

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

19	ES	11	NUMERO	471065	10	A1
21		21	FECHA DE PRESENTACION	23 JUN 1978		

Concedido el Registro de ²⁰ con los datos que figuran en la presente descripción y según el tenido de la memoria adjunta.

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
31	NUMERO				
	77/3923		29 Junio 1977		Africa del Sur.
	78/0375		20 Enero 1978		Africa del Sur.

47	FECHA DE PUBLICIDAD	61	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			F27D		

54	TITULO DE LA INVENCION
	"METODO, CON SU CORRESPONDIENTE DISPOSITIVO, PARA EL CONTROL DE UN HORNO DE ARCO ELECTRICO".

71	SOLICITANTE (S)
	THE NATIONAL INSTITUTE FOR METALLURGY

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	200 Hans Strydom Avenue - RANDBURG (Transvaal Province) Republica de Africa del Sur.

72	INVENTOR (ES)
	ALISTAIR BRUCE STEWART. IAN JAMES BARKER.

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	DON JOSE LOPEZ CORTES.

MEMORIA DESCRIPTIVA
=====

Este invento se refiere al control de hornos de arco eléctrico y mas especialmente a la derivación de las condiciones existentes en el circuito secundario (potencia) de este horno, para hacer posible que se efectue tal control.

5

El control efectivo de hornos de arco, en un intento de mejorar su eficacia ó su grado de producción, posiblemente dentro de los limites dictados por las circunstancias que les rodean, es frecuentemente impedido por la dificultad de medir las corrientes y voltajes requeridos en el lado secundario de los transformadores que, generalmente, estan propulsados por un suministro de energía eléctrica de tres fases. Este trae como resultado la dificultad de medir la distribución de energía dentro del horno.

10

15

Aun cuando este invento podría aplicarse a cualquier horno de "varios electrodos", y se intenta incluir esto dentro de su alcance, esta descripción se referirá a hornos de "tres electrodos" que es el tipo mas común. Los circuitos de "tres electrodos" pueden considerarse como combinaciones de estrella triangulo en las que cada parte del circuito puede estar representado por constantes concentrados (inductancia y resistencia) que no necesitan necesariamente ser lineares en su comportamiento.

20

25

En un horno de producción la energía se suministra a través de transformadores con conmutadores de tomas de regulación ó otros dispositivos, para hacer posible que se ajusten los voltajes secundarios. Usualmente se proveen las siguientes

23 JUN 1970



-3-

tes medidas (entre otras):

(a) Voltajes primarios, fase a fase

(b) Corrientes primarios (usualmente sólo las corrientes estrella, pero no siempre)

5

(c) Corriente estrella secundarias (derivadas de medidas primarias y posición de conmutadores de tomas de regulación)

(d) Voltajes secundarios fase a fase, desde cualquier punto en el transformador, barras colectoras, electrodos ó conductores asociados

10

(e) Voltajes secundarios fase a baño de horno

(f) Posición toma de transformador.

Las medidas secundarias son de una exactitud dudosa por las siguientes razones. Cualquier medida de voltaje en el circuito secundario, que comprende un bucle de plomo de medida a través del cual puede pasar flujo electromagnético, será generalmente errónea como resultado de voltajes inducidos magnéticamente. Es posible compensar estos voltajes erróneos inducidos si se conocen las corrientes secundarias. Esto significa que los parámetros de circuito secundario, a saber, las tres resistencias y las tres inductancias, se podrían determinar midiendo (I) voltajes con respecto al baño de electrodo, y (II) las corrientes de circuito secundario, y luego calcular los resultados ó bien por medios análogos ó por digitales. Sin embargo, estos métodos comprenden una conexión de medida con el baño del horno que no siempre es

15

20

25

posible y esta conexión no es necesariamente el voltaje de punto neutro. Así pues, en la mayoría de los casos, es imposible medir ó calcular con exactitud las resistencias é inductancias, unicamente de las medidas secundarias.

5 Las medidas primarias son fundamentalmente mas exactas que las medidas secundarias. Sin embargo, es imposible determinar las resistencias é inductancias secundarias de las medidas primarias y de la posición de toma de transformador, sin alguna otra información.

10 Es objeto de este invento proveer un método para controlar un horno en el que los valores del circuito secundario se deriven en una forma que proveerá en, por lo menos muchos casos, una exactitud mejorada de los resultados sobre los métodos de la técnica anterior a la que se hace arriba referencia, siendo usados estos valores para controlar esta clase de horno.
15

Aparte de la dificultad arriba descrita en los métodos para controlar hornos de la técnica anterior, estos métodos de la técnica anterior, no tienen, generalmente, previstos
20 medios para limitar ciertas variables de acuerdo con las circunstancias circundantes. En general, es deseable colocar los siguientes límites en el funcionamiento de un regulador, de modo que el regulador no haga intentos para causar que una variable pase estos límites:

25 (a) limitar las corrientes individuales del electrodo para evitar el daño en ellos; ó

(b) limitar la corriente de transformador para evitar el sobrecalentamiento del mismo;

(c) limitar la energía total del horno.

23 JUN 1970



-5-

5 Esto puede ser necesario donde se suministra energía eléctrica a una razón dependiente de la "potencia máxima absorbida", incluso si el transformador es capaz de una potencia desarrollada mas elevada. Esto puede que no sea pertinente donde la energía es barata (por ejemplo energía hidro-eléctrica) y este límite se impondría sólo donde fuera necesario.

10 (d) Un límite de la energía aparente ó MVA de los transformadores, para evitar el sobrecalentamiento de los mismos.

(e) La tensión de salida del transformador puede ser seleccionada sólo de aquellos que corresponden a las posiciones de conmutadores de tomas de regulación previstos.

15 (f) La resistencia efectiva del horno debe estar dentro de ciertos límites, ya que, contrariamente, llegaría a ser difícil el funcionamiento del horno.

(g) Se aplican límites adicionales mientras que está "ahornado" un electrodo.

20 Con el fin de ilustrar los posibles efectos de estos límites en la práctica, la fig. 1 de los diseños adjuntos da una ilustración gráfica de cómo se aplican ellos a un horno hipotético.

25 En el gráfico la línea 1 representa la línea de la máxima resistencia de funcionamiento práctica. La línea 2 representa la línea de la mínima resistencia de funcionamiento práctica del mismo. La línea 3 representa el límite de corriente del electrodo y la línea 4 representa el límite de corriente

23 JUN 1978



5 de transformador. La línea 5 representa el límite aparente de energía (MVA). Cada miembro de la serie correspondiente a una posición de conmutador de tomas de regulación del transformador, tiene la serie de curvas 6 de energía contra corriente. El área de funcionamiento permisible ó por lo menos preferido, se muestra en un area sombreado

10 Evidentemente en algunos casos, uno ó mas de los límites pueden ser inaplicables, como en el caso anterior donde las tres posiciones superiores de conmutador de tomas de regulación no se pueden emplear y el límite de corriente de transformador es totalmente inaplicable. Esto último es así porque en este ejemplo el límite de corriente de electrodo está a la izquierda del limite de corriente de transformador.

