el paso de la corriente, la ley de joule nos dice que una resistencia es un elemento pasivo que disipa energía en forma de calor y la ley de Ohm nos establece que la diferencia de potencial $v(t)$ en las terminales de un elemento resistivo es directamente proporcional a la intensidad de corriente que circula por ella .la constante proporcional R se llama resistencia eléctrica de elemento y se expresa matemáticamente de la siguiente manera

$$v(t)=R \cdot i(t)$$

Su unidad de medida son los ohms

INDUCTANCIA

Podemos llamar inductancia a la relación de la cantidad de flujo magnético que atraviesa a una bobina y la corriente que circula por la misma. Al variar con respecto al tiempo la corriente que circula por un circuito, el flujo magnético experimenta los mismos cambios, las variaciones del flujo magnético provocan una fuerza electromotriz que se opone a dicha variación. La f.e.m inducida es directamente proporcional, siempre y cuando la permeabilidad magnética sea constante, a la variación con respecto al tiempo de dicha intensidad. Su expresión matemática es la siguiente.

$$v(t)= L \, di/dt \text{ o } i(t)=1/L \, v \, dt$$

Su unidad de medida es el henrio y $1H=1 \, V \cdot s / A$

CAPACIDAD

La diferencia de potencial en las terminales de un capacitor es proporcional a la carga que se almacene en el. La constante de proporcionalidad C se llama capacidad del capacitor y su expresión matemática es la siguiente

$$i= C \, dv /dt \text{ o } v(t) = 1/C \, idt$$

Su unidad de medida son los faradios $1f = 1 \, \text{Coulom/Volt}$

DIODOS

Los diodos son elementos semiconductores que solo dejan circular la corriente eléctrica en un solo sentido, estos elemento tiene la siguiente curva (I-V) característica que constata de dos regiones por debajo de cierto potencial se comporta como circuito abierto (no conduce) y por encima de ella como un circuito cerrado (conduce) con una pequeña resistencia.

TIRISTORES (SCR'S)

Los tiristores(SCR) son semiconductores que se comportan como un diodo, conducen la corriente en un solo sentido, pero tiene dos diferencias un SCR tiene tres conexiones ánodo, cátodo y puerta, y la segunda es que su conducción es controlada, su funcionamiento es de la siguiente manera, para que conduzcan los SCR se tiene que hacer circular un flujo de corriente por la puerta para que inicie la conducción entre el ánodo y cátodo y se desactiva cada alternancia o semiciclo en corriente alterna. Cuando se produce una variación brusca entre el ánodo y cátodo de un SCR se pueden disparar y entrar en conducción sin que fluya una corriente por la puerta. Los SCR'S que se utilizan en la unidad de potencia son de disco que van sujetos a dos cabezas enfriadoras, con un apriete de 2 kg/cm^2 .

Todos los elementos antes descritos forman parte de la fuente de poder del horno MARK VIII la cual dividiremos en tres partes la primera parte de rectificación, la parte de inversión y la carga.

RECTIFICACIÓN

La parte de rectificación esta compuesta por seis SCR y un diodo de free-wheeling que forman parte de un rectificador de onda completa trifásico.

Un rectificador trifásico de onda completa funciona de la siguiente manera:

Trasforman tres líneas de corriente alterna en una línea de corriente directa, estos rectificadores están compuestos por 6 SCR'S y un diodo de free-wheling, los cuales para funcionar tienen una combinación de voltajes que se le llama línea a línea V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} , y un voltaje V_{pc} . Los voltajes de línea a línea tienen positivos máximos y negativos, en estos circuitos tenemos 6 voltajes en forma de onda

La definición del ángulo de disparo α del SCR Q1, de la figura 2.1 se calcula exactamente como si fuera un rectificador de una fase de onda completa. En la figura 2.1 a fueron remplazados diodos por SCR'S y la conducción de $\omega t = \pi/3$ en el instante que V_{an} adquiere un grado positivo y se evalúan los otros cambios de fase en las formas de onda de la figura 2.1b.

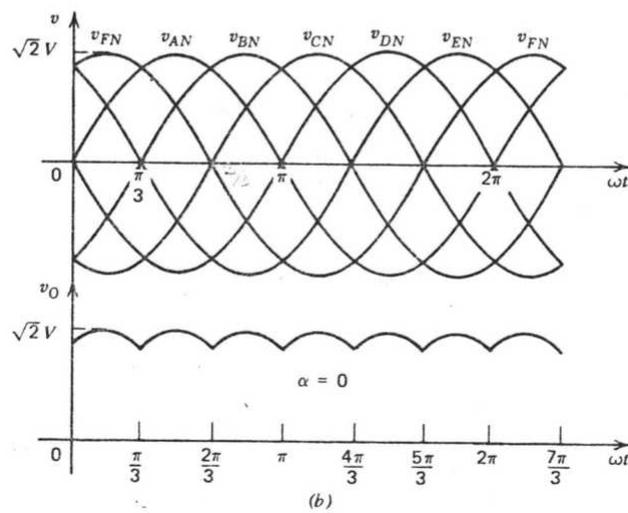
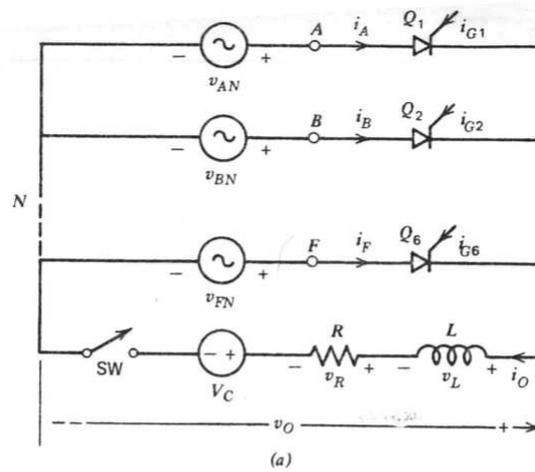


Fig. 5.18 Equivalent circuit for the converter of Fig. 5.17.

Figura 2.1

Cuando $\alpha = 0$ y $\omega t = \pi/3$ en la figura 2.2, se hace referencia a un punto determinado. El procedimiento para un rectificador de 6 pulsos es conveniente resaltar las diferencias con respecto al de 2 pulsos.

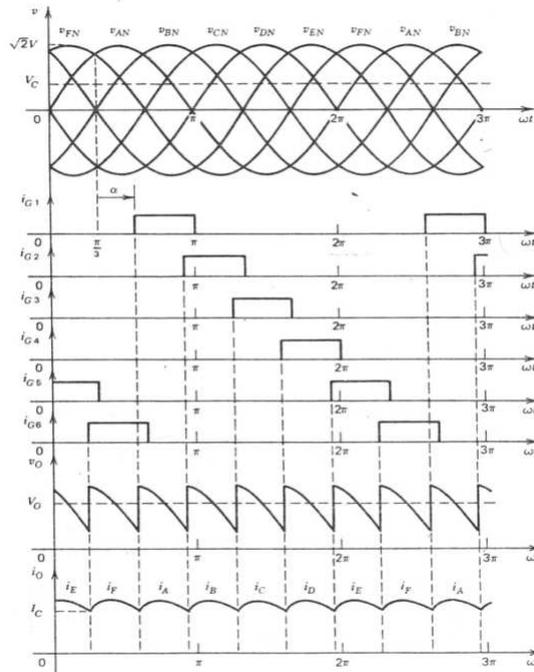


Fig. 5.20 Time variations of voltages and currents in the equivalent circuit of Fig. 5.18a—rectifier operation.

Figura 2.2

En la operación de un circuito rectificador influye mucho la carga pero en la figura 2.3 no esta en discusión, este circuito opera discontinuamente la carga de la corriente y el ángulo α son insuficientes y la inductancia del circuito es baja.

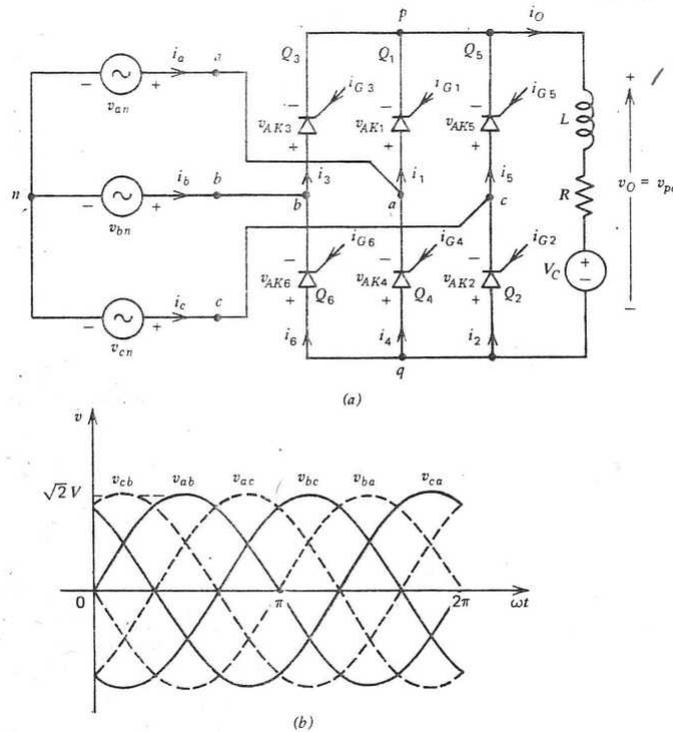


Fig. 5.17 Three-phase full-wave controlled rectifier.

Figura 2.3

Para describir la operación del circuito equivalente de la figura 2.1 en modo discontinuo se tiene que el circuito de 6 pulsos y la carga de corriente en dicha variación de voltaje se normalice con variación de la corriente I_n en seis tiempos en una sola fase de media onda, se ve la abscisa en la figura 2.4, que se multiplica por 6, y mas adelante evaluaremos a α con la figura 2.4, se reduce a 60° y α disminuye.

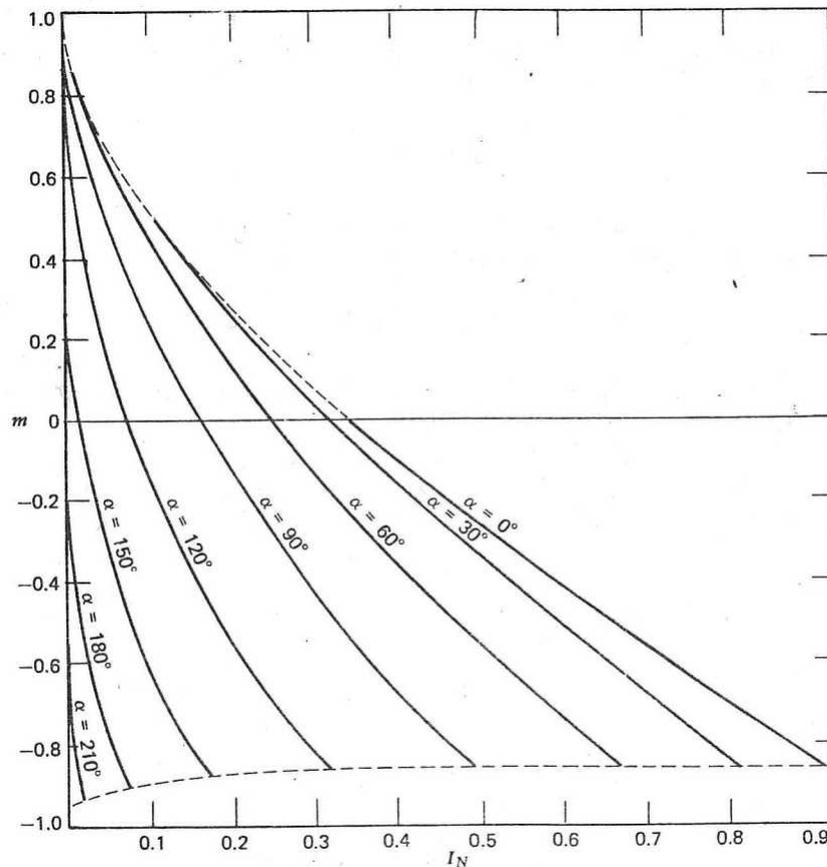


Fig. 3.14 m versus I_N for $\phi = \pi/6$ with α as parameter.

Figura 2.4

Las curvas de la figura 2.4 donde $\alpha=0$ y $\alpha=30$ para un rectificador de onda completa trifásico, pero se toma de línea a línea los voltajes de AC aplica para la figura del circuito de la figura 2.3 a y tenemos

$$I_o = \left(\frac{\sqrt{2}V}{Z} \right) I_n \text{ A}$$

La normalizamos y evaluamos rms la corriente I_{rn} por $\sqrt{6}$ de seis tiempos para un circuito de media onda de una fase. La abscisa de la figura 2.5 al multiplicarla por $\sqrt{6}$ La podemos aplicar para un circuito trifásico de onda completa y el ángulo α se reduce a menos de 60° .las curvas de $\alpha=0$ y $\alpha=30$ no aplican y tenemos

$$I_r = \left(\frac{\sqrt{2}V}{Z} I_{rn} \right) \text{ A}$$

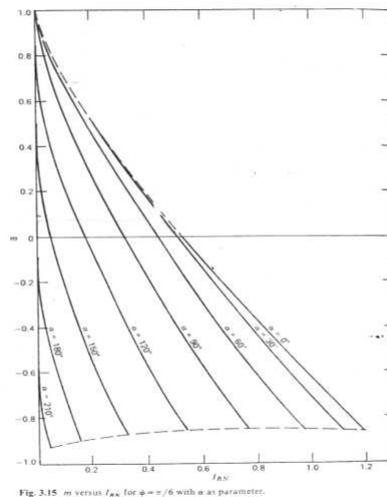


Figura 2.5

El rectificador trifásico de onda completa convierte el rango de α sobre la continuidad de operación que es mucho mas pequeña que el de un rectificador de onda completa monofásico, y en el modo de operación es menos importante para los puntos del circuito de potencia en el diseño de monofásico.

La figura 2.2 tiene un tiempo de variación, seguramente las variables del circuito equivalente de la figura 2.1. Cuando se convierte en operación de modo continuo de un rectificador controlado, las señales de los gates de los SCR'S toman una referencia con respecto al neutro de la línea voltaje V_{an} de la figura 2.1.

La figura 2.6 es un diagrama que corresponde a la figura 2.7 para un rectificador de onda completa monofásico. Donde escogemos para $\alpha=0$ se define $m=\sin(\alpha+\pi/3)$. Si definimos que $m = -1$. Este campo es dividido por dos subcampos al lado de línea de $\alpha=180^\circ$ y la razón de esto explica cuando el tiempo de apagado se discute en la figura 2.8.

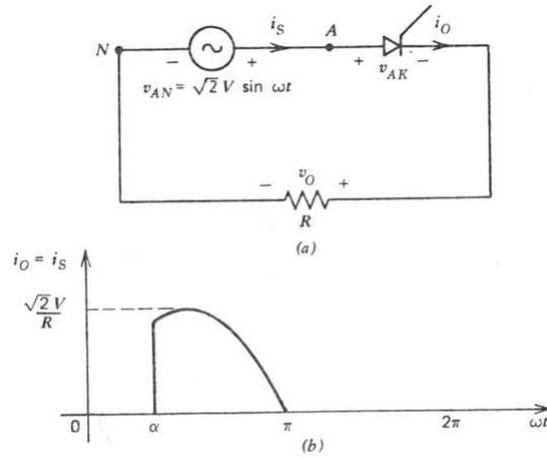


Fig. 5.1 Single-phase half-wave controlled rectifier.

Figura 2.7

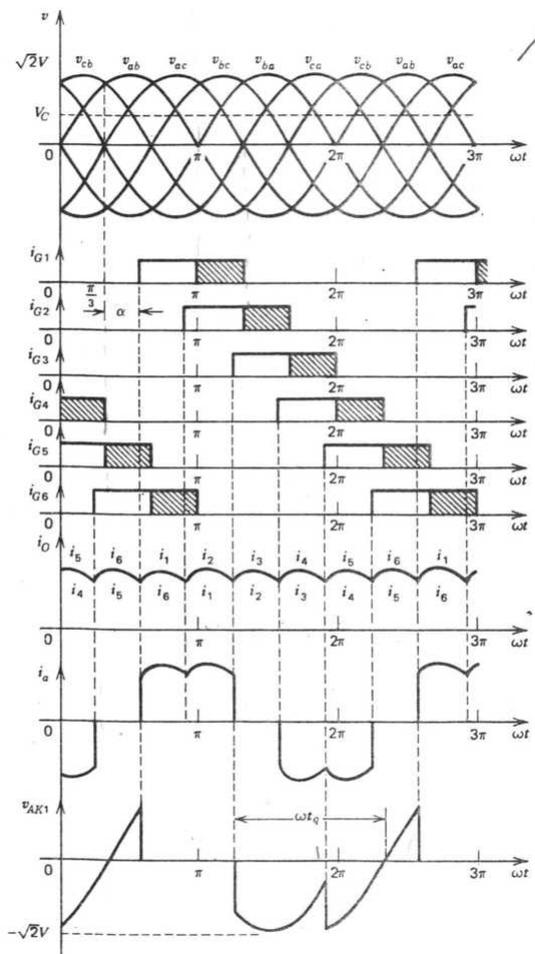


Fig. 5.25 Time variations of voltages and currents in the circuit of Fig. 5.17a.

Figura 2.8

La familia de curvas de las series de \emptyset se define como la condición de transición para la operación en discontinuidad y continuidad de la corriente. Obteniendo la siguiente ecuación.

$$\frac{Z}{\sqrt{2}V} i_o = \sin(\omega t - \theta) - \left\{ \frac{m}{\cos\theta} - \left[\frac{m}{\cos\theta} - \sin(\alpha - \theta) \right] \varepsilon^{(\alpha - \omega t) / \tan\theta} \right\}$$

Y el diagrama de flujo de la figura 2.7 donde se ve un cambio de α y un posible máximo de γ cuando llega a 60° .

