

ANEXO A LA SOLICITUD DE  
PATENTE DE INVENCIÓN



1º) Titular: COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

CESSIONARIA de J. G. FOUCADE Y D. A. ESPARZA

2º) Residencia: ~~XXXXXXXXXXXXXXX~~ Capital Federal

Prov.  
Estado

País: Argentina 000

3º) Título de la invención "Equipo para el tratamiento automático de lazos de histéresis en materiales magnéticos".

4º) Reválida de la N°

País:

Adicional a la N°

por 15 años

5º) Ley 17.011. Fecha prioridad:

País:

N°

6º) Agente N°

(Firma)

Para uso de la Dirección Nacional de la Propiedad Industrial

N° de Acta:

253522

N° de Patente:

206400

Fecha de concesión: 23-7-76

Fecha de vencimiento: 23-7-81

Clase:

Arg. 90 C. Int. G 01 d

Carácter: Independiente

N°

País:

Valores fiscales: 181

Acompaña dibujo: Si



M. J. V.



Memoria descriptiva en apoyo de una solicitud de  
invencción definitiva denominada "EQUIPO PARA EL  
TRAZADO AUTOMÁTICO DE LAZOS DE HISTÉRESIS EN MA-  
TERIALES MAGNÉTICOS" que solicita la "Comisión  
Nacional de Energía Atómica" residente en Avda.  
Libertador 8250 de esta Capital Federal, por  
quince (15) años.

AUTORES: J.C. FOURCADE y D. A. EBPARZA.

Esta invención consiste en un aparato para el trazado automático de  
lazos de histéresis de materiales magnéticos, que además permite el regis-  
tro automático de la evolución de los parámetros de cualquier punto del  
lazo de histéresis en función de otras variables. Por ejemplo la tempera-  
tura o la presión que afectan las características magnéticas del material  
y que además también permite trazar en forma automática la evolución de  
cualquier punto del lazo de histéresis cuando se varía la amplitud de la  
excitación magnética alterna de la muestra desde cero hasta la saturación  
magnética de la misma, lo que permite por ejemplo trazar la curva de mag-  
netización de la muestra como el lugar de los extremos de sucesivos lazos  
de histéresis.

La información contenida en la curva o lazo de histéresis de un mate-  
rial magnético es de gran importancia tanto en el campo de la aplicacio-  
nes como en el campo científico.

Es de gran importancia el conocimiento de parámetros del lazo de his-  
téresis como son la inducción de saturación y remanente, el campo coerci-



tivo, el área encerrada y también características cualitativas referentes a la forma del lazo (lazo cuadrado, lazo isopérmico, lazo perminvar, etc.)

Los métodos habituales de trazado de lazos de histéresis presentan algunas dificultades. El método que emplea un galvanómetro balístico, para el trazado del lazo de histéresis de un material magnético, es lento y engorroso. El método dinámico que emplea un osciloscopio es impreciso debido, por un lado, al osciloscopio en sí, y por otro lado, al sistema fotográfico que introduce deformaciones. La observación directa es más imperfecta aún.

El método dinámico de muy baja frecuencia que emplea un registrador, tiene el inconveniente de los corrimientos de la componente de corriente continua, característicos de los integradores de constante de tiempo largo. Estos corrimientos afectan la repetibilidad. Además el devanado secundario de la muestra requiere un enorme número de vueltas.

Algunos aparatos descritos en la literatura y/o provistos en forma comercial, tratan de salvar algunas de las dificultades arriba indicadas pero adolecen de otras.

Así, D.J. Grover (J. Sci. Inst. 43, 10, 716, 1964) describe un sistema dinámico que emplea muestras periódicas para requerir calibración previa y su manejo es complicado, como así también de laboriosa realización.

H. Storm (Magnetic Amplifiers, P. 58 Wiley & Sons 1955) describe otro equipo para el trazado de lazos dinámico por medio de rectificadores a contactos sincrónicos que adolecen de severas limitaciones de frecuencia, la toma de datos es punto a punto y su realización electromecánica limita su sensibilidad y confiabilidad.



G.H. Verilu, P. Haba y M. Haba, Hulet, Inst. Polit. Din Iasi, (Tomel XVIII (XVII) fasc. 1, 2 pp. 49, 1972) describe un método que requiere toma de datos punto a punto y además trabaja a la frecuencia de la línea de 50 Hz. La Compañía Americana HEWLETT PACKARD ofrece comercialmente un equipo que utiliza transductores especiales para la medición de la inducción y el campo, es de gran complejidad y requiere accesorios adicionales para hacer el trabajo en forma automática.