15 Es por esto un objeto secundario del invento el proveer un método y sistema para controlar un horno en el que los límites apropiados del tipo arriba descrito se unen a ello.

20 De acuerdo con este invento comprende un método para hacer funcionar un horno de arco, polifásico, mediante el control de los valores requeridos en los circuitos secundarios la medida y el cálculo de estos valores de medidas de circuito primarias seleccionadas y/ó secundarias excluyendo tensiones de fase secundarias, medidas con respecto al baño del horno, calculando los valores deseados para efectuar el control del horno sobre la base de una suposición de que el comportamiento de las inductancias de los circuitos secundarios es posible de predecir durante otras variaciones en el horno

25

23 JUN. 1978



-7-

particular y, aplicando estos valores calentados a los
medios de control del horno, opcionalmente sujetos a cual-
quier límite deseado.

5 La suposición referente a las inductancias de los
circuitos secundarios es que se conducen según un patron pre-
determinado, pero frecuentemente, si no en casi todos los ca-
sos, la suposición será que las inductancias quedan iguales
entre si.

10 El cálculo de los valores se efectuará generalmente
por medio de un equipo en enlace directo con procesador
central programado para hacer la suposición arriba expuesta
y este procesador puede conectarse para efectuar el control
requerido del horno ó para indicar ajustes que deberian hacer-
se para proporcionar la deseada función del mismo. Sin embargo,
15 podrian emplearse otras ayudas mediante calculadora de siste-
mas menos sofisticados y se podria efectuar el cálculo con
una calculadora manual, aunque con dificultad. Ademas, según
el patrón de comportamiento predicho de las inductancias grá-
ficas, pueden ser capaces de preparación para dar valores
de las inductancias según los cambios en otras variables en
20 el horno.

25 El invento proporciona así tambien una disposición
de control de horno de arco eléctrico que comprende medios
para averiguar otros valores requeridos distintos de los vol-
tajes relativos al baño de hornó, medios de cálculo en los
que se alimentan estos valores requeridos, adaptandose estos
medios de computación para calcular los valores de control
requeridos sobre la base del supuesto de que se pueden prede-

cir teóricamente las inductancias en los circuitos secundarios, y medios para aplicar estos valores de control al horno.

Las inductancias en los circuitos secundarios ó de energía, son principalmente dirigidas por la geometría de los trayectos de corriente. Así pues, las inductancias son sensibles a la construcción total del horno; el emplazamiento de las trayectorias conductoras dentro de la carga, y la posición y longitud de los electrodos. Esto significa que sean factibles suposiciones tales como las siguientes:

L es la inductancia de un circuito particular.

(a) $L_i = f_i (L_1, L_2, L_3)$, $i = 1, 2, 3$

(ó formulas equivalentes, incluyendo $L_1 = L_2 = L_3$).

(b) $L_i = f_i$ (tensiones entre fase y neutro de la estrella)

$i = 1, 2, 3$ (ó formulas equivalentes).

(c) $L_i = f_i$ (corrientes de electrodo), $i = 1, 2, 3$, (ó fórmulas equivalentes).

(d) $L_i = f_i$ (posiciones de levantamiento), $i = 1, 2, 3$, (ó fórmulas equivalentes).

(e) $L_i = f_i$ (resistencias en estrella concentradas), $i = 1, 2, 3$ (ó fórmulas equivalentes).

(f) $L_i = f_i$ (longitudes de electrodo), $i = 1, 2, 3$.

(g) Cualquier combinación de arriba.

Es posible por tanto vigilar ó controlar el circuito de alta potencia y su equipo asociado, de un horno de arco abierto ó de arco sumergido de tres electrodos para una producción óptima, por medio de un conocimiento de los elementos de circuito secundario derivados de medidas primarias ó secundarias.

23 JUN 1970
-9-


darias ó ambas, usando la suposición seleccionada sobre las inductancias. En el caso de medidas secundarias no es necesario medir voltajes con respecto al baño del horno y, por tanto, se evitan errores asociados con esta medida.

5

En los diseños:

la fig. 1 es como se ha descrito arriba.

La fig. 2 muestra un esquema sinoptico del dispositivo conectado a un horno tipico.

10

La fig. 3 es un diagrama simplificado de un circuito secundario de un horno.

La fig. 4 es un alzado de costado seccional, esquemático, de una unidad de controlador, y

la fig. 5 traza el programa efectivo seguido de un procesador en la unidad de regulador.

15

Un ejemplo de la teoria de la realización del invento se describirá ahora con referencia a los pertinentes diagramas adjuntos. El dispositivo basado en procesador mide ciertas variables de un horno de arco de tres fases -11- y su equipo asociado; efectua el cálculo requerido basado en estas variables, para determinar el estado de ciertas variables eléctricas, en una unidad de controlador -12-; muestra el estado de estos parámetros para fines de vigilancia en un cuadro previo -13-, en la unidad de control y emite órdenes a un púpitre de control normal -14-, para ajustar las posiciones del conmutador de tomas de regulación del transformador -15- y/ó ajustar posiciones individuales del electrodo por medio de un impulsor -16-, con el fin de mantener el estado eléctrico del horno dentro de ciertos límites deseados y en condicio-

20

25

23 JUN 1978



nes sustancialmente óptimas, dentro de estos límites. Los límites serian aquellos antes descritos y se introducirían simplemente en un procesador ó similar, junto con un programa incorporando la suposición sobre las inductancias.

5

El procesador está conectado a los instrumentos que dirigen el horno, y de esta manera cada ciclo de control (digamos cada 1.0 segundo) obtiene en este caso las siguientes medidas:

10

(I) Posición de toma de transformador, K

(II) Corriente primaria del transformador I'_1, I'_2, I'_3 que puede medirse por la relación de transformación en la posición de toma K, para dar corrientes secundarias I_1, I_2, I_3 .

15

(III) Voltajes primarios de transformación $V'_{12}, V'_{23}, V'_{31}$, que pueden reducirse según escala, por la relación de transformación en la posición de toma K para voltajes secundarios

V_{12}, V_{23}, V_{31} .

(IV) Energía total del circuito, P

(V) Posiciones de elevación de electrodo h_1, h_2, h_3 .

20

El circuito de energía del horno puede describirse como una estrella con reactancias y resistencias en cada brazo, alimentado desde un suministro de voltaje en delta, como se muestra en la fig. 3.

25

En esta figura las tres cantidades fasor $\vec{V}_{12}, \vec{V}_{23}, \vec{V}_{31}$ y $\vec{I}_1, \vec{I}_2, \vec{I}_3$ son números complejos. Las cantidades medidas V_{12}, V_{23}, V_{31} y I_1, I_2, I_3 son las magnitudes de estos fasores, y son números reales. En las siguientes ecuaciones y discusión θ_{12}, θ_{23} y θ_{31} son los ángulos de los fasores $\vec{V}_{12}, \vec{V}_{23}, \vec{V}_{31}$ relativos a un dato fijo. De esta

..//..