El primer cuadrante de la figura 2.6 representa la operación de un rectificador desde V_c absorbe energía figura 2.2 es una condición típica de operación en corriente continua en el cuarto cuadrante V_c libera energía y tiene dos posibilidades de condición de trabajo. La primera la carga del circuito libera energía hacia AC, en otras palabras el sistema regenera y funciona como un inversor de DC de frecuencia da AC. La segunda la carga del circuito absorbe la energía del la fuente de AC a DC. En otras palabras es una condición intermedia entre el rectificador y el inversor.

La corriente continua opera en condiciones que se observan en el cuarto cuadrante. En la inspección de las formas de onda de V_o en la figura 2.2 se ve que el ángulo incrementa hacia la unidad $\alpha > \pi/2$ y V_o es negativo, para la operación de corriente continua cuando $\alpha > \pi/2$ el sistema actúa como inversor, cuando $0 \leq \alpha \leq \pi/2$ y V_o positivo la carga del circuito absorbe AC y a DC.

La condición de discontinuidad de corriente se ve en el cuarto cuadrante ilustrada en la figura de 2.9 las formas de onda de V_o en la parte de abajo donde se observa lo siguiente:

$$v_o = V_c \dots V : i_o = 0 A$$

$$v_o = v_{an} \dots V : i_o = i_a \neq 0 A$$

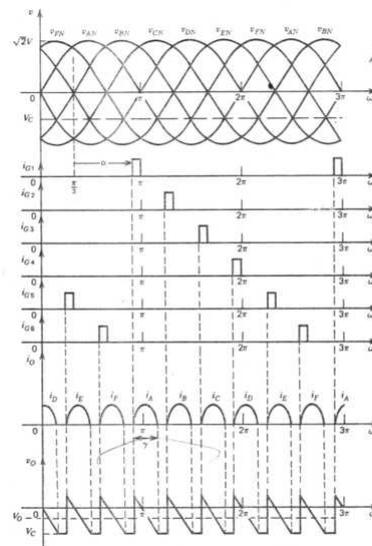


Fig. 5.22 Time variations of voltages and currents in the equivalent circuit of Fig. 5.18a— inverter operation.

Figura 2.9

El criterio determina el sistema de inversión. La potencia de salida del convertidor es

$$P_o = \frac{3}{\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} v_o i_o d(\omega t) W$$

Pero $P_o < 0$ en el sistema de inversión y $P_o > 0$ en el sistema intermedio de operación.

En la figura 2.6 se ve el rango que α requiere para a completar el control de pendiendo de m y el modo de operación para un rectificador cuando $m=0$, requiere un rango de $0 \leq \alpha \leq 120$ para la operación en el cuarto cuadrante de la figura 2.6, son mas largos y requiere que α a complete el ciclo de apagado en el convertidor.

Conocemos el significado de varias áreas de la figura 2.6 que sea establecido en la operación en corriente continua.

Y v_o representa las series

$$v_o = V_o + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(n\omega t - \theta_n) \dots V$$

En el caso de la figura 2.2

$$V_o = \frac{3}{\pi} \int_{\alpha+(\pi/3)}^{\alpha+(2\pi/3)} \sqrt{2}V \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha \dots V$$

Observando las formas de onda de v_o en la figura 2.2 la fundamenta la frecuencia de 6 tiempos de AC. Las armónicas a la salida del voltaje en el orden $n=6m$ cuando m se integra en la ilustración se ve claramente las poli fases en la ecuaciones pasadas

$$c_n = [a_n^2 + b_n^2]^{1/2} \dots V$$

Y

$$\theta_n = \tan^{-1} \frac{a_n}{b_n} \dots rad$$

A consecuencia del factor fundamental de frecuencia de v_o es 6ω es posible definir los coeficientes a_n y b_n integrando términos

$$a_n = \frac{6}{\pi} \int_{\alpha+(\pi/3)}^{\alpha+(2\pi/3)} v_o \sin n\omega t d(\omega t) \dots V \dots n. = 6,12,18$$

$$b_n = \frac{6}{\pi} \int_{\alpha+(\pi/3)}^{\alpha+(2\pi/3)} v_o \cos n\omega t d(\omega t) \dots V \dots n. = 6,12,18$$

En la figura 3.0 se normalizan la amplitud de las armónicas $C_n \sqrt{2}V$ contra α para n parámetros la figura 3.1 corresponde a las curvas de θ_n contra α .

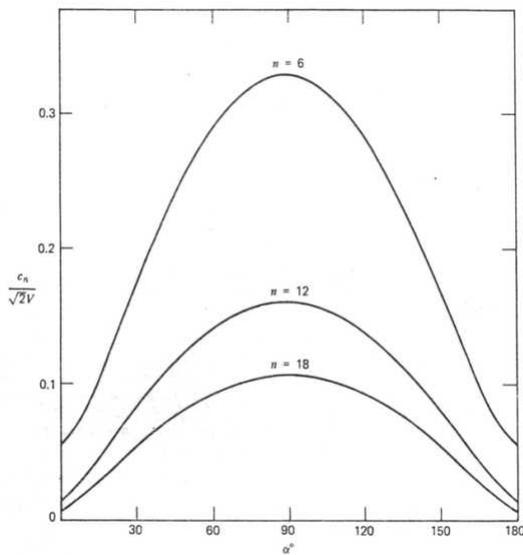


Fig. 5.23 $c_n / \sqrt{2} V$ versus α with n as parameter for circuits of Figs. 5.17 and 5.18.

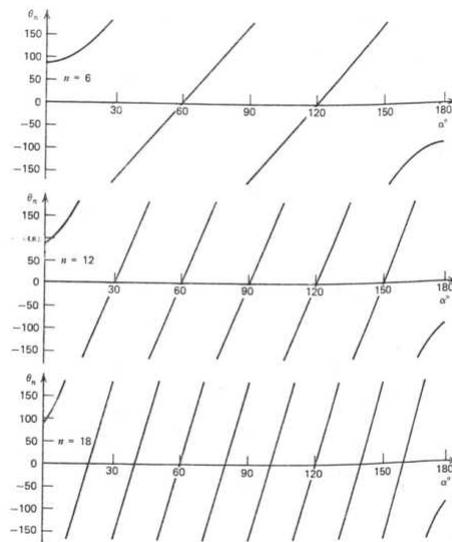


Fig. 5.24 θ versus α for circuits of Figs. 5.17 and 5.18.

Figura 3.0

Los efectos de la transformación salida de la reactancia en los valores de V_o se reducen teóricamente con la ecuación

$$V_o = \frac{3}{\pi} \int_{\alpha+(\pi/3)}^{\alpha+(2\pi/3)} \sqrt{2}V \sin \omega t d(\omega t) = \frac{3\sqrt{2}V}{\pi} \cos \alpha \dots V$$

Por una salida de la reactancia por fase, el efecto es más pronunciado para un sistema polifásico que para un monofásico y incrementa el número de conmutaciones por ciclo.

Los valores rms de la carga del circuito del voltaje v_o son

$$V_{RI} = \left[\frac{3}{\pi} \int_{\alpha+(\pi/3)}^{\alpha+(2\pi/3)} v_{AN}^2 d(\omega t) \right]^{1/2}$$

$$V_{RI} = \sqrt{2}V \left[0.5 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \cos 2\alpha \right]^{1/2}$$

Y la ondulación del voltaje es

$$V_{RI} = [V_R^2 - V_O^2]^{1/2}$$

El factor de ondulación de voltaje es

$$K_v = \frac{V_{RI}}{V_0}$$

Para la siguiente ecuación

$$v_o = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(n\omega t - \theta_n) \dots V$$

Describe a i_o y emplea para determinar las corrientes de salida en las siguientes ecuaciones

$$I_O = \frac{V_0 - V_c}{R} \dots A$$

$$K_i = \frac{I_{RI}}{I_0}$$

Mientras las cantidades de salida son más fáciles de obtener por medio del circuito equivalente de la figura 2.1a es más conveniente trabajar con el circuito de la figura 2.3a, para determinar el voltaje y corriente de los SCR'S.

El tiempo de variación de línea a línea de los voltajes de entrada y la corriente de entrada de la figura 2.8 corresponde a la figura 2.2. La corriente de los SCR'S hacen que la corriente de la carga i_o aumente indicada en las curvas i_o . La corriente fluirá en la línea α siempre que el voltaje de línea a línea aparezca en las terminales del circuito de la carga V_{ab}, V_{ac}, V_{ba} o V_{ca} durante dos terceras partes el ciclo.

La resultante de la corriente de la línea α se muestran en la figura 2.8, también se ven otras dos líneas de similares formas de onda desfasadas $\pm 120^\circ$.

En este punto es importante destacar que el circuito 2.1 es solo un circuito equivalente del circuito equivalente 2.3 y se ven las diferencias en la tabla en el circuito equivalente solo se ven seis pulsos de corriente en las puertas de los SCR'S. En el circuito de la figura 2.3 donde conduce dos de seis pulsos y requiere una modificación en las señales de las puertas que se ven en la figura 2.2.

Intervalo	CIRCUITO ACTUAL		CIRCUITO EQUIVALENTE	
	Voltaje aplicado a la carga	SCR en conducción	Voltaje aplicado a la carga	SCR en conducción
$\pi/3 < \omega t < 2\pi/3$	Vab	Q6, Q1	Van	Q1
$2\pi/3 < \omega t < \pi$	Vac	Q1, Q2	Vbn	Q2
$\pi < \omega t < 4\pi/3$	Vbc	Q2, Q3	Vcn	Q3
$4\pi/3 < \omega t < 5\pi/3$	Vba	Q3, Q4	Vdn	Q4
$5\pi/3 < \omega t < 2\pi$	Vca	Q4, Q5	Ven	Q5
$2\pi < \omega t < 7\pi/3$	Vcd	Q5, Q6	Vfn	Q6

Las señales de las puertas son eliminadas y la corriente no fluye, sin embargo la reducción de α se refleja en la corriente de la carga. Cuando los SCR'S están conduciendo, en ese instante el voltaje se dispara, en la figura 2.8 donde $\omega t = \pi$, y $\alpha = 2\pi/3$, Van se hace negativo. Se une Vc es cero la reducción de α a $2\pi/3$ y el tiempo de conducción de los SCR'S Q6 y Q1, las señales en las puertas en conducción de los SCR'S a $\omega t = \pi$ para que termine los pulsos se requiere un pulso de apagado en i_{g6} y uno de conducción en i_{g1} . Al empezar y al terminar la conducción las otras señales en las puertas deben de ser cero, el resultado es que las señales en las puertas tiene un ángulo de retardo máximo teniendo una corriente de salida de cero, que se muestra en la figura 5.25. en las partes sombreadas del rectángulo de los pulsos de i_{g1} y i_{g6} . Cuando se incrementa la salida la extensión de la parte de la derecha de la grafica debe de ser cero a la salida en las señales puertas. Las partes sombreadas no deben de estar presentes y debe de tener un rango $\pi/3 \leq \alpha < 2\pi/3$ solo de un SCR en la puerta y la corriente no fluye.

El voltaje avanzado o inverso aplicado a un SCR'S en cualquier instante dependerá de los voltajes de la fuente y de que el SCR'S este en conducción. El voltaje v_{ak1} en la figura 2.3A en las que se puede determinar y considerar los intervalos donde fluyen i_1 , i_2 y i_5 . Cuando i_1 fluye

$$v_{ak1} = 0 \quad i_1 \neq 0$$

Cuando $v_{ak3} = 0$ y para desarrollar Q1, Q2, Van y vbn

$$v_{ak1} = v_{an} - v_{bn} \quad V$$

La expresión para los voltajes de línea a neutro puede ser determinada observando la figura 3.2. Sustituyendo la ecuación anterior.

$$v_{ak1} = \frac{\sqrt{2}V}{\sqrt{3}} \text{sen}(wt - 30) - \frac{\sqrt{2}V}{\sqrt{3}} \text{sen}(wt - 150)$$

$$v_{ak1} = \sqrt{2}V \text{sen}wt \quad V \quad i_3 \neq 0 \text{ A}$$

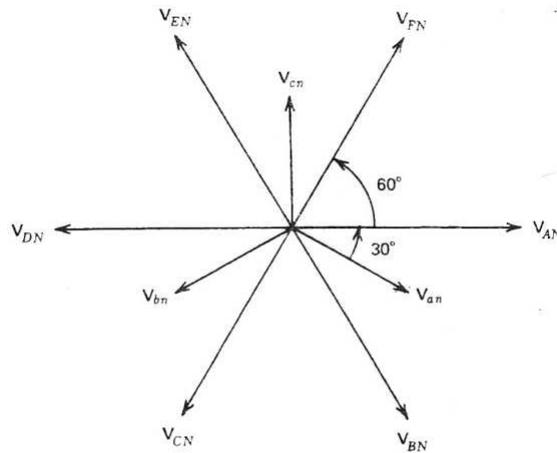


Fig. 5.19 Phasor diagram of real and equivalent voltage sources.

Figura 3.2

Para i_5 realizamos los mismos pasos que para i_3

$$v_{ak1} = v_{an} - v_{cn} \quad V$$

$$v_{ak1} = \frac{\sqrt{2}V}{\sqrt{3}} \text{sen}(wt - 30) - \frac{\sqrt{2}V}{\sqrt{3}} \text{sen}(wt - 90)$$

$$v_{ak1} = \sqrt{2}V \text{sen}(wt - 60) \quad V: \quad i_5 \neq 0 \text{ A}$$

Las tres ecuaciones de v_{ak1} han sido empleadas para hacer las curvas de la figura 2.8. En estas formas de onda se puede ver la variación de α , que es el máximo adelanto de voltaje inverso que se puede aplicar a los SCR'S.

$$v_{ak1} = \pm \sqrt{2}V \quad V$$

El tiempo disponible para el apagado del SCR durante la operación en modo de corriente continua puede ser observado en el intervalo de v_{ak1} en la forma de onda de la figura 2.8. Cuando este intervalo es determinado en función de α , es encontrado una discontinuidad en $\alpha = \pi/3$. La figura 2.8 muestra un ángulo retardo ligeramente menor a $\pi/3$ radianes. Se ve una forma de onda v_{ak1} donde α incrementa a $\pi/3$, un valor positivo de v_{ak1} aparece en $wt=2\pi$ y causa un abrupta reducción en wt_q , también se ve que α incrementa a π radianes y wt se hace cero y no hay tiempo de apagado. Para evaluar a α se debe un corto en la fuente de ac y el modo de corriente continua y se define a $\alpha=180$ que se ve en la figura 2.6 la relación de wt y α se describe.

$$wt_q = \frac{4\pi}{3} - \alpha : 0 \leq \alpha < 60$$

$$wt_q = \pi - \alpha : 60 < \alpha < 180$$

Cada SCR conduce dos de los seis pulsos de corriente que hay en un ciclo y la variación de la corriente en cada SCR es:

$$I_q = \frac{I_0}{3} \quad \text{A}$$

Y la corriente en valores rms:

$$I_{QR} = \frac{I_R}{\sqrt{3}} \quad \text{A}$$

La corriente de fase que fluye de cuatro de seis pulsos ocurre en un ciclo, y son los rms de la corriente de línea y se asume que la corriente de la línea en un transformador trifásico es:

$$I_2 = \sqrt{2}I_{QR} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}I_R \quad \text{A}$$

Para la potencia tenemos

$$S_2 = \sqrt{3}VI_2 = \sqrt{2}VI_R = S_1 \quad \text{VA}$$

CALCULO DEL ANGULO DE DISPARO DEL RECTIFICADOR DEL HORNO DE INDUCCION MARK VIII DE 450KW

Para calcular el ángulo de disparo del rectificador tenemos los siguientes datos

$V_0=647 \text{ Vcd}$
 $P=450 \text{ KW}$
 $V_{ab}=480 \text{ Vac}$
 $FP=0.93$
 $I=600 \text{ A}$

Para calcular el ángulo de disparo ocupamos la siguiente ecuación

$$V_0 = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V \cos \alpha$$

Despejamos $\cos \alpha$

$$\cos \alpha = \frac{V_0}{\frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{ab}}$$

Sustituimos valores

$$\cos \alpha = \frac{647}{\frac{3\sqrt{2}}{\pi} 480} = 0.998$$

Despejamos α

$$\alpha = \cos^{-1} 0.998 = 3.515$$

Ese resultado el ángulo de disparo del rectificador al 100 % de potencia

INVERSOR

La parte del inversor esta compuesta por seis SCR'S que convierten una línea de corriente directa que viene de un rectificador trifásico a una línea de corriente alterna que alimenta a una carga que es la bobina que hace que fluya un campo magnético y produzca calentamiento en el horno.

En la figura 3.3 a se ve un circuito de onda completa donde los SCR'S Q1 y Q3 conducen simultáneamente durante el intervalo $0 < t < \pi / \omega_r$ s, después están en corto durante la conducción de los SCR'S Q2 Y Q4. El intervalo que se ve una carga resistiva y capacitaba para la conmutación. Si en el circuito de la carga presentara una inductancia se correría el riesgo de un corto circuito. Es necesario adicionar elementos al circuito para reducir un cambio de voltaje aplicado a un par de SCR'S cuando la corriente en el otro par llegue a cero. Notándose que la energía es suministrada por la fuente durante los la mitad del ciclo positivo así como la mitad negativa de la corriente de la carga. Esto tiene una ventaja porque requiere una pequeña corriente rms de la fuente de poder la que seria una pequeña cantidad en el caso de la figura 3.4

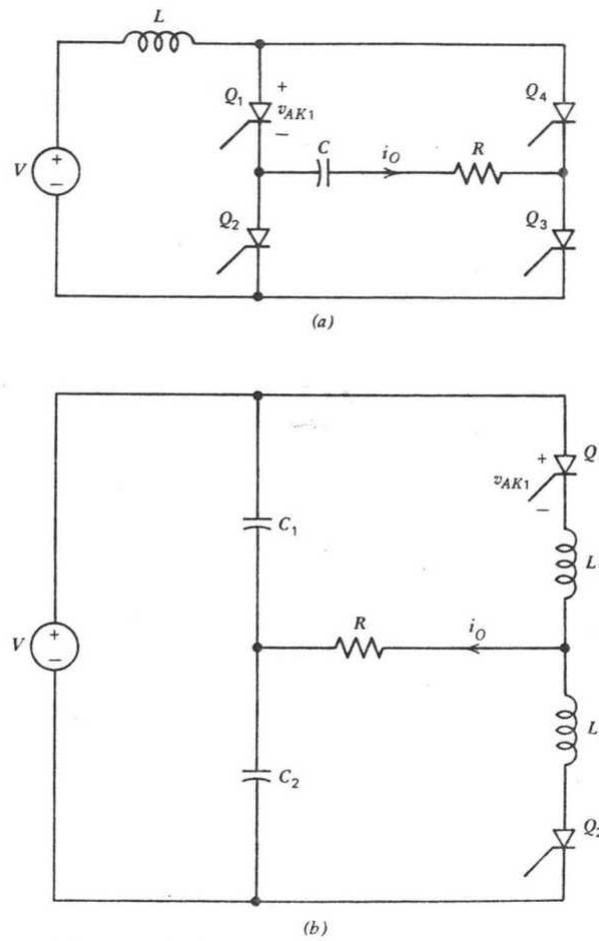


Fig. 7.33 Series bridge inverters.