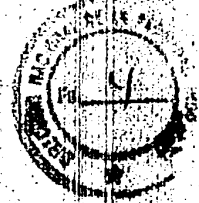
A.Y. English (Rev. Sci. Instr. 39, p 1346-48) describe un aparato que tan solo permite la obtención de algunos parámetros del lazo de histéresis, y a frecuencia de la línea de 50 Hz.

H. Fay (Rev. Sci. Instr. 43, p 1274, 1972) presenta un método bastante elaborado, especial para muestras no toroidales, (que no forman circuito magnético cerrado) pero adolece del inconveniente de la limitación de precisión propia del método de osciloscopio y también trabaja a frecuencia de la línea de 50 Hz.

El aparato, motivo de la presente invención, conjuga las ventajas de los equipos anteriormente mencionados y agrega otras propias, pero, lo que es aún más importante reduce al mínimo las dificultades de los equipos anteriormente indicados, es de gran sencillez de construcción, no involucra elementos ni ajustes críticos y es de bajo costo.

La presente memoria describe un sistema que posibilita el trazado en forma inmediata y automática de lazos de histéresis de materiales magnéticos, con alta precisión, directamente en un registrador X-Y.

En el sistema motivo de la presente invención la muestra magnética es excitada con un campo magnético alterno, generado por ejemplo por



media de una bobina que rodea la muestra o bien con un yugo apropiado.

El circuito de la muestra debe contener 3 bobinados, uno de ellos para captar el flujo magnético alterno dentro de la muestra, la otra bobina para captar el campo magnético alterno aplicado a la muestra, y la tercera para generar el campo magnético alterno que excita la muestra.

La bobina de captación del campo magnético alterno aplicado puede estar incluida en el circuito magnético de la muestra, por ejemplo como una bobina externa y paralela a una muestra larga, o bien en el circuito eléctrico por ejemplo como una inductancia mutua cuyo devanado primario está en serie con la bobina de excitación.

La frecuencia del campo magnético que excita la muestra puede ser elegida arbitrariamente y las únicas limitaciones son las del circuito de la muestra. Pueden usarse sin dificultad excitaciones de unos pocos Hertz hasta las centenas de Kilohertz.

Aún cuando la frecuencia de la excitación magnética alterna de la muestra es elevada la que excluye toda posibilidad de registro gráfico directo con un registrador, el sistema esencial propuesto, motivo de la presente invención, explora el lazo de histéresis a velocidad muy lenta y permite que el registrador lo trace con gran precisión.

La exploración o trazado del lazo de histéresis se realiza haciendo variar un parámetro que guarda relación unívoca con cada punto del lazo de histéresis de forma tal que a cada valor del parámetro aparezcan a las sellos ténipnes estacionarias que representan el campo magnético y la inducción correspondientes a un punto del lazo de histéresis. El parámetro variable es el tiempo transcurrido entre el comienzo de cada



ciclo de la excitación magnética y un instante genérico  $t_1$ . Las tensiones estacionarias de salida se generan por un muestreo periódico referido al instante  $t_1$ .

El parámetro  $t_1$  puede ser variado automáticamente en forma continua y a velocidad muy lenta o bien puede ser fijado en un valor determinado para estudiar algún punto en particular del lazo de histéresis.

Si se fija  $t_1$  en un dado valor, o lo que es lo mismo se detiene la exploración del lazo en un punto dado y se varía la amplitud de la excitación magnética alterna se habrá trazado en el registrador y la curva que representa la evolución de los parámetros de ese punto del lazo en función de la amplitud de la excitación magnética alterna.

En el tratamiento matemático (en el cual se basa el desarrollo del aparato), la idea física es que cuando se tiene una derivada temporal de una función periódica,  $dy(t)/dt$ , y se imponen las siguientes condiciones:

a) La función  $Y(t)$  es periódica y no tiene armónicas de orden cero y/o pares.

b) La derivada temporal  $dy(t)/dt$  se hace artificialmente nula (sin afectar la función  $Y(x)$ ) fuera del intervalo de tiempo comprendido entre  $(t_1 - T/2)$  y  $t_1$  en forma periódica.

Se verifica que:

$$Y(t_1 - T/2) = Y(t = t_1) \quad (1)$$

Si integrado durante un periodo, se tiene que:



$$\frac{1}{T} \int_0^T \frac{dy(t)}{dt} dt = \frac{1}{T} \int_{t_1 - T/2}^{t_1} \frac{dy(t)}{dt} dt = \frac{2}{T} y(t_1) \quad (2)$$

De esta manera se concluye que la integral durante un período de una derivada temporal que cumple con las condiciones impuestas, es proporcional a la función en el instante  $t_1$ .