23 JUN 1978
-11-



manera mediante la elección apropiada de referencia uno de los ángulos θ puede elegirse que sea cero.

Podemos escribir: en lo que $i = \sqrt{-1}$

5

$$\left. \begin{aligned} \vec{V}_{12} &= V_{12} \exp(i\theta_{12}) \\ \vec{V}_{23} &= V_{23} \exp(i\theta_{23}) \\ \vec{V}_{31} &= V_{31} \exp(i\theta_{31}) \end{aligned} \right\} \text{--- (1)}$$

Puesto que los voltajes fasor forman un triángulo, podemos escribir:

10

$$\vec{V}_{12} + \vec{V}_{23} + \vec{V}_{31} = 0 \quad \text{--- (2)}$$

A través de 2, los ángulos θ en ecuaciones 1 están relacionadas entre sí y se puede especificar independientemente sólo un θ . Eligiendo, digamos θ_{12} sea cero grados, podemos calcular pues los valores actuales para θ_{23} y θ_{31} de las medidas de V_{12} , V_{23} , V_{31} , usando la ley de los cosenos para un triángulo. De estos ángulos podemos calcular los fasores \vec{V}_{12} , \vec{V}_{23} , \vec{V}_{31} .

15

En lo que sigue, el ángulo β es el ángulo de \vec{I}_1 relativo a la misma referencia que se ha usado para determinar los ángulos θ . Los ángulos ϕ_2 y ϕ_3 son los ángulos entre \vec{I}_2 y \vec{I}_1 , y entre \vec{I}_3 y \vec{I}_1 , respectivamente.

20

Así pues con las corrientes podemos escribir:

25

$$\left. \begin{aligned} \vec{I}_1 &= I_1 \exp(i\beta) \\ \vec{I}_2 &= I_2 \exp(i(\beta + \phi_2)) \\ \vec{I}_3 &= I_3 \exp(i(\beta + \phi_3)) \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

y puesto que las corrientes se equilibran en el punto de la estrella.

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = 0$$

De nuevo estan relacionados entre si los ángulos en las ecuaciones (3). Escribiendo los ángulos como se muestra en las ecuaciones (3), ϕ_2 y ϕ_3 se pueden calcular de las medidas de I_1, I_2, I_3 dejando que se elija β independientemente.

El ángulo β está relacionado con los ángulos $\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31}$ por la energía P. Por el método de vatímetro de dos vatios, para medir la energía, podemos escribir:

$$P = \vec{I}_2 \vec{V}_{12} + \vec{I}_3 \vec{V}_{13} = \vec{I}_2 \vec{V}_{12} - \vec{I}_3 \vec{V}_{31}$$

(el signo negativo resulta de invertir la dirección de \vec{V}_{13} a \vec{V}_{31}) y por ello

$$P = I_2 V_{12} \exp i (\theta_{12} + \beta + \phi_2) - I_3 V_{31} \exp i (\theta_{31} + \beta + \phi_3) \quad (5)$$

Todas las variables en las ecuaciones (5) son conocidas excepto β , y así se puede calcular β . De esta β , junto con ϕ_2 y ϕ_3 , podemos calcular los fasores de corriente $\vec{I}_1, \vec{I}_2, \vec{I}_3$.

Ahora pueden combinarse las resistencias y reactancias en cada brazo del circuito del horno en impedancias complejas

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= R_1 + iX_1 \\ Z_2 &= R_2 + iX_2 \\ Z_3 &= R_3 + iX_3 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

De los voltajes equilibrados en el circuito obtenemos

$$\left. \begin{aligned} \vec{I}_2 Z_2 &= \vec{I}_1 Z_1 = \vec{V}_{12} \\ \vec{I}_3 Z_3 &= \vec{I}_2 Z_2 = \vec{V}_{23} \\ \vec{I}_1 Z_1 &= \vec{I}_3 Z_3 = \vec{V}_{31} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$



Empleando suscritos R por terminos reales é I por términos imaginarios

$$\vec{I}_1 = I_{1R} + iI_{1I} : \vec{I}_2 = I_{2R} + iI_{2I} : \vec{I}_3 = I_{3R} + iI_{3I}$$

$$\vec{V}_{12} = V_{12R} + iV_{12I} : \vec{V}_{23} = V_{23R} + iV_{23I} \text{ y } \vec{V}_{31} = V_{31R} + iV_{31I}$$

Desarrollando las ecuaciones numeradas arriba

5

(7), en partes reales é imaginarias, obtenemos:

$$\left. \begin{aligned} (I_{2R} \times R_2 - I_{2I} \times X_2) - (I_{1R} \times R_1 - I_{1I} \times X_1) &= V_{12R} \\ (I_{2I} \times R_2 + I_{2R} \times X_2) - (I_{1I} \times R_1 + I_{1R} \times X_1) &= V_{12I} \end{aligned} \right\} \text{---(8)}$$

$$\left. \begin{aligned} (I_{3R} \times R_3 - I_{3I} \times X_3) - (I_{2R} \times R_2 - I_{2I} \times X_2) &= V_{23R} \\ (I_{3I} \times R_3 + I_{3R} \times X_3) - (I_{2I} \times R_2 + I_{2R} \times X_2) &= V_{23I} \end{aligned} \right\} \text{---(9)}$$

10

$$\left. \begin{aligned} (I_{1R} \times R_1 - I_{1I} \times X_1) - (I_{3R} \times R_3 - I_{3I} \times X_3) &= V_{31R} \\ (I_{1I} \times R_1 + I_{1R} \times X_1) - (I_{3I} \times R_3 + I_{3R} \times X_3) &= V_{31I} \end{aligned} \right\} \text{---(10)}$$

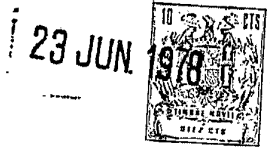
En las seis ecuaciones anteriores hay seis incognitas, a saber: R_1, R_2, R_3, X_1, X_2 y X_3 . Sin embargo, un par de ecuaciones (por ejemplo aquellas numeradas (10) es en efecto una combinación de las otras dos (por ejemplo, aquellas numeradas (8) y (9) usando el hecho que $\vec{V}_{12} + \vec{V}_{23} + \vec{V}_{31} = 0$. Esto deja cuatro ecuaciones con seis incognitas. Si se hace una suposición acerca de la interrelación entre las reaktancias pueden resolverse las cuatro ecuaciones. Esto podría hacerse de varias formas, a saber:

15

20

(I) suponer $X_1 = X_2 = X_3 = X$. Aunque esta suposición no da una solución totalmente exacta, si da un resultado ampliamente mejorado sobre la técnica alternativa que usa medidas de electrodo a voltajes del baño de horno. En este caso las

25



cuatro incognitas son tanto, R_1, R_2, R_3, X .