Figura 3.3

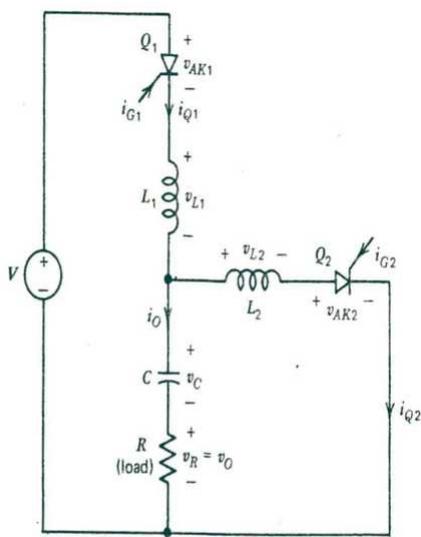


Fig. 7.31 Series inverter with resistive load.

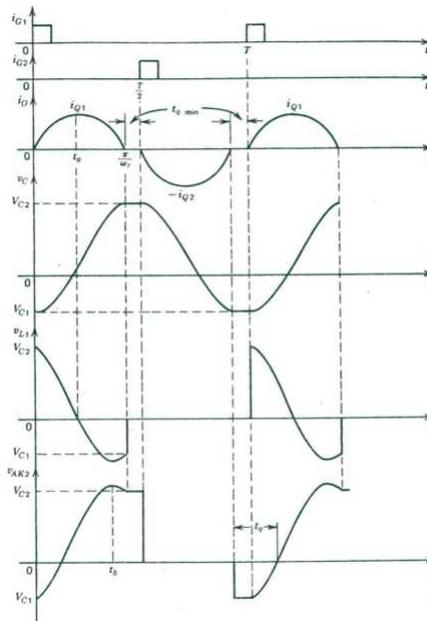


Fig. 7.32 Current and voltage waveforms for the circuit of Fig. 7.31.

Figura 3.4

Estas son algunas ecuaciones para calcular el tiempo de apagado de un SCR

$$\zeta = \frac{R}{2L} \text{ s}$$

$$\omega_r = \left[\omega_0^2 - \zeta^2 \right]^{1/2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{Lc}} \text{ rads/s}$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{\zeta}{\omega_r}$$

$$\frac{\pi}{\omega} - \frac{\pi}{\omega_r} = t_{q \text{ min}} \text{ s}$$

Para calcular la potencia tenemos

$$P_s = \frac{\omega V V_{C2}}{2\pi \omega_0^2 L} \left[1 + \sum \zeta \pi / \omega r \right]$$

Para calcular el voltaje pico

$$V_{C2} = \frac{V \varepsilon^{\zeta \pi / \omega r}}{\varepsilon^{\zeta \pi / \omega r} - 1}$$

$$V_{akpeak} = V + V_{C2} \varepsilon^{-(\zeta / \omega r)(\pi - 2\phi)}$$

Para calcular Ir

$$I_r = \left(\frac{P_s}{R} \right)^{1/2} \text{ A}$$

$$I_{QR} = \frac{I_r}{\sqrt{2}} \text{ A}$$

Con esto concluimos el capítulo y lo que sería la parte de potencia del horno que está compuesta por un rectificador trifásico de onda completa, un inversor monofásico de onda completa y una carga que está compuesta por capacitores tanque que sirven para corregir el factor de potencia, una bobina de calentamiento y la resistencia que es el material a fundir

CAPITULO 3

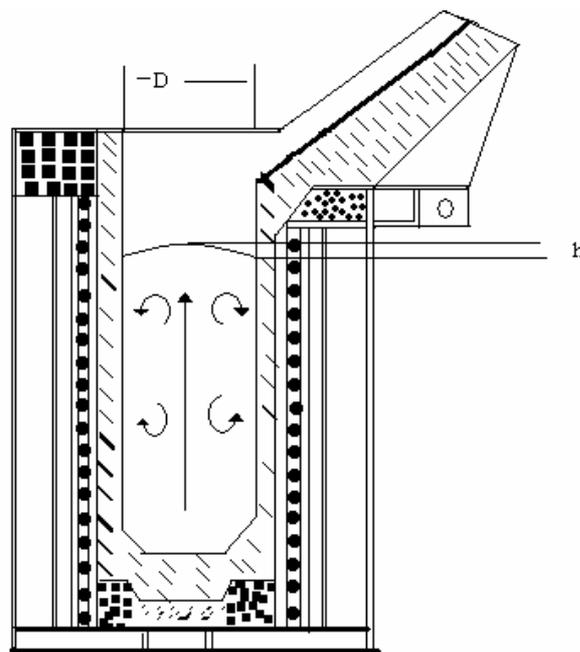
FUNCIONAMIENTO, CARACTERISTICAS Y DIMENCIONES DEL HORNO

FUNCIONAMIENTO

Un horno de inducción funciona de la siguiente manera, una corriente es inducida en un metal, causando calentamiento. Es un proceso mediante el que se consigue el calentamiento de objetos metálicos (especialmente férricos). El calentamiento se produce mediante variaciones en la orientación magnética molecular por magnetismo inducido por corrientes eléctricas alternas de alta frecuencia.

Se trata de un proceso que permite un alto control, tanto en la temperatura como en la profundidad de la capa calentada, lo que permite alcanzar altas temperaturas sin alterar la composición del material calentado. Esta fuerza electromagnética la cual también produce movimientos una vez que el metal esta derretido

El movimiento generalmente inicia cerca del centro del baño y el metal se mueve hacia los extremos de serpentín, el metal al ser contraído hacia el fondo y al los costados da como resultado un movimiento ascendente creando un menisco arriba del baño, una manera conveniente para describir el nivel de movimiento es con el rango de altura del menisco con el diámetro del baño.



INSTRUCCIONES DE INSTALACION

SELECCIÓN DE LOCALIZACION

Para seleccionar la ubicación del horno se deben tener las siguientes consideraciones

- 1.-Distancia de la subestación: las líneas de 50/60 hz no deben ser mayores a 100 m por fase, las cortas distancias tienen poca impedancia y la fuente no incrementa la corriente.
- 2.- Distancia para la carga: La distancia entre la unidad de potencia y el horno debe de ser las más cortas posibles, por que entre mas larga se aumenta la inductancia y presenta pérdidas de potencia.
- 3.-Localización general: el equipo debe localizarse en un área con una temperatura máxima de 52 grados centígrados para un buen funcionamiento y el lugar debe de estar libre de vibraciones.
- 4.-Potencia de entrada: El equipo requiere un voltaje de 480 v trifásico. Para determinar que estén en fase se cuenta con un circuito (rider board) localizada a la izquierda del gabinete este circuito cuenta con dos indicadores (in phase) y (out phase) la entrada debe de estar en fase para el funcionamiento del horno.
- 5.- Requerimientos del sistema de enfriamiento: El equipo requiere una presión de 30 psi o 4 kg/cm², la temperatura del agua debe de ser de 46 grados centígrados y cuando el equipo este en funcionamiento la temperatura nominal es de 65 grados centígrados.

OPERACIÓN DE CONTROLES E INDICADORES

Los controles e indicadores se encuentran ubicados en la parte central de la unidad de potencia.

MEDIDORES

Wattmetro (0-160) Indica la potencia de la unidad

Voltímetro (0-160) Cuando marca 100% indica que la unidad de potencia en su máximo rango de voltaje a la salida

Frecuenciómetro (0-160) Indica la frecuencia de operación de la unidad de potencia

Amperímetro (ground leakage) (0-160) Indica una fuga de corriente de 4 Amper en la unidad de potencia o en el horno.

INDICADORES

POWER READY: Indica que se puede arrancar y que los niveles de temperatura y presión son los óptimos para empezar a trabajar.

WATER HI – TEMPERATURE: Indica que se ha rebasado el límite máximo de temperatura (máximo de 65 grados centígrados)

WATER LOW PSI: Indica que el equipo tiene baja presión en el sistema de enfriamiento, esta presión mínima de trabajo es de 300 psi o 4kg/cm²

VOL LIMIT: Indica que la unidad de potencia a rebasado el limite de voltaje en el inversor, por lo que se tiene que agregar mas material.

CURRENT LIMIT: Indica que la unidad de potencia en corriente alterna esta operando al limit , esta es una condición normal de carga fría.

POWER LIMIT: Indica que el nivel máximo de potencia a sido alcanzado

FREQUENCY LIMIT: Indica que la frecuencia a la salida a sido reducida (normalmente por capacitancia)

TOT LIMIT: Indica el nivel predeterminado de encendido y apagado de los SCR'S a sido alcanzado, es una condición normal de encendido.

RAMP LIMIT: Indica que la frecuencia de disparo esta sobre el limite.

VOLTAGE TRIP: Indica un exceso de voltaje en los SCR'S de inversión.

CURRENT TRIP: Indica un exceso de corriente en la entrada del inductor de la unidad de potencia.

GROUND TRIP: Indica una fuga de corriente de 4 A, es una razón para el paro de unidad.

CONTROLES DE OPERACIÓN

STAR SWITCH: Sirve para arrancar la unidad de potencia, pero tiene que estar encendido el led de POWER READY.

STOP/RESET SWITCH: Este switch tiene dos funciones, una de ellas es parar la unidad de potencia y la otra es reiniciarla después de una falla.

CONTROL DIAL: Este potenciómetro nos da el nivel de potencia de la unidad. Cuando la unidad va arrancar debe estar colocada en el nivel mínimo de potencia.

LEAK DETECTOR TEST: Se usa para verificar que no tenga fugas de corriente de 4A la unidad y el horno.

PROCEDIMIENTOS Y AJUSTES PARA LA PUESTA EN MARCHA

El equipo esta ajustado en frecuencia y potencia de fábrica.

- 1.-Inspección: verificar que las conexiones de control estén en condiciones y la potencia de entrada sean correctos.
- 2.- Checa que el sistema de enfriamiento este encendido y con una presión de 4 kg/cm²
- 3.-Subir el interruptor principal para energizar la unidad de potencia
- 4.- Presionar el botón de reset para borrar las alarmas que se enciende por default.
- 5.-Presionar el botón de star para arrancar la unidad de potencia, el horno debe de tener una carga de material previamente.
- 6.-Subir la potencia al 100% con el control dial.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

ENTRADA

480V 3
600 A
50/60 H

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR

Δ-Y ATERRIZADA

SALIDA

1250V 1
450KW
3200 A
1200 Hz

CARACTERISTICAS DE LA SUBESTACIÓN

Entrada
230 kv
Salida
440v
1500KVA

CALCULO DEL DIAMETRO DE LOS CONDUCTORES PARA LA ALIMENTACION DEL HORNO MKVIII

Para calcular el calibre de los conductores que alimenta el horno tenemos los siguientes datos

Potencia activa 450 KW
Potencia aparente 469 KVA
F.P 0.95
Voltaje 480 V 3Ø

Para calcular el calibre del conductor necesitamos calcular la corriente que consume el equipo con los datos anteriores tenemos que

$$P = \sqrt{3} * I * V * F.P$$

Despejamos I:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * F.P}$$

Sustituyendo valores tenemos

$$I = \frac{450KW}{(\sqrt{3})(480V)(0.95)}$$

Por lo tanto

$$I = 601.41 \text{ A}$$

Para el cumplimiento de norma se debe aumentar un 25% de la corriente nominal

$$I = 601.41 * 1.25 = 751.76 \text{ A}$$

Por lo tanto podemos ocupar 2 conductores por fase de 400 KCM con un aislamiento a 90 °C marca IUSA, tiene una capacidad de conducción de 380A por cable.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LOS CONDUCTORES PARA LA ALIMENTACION DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Para calcular el diámetro de los conductores del tablero debemos tomar en cuenta todos los motores involucrados.

Motor del ventilador 5 HP, 440V 3Ø

Motor de los aspersores 1.5 HP, 440V 3Ø

Motor de recirculación 10 HP, 440V 3Ø

Motor del sistema hidroneumático 3HP, 440V 3Ø

Motor del sistema hidráulico 3HP, 440V 3Ø

Motor del ventilador 5 HP, 440V 3Ø

DATOS

$$P = 5 \text{ HP}$$

$$V = 440V$$

Convertimos HP-W

$$1\text{HP} = 746W$$

$$5\text{HP} * 746W = 3730W$$

Tenemos

$$P = \sqrt{3} * I * V * F.P$$

Despejamos I:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * F.P}$$

Sustituyendo valores tenemos

$$I = \frac{3730W}{(\sqrt{3})(440V)}$$

$$I = 4.9 \text{ A}$$

Lo multiplicamos por 1.25

$$I = 4.9 * 1.25 = 6.125 \text{ A}$$

Motor de los aspersores 1.5 HP, 440V 3Ø

Convertimos HP-W

$$1.5 \text{ HP} * 746W = 1119W$$

Utilizamos la formula de I que obtuvimos anteriormente

$$I = \frac{1119W}{(\sqrt{3})(440V)}$$

$$I = 1.468 \text{ A}$$

Lo multiplicamos por 1.25

$$I = 1.468 * 1.25 = 1.835 \text{ A}$$

Motor de recirculación 10 HP, 440V 3Ø

Convertimos HP-W

$$10 \text{ HP} * 746W = 7460$$

Utilizamos la formula de I que obtuvimos anteriormente

$$I = \frac{7460W}{(\sqrt{3})(440V)}$$

$$I = 9.8 \text{ A}$$

Lo multiplicamos por 1.25

$$I = 9.8 * 1.25 = 12.25 \text{ A}$$

Motor del sistema hidroneumático 3HP, 440V 3Ø

Convertimos HP-W

$$3 \text{ HP} * 746W = 2238W$$

Utilizamos la formula de I que obtuvimos anteriormente

$$I = \frac{2238W}{(\sqrt{3})(440V)}$$

$$I = 2.93$$

Lo multiplicamos por 1.25

$$I = 2.93 * 1.25 = 3.66A$$

Motor del sistema hidráulico 3HP, 440V 3Ø

Convertimos HP-W

$$3 \text{ HP} * 746W = 2238W$$

Utilizamos la formula de I que obtuvimos anteriormente

$$I = \frac{2238W}{(\sqrt{3})(440V)}$$

$$I = 2.93$$

Lo multiplicamos por 1.25

$$I = 2.93 * 1.25 = 3.66A$$

Sumamos todas las corrientes y depuse las multiplicamos por 1.25

$$6.125+1.835+12.25+3.66+3.66=27.53 \text{ A}$$

$$27.53*1.25=34.41 \text{ A}$$

El diámetro del conductor de 8 kcm con un aislamiento de 60° para el tablero y para la alimentación de los motores de 10 kcm por norma es el calibre mas delgado que se puede emplear para el circuito de fuerza.

Calculamos la caída de tensión del cable para verificar si estamos dentro de la norma que nos dice que no debe ser mayor al 3%

Para un cable 8kcm de s/t de 8.367 mm²

DATOS

$$V=440\text{V } 3\emptyset$$

$$L=100\text{M}$$

$$\rho=0.017$$

Calculamos su resistencia

$$R_L = \rho \frac{L}{S/T}$$

Densidad del cobre $\rho=0.017$

$$R_L = 0.017 \frac{100}{8.367} = 0.2031$$

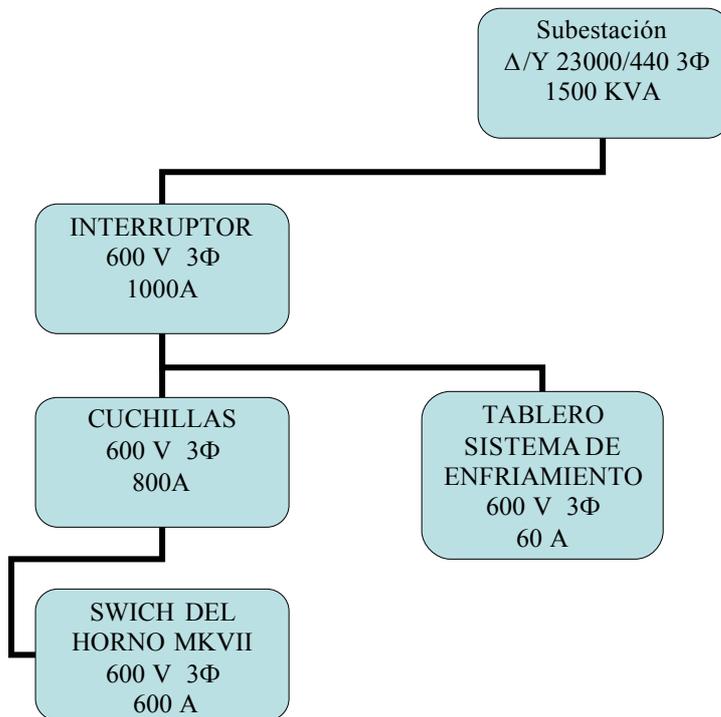
$$\Delta V = R_L * I = 0.2031 * 34.468 = 7.003$$

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \times 100$$

$$\Delta V\% = \frac{7.003}{440} \times 100 = 1.59\%$$

POR LO TANTO ESTAMOS DENTRO DE NORMA

DIAGRAMA A BLOQUES DE ALIMENTACION DEL HORNO MARK VIII



La distancia de la subestación al horno es aproximadamente de 100 metros y se tienen alimentados con 2 cables de 400 KCM por fase

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

TEMPERATURA MAXIMA EN LAS TUBERIAS 46°
 TEMPERATURA MAXIMA EN LOS COMPONENTES 66°
 PRESION 30PSI-60PSI
 CALIDAD DEL AGUA

PH -----	7.0-9.0
Resistividad -----	250ohm-cm min
Total de sólidos-----	250 ppm mx
Contenido de sulfato-----	100 ppm mx
Contenido de nitrato-----	10 ppm mx
Contenido de acido clorhídrico-----	20ppm mx

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL HORNO MK8

El sistema de enfriamiento esta compuesto por un sistema de presurización y una torre de enfriamiento. Que a continuación voy a describir

TORRE DE ENFRIAMIENTO

Las torres de enfriamiento son equipos que se utilizan para enfriar grandes volúmenes de agua ya que es una forma económica y eficiente hacerlo.

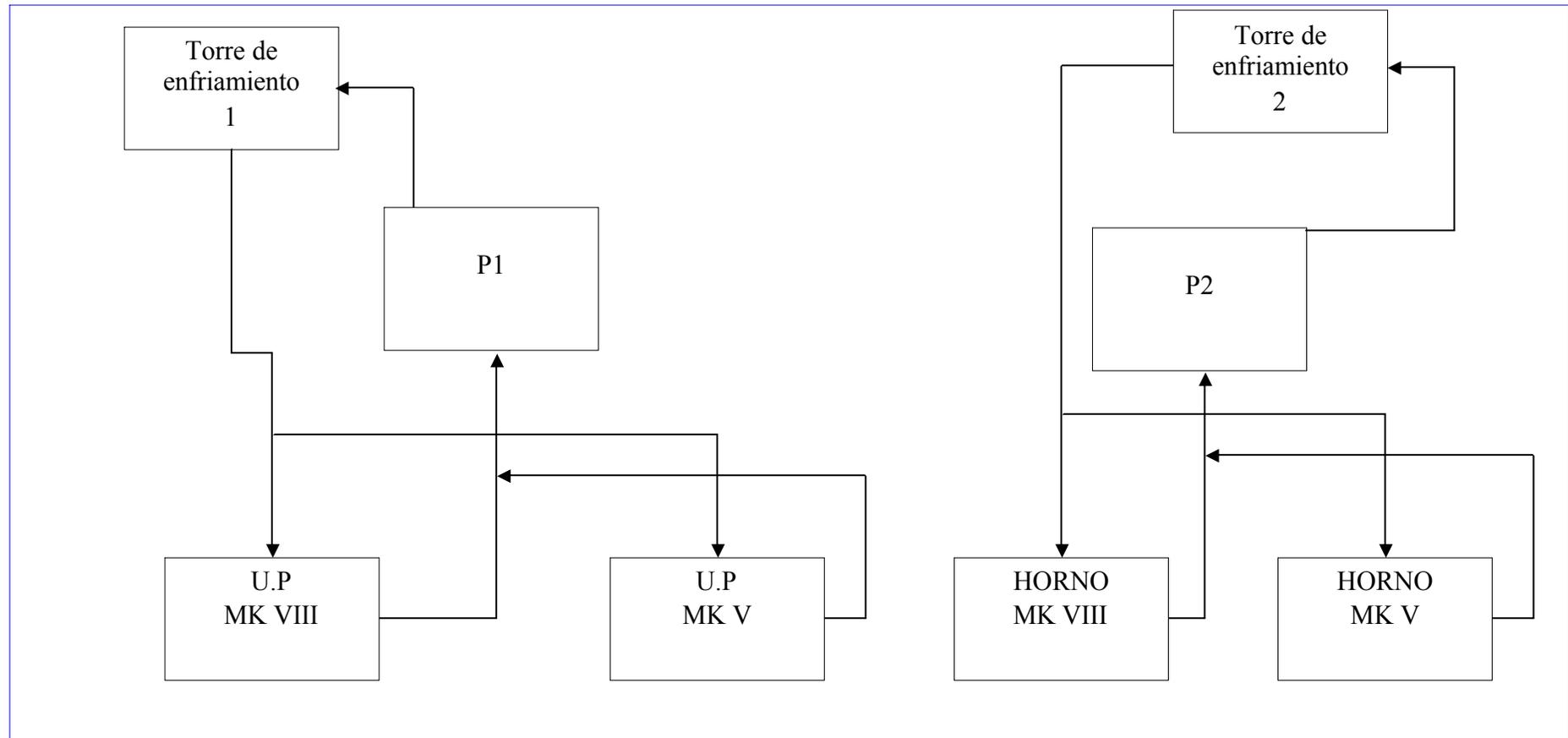
Estos equipos están compuestos a grandes rasgos por un ventilador en la parte superior, aspersores que riegan el agua de la tina, paquetes de enfriamiento y un serpentín que se encuentra sumergido en la tina.

El agua se introduce por el domo por medio de aspersores, para distribuir el agua en la mayor superficie posible. El enfriamiento ocurre cuando el agua al caer por la torre se pone en contacto con el aire que fluye a contracorriente con una temperatura inferior ala temperatura del agua , en estas condiciones el agua se enfría por transferencia de masa y por transferencia de calor latente del agua al aire. Por lo que la temperatura y la humedad del aire aumenta y la temperatura del agua disminuya, la temperatura limite es la temperatura de entrada del aire.

En este caso tenemos dos torres y dos sistemas de presurización y están funcionando de la siguiente manera.

Una torre de enfriamiento, con un sistema de presurización están dando servicio a dos unidades de potencia un mk8 de 450kw y mk5 de 375kw, y la otro torre con su sistema de presurización le dan servicio a los dos hornos, esta fue una modificación que se les hizo por que las unidades de potencia presentaban calentamiento y taponamientos muy seguido debido a que los hornos desprendían oxido de cobre y tapaban las tuberías de las unidades de potencia.

DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO ACTUAL



SISTEMA DE CONTROL

El MARK VIII esta integrado por dos tarjetas de control

1.- FEEDBACK AND AMPLIFIER BOARD: Esta tarjeta esta conectada a una fuente de +20v y -20v, su función es regenerar las señales del control board a un nivel aceptable, amplifica las señales de disparo para los SCR'S y manda señales de realimentación y alimentación al control board.

Una de las señales de realimentación del feedback viene de la r5 en esta resistencia tenemos la referencia de la corriente que consume el equipo la cual es importante monitorear y calibrar el horno tomándola como referencia, esta resistencia manda una señal al control board que llega por medio del j2 pin 36 que se conecta al circuito integrado U55A2 por medio de un potenciómetro P8 y este es un amplificador operacional conectado en modo inversor, a continuación en la tabla se vera los niveles que se deben tener a la entrada en los diferentes estados que el horno tiene.

Integrado y pin	Energizado	Reset	Star s/p	Star c/p @100%
U55A2	0 V	0 V	0 V	2.63 V
U55A3	0 V	0 V	0 V	0 V
U55A1	0 V	0 V	0 V	-2.63 V

Otras de las señales importantes que vienen de feedback es la que proviene del j2 pin 23 esta señal es una muestra del voltaje que proviene del voltaje que existe en los SCR'S y en los capacitares tanque, también se puede calibrar la potencia con respecto a este voltaje cambiando de posición el switch S1, pero no es muy confiable debido a que depende mucho de la carga que tenga el horno en ese momento. Esta señal llega a un potenciómetro P7 que esta conectado a un circuito integrado U53B6 que esta operando en modo de sumador inversor. También tenemos una tabla con los valores de referencia que debe de tener

Integrado y pin	Energizado	Reset	Star s/p
U53B6	-1 V	0 V	2.9 V
U53B5	0 V	0 V	0 V
U53B7	14.9 V	14.9V	-12.56V

El feedback manda un par de señales por medio del j2 pin 15 y j2 pin 14 que van al control board estas señales que van alas circuitos integrado U29A U29B estos amplificadores están en modo de operación de no inversor y disparan a un par de transistores esta señale sirven para enviar los disparos a los SCR y tener una referencia de voltaje en los SCR y en los capacitares tanque.

Las señales de para la detección de fugas a tierra también pasan por feedback por medio de los CT (reactor) en los bornes 21 y 22 esta señal es enviada al control board por medio de j2 pin 27 y j2 pin 28, que se conecta al circuito integrad U63A que esta operando como un sumador invasor, este circuito manda una señal a otro amplificador operacional U63B que esta operando en modo de inversor y le manda una señal a un potenciómetro que calibra al amperímetro de GROUN TRIP, el U63A también manda una señal al circuito U16A que esta operando como un inversor este amplificador operacional dispara a un transistor que le envía una señal a un circuito slip flor R-S que

cuando se dispara quiere decir que hay una fuga a tierra de 4 A y se para el horno, con el potenciómetro P11 LD TRIP se puede calibrar la corriente que tiene mínima para que se dispare el transistor.

Otras de las señales importante que realimenta el feedback al control board son las que manda por medio de los siguientes pines j2 pin 13, j2 pin 12, j2 pin11, j2 pin10 y llegan al feedback por medio de los bornes 37, 38, 39 y 40. Esta señales también muestran el voltaje de los SCR'S, y su función es de mandar una señal al control board para que cuando se exceda el voltaje en algún SCR' se pare el horno, esto lo hace por medio de los amplificadores operacionales U17B Y U17A que están operando en modo de sumador inversor estos les manda una señal a los amplificadores operacionales U8A y U15A respectivamente que están operando como un inversor y están conectados entre si por medio de potenciómetro P10 V TRIP con el cual podemos calibrar el voltaje mínimo para que estos mande una señal de dispar a los transistores U7A y U7B respectivamente, que cuando cualquiera de los dos se dispara manda una señal al Flip-flop tipo R-S de las compuertas U3C Y U3B que manda una señal para el led de V trip y se para el horno por medio del borne 11 que energiza la bobina cr9 que actúa sobre los platinos CR3 Y CR6.

2.-MAIN CONTROL: Esta tarjeta tiene los circuitos de star, reset y stop así como la generación de pulsos para la parte de rectificación y de inversión, también regula y monitorea la unidad de potencia.

La tarjeta la podemos dividir en cuatro parte de acuerdo con la función que realiza, la parte donde se generan los pulsos para los SCR'S de rectificación, la parte donde se generan los pulsos para los SCR'S de inversión, la parte donde se rastrean diversas señales que sirven para monitorear la unidad de potencia y el horno y la parte donde se originan las señales de paro por fallas que llamaremos paro.

Para analizar la parte donde se originan los pulsos de rectificación tenemos que partir desde los pulsos que encienden la unidad este pulso llega por medio del borne 32 que energiza las tarjetas lógicas de la unidad de potencia, que llegan a dos reguladores de voltaje de +15 (U61) y -15(U62), estos reguladores se encargan de alimentar todos los integrados de Control Board y a un regulador de voltaje de +10 (U38), otra señal de mucha importancia es la del reset que llega por el borne numero 5 esta señal es la encargada de borrar las señales de alarma de las tarjetas y la de los sensores de presión y temperatura que están controlados por medio de platinos y finalmente una señal de paro que llega por medio del borne 4 esta señal actúa sobre el integrado rect clam que es la señal de seguro para que se originen las señales de disparo para el rectificador si este integrado (U47B) estuviese dañado aparecen las señales de alarma de TOT y RAMP y no arranca la unidad de potencia.

Esta señal de paro también llega al amplificador operacional (U22A) que manda una señal al bucle de amplificadores operacionales (U54, U53, U52 Y U25B), en la siguiente tabla se ven el estado que debe de tener la salida del U22A en cada uno de los ciclo de la unidad de potencia.

Integrado	Energizado	Reset	Star
U22A-7	0 V	0 V	15 V

El nivel de potencia llega por medio de borne 1 al bucle de amplificadores operacionales (U54, U53, U52 Y U25B), esta señal proviene del dial que se encuentra en la carátula de la unidad de potencia y varía de 0 a 10 V, el bucle antes mencionado es el encargado de monitorear las señales I LIMIT, VOLT LIMIT, PWR LIMIT y las señales que provienen de feedback las señales de POWER REF, TANK VOLT REF Y DE I REF el bucle tiene un par de salidas en los amplificadores operacionales U 25 A y U 25 B que tiene un nivel de salida que va de 0 a 10 V de acuerdo al nivel de potencia estas señales van a los amplificadores operacionales que originan los pulsos para los gates de los SCR'S de rectificación. El U25A manda la señal a los amplificadores (U48B, U49B y U50B) Y U25B a los amplificadores (U48A, U49A y U50A), también les llega señales de provenientes de los transistores U34A, U35A Y U36A que son alimentados por señales de muestreo de las fases de alimentación que manda la tarjeta rider, estos transistores deben de tener un nivel de salida cuando se encuentran en fase de 7.5 V en todos los ciclos, los amplificadores (U48A, U48B, U49A, U49B, U50A, U50B) estos amplificadores excitan a seis circuitos de disparo compuestos por los transistores U36B, U36C, U35B, U35C, U34B Y U34C que manda la señal de salida a los osciladores por medio de 3 compuertas NAND y 3 compuertas NOR, los circuitos osciladores son (U31, U32 Y U30) que finalmente manda señal a seis compuerta NOR (U20A, U20B, U19A, U19B, U18A, U18B), para verificar la señal de estas compuertas se tiene que conectar un osciloscopio para poder ver las señales de disparo que van a feedback.

Por medio de los j2 pin 19 y j2 pin 20 llegan una realimentación proveniente del feedback esta llega una muestra del voltaje directo VDC que se origina a la salida del circuito rectificador después de reactor y antes de los SCR'S de inversión. esta señal llega a un amplificador operacional (U24B) configurado como un inversor que manda una señal a un multiplicador (U39), este multiplicador tiene varias señales de salida una de corriente I dc otra señal que va a un amplificador configurado como un sumador no inversor (U24A) que debe de tener los siguientes niveles de salida en sus diferentes estados.

Integrado y Pin	Energizado	Reset	Star
U24A3	10.5 V	10.5 V	10.5 V
U24A2	10.5 V	10.5 V	10.5 V
U24A1	0 V	0 V	0 V

Esta señal sirve para la referencia de la potencia y para mandar señal al medidor de potencia, la señal de I_{dc} sirve para que cense la corriente en los SCR del inversor para que cuando detecte una sobre corriente se pare la unidad de potencia por medio de su circuito de disparo conformado por un amplificador operacional (U55B) configurado como sumador no inversor un potenciómetro P1 I trip que ajusta la cantidad de corriente en la que se va a disparar el transistor U6B, que cuando se dispara manda una señal a los flip-flop de paro que mandará una señal al circuito de paro.

El circuito de paro está conformado por un conjunto 4 de flip-flop, tres de estos están conectados en serie I TRIP, LD TRIP, V TRIP, que están conectados a un circuito NAND (U13C) que dispara al cuarto flip-flop TRIP que manda una señal al integrado U13B

este integrado que manda una señal al un integrado (U2D) que es un inversor, en la tabla siguiente mostraremos sus niveles de acuerdo a sus diferentes estados.

Integrado y Pin	Alarmado	Star
U2D 10	0 V	15 V

Cuando se alarma la unidad de potencia por I, LD Y V TRIP el U2D manda una señal de 0 V y se activa el seguro del rectificador U47B y para que se active el seguro del inversor pasa la señal del circuito U43A Y U2C que tiene los siguientes niveles en sus diferentes estados

Integrado y Pin	Alarmado	Star
U2C 6	15 V	0 V

Cuando el U2C tiene un nivel de 15 V manda una señal al switch U27B que cuando corta el voltaje y se activa U42B que es el seguro del inversor, una vez activados los seguros el equipo se para y se encienden los led de los indicadores de la parte de enfrente de la unidad de potencia y se enciende de acuerdo a la falla que provocara el paro I, LC Y V TRIP.

Otro circuito de paro y de que la unidad de potencia no arranca es por medio de los sensores de presión y temperatura estos se activan cuando se rebasa la temperatura máxima de 65° centígrados o cuando no hay presión o se rebasan los limites de presión y funciona de la siguiente manera.

Cuando se energiza la unidad de potencia se encienden los led de presión y temperatura, para poder arrancar hay que presionar el botón del reset, una vez presionado el botón se energiza la bobina CR6 que cierra los platinos CR6 estos platinos energizan las bobinas CR2 y CR1 que con las bobinas de los sensores de presión y temperatura respectivamente una vez que se energizan la bobina de CR2 cierra el platino CR2 y si no están abiertos los sensores de presión se auto energiza y se enclavan, hasta que algún sensor se abre se des energizan y se abren los platinos CR2 y provoca que se pare la unidad de potencia, para la bobina de CR1 pasa lo mismo una vez energizada esta bobina cierra los platinos CR1 y sino esta abierto algún sensor de temperatura se auto energiza y se enclava hasta que algún sensor se abre se des energizan y se abren los platinos CR1 y provoca que se pare la unidad de potencia.

3.- RIDER monitorea los voltajes trifásicos, esta tarjeta cuenta con un circuito que indica si la alimentación trifásica esta en fase por medio de dos indicadores in phase y out phase.

4.-TARJETA DE BATERIAS: Contiene un bajo voltaje de 24v que alimenta los circuitos de break. Esta tarjeta actualmente se encuentra deshabilitada.