(II) suponer $X_1 = X + f (1_1)$

$X_2 = X + g (1_2)$

$X_3 = X + h (1_3)$

5

Aqui se supone que cada reactancia tenga un término básico común, mas un término dependiente de las longitudes de electrodo $1_1, 1_2, 1_3$.

(III) Otras suposiciones son posibles basadas en interrelaciones arriba indicadas.

10

Habiendo calculado las resistencias como se muestra arriba, entonces debe decidir el controlador si se debe mover un electrodo ó no, con el fin de lograr una resistencia deseada. Puntos inmóviles deseados para las resistencias se habrian entrado previamente en el controlador.

15

Para decidir si hay que mover un electródo, las resistencias calculadas aproximadamente se pasan primero a traves de un filtro digital para suavizarlas. Si F es el valor filtrado de R_1 y α una constante relacionada con la constante tiempo del filtro, entonces la ecuación del filtro es:

20

$$F_n = \alpha F_D + (1 - \alpha) R_1 \text{ (B) donde } F_n \text{ es el valor presente, y } F_D \text{ es el valor inmediatamente precedente.}$$

25

Este valor filtrado F se deja permanecer dentro de una pequeña banda muerta alrededor del punto fijo, sin que se tome acción alguna. Si el valor de F estuviera fuera de la banda muerta, entonces se emitirá un impulso al mecanismo motriz para hacer que el electrodo se mueva hacia arriba o hacia abajo, de conformidad. La longitud de este impulso será propor-

23 JUN



-15-

cional a la diferencia entre R_1 y el punto fijo. Desde luego es necesario confrontar que los impulsos esten dentro de un margen razonable para impedir cualquier comportamiento anormal.

5 Al mismo tiempo que se confronta R_1 como se explica arriba, se confrontan igualmente R_2 y R_3 y se toma la acción correspondiente conformemente. Ademas de las resistencias, se comprueban tambien los límites de operación.

10 En el caso de los límites de operación, se comparan la energía verdadera P , voltajes V_{12} , V_{23} , V_{31} , corrientes I_1 , I_2 , I_3 , y la energía aparente (incluyendo la componente reactiva) que pueden calcularse facilmente como parte de los calculos de resistencia, contra sus límites. De estas variables, solamente aquella mas cercana a su límite es entonces examinada
15 ademas. El procedimiento de decisión es similar al procedimiento de decisión de resistencia. La relación de la variable mas alta con su límite se filtra de nuevo. Si este valor filtrado va fuera de la pequeña banda muerta alrededor de 1.0 (observa: cuando variable = limite, entonces la relación =
20 1,0), se elevan ó bajan correspondientemente las tomas de transformador.

25 De esta manera hemos descrito arriba cómo el controlador lleva a cabo la tarea de controlar el lado eléctrico del horno. Ademas de esto, puede desplegar tambien variables las cuales han sido medidas ó calculadas, é indicar tambien su estado tal como aquellas cuyo limite está operando en contra. Observando si un electrodo se ha movido ó no despues de emitir un impulso para moverlo, el controlador puede proporcionar

../..



un aviso si un mecanismo de elevación se queda atascado. Este tipo de comprobación hace mas seguro el manejo de un horno, del todo automáticamente, bajo el controlador, ya que el controlador puede requerir ayuda cuando se necesita.

5

En la realización práctica del invento, las variables mencionadas son medidas y se efectua el cálculo arriba indicado. Actualmente, la determinación de la longitud de electrodo comprende el medir periodicamente los electrodos y usar las energias resultantes calculadas para cada electrodo, en un modelo de erosión de electrodo para predecir la erosión de los electrodos. Midiendo igualmente el deslizamiento del electrodo, es posible una determinación razonablemente exacta de la longitud del electrodo.

10

15

En la práctica, se empleará un procesador de un tipo apropiado, preferible, pero no necesariamente conectado directo con un horno. Se alimentará el procesador con un programa que incorpore la suposición referente a las inductancias del horno. El programa incorpora tambien, preferiblemente, los límites como se han descrito arriba, para asegurar que no se hace funcionar el horno fuera del margen predeterminado del tipo mostrado a modo de ejemplo en la fig. 1. Alternativamente, pueden hacerse variables los límites, si se requiere, y en este caso se pueden proveer conmutadores alados -40- en un panel de control -41-, para fijar de vez en cuando los límites requeridos. Se pueden proveer tambien conmutadores alados en el panel -41-, para seleccionar la información que ha de ser expuesta en el cuadro previo -13-, si este último está hecho para exponer solamente un valor a la vez, por fase.

20

25

23 JUN 1978



-17-

Ademas de lo anterior se prefiere incluir en el programa una serie alternativa de límites variables para usarlos, con respecto a cualquier electrodo, mientras está siendo "ahornado". El ahornado de uno ó mas electrodos puede hacerse automáticamente con el controlador. En efecto, es preferible "ahornar" bajo control de procesador, ya que el control manual con un desequilibrio del horno, que acompaña el "ahornado", conduce frecuentemente a un desequilibrio peor, y a mas trastornos.

Un programa de "ahornado" consiste en salir con una corriente mas baja que la normal, é incrementar gradualmente la corriente elevando las tomas del transformador hasta alcanzar la corriente normal de funcionamiento. Durante este "ahornado" no debe moverse el electrodo, por temor a una "ruptura verde". La selección de este programa de "ahornado" se haría a mano en el controlador, mediante un conmutador selector en el panel alado -41-.

La unidad de control del procesador tiene potencias de salida que estan adaptadas para alterar las posiciones del conmutador de tomas de regulación y elevar ó bajar los electrodos independientemente como se desee. La potencia de salida es preferiblemente variable en lo que se refiere a la extensión de la acción de control, con el fin de proveer una acción correctora en los ajustes del horno, proporcional a la desviación de los valores requeridos en un momento particular.

La unidad de control tiene, preferiblemente, ó bien una salida determinada en impresores de linea ó una



5 presentación visual para capacitar a un operario el deter-
minar exactamente la condición del horno en cualquier momen-
to. La información dada por presentación visual puede ser
la corriente del electrodo, energía, posición de toma, sien-
do operado el factor limitante contra un tiempo específico,
si hay ó no un electrodo en un programa "ahornado" y simi-
lares. El controlador puede hacerse de manera que proporcio-
ne cualquier información requerida en cualquier momento desea-
do. Ademas, puede adaptarse para averiguar una condición
10 defectuosa en el horno, tal como un electrodo que no se mue-
ve como se ha ordenado y dar una advertencia descriptiva.

La operación anterior de un horno controlado por
procesador se describirá ahora, ademas, con referencia espe-
cificamente a las Figuras 4 y 5 de los diseños adjuntos. Los
15 cables -42- a y de los instrumentos en el horno, estan conec-
tados a un bloque de terminales -43- en el cuerpo del contro-
lador -12- y luego se hacen las conexiones a los convertido-
res -44-, para convertir las señales del horno en señales
compatibles para procesador. Desde los convertidores se ali-
mentan entonces las señales en calculadoras electrónicas
20 -45-. Una salida -46- de las calculadoras electrónicas se
alimenta en un tablero de circuito de limite compartido -47-,
que controla relés -48-, controlando el suministro de energía
eléctrica a los instrumentos de control del horno.