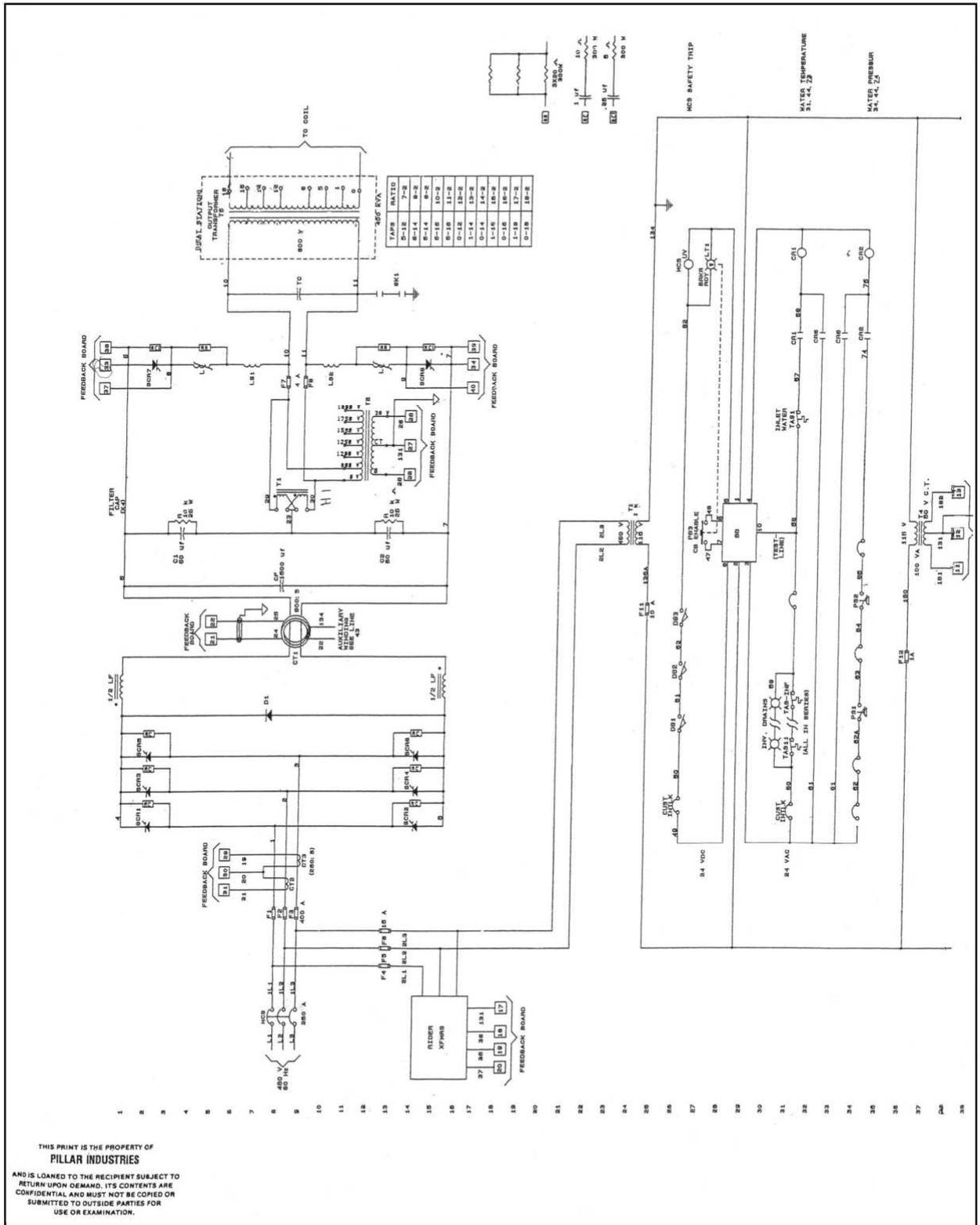
DIAGRAMAS

ELECTRICOS

Y

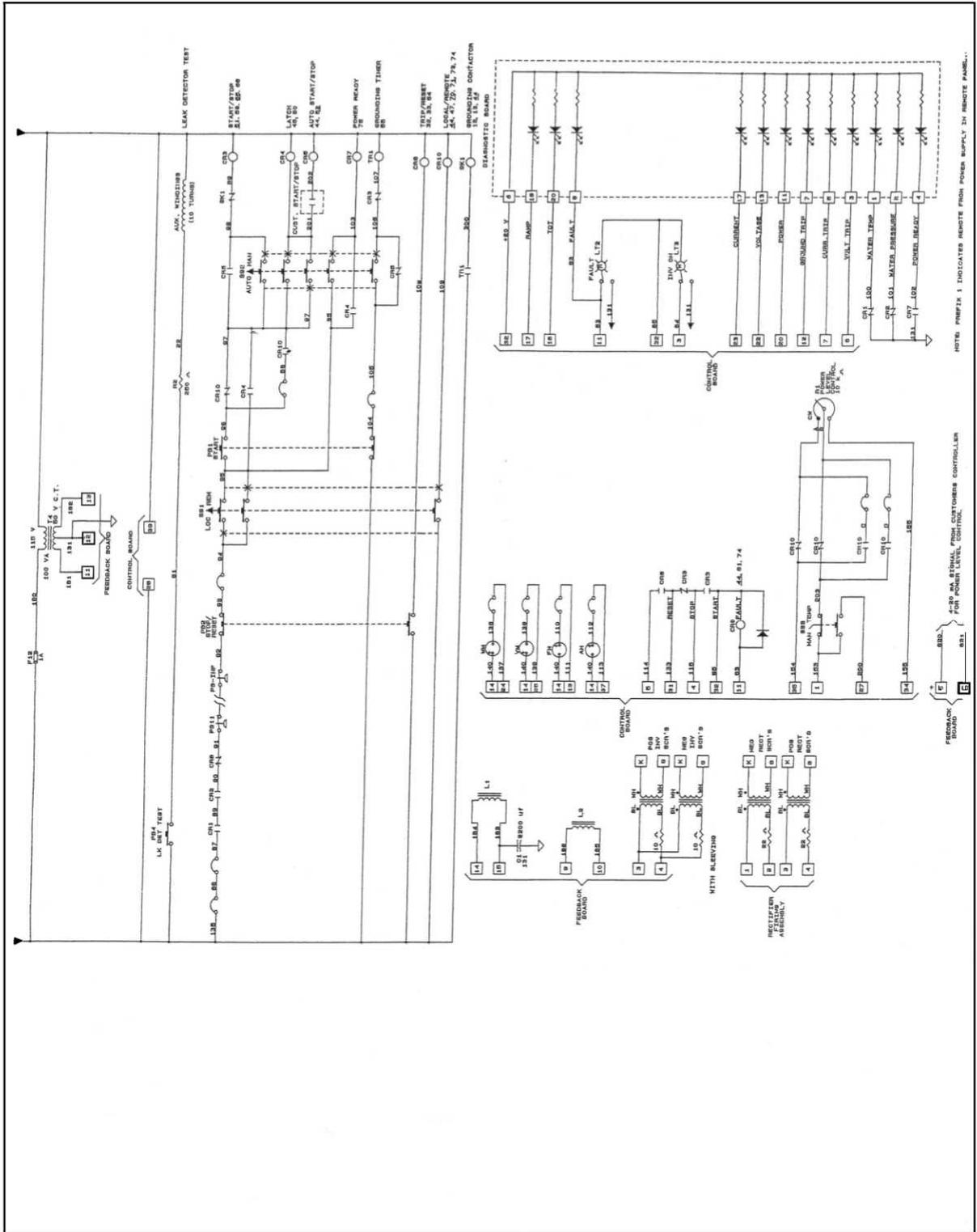
ELECTRONICOS

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10



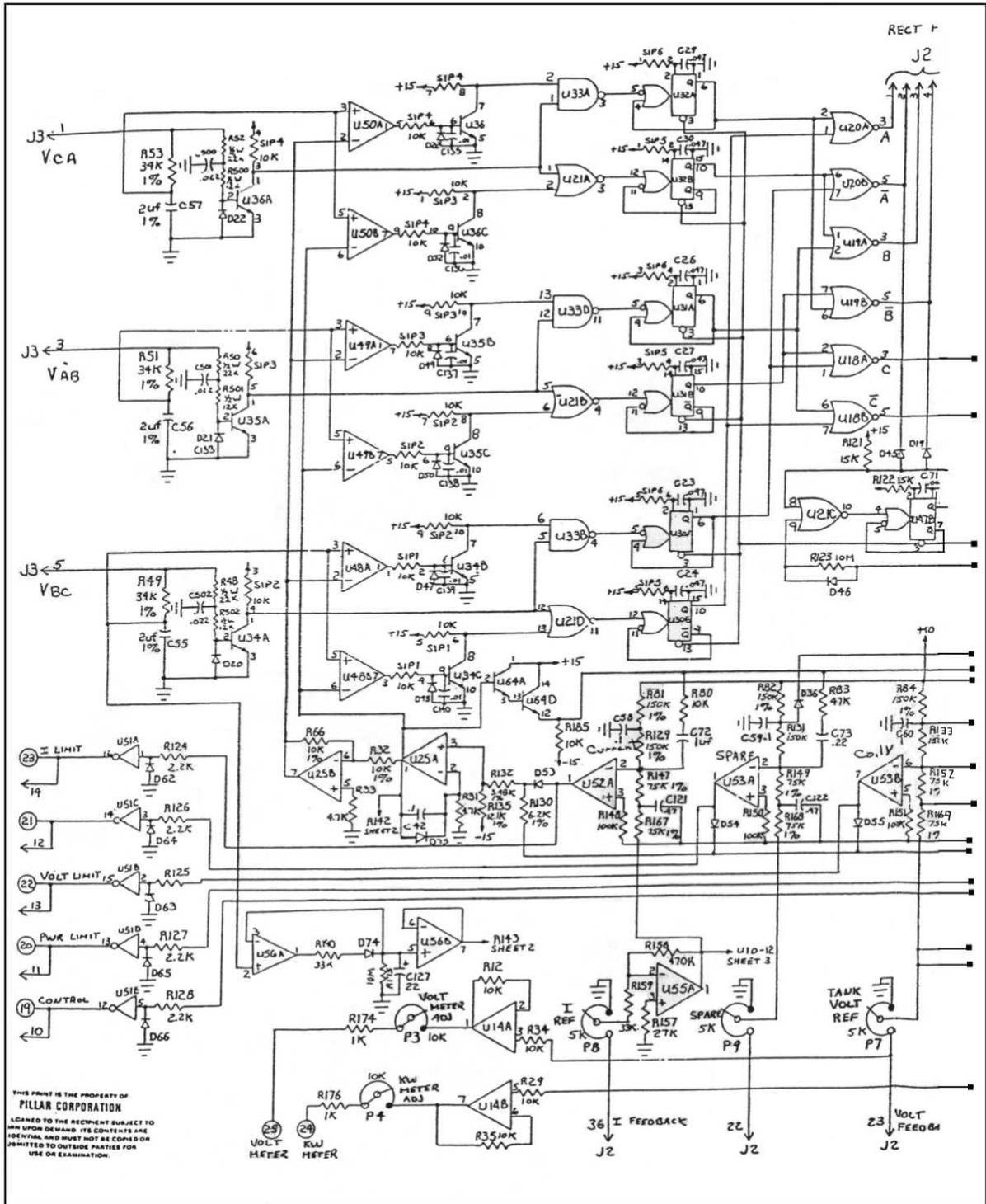
© Brantley, Inc. 7884-1000 2382

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

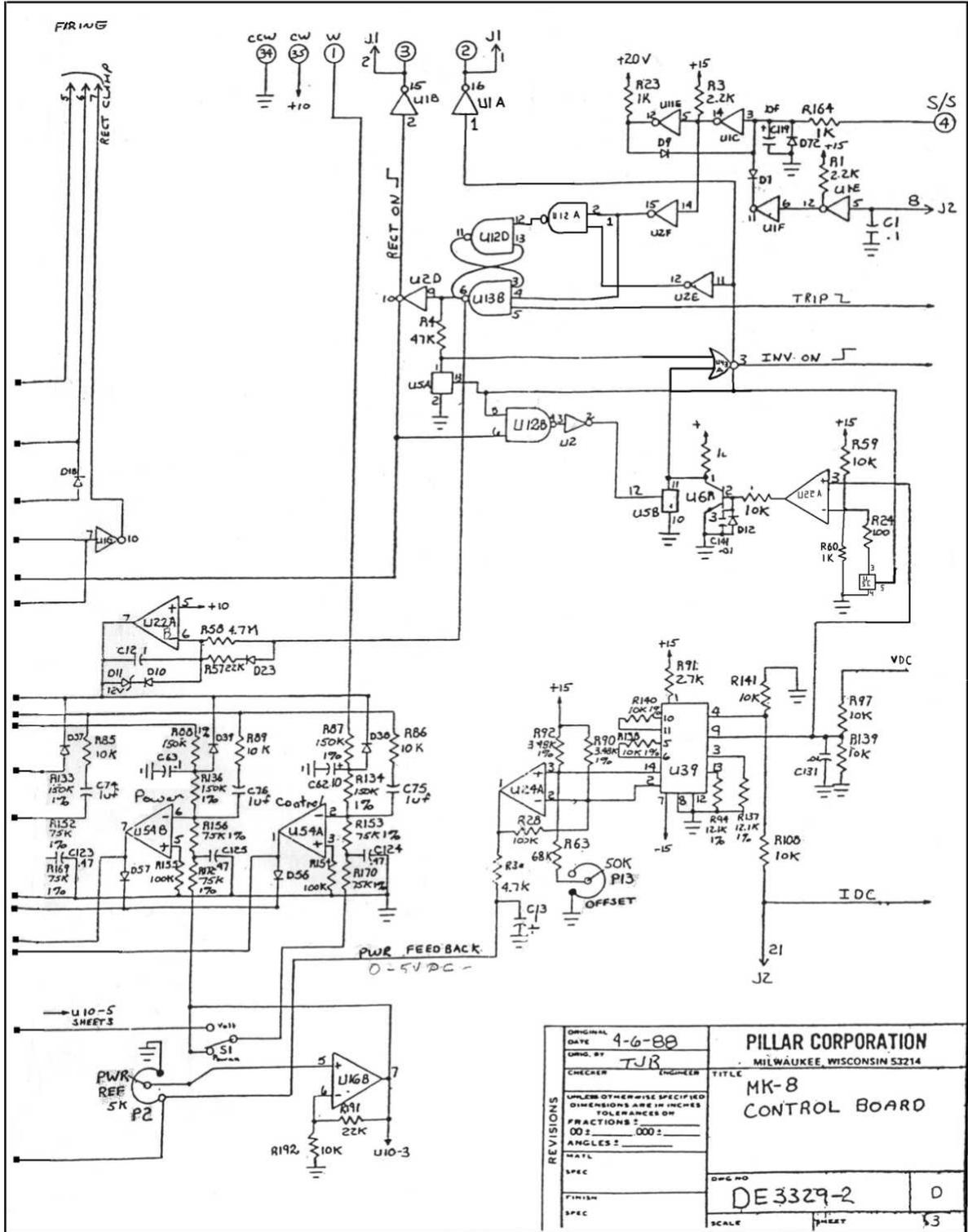


MAIN CONTROL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

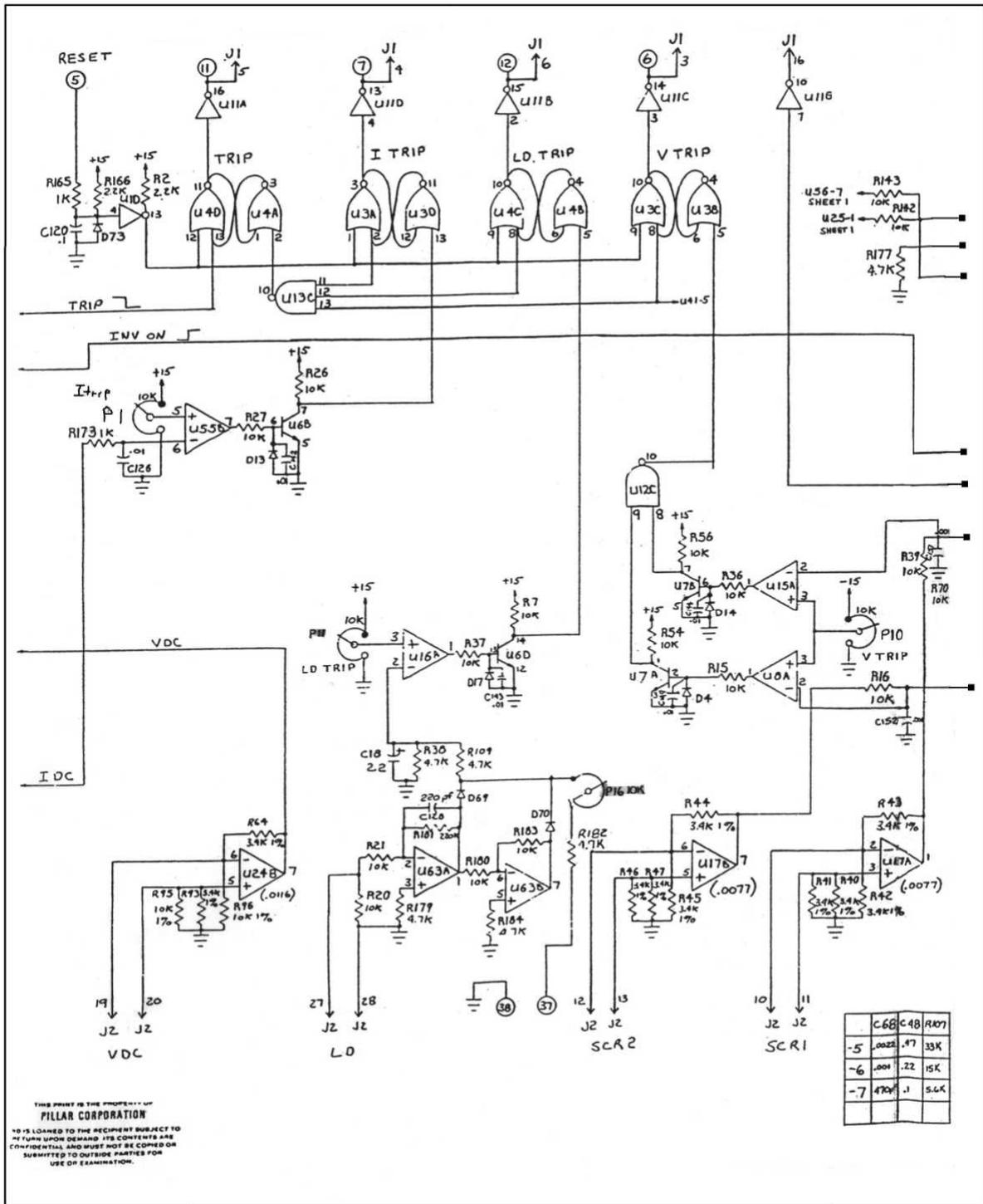


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

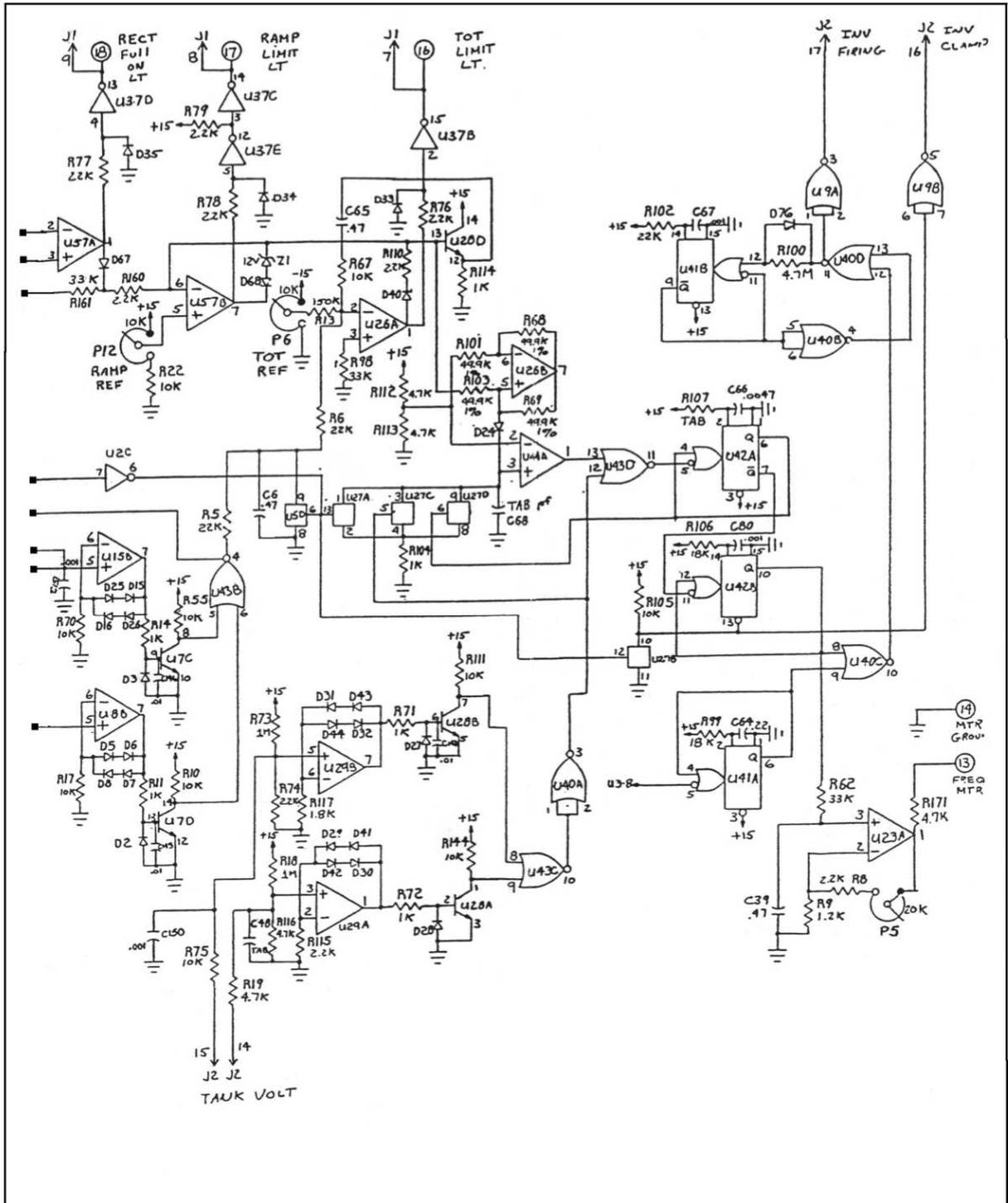


ORIGINAL DATE	4-6-88	PILLAR CORPORATION MILWAUKEE, WISCONSIN 53214
DESIGNED BY	TJR	
CHECKER	ENGINEER	TITLE
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN INCHES FRACTIONS 1/16 1/8 1/4 3/8 1/2 5/8 3/4 7/8 1 1 1/4 1 1/2 1 3/4 2 2 1/4 2 1/2 3 3 1/4 3 1/2 4 4 1/4 4 1/2 5 5 1/4 5 1/2 6 6 1/4 6 1/2 7 7 1/4 7 1/2 8 8 1/4 8 1/2 9 9 1/4 9 1/2 10 10 1/4 10 1/2 11 11 1/4 11 1/2 12 12 1/4 12 1/2 13 13 1/4 13 1/2 14 14 1/4 14 1/2 15 15 1/4 15 1/2 16 16 1/4 16 1/2 17 17 1/4 17 1/2 18 18 1/4 18 1/2 19 19 1/4 19 1/2 20 20 1/4 20 1/2 21 21 1/4 21 1/2 22 22 1/4 22 1/2 23 23 1/4 23 1/2 24 24 1/4 24 1/2 25 25 1/4 25 1/2 26 26 1/4 26 1/2 27 27 1/4 27 1/2 28 28 1/4 28 1/2 29 29 1/4 29 1/2 30 30 1/4 30 1/2 31 31 1/4 31 1/2 32 32 1/4 32 1/2 33 33 1/4 33 1/2 34 34 1/4 34 1/2 35 35 1/4 35 1/2 36 36 1/4 36 1/2 37 37 1/4 37 1/2 38 38 1/4 38 1/2 39 39 1/4 39 1/2 40 40 1/4 40 1/2 41 41 1/4 41 1/2 42 42 1/4 42 1/2 43 43 1/4 43 1/2 44 44 1/4 44 1/2 45 45 1/4 45 1/2 46 46 1/4 46 1/2 47 47 1/4 47 1/2 48 48 1/4 48 1/2 49 49 1/4 49 1/2 50 50 1/4 50 1/2 51 51 1/4 51 1/2 52 52 1/4 52 1/2 53 53 1/4 53 1/2 54 54 1/4 54 1/2 55 55 1/4 55 1/2 56 56 1/4 56 1/2 57 57 1/4 57 1/2 58 58 1/4 58 1/2 59 59 1/4 59 1/2 60 60 1/4 60 1/2 61 61 1/4 61 1/2 62 62 1/4 62 1/2 63 63 1/4 63 1/2 64 64 1/4 64 1/2 65 65 1/4 65 1/2 66 66 1/4 66 1/2 67 67 1/4 67 1/2 68 68 1/4 68 1/2 69 69 1/4 69 1/2 70 70 1/4 70 1/2 71 71 1/4 71 1/2 72 72 1/4 72 1/2 73 73 1/4 73 1/2 74 74 1/4 74 1/2 75 75 1/4 75 1/2 76 76 1/4 76 1/2 77 77 1/4 77 1/2 78 78 1/4 78 1/2 79 79 1/4 79 1/2 80 80 1/4 80 1/2 81 81 1/4 81 1/2 82 82 1/4 82 1/2 83 83 1/4 83 1/2 84 84 1/4 84 1/2 85 85 1/4 85 1/2 86 86 1/4 86 1/2 87 87 1/4 87 1/2 88 88 1/4 88 1/2 89 89 1/4 89 1/2 90 90 1/4 90 1/2 91 91 1/4 91 1/2 92 92 1/4 92 1/2 93 93 1/4 93 1/2 94 94 1/4 94 1/2 95 95 1/4 95 1/2 96 96 1/4 96 1/2 97 97 1/4 97 1/2 98 98 1/4 98 1/2 99 99 1/4 99 1/2 100 100 1/4 100 1/2		
REVISIONS		
MATERIAL		
SPEC		
FINISH		
SPEC		
SCALE		
DWG NO	DE3329-2	
SHEET		3

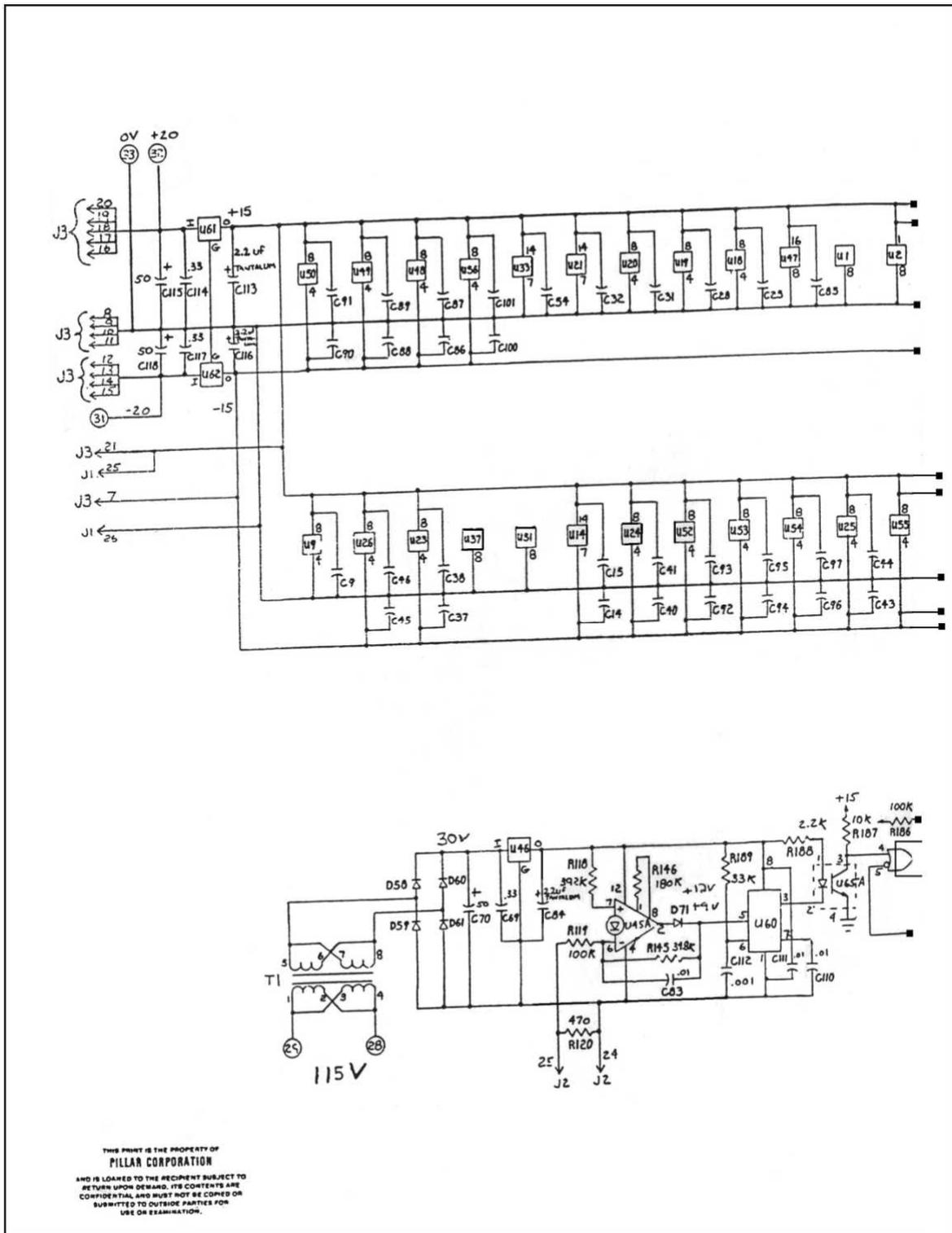
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



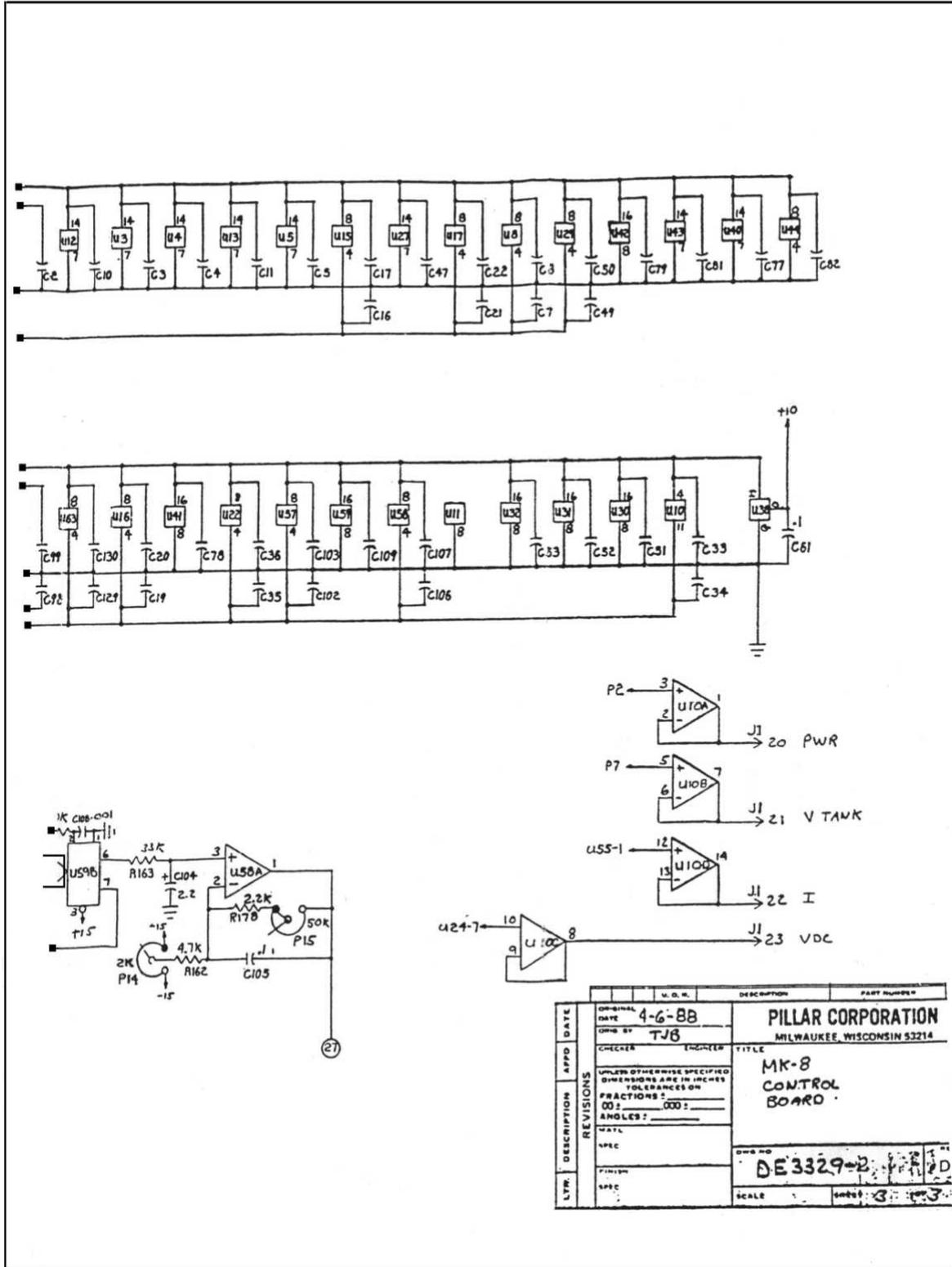
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