25 Las computadoras electrónicas tienen otra entrada
-49- desde el tablero de rueda con orejetas, de modo que los
valores seleccionados en los conmutadores de rueda con ore-
jetas son alimentados en la computadora electrónica. Otra



salida -50- de la computadora electrónica está conectada para proveer los valores requeridos en el tablero previo, como requerido ó proyectado.

5 La computadora electrónica está programada en este caso para repetir una secuencia de pesos cada segundo. La secuencia de medidas que ha de ser ejecutadas por el procesador se muestran en la fig.5. La primera medida es, para el procesador, examinar las lecturas de voltajes, corrientes, energía y posiciones de elevación de los instrumentos en el
10 horno, estando indicada esta operación en el bloque -51- en la fig. 5. Al mismo tiempo se lee la información entrada en los conmutadores de rueda con orejetas y se calculan las resistencias y otros valores requeridos, de acuerdo con el método antes descrito, en la medida -52-. La próxima medida
15 -53- es comprobar las variables contra los límites y decidir si se deben cambiar las posiciones de toma del transformador. En esta medida -53- se aplica la técnica de banda muerta arriba descrita a las lecturas con el fin de decidir si se deben
20 cambiar ó no las posiciones de toma del transformador. Si se tienen que cambiar las posiciones de toma, el procesador envía una señal para elevar ó bajar una ó mas de las posiciones de toma del transformador, como necesarias, según se indica por el bloque -54-.

25 La próxima medida es comprobar la resistencia calculada contra el punto fijado de resistencia y decidir si se deben elevar ó bajar uno ó mas electrodos. De hecho, cada electrodo se trata separadamente en rotación y por ello la secuencia de repetición esta indicada por el bloque -56-, en la fig. 5. Si los resultados de este cálculo indican que se deben

23 JUN 1978



elevar ó bajar uno ó mas electrodos, el procesador envia señales al control del horno para elevar ó bajar un electrodo cuanto sea necesario e indicado por el bloque -57-.

5

10

15

El hecho de que si los mandos emitidos por el procesador son ejecutados ó no, es supervisado en el bloque -58- y si se observa cualquier error, el procesador activa una rutina de manejo de errores -59-, que tendrá por resultado que se dé una alarma ó que se indique un error en el tablero previo, según se desee. Toda la información, bien si ha sido subida ó bajada una posición de toma ó no, ó si se ha elevado ó bajado un electrodo, asi como los errores que se han observado, es enviada a la información desde el procesador, como indica el bloque -60-. Toda la información puede ser conectada para ser expuesta en el cuadro previo y por ello sera fácil, para un operario de horno, establecer contra qué limite está operando el horno.

20

25

De lo antedicho se comprenderá que un micro-procesador será adecuado para los fines della ejecución de control de un horno de arco y el procesador puede programarse fácilmente por medio de un programador de procesador.

Se apreciará que la operación mecánica y eléctrica exacta del controlador puede ser manejada por cualquier entendido en la técnica de control de horno y el necesario programa de procesador será facilmente escrito por un programador de procesador,

Aquellos entendidos en la técnica comprenderan que el invento puede llevarse a cabo de varias manera y por medio de una variedad de diferentes tipos de procesadores, para lograr cualquier control deseado de hornos de arco.

../..



REIVINDICACIONES
=====

5

10

1.- Método con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico polifásico, mediante el control de los valores requeridos en los circuitos secundarios, caracterizado por comprender la medida y computación de estos valores de las medidas de circuito primarias seleccionadas y/o secundarias, excluyendo tensiones de fase secundarias, medidas con respecto al baño del horno, calculando los valores deseados para efectuar el control del horno sobre la base de una suposición de que el comportamiento de las inductancias de los circuitos secundarios puede predecirse durante otras variaciones en el horno particular y aplicando estos valores computados a los medios de control del horno, opcionalmente sujetos a cualquier límite deseado impuesto sobre las variables del horno.

15

2.- Método como se ha reivindicado en la reivindicación 1, caracterizado porque la computación, y opcionalmente el control, se efectúa por medio de un procesador programado para operar sobre la base de la suposición referente a las inductancias del circuito secundario.

20

3.- Método como se ha reivindicado en la reivindicación 2, caracterizado porque el procesador está programado para controlar el horno para impedir el funcionamiento fuera de ciertos límites de funcionamiento del mismo, seleccionados estos límites de los del grupo que consisten en corriente individual de electrodo; corrientes individuales de transforma-

25



dor; siendo consumida energia real total por el horno; energia aparente (MVA) de los transformadores; y resistencia y voltaje del horno.

5 4.- Método como se ha reivindicado en la reivindicación 3, caracterizado porque la fijación de los límites se efectúa exteriormente por medio de conmutadores selectores manejables a mano.

10 5.- Método como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el control se efectúa sobre el supuesto de que las inductancias de los circuitos secundarios permanecen iguales entre sí dentro de los márgenes de funcionamiento del horno durante otros cambios en los circuitos.

15 6.- Método como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se proporciona la facilidad para el control de cualquier electrodo, de imponer límites variables especiales en las condiciones del mismo, mientras que tal electrodo es "ahornado" con el resto del horno quedando bajo control normal.

20 7.- Método como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los valores computados de las variables del horno son utilizados para efectuar la elevación ó el descenso de las posiciones de toma del transformador de los electrodos individuales, según pueda requerirse.

25 8.- Método como se ha reivindicado en cualquiera



de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se computan las resistencias individuales de los circuitos de electrodo y se usan los valores computados para determinar si deberan o no elevarse ó bajarse los electrodos del horno para alterar las resistencias hacia un valor deseado.

5

9.- Método como se ha reivindicado en la reivindicación 8, caracterizado por efectuar la alteración de las resistencias de los circuitos del electrodo solamente si los valores computados varían de los valores deseados en más de una cantidad predeterminada, proporcionando con ello una cinta muerta en la que no se impulsa ninguna actividad de control.

10

10.- Método como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado porque las mediciones seleccionadas del circuito primario y secundario incluye las siguientes medidas:

15

(I) Posición de toma de transformador, K

(II) Corriente primaria de transformador I'_1, I'_2, I'_3 , la cual puede medirse por escala por la relación de transformador en la posición de toma K, para dar corrientes secundarias I_1, I_2, I_3 .

20

(III) Voltajes primarios de transformador $V'_{12}, V'_{23}, V'_{31}$, que pueden reducirse según escala por la relación de transformador en la posición de toma K, para dar voltajes secundarios

V_{12}, V_{23}, V_{31} .

25

(IV) Energía total de circuito P.

(V) Posición de elevación del electrodo h_1, h_2, h_3 .