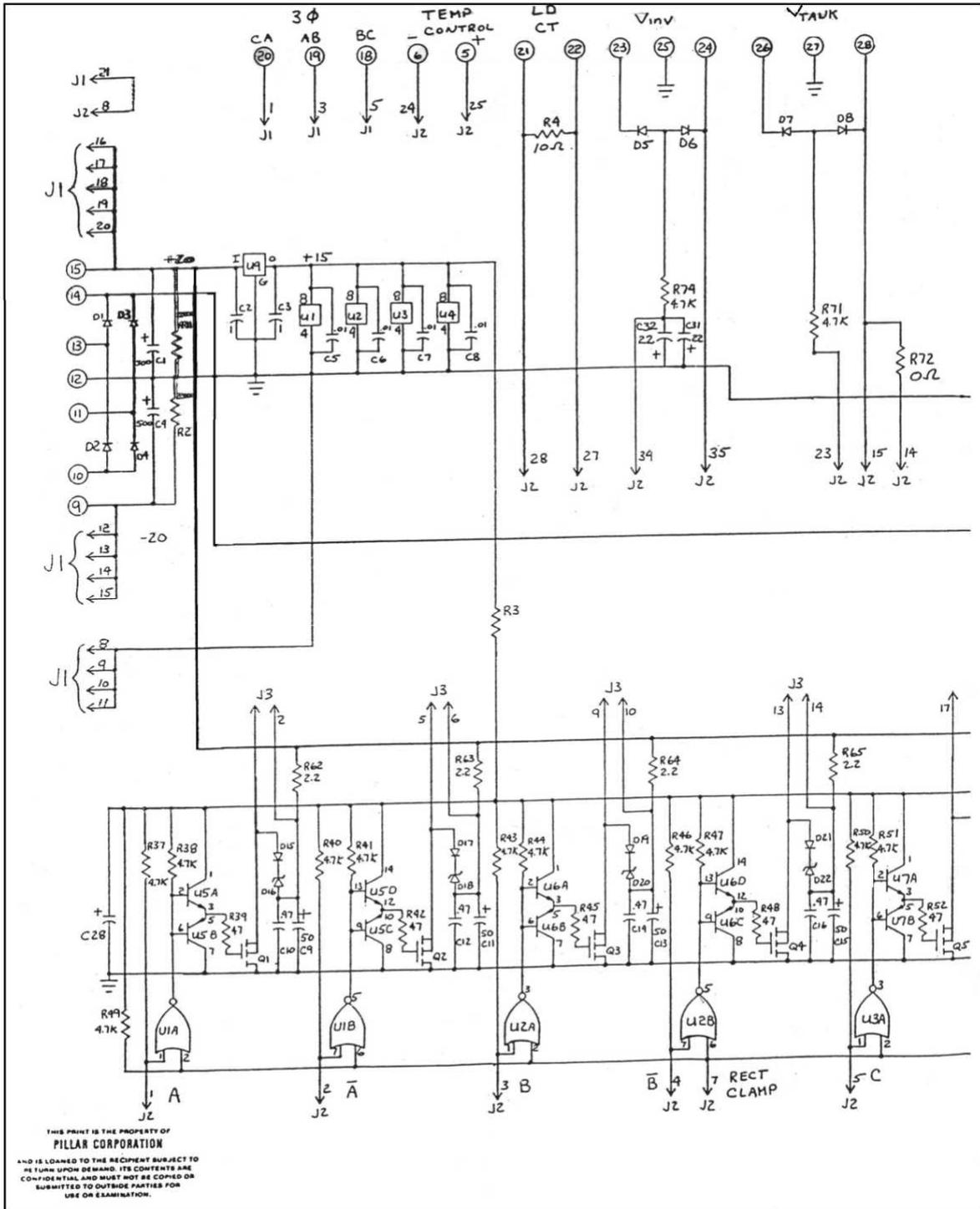


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

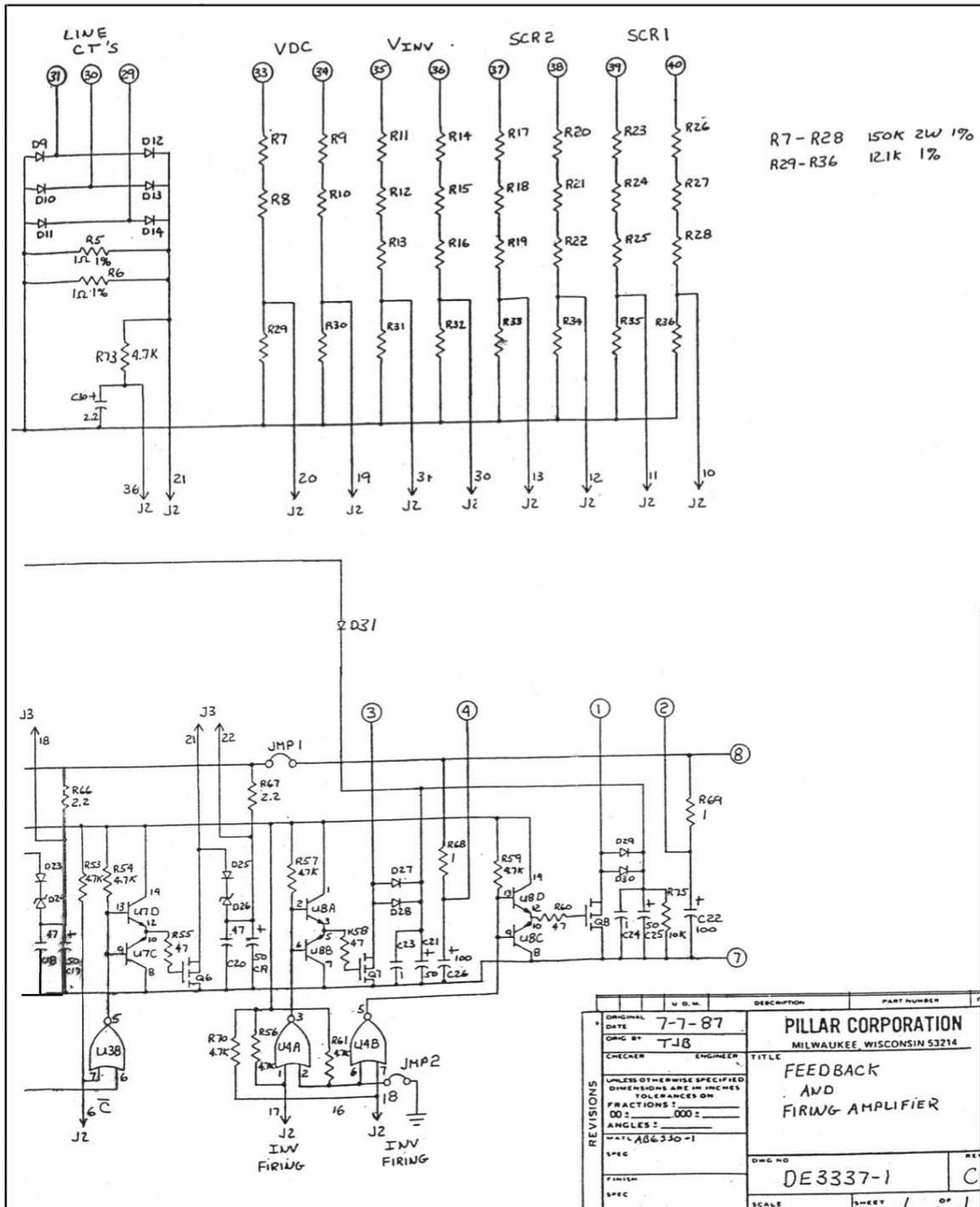


FEEDBACK

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HORNO

El horno funde aleaciones de latón, tiene una capacidad de 750 Kg. y esta compuesto por 1 anillo de faraday

Ladrillos de refracción en la parte inferior y superior del horno

Juego de yugos magnéticos de acero enfriados por agua

Bobina de inducción

Refractario de plástico de la bobina

Laminaciones

La bobina de inducción esta conectada a los cables de potencia de cobre enfriados por agua que se conectan a un par de barras bus de cobre que se encuentran en la unidad de potencia.

CAPITULO 4

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para realizar este mantenimiento el equipo debe estar totalmente deenergizado

Una vez deenergizado el equipo se debe hacer las siguientes inspecciones visuales por lo menos cada fin de semana.

- 1.- Revisar y corregir fugas de agua en el horno y en el sistema de enfriamiento de la unidad de potencia
- 2.-Revisar que el sistema de enfriamiento primario y de emergencia estén trabajando correctamente
- 3.- Revisar que las conexiones hidráulicas no tenga fugas
- 4.- Revisar la limpieza alrededor del horno, que las escoria o el agua no tenga contactos con los cables de potencia.
- 5.-Revisar que el refractario no tenga daños térmicos o mecánicos

CUIDADOS Y MANTENIMIENTO DEL REFRACTARIO

- 1.-Revisar si la química de la escoria es compatible con el forro refractario seleccionado
- 2.-Controlar la atmósfera del horno para reducir la oxidación
- 3.-Mantener tan baja como sea posible la acumulación de escoria y rastillar con frecuencia
- 4.-Vigilar con cuidado la temperatura. Una temperatura baja puede ocasionar acumulaciones y una alta causa desgaste excesivo

MANTENIMIENTO PREVENTIVO ALA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Es importante realizar mantenimientos preventivos a la torre de enfriamiento puesto que es indispensable que el horno tenga un buen enfriamiento.

Uno de los mantenimientos preventivos que se deben de realizar aparte de cuidar el nivel de la tina no baje es la limpieza de los paquetes de enfriamiento ya que por los paquetes fluye el agua que los aspersores riegan y si se encuentran muy sucios el flujo de agua es muy pobre y no tiene buena eficiencia la torre.

Para este caso contamos con paquetes limpios de reserva que tenemos que cambiarlos por los sucios cada seis meses y una vez que los sucios están fuera se procederá a limpiarlos para tenerlos disponibles.

El proceso para cambiarlos es el siguiente.

- 1.-apagan el sistema de enfriamiento
- 2.-se quita la tapa de la torre
- 3.-se sacan los paquetes sucios
- 4.-se meten los paquetes limpios
- 5.-se prenden el sistema de enfriamiento

Las siguientes imágenes muestran como están colocados los aspersores así como la ubicación de los paquetes de enfriamiento



En la figura anterior se ve que los aspersores se encuentran por debajo de ventilador y los paquetes de enfriamiento deben de colocarse entre de los aspersores y la tina.

En la siguiente figura se ven los paquetes sucios que se retiraron a la izquierda y a la derecha los limpios



MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE LA UNIDAD DE POTENCIA

El sistema de enfriamiento de la unidad de potencia se debe realizar un mantenimiento preventivo como la desincrustación de la tubería por lo menos cada tres meses el reemplazo de mangueras inflada o en mal estado así como el cambio de abrazaderas flojas o barridas

La desincrustación de la tubería consiste en hacer circular agua con desincrustador de tuberías de cobre, la tubería está compuesta por 10 circuitos con entrada y su salida en el respectivo manífull el proceso consiste en los siguientes pasos

- 1.- Se desconecta el circuito número 1 del manífull de entrada y del manífull de salida, en la entrada se le conecta una bomba de agua de $\frac{1}{4}$ hp la cual su entrada está conectada a un tambo de 200 litros y su salida a la entrada del circuito, la salida del circuito se le conecta una manguera que va al tambo.
- 2.- Se enciende la bomba y se deja que circule el agua con ácido por lo menos 30 minutos
- 3.- Se cambia la entrada de la bomba a un tambo con agua normal para enjuagar la tubería y se deja encendida la bomba por 5 minutos
- 4.- Se conectan de nuevo las mangueras al manífull y se le colocan abrazaderas nuevas para evitar problemas.
- 5.- Se repiten los pasos anteriores para los 10 circuitos de enfriamiento.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS CONEXIONES ELECTRICAS

Las conexiones eléctricas del horno tanto de alimentación como las conexiones de los SCR'S, capacitares deben de reapretarse para evitar arqueos, falsos contactos así como calentamientos en las líneas de alimentación y es interruptor del horno, estas fallas pueden provoca una fuga a tierra y marcar ground trip que nos indica una fuga de 4 A.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

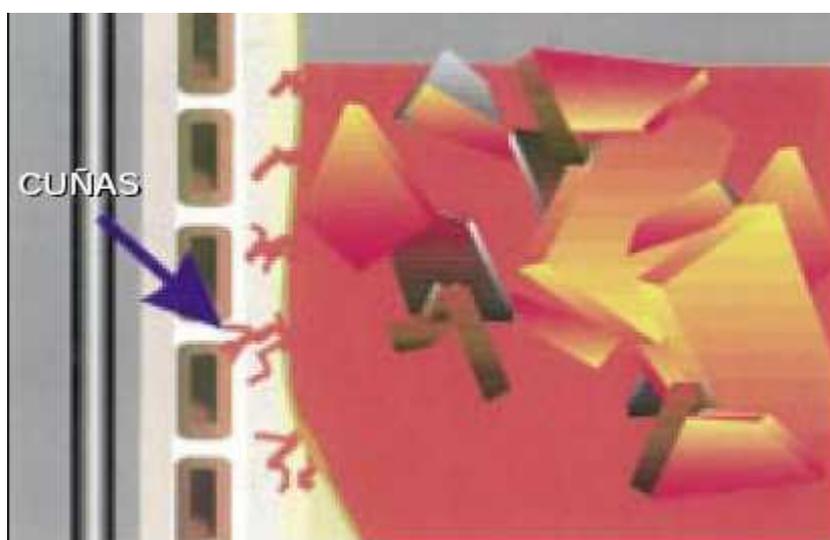
Programa de
Mantenimiento Preventivo

	Domingo 1	Domingo 2	Domingo 3	Domingo 4	Domingo 1	Domingo 2	Domingo 3	Domingo 4	Domingo 1	Domingo 2	Domingo 3	Domingo 4
Revisión Visual y Limpieza	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cambio de Mangueras y abrasadoras	X		X		X		X		X		X	
Apriete de conexiones eléctricas		X				X				X		
Drenado de tuberías				X				X				X
Escoriado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

REFRACTARIO PERFORADO

El horno se para antes de terminar el proceso de fundición, manda una alarma de GROUND TRIP, esta nos indica que hay una fuga de corriente de 4 A, restablecemos y persiste la falla al subir la potencia. Se revisa la unidad de potencia que no tenga arqueos en las tuberías de los reactores , en el bus que alimenta el horno y que no tenga fugas de agua en las tuberías , podemos descartar que la unidad de potencia tenga una falla y procedemos hacer una prueba al horno , la cual consiste en apagar por completo la unidad de potencia , después se introduce una barra de hierro en el centro del material fundido y se mide continuidad entre la barra y el casco del horno la cual resulta positiva por lo que concluimos que el refractario esta perforado.

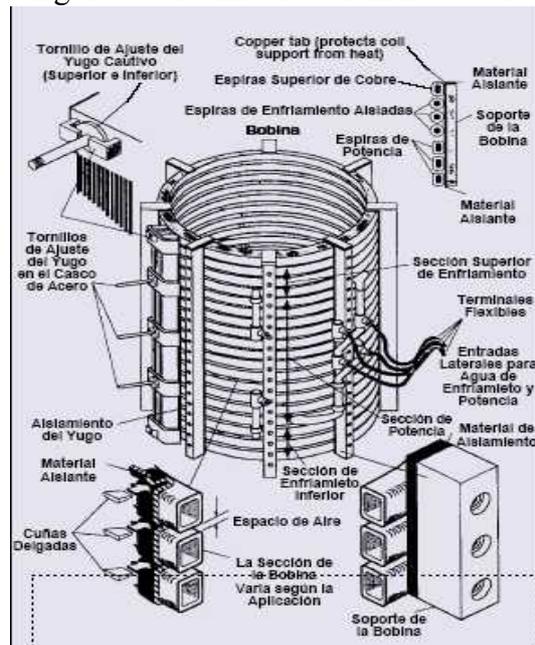


Esta imagen nos muestra un horno perforado

Para corregir la falla hacemos lo siguiente:

- 1.-Se retira el casco del horno.
- 2.-Se demuele el refractario por completo, quitando el crisol y alucon.
- 3.-Se quita el manifull y sus mangueras de sistema de enfriamiento así como las laminaciones y su aislamiento para poder sacar la bobina
- 4.-Retiramos la bobina para darle mantenimiento, el cual consiste en verificar que no tenga fugas, retirar todos los residuos de material y lijar la bobina para volver aplicar el barniz.
- 5.-Una vez que la bobina se ha vuelto a barnizar se procede a colocarla de nuevo.

6.-Se cambian las cuñas de separación que son de madera para que quede bien alineada la bobina, en la siguiente figura observamos los elementos de la bobina



7.- Se colocan las laminaciones con su respectivo aislamiento.

8.- Se ponen los manifull y las mangueras del sistema de enfriamiento.

9.-Se procede a aplicar el alucon con un espesor aproximado de $\frac{1}{4}$ de pulgada y se deja que seque totalmente.

10.-Se forra la superficie con tele de fibra de vidrio y se le aplica silicio de sodio



4.-Después se vacía el crisol y se deja una capa de seis pulgadas de espesor bien apisonada.



5.-Se forra el corazón del horno de cartón para que no se pegue cuando se retire.



6.-Se introduce al centro del honor dejando una pared del refractario de 5.5cm de espesor.



7.-Se continúa con el vaciado de crisol de paredes, se vacía un bulto y se apisona perfectamente, así hasta cubrir la bobina de enfriamiento superior.



8.-Se coloca los ladrillos refractarios

9.-Se colocan las esquinas de concreto que es donde asienta el casco del horno.



10.-En las uniones de concreto se pone plástico refractario



11.- Se coloca el casco del honor



12.- Se rellena de plástico refractario y se moldea la salida del material para el vaciado



13.- Se hace el proceso de sinterizado

PROCESO DE SINTERIZADO DEL HORNO MARK VIII 450KW

- 1.-Conectar el horno .Encender la unidad de potencia con el nivel mínimo de potencia, teniéndolo encendido por 4 horas y con una temperatura máxima de 400 grados centígrados.
- 2.-Checar que el horno tenga fugas a tierra en el indicador de amperaje de 4 A, en caso de marcar tierra mantener encendido hasta que desaparezca.
- 3.- incrementar la temperatura a 500 grado centígrados y mantenerla por una hora.
- 4.- incrementar la temperatura a 600 grado centígrados y mantenerla por una hora.
- 5.- incrementar la temperatura a 700 grado centígrados y mantenerla por una hora.
- 6.- incrementar la temperatura a 800 grado centígrados y mantenerla por una hora.
- 7.- incrementar la temperatura a 900 grado centígrados y mantenerla por una hora.
- 8.- incrementar la temperatura a 1000 grado centígrados y mantenerla por una hora.
- 9.- desconectar el horno. Dejar que se enfríe todas las capas del corazón por una hora y después colocar una manguera con aire para terminar de enfriarlo.
- 10.-retirar el corazón del con cuidado procurando no dañar las paredes de crisol.
- 11.-colocar y fijar la campana
- 12.-cargar placas de cobre verticalmente cuidando de no raspar las paredes de crisol. Conectar y encender el horno a potencia mínima por 2 horas, después subir potencia para fundir, siempre cuidando embancamientos y proyección del material.
- 13.- mantener el cobre fundido en el horno por una hora a 200 grados centígrados
- 14.-Ajustar la aleación con Zinc y Plomo para vaciar
- 15.-Continuar con el procedimiento normal partiendo de una carga estándar

PROCESO DE CALIBRACION PARA EL HORNO MK VIII

La tarjeta main control se encuentra descalibrada no sube la potencia en los medidores y el voltaje se dispara por lo que procedemos a tomar las lecturas de los medidores y a tomar los datos de salida del horno.

Datos tomados de los medidores

Potencia = 40%

Frecuencia = 90%

Voltaje = 60%

El segundo paso es comprobar si los medidores están bien calibrados y nos están dando las mediciones correctas, estas lectura las tomamos en el bus de salida del horno después de la parte de rectificación.

Datos tomados del bus

Voltaje = 717 Vac

Frecuencia = 1047 Hz

La corriente que consume al horno la tomamos antes del bus de rectificación y después de los CT

Corriente = 200 A

Con los valores obtenidos y los valores que tenemos del horno al 100% podemos obtener el porcentaje real y así podemos compararlos con los datos obtenidos en los medidores.