11.- Método como se ha reivindicado en la reivin-



dicación 10, caracterizado porque la computación se efectua mediante la solución de cualquiera de dos pares, de los tres pares siguientes de ecuaciones ó sus equivalentes, usando la suposición de que el comportamiento de las inductancias de los circuitos secundarios se puede predecir:

5

$$\begin{aligned} (I_{2R} \times R_2 - I_{21} \times X_2) - (I_{1R} \times R_1 - I_{1I} \times X_1) &= V_{12R} \\ (I_{21} \times R_2 + I_{2R} \times X_2) - (I_{1I} \times R_1 + I_{1R} \times X_1) &= V_{12I} \end{aligned} \quad \text{--- (8)}$$

$$\begin{aligned} (I_{3R} \times R_3 - I_{3I} \times X_3) - (I_{2R} \times R_2 - I_{2I} \times X_2) &= V_{23R} \\ (I_{3I} \times R_3 + I_{3R} \times X_3) - (I_{2I} \times R_2 + I_{2R} \times X_2) &= V_{23I} \end{aligned} \quad \text{--- (9)}$$

10

$$\begin{aligned} (I_{1R} \times R_1 - I_{1I} \times X_1) - (I_{3R} \times R_3 - I_{3I} \times X_3) &= V_{31R} \\ (I_{1I} \times R_1 + I_{1R} \times X_1) - (I_{3I} \times R_3 + I_{3R} \times X_3) &= V_{31I} \end{aligned} \quad \text{--- (10)}$$

15

12.- Método como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por realizarse sobre el supuesto de que las inductancias son iguales en las fases, es decir
 $X_1 = X_2 = X_3 = X.$

20

13.- Método como se ha reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes caracterizado por suponer que
 $X_1 = X + f (1_1)$
 $X_2 = X + g (1_2)$
 $X_3 = X + h (1_3)$

25

14.- Método de control de un horno de arco eléctrico como se ha descrito sustancialmente aquí ó se ha ejemplificado con referencia a los dibujos adjuntos.

..../..



5

10

15

20

25

15.- Método con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico, polifásico, caracterizado porque el dispositivo comprende medios para averiguar los valores requeridos distintos a voltajes relativos al baño de horno, medios de procesador en los que se alimentan estos valores requeridos, estando adaptados estos medios de procesador para computar los valores de control requeridos sobre la base de que se predicen teóricamente las inductancias de los circuitos secundarios durante otros cambios en los circuitos y medios para aplicar estos valores de control al horno, opcionalmente sujeto a cualquier límite deseado impuesto sobre las variables del horno.

16.- Método, con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico según dispositivo reivindicado en la reivindicación 15, caracterizado porque los medios para averiguar los valores requeridos de un horno se adaptan para averiguar:

(I) Posición de toma del transformador, K

(II) Corriente primaria de transformador I'_1, I'_2, I'_3 que se puede medir por escala por la relación de transformador en la posición de toma K, para dar corrientes secundarias I_1, I_2, I_3 .

(III) Voltajes primarios de transformador $V'_{12}, V'_{23}, V'_{31}$ que pueden reducirse según escala por la relación de transformador en la posición de toma K, para dar voltajes secundarios V_{12}, V_{23}, V_{31} .

(IV) Energía total de circuito, P.



(V) Posición de elevación de electrodo h_1, h_2, h_3 .

17.- Método, con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico, polifásico, según dispositivo reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 15 ó 16, caracterizado porque el medio de procesamiento se adapta para resolver dos de los tres pares siguientes de ecuaciones simultáneas, sobre la base de que pueden predecirse las inductancias de los circuitos secundarios:

$$\begin{aligned}
 (I_{2R} \times R_2 - I_{2I} \times X_2) - (I_{1R} \times R_1 - I_{1I} \times X_1) &= V_{12R} \quad (8) \\
 (I_{2I} \times R_2 + I_{2R} \times X_2) - (I_{1I} \times R_1 + I_{1R} \times X_1) &= V_{12I} \\
 (I_{3R} \times R_3 - I_{3I} \times X_3) - (I_{2R} \times R_2 - I_{2I} \times X_2) &= V_{23R} \quad (9) \\
 (I_{3I} \times R_3 + I_{3R} \times X_3) - (I_{2I} \times R_2 + I_{2R} \times X_2) &= V_{23I} \\
 (I_{1R} \times R_1 - I_{1I} \times X_1) - (I_{3R} \times R_3 - I_{3I} \times X_3) &= V_{31R} \quad (10) \\
 (I_{1I} \times R_1 + I_{1R} \times X_1) - (I_{3I} \times R_3 + I_{3R} \times X_3) &= V_{31I}
 \end{aligned}$$

18.- Método, con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico polifásico, según dispositivo reivindicado en la reivindicación 17, caracterizado porque el medio de procesamiento está adaptado para tratar las inductancias de los circuitos secundarios como siendo iguales, es decir $X_1 = X_2 = X_3 = X$.

19.- Método, con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico, polifásico, según dispositivo reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, caracterizado porque este medio de procesamiento es un procesador convenientemente programable.



5

20.- Método, con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico, polifásico, según dispositivo reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, caracterizado porque el medio para aplicar los valores de control al horno es un pupitre normal de control y conjunto de actuador.

10

21.- Método, con su correspondiente dispositivo para el control de un horno de arco eléctrico, polifásico, como se describe sustancialmente aquí ó se dan ejemplos con referencia a los diseños adjuntos.

15

22.-"METODO, CON SU CORRESPONDIENTE DISPOSITIVO, PARA EL CONTROL DE UN HORNO DE ARCO ELECTRICO".