Para el voltaje tenemos

1250 Vac	-----	100%
717 Vac	-----	?

$$717 * 100 = 71700$$

$$71700 / 1250 = 57.36$$

El medidor del voltaje esta dentro de los parámetros + , - 10%

Para la frecuencia tenemos

1200 Hz ----- 100%
 1047 Hz ----- ¿

$$1047 * 100 = 104700$$

$$1047 / 1200 = 87.25$$

El medidor de frecuencia también está dentro de los parámetros +/- el 10%

Para comprobar la corriente tenemos que conectar el osciloscopio en R5 de la tarjeta FIREBACK la cual tenemos una realimentación de los ct conectados antes del rectificador

Tenemos una señal de onda de cd con un voltaje de 1.34 Vdc

De tablas proporcionadas por el fabricante tenemos

VR5	CORRIENTE	CT RATIO	POTENCIA
2.63	600A	90	450KW
1.63 VCD	263A	90	175 KW

El valor obtenido en VR5 = 1.34 VDC

Con la siguiente fórmula obtenemos la corriente y la podemos comparar con la corriente medida

$$I = VR5m * VR5t * CT RADIO$$

Sustituyendo en la fórmula

$$I = 1.34 * 1.63 * 90$$

$$I = 196 A$$

La corriente obtenida con las tablas y la fórmula no varía mucho con respecto a la medida que es de 196A

Con los valores antes obtenidos no nos queda más que obtener la potencia del equipo con base a la siguiente fórmula con la corriente que consume antes del rectificador y el voltaje después del rectificador

$$P = I * VCD$$

El valor V CD lo podemos obtener del diodo de free-wheling que se encuentra en la parte de rectificación

$$V_{CD} = 580 \text{ Vcd}$$

Sustituyendo en la formula

$$P = 200 * 580 = 116000$$

$$\frac{116000}{175000} = 66.28\%$$

El porcentaje de la potencia es del 66.28%

Por lo tanto concluimos que la potencia del medidor esta fuera.

Para calibrar la potencia del medidor tenemos que mover el P4 que se encuentra en el main control que es el que ajusta el medidor de potencia , lo dejamos marcando un 65% que es lo que nos indica la formula + , - el 10%

Una vez con el medidor de potencia calibrado, procedemos a darle mas potencia al equipo moviendo los potenciómetros P8 I REF Y P2 PWR REF del main control, con el osciloscopio conectado en R5 del FIRE BACK. Procedemos a mover el P8 cuidando que no rebase 1.63 Vcd en R5 del FIRE BACK este valor lo dejamos en 1.62 Vcd, después movemos el P2 el cual lo dejamos al 90% y un voltaje en le diodo de free-wheling de 647 Vcd por lo que procedemos a verificar la potencia con la formula antes mencionada.

$$P = 257A * 647V = 166279 \text{ W}$$

$$\frac{166279}{175000} = 95\%$$

La potencia queda del 95% por lo que esta dentro del rango de tolerancia

Por lo tanto concluimos que el medidor de potencia marca bien , y procedemos a medir la corriente consumida antes del rectificador

$$I = 257 \text{ A}$$

Comprobamos con la formula

$$I = VR5m * VR5t * ct \text{ ratio} =$$

Sustituimos

$$I=1.62*1.63*90=237.7 \text{ A}$$

Por lo tanto la corriente también esta dentro del rango.

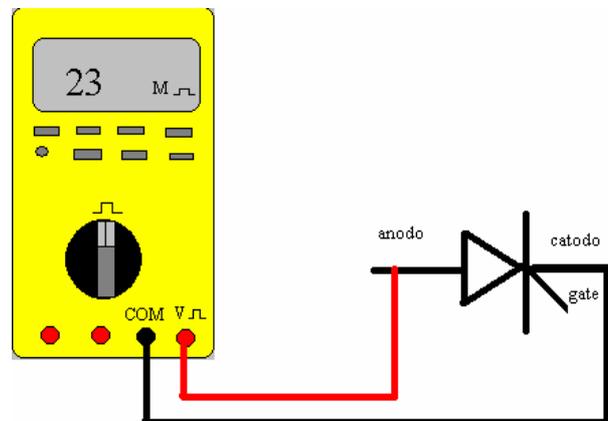
Nota para el mk8 de 450 kw lo único que cambia es la referencia de la r5 y la corriente consumida, que se muestran en la tabla.

FALLA EN LOS SCR DEL CIRCUITO INVERSOR

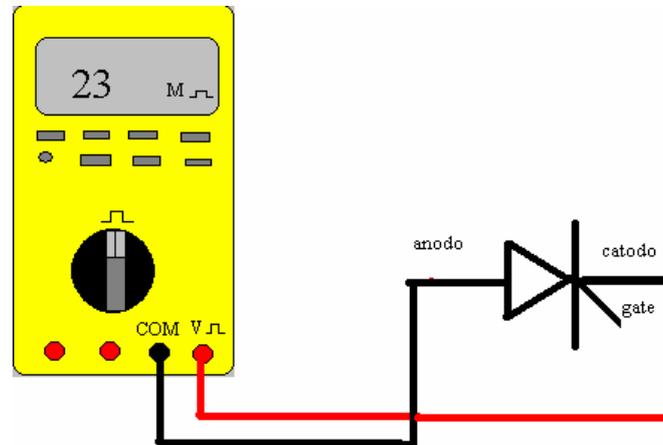
El horno MARK VIII DE 450 KW tiene una falla, arranca paro al subir la potencia se para y se enciende el led de VOLT TRIP, esto quiere decir que tenemos un excesivo voltaje en los SCR de inversión por lo que tenemos que revisarlos para empezar a detectar la falla, otro posible síntoma de que los SCR'S están mal es cuando al subir potencia manda la alarma de CURR TRIP y se abren los fusible F7 Y F8 de 4 A del transformador T1, este transformador sirve para balancear el circuito inversor, así como para dar polaridad al circuito, cuando estos fusibles se abren es por que hubo un voltaje o corriente excesiva en alguno de los bancos de los SCR'S el transformador para compensar el desequilibrio aumenta la corriente en sus bobinas provocando que se abran los fusible.

Para determinar si un SCR esta en buen estado se deben realizar las siguientes pruebas con el multímetro en modo de ohmetro

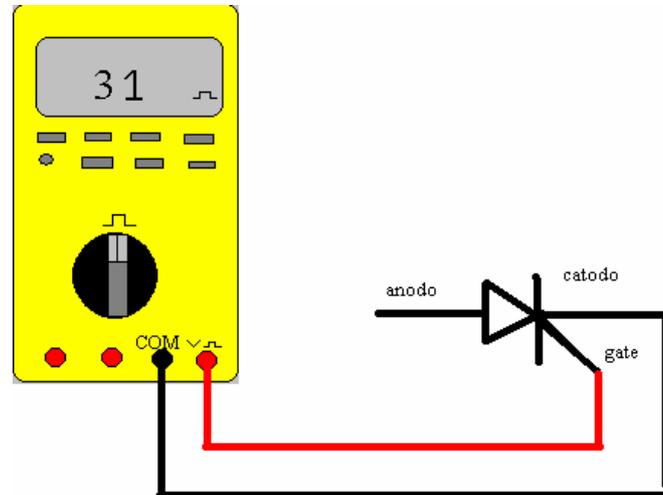
1.- Se coloca la punta positiva en el ánodo y el común en el cátodo, el aparato nos debe dar una lectura superior a los 1000 Ω o bien en el orden de los M Ω



2.- Se coloca la punta positiva en el cátodo y el común en el ánodo, el aparato nos debe dar una lectura superior a los 1000Ω o bien en el orden de los $M \Omega$



3.- Se coloca la punta positiva en el gate y la negativa en el cátodo, el aparato debe de marcar una resistencia de aproximadamente 30Ω



NOTA: Para que un SCR se considere que esta en buenas condiciones debe de pasar todas las pruebas antes mencionadas sino cumple con las pruebas quiere decir que esta mal y por lo tanto hay que remplazarlo.

Se realizan las pruebas a los 6 scr del circuito de inversión, se llega al conclusión que los SCR'S 7,9y11 están bien y que los SCR'S 8,10Y 12 en las prueba 1y2 marcan corto circuito o una resistencia de 1.2Ω , esto nos indica que posiblemente uno o mas SCR'S

están dañados debido a que están conectados en paralelo hay que desconectar uno por uno y realizar las pruebas a los SCR'S conectados.

Desconectamos el SCR'S 12 y procedemos a realizar las pruebas a los SCR'S 8 y 10, siguen marcando la misma resistencia por lo que tenemos que desconecta otro SCR.

Desconectamos el SCR 8 y realizamos las pruebas al SCR 10, que cumple con todas las pruebas por lo tanto el SCR 8 es el que no sirve, y debemos conectar el SCR 12, para realizar la pruebas.

Conectamos el SCR 12 para realizarle las pruebas, una vez conectado se realizan las pruebas las cuales resultan satisfactorias, por lo que concluimos que solo el SCR 8 no sirve.

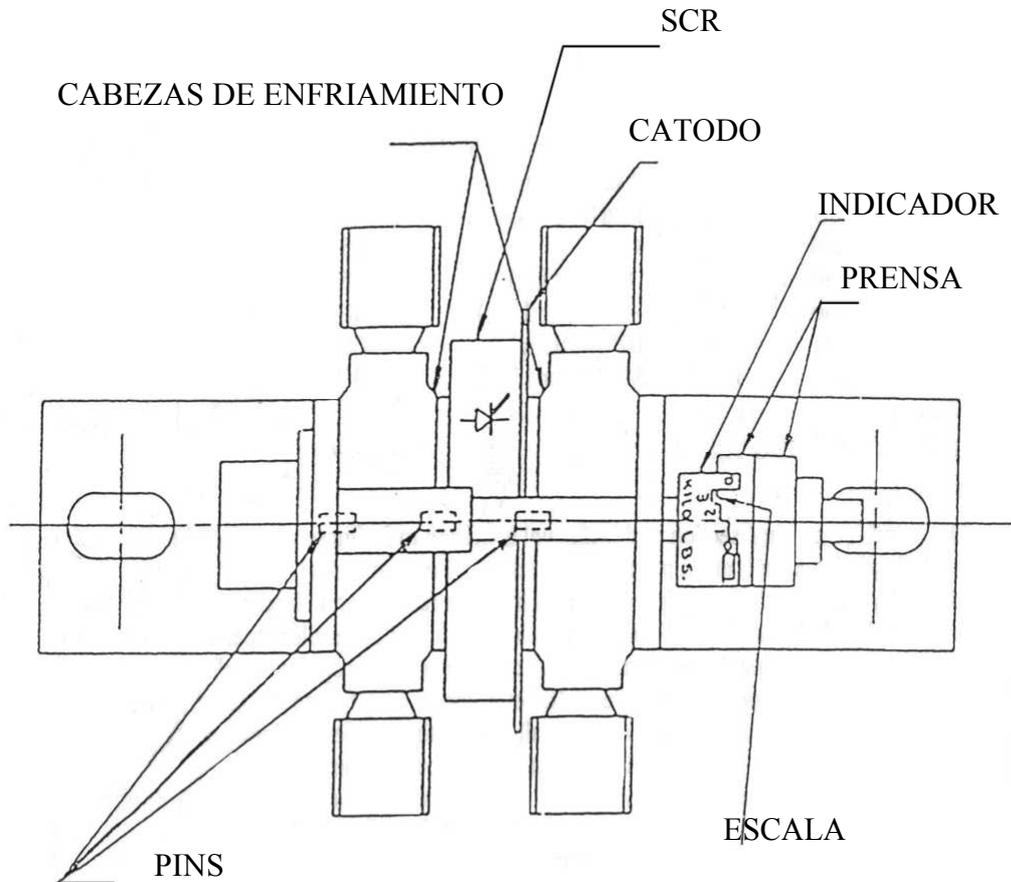
Procedemos a remplazar el SCR 8 por uno nuevo y hacemos una prueba al horno. La prueba consiste en arrancarlo y subirle la potencia, el horno que da bien y trabajando al 100%.

NOTA: Se debe consultar el procedimiento para desconectar y conectar un SCR.

PROCEDIMIENTO PARA CONECTAR Y DESCONECTAR UN SCR

- 1.- Antes de desmontar un SCR se tiene que fijar la posición en la que se encuentra para que se conecte en la misma posición.
- 2.- Se debe de aflojar las tuercas de la prensa para que las terminales y las cabezas de enfriamiento liberen al SCR
- 3.- Desconectar el gate y el cátodo de rectificador de disparo
- 4.- Poner grasa de silicona al SCR nuevo antes de colocarlo entre las cabezas de enfriamiento.
- 5.- Colocar el SCR en la misma posición que el anterior
- 6.- Apretar las tuercas de la prensa hasta que el indicador marque $2\text{kg}/\text{cm}^2$ o 2000 lbs
- 7.- Conectar el gate y el cátodo al rectificador de disparos.

La siguiente figura nos muestra los componentes que se tiene para conectar a un SCR



NOTA: los SCR, diodos deben de estar apretados con un torque de 2 kg (2000 lbs)

FALLA LINEA A TIERRA

El horno presenta esta falla cuando tiene una fuga de corriente de 4 A, cuando presenta esta falla el horno arranca pero al subirle la potencia se para y prende el led de la carátula que dice GROUND TRIP y la aguja del indicador de tierra sube.

Para corregir la falla se debe hacer lo siguiente

- 1.- Verificar que la unidad de potencia no tenga ninguna fuga de agua en el sistema de enfriamiento, una fuga de agua puede causar una fuga a tierra de 4 A, en caso de tener una fuga se debe de corregir inmediatamente.
- 2.- Verificar que e horno no tenga rebabas de material entre la bobina o las laminaciones, esto también provoca una fuga de corriente de 4 A, en caso de que tenga material hay que retirarlo y darle una limpieza con aire a presión.
- 3.- Verificar que el horno no tenga fugas de agua en el sistema de enfriamiento, también es una causa por la que puede marcar una fuga de corriente de 4 A, en caso de tener fuga de agua se debe corregir inmediatamente.

Una vez que se realizaron todas las inspecciones y se haya corregido el problema de fuga de agua o retirado la rebaba del horno se debe de arrancar normalmente.

DETERIORO DE CABLES ENFRIADOS POR AGUA

Estos cables pasan la corriente del bus de la unidad de potencia al horno, para generar la inducción en las bobina.

Se reporta que el horno tiene una variación de frecuencia y que después se paro y ya no arranco, en los indicadores cuando restableces se apagan todos los led's menos POWER READY, después se oprime el botón de star, pero no arranca y se prenden los led's TOT y RAMP.

Cuando estos cables fallan pueden causar un aumento de frecuencia, cuando solo falla uno de los cuatro cables, cuando fallan dos o mas cables el horno no arranca y se quedan encendidas los led's de TOT Y RAMP.

Con un multimetro en la función de ohmetro se checa cable por cable que marque continuidad con un valor de 0.2 ohms, si marca en el orden de $k\Omega$ o $M\Omega$ quiere decir que esta abierto y que hay que remplazarlo.

Esta cable normalmente fallan de la unión del cable con la conexión como se muestra en la siguiente figura.



FALLA POR TEMPERATURA

Cuando el horno se para y se enciende el led de WATER-HI TEMPERATURE, es por que se excedió la temperatura máxima de operación (65° C), para arrancar de nuevo el horno hay que restablecer los sensores de temperatura que se encuentran ubicados a la salida del manífull de entrada y al entrada del manífull de salida, estos sensores se restablecen apretando el botón rojo que esta en medio del sensor .Para identificar cual es razón por la que se paro y mando esa alarma se deben hacer las siguientes revisiones.

- 1.- Revisar que la torre de enfriamiento tenga el nivel de agua adecuado.
- 2.- Revisar que los elementos como SCR, capacitores y reactor tenga aproximadamente la siguiente temperatura.

SCR'S		CAPACITORES		REACTOR	SISTEMA HORNO	
REC	INV	FILTRO	TANQUE		ENT	SAL
45°53°C	45°-56°C	37°-40° C	45° -54°C	37° -39°C	47°C	58° C

Si le falta agua a la torre de enfriamiento se debe poner a nivel y después restablecer el horno si arranca se debe de dejar trabajando y se deben de hacer un monitoreo de temperatura de los elementos, si se nota que un elemento tiene un calentamiento excesivo es posible que un circuito de los 9 circuitos de enfriamiento que tiene la unidad de potencia este tapado por lo que debemos parar el equipo e identificar cual de ellos esta tapado para proceder a destapararlo. Si los elemento antes mencionados no presenta mucha variación de temperatura se deben checar que los sensores de temperatura no estén abiertos, con el multimetro se ponen en modo que mida continuidad si están bien marca continuidad si están abierto no marca continuidad , estos se pueden restablecer con un botón rojo que tiene en medio se oprime el botón y se restablecen , y se procede hacer la misma prueba con el multimetro, si siguen abiertos se debe de reemplazar el sensor y se procede a restablecer el equipo y hacer el monitoreo de los elementos durante 2 horas haciendo la mediciones con intervalos de media hora.

CONCLUSIONES

El horno de inducción MARK VIII DE 450 KW es un equipo muy confiable si el sistema de enfriamiento se mantiene en óptimas condiciones, ya que es una parte vital del equipo, un sistema de enfriamiento deteriorado puede provocar tuberías tapadas, fugas de agua en mangueras y tuberías. Las fallas antes descritas son causantes de paros y pueden dañar elementos eléctricos y electrónicos como son SCR'S, fusibles y cables de potencia enfriados por agua. Otra falla común son conexiones eléctricas flojas de los cables de alimentación, tarjetas y sensores de temperatura y de presión esto puede provocar arqueos y falsos contactos.

Todas las fallas son causantes de muchos paros los cuales producen atrasos en la producción y pérdidas económicas para la empresa los cuales se pueden evitar implementado un buen programa de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFIA

Joseph A. Edminister. M.S.E
Teoría y Problemas de Circuitos Eléctricos
Edición en español
Mc Graw Hill

S.B. Dewan , A. Straughen
Power Semiconductor Circuits
A Wiley-Interscience Publications.