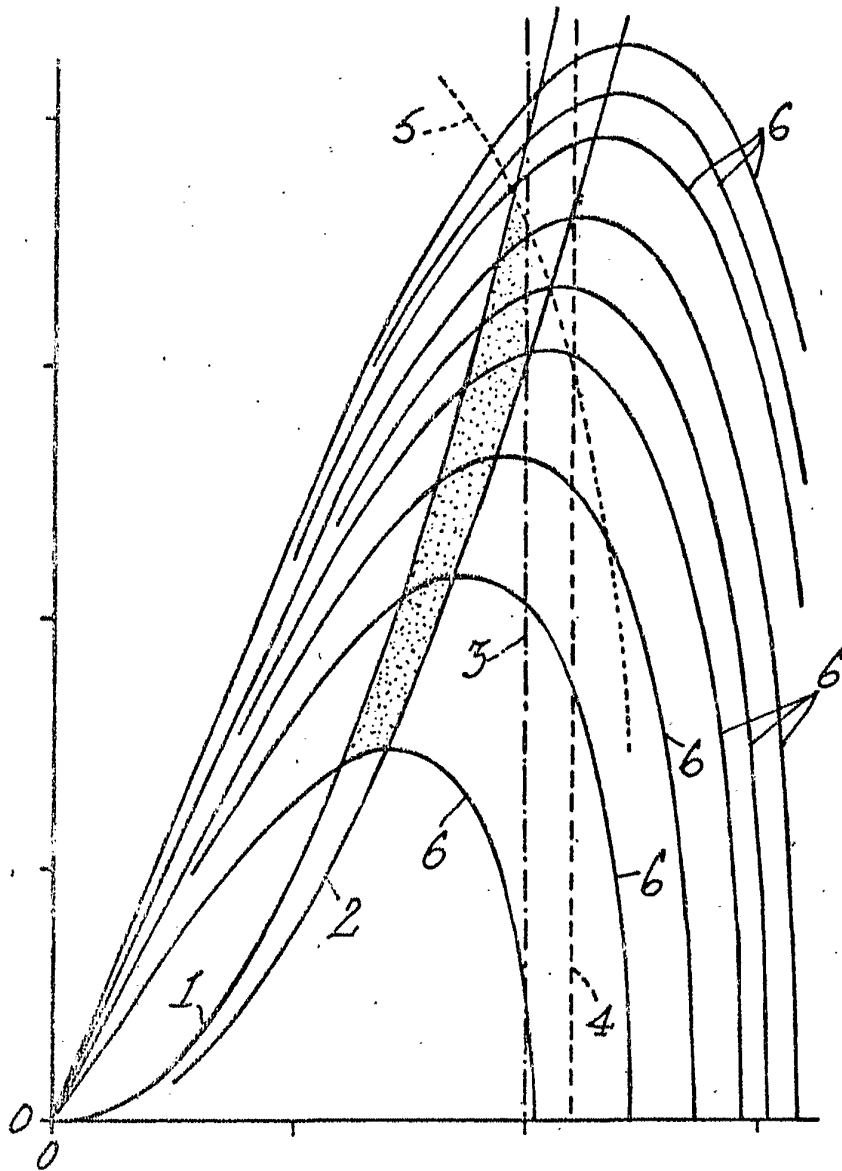
De conformidad en un todo en lo esencial y fines industriales a lo descrito en la precedente memoria descriptiva y gráficamente representado en los adjuntos planos para su mejor comprensión.

Esta memoria consta de VEINTISIETE hojas escritas o mecanografiadas por una sola cara a doble espacio.

Madrid, 24 SET. 1979

Por autorización de la interesada.

23 JUN 1978



MADRID, 23 Junio 1978

Fig. 1.

JOSE LOPEZ CORTES
P. F.



23 JUN 1978

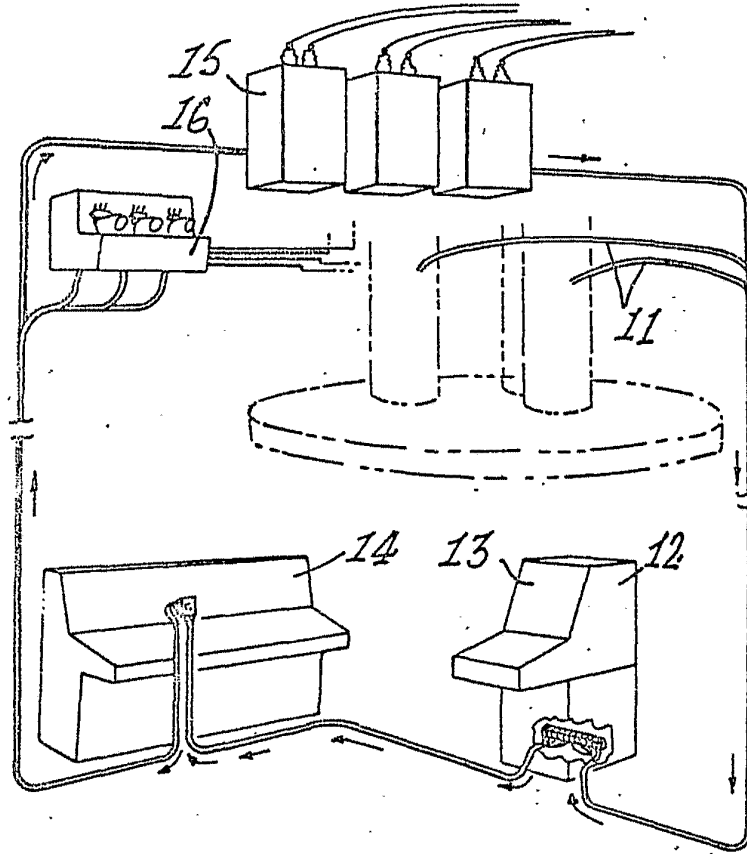


Fig 2.

MADRID, 23 Junio 1978

JOSE LOPEZ CORTES
P.P.

23 JUN 1978

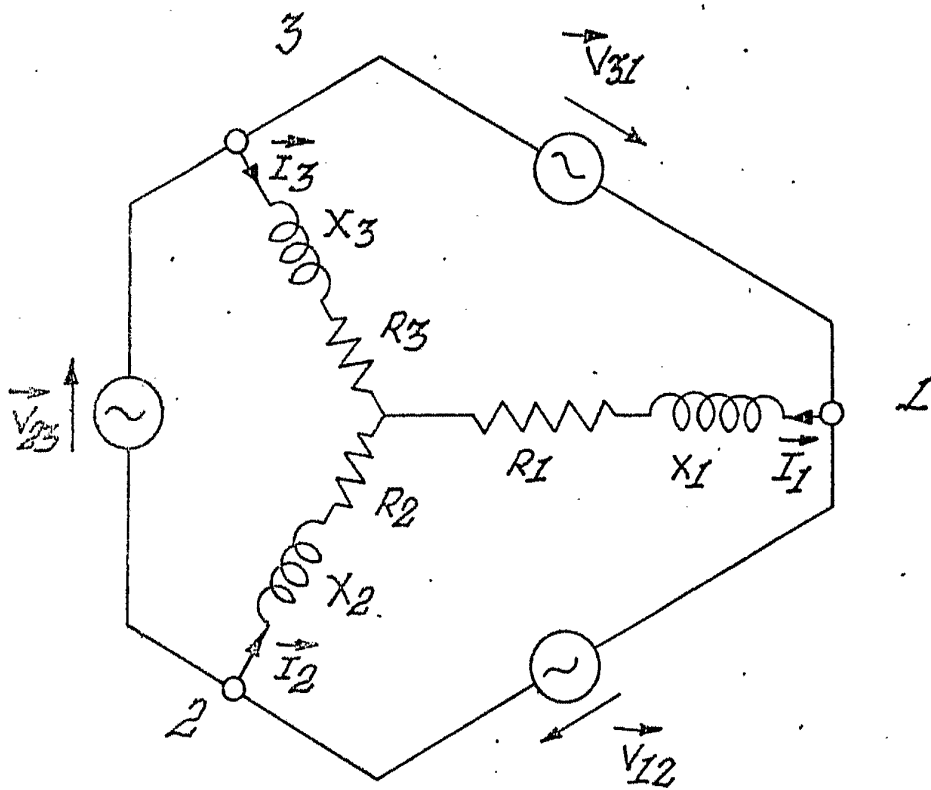


Fig. 3

MADRID, 23 Junio 1978

JOSE LOPEZ CORTES
P. P. V.

23 JUN 1978

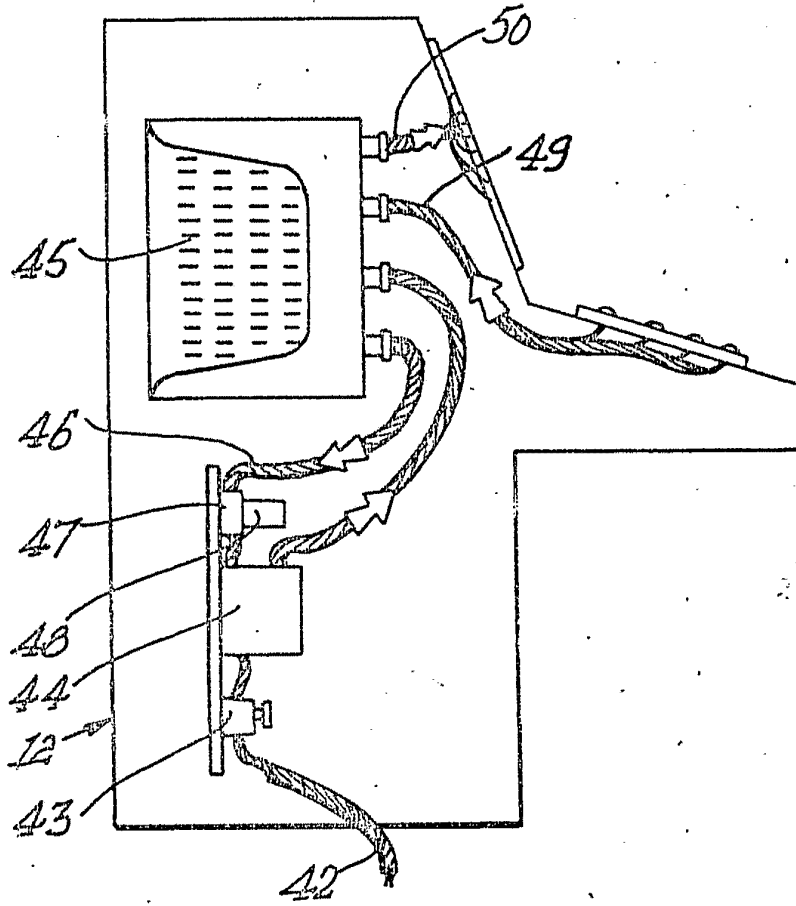
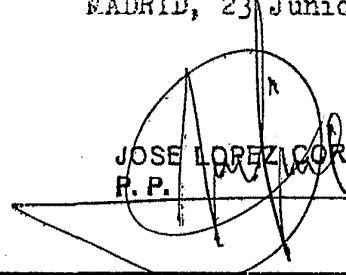


Fig. 4

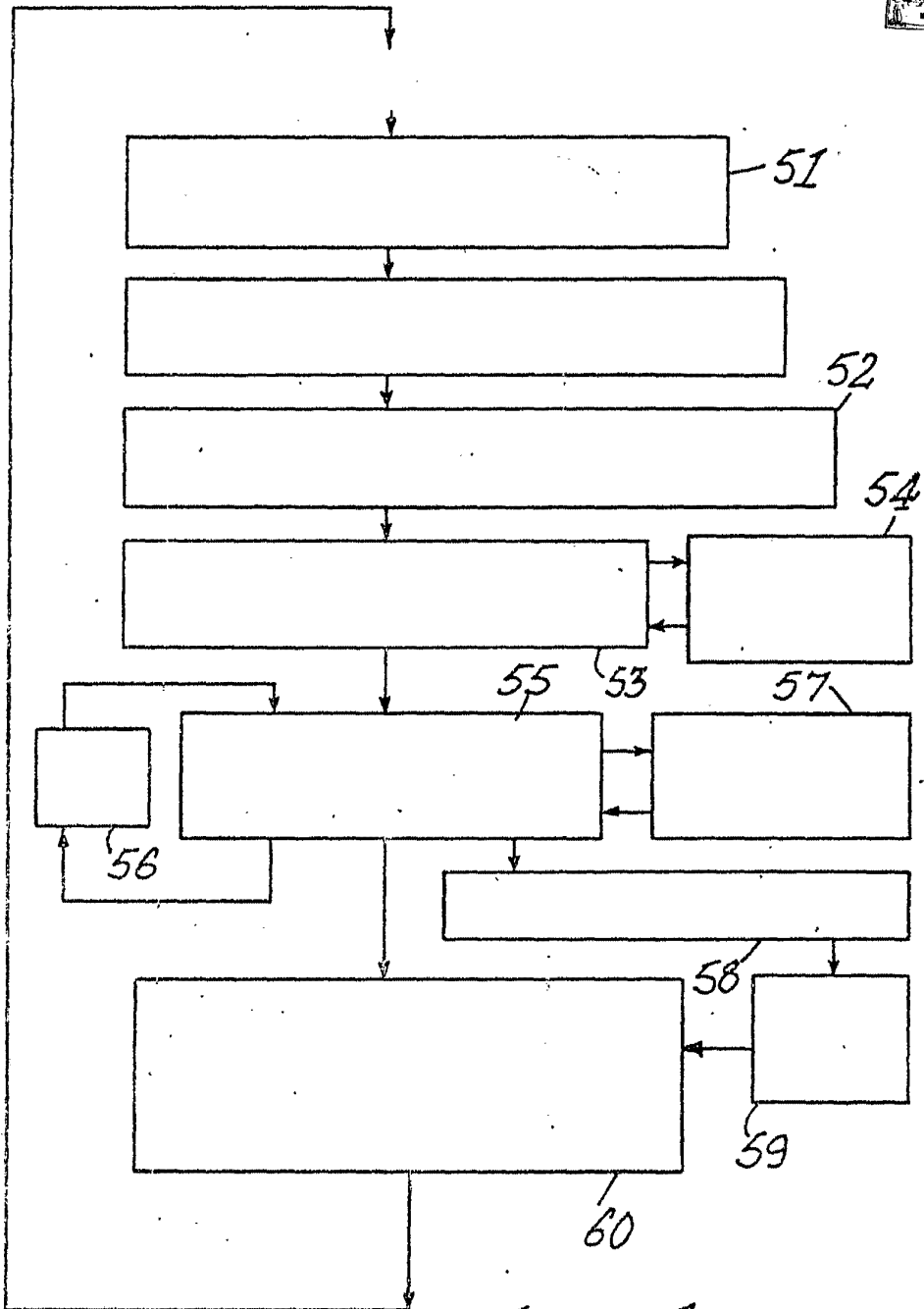
MADRID, 23 Junio 1978

JOSE LOPEZ CORTES
R. P.





23 JUN 1978



Handwritten signature

MADRID, 23 Junio 1978

JOSE LOPEZ CORTES
P.P. *[Signature]*