La figura 1 describe esquemáticamente un ejemplo de muestra (1) y el circuito eléctrico y magnético asociado. Por la entrada (5) se lo alimenta con una corriente senoidal. El campo magnético tiene longitud " $l$ " y sección " $S$ ". Los arrollamientos primario (2) y secundario (3) tienen  $N_p$  y  $N_g$  vueltas respectivamente. El transformador con núcleo de aire e inductancia mutua " $M$ " (4) conforma la bobina de captación del campo magnético alterno, y permite obtener, a su salida (6), una señal proporcional a la derivada temporal del campo magnético cuyo valor es:

$$e_h = \frac{M \cdot l}{N_p} \frac{dH(t)}{dt} \quad (3)$$

A la salida (7) del secundario de la muestra aparece una tensión:

$$e_b = N_g \cdot S \cdot \frac{dB(t)}{dt} \quad (4)$$

Si se realiza la integración en las condiciones arriba mencionadas se tiene para el campo magnético:

$$E_H = \frac{2 \cdot M \cdot l}{T \cdot N_p} H(t_1) \quad (5)$$

y para la inducción:



$$E_B = \frac{2 \cdot B \cdot N_B}{r} \cdot a(t_1)$$

Un ejemplo de la reacción del aparato es el diagrama en bloque que está desarrollado en la figura 2.

El generador oscilador (1) excita al Amplificador de Poder (2) cuya salida puede variarse a voluntad para ajustar el nivel de excitación máxima de acuerdo a las características de la muestra y devanado adoptado o bien variarse en forma continua para variar la excitación desde cero hasta la saturación.

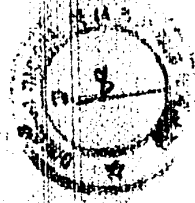
Los atenuadores (3) permiten ajustar el nivel de las señales en forma calibrada.

La integración se realiza para ambas señales en los circuitos compuerta-promediador (4).

La exploración del ciclo se realiza variando el parámetro  $t_1$ , actuando sobre el deflector variable (5) que consta de tres celdas del tipo módulo constante conectadas en cascada y comandadas en tandem por un generador de rampa (6) y que llegue a unos 500% de desplazamiento. El generador de pulsos de duración  $T/2$  (7) consta de un amplificador separador y una etapa del tipo comparador operacional de cruce por cero.

Los ejes de referencia  $H = 0$  y  $B = 0$  se trazan repitiendo el ciclo con la llave (8) y luego la llave (9) anulando las respectivas entradas a los compuertas.

La integración necesaria se efectúa por ejemplo con un circuito compuerta-promediador como el que está esquematizado en la figura 3. Las



compuertas realizadas con transistores de efecto de campo de juntura (JFET) (1) bloquean las señales durante  $1/2$  período a partir del instante  $t_1$  (detección coherente) lo que materializa la condición (b), el primario está construido alrededor de un C.I. '741 standard (2) con JFET's (3) a la entrada.

El resistor  $R_2$  (4) junto con el capacitor C (5) forman la red de realimentación del primario. La ganancia de corriente continua a la salida (7) en estado estacionario, está determinada por el cociente entre la resistencia de realimentación  $R_2$  (4) y las resistencias de entrada  $R_1$  (6).

El potenciómetro (8) es para el ajuste de cero. Los pulsos de duración  $T/2$  que habilitan o inhabilitan la compuerta actúan sobre la entrada (9).

En el estado estacionario el circuito descripto introduce una ganancia de tensión  $R_2/R_1$ , con lo cual las ecuaciones (5) y (6) quedan:

$$E_H = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{2 \cdot M \cdot l}{T \cdot N_B} H(T_1) \quad \text{y} \quad E_B = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{2 \cdot S \cdot N_B}{T} B(t_1)$$

El aparato es de muy fácil manejo, siendo necesario solamente seleccionar la excursión máxima de la excitación deseada y accionar el control de los defasadores para trazar el lazo.

Una demostración de estabilidad y repetibilidad del sistema es que no se nota engrosamiento del trazo en la parte de la curva que se superpone debido a la excursión mayor de  $360^\circ$  del defasador.

Como la excursión máxima de la excitación se conoce con exactitud

no es necesaria la aplicación de la ecuación (4) y por lo tanto no es crítico el transformador con núcleo de aire ni es necesario conocer la inductancia mutua "M".

La novedad de la presente invención consiste:

1º) La aplicación de la detección coherente efectuada por medio de compuertas electrónicas para obtener las señales analógicas estacionarias que representan los parámetros del lazo de histéresis lo que brinda las siguientes ventajas: La construcción y el ajuste no son críticos, el equipo es de gran sencillez y bajo costo, su manejo es muy fácil, su método de medición es absoluto, es decir no se requiere hacer una calibración previa a la medición, su sensibilidad muy elevada permite usar un pequeño número de vueltas en el devanado de la muestra, permite usar muestras de menos de un gramo de peso y también permite trazar los lazos menores con muy bajas excitaciones sobre las cuales pueden evaluarse por ejemplo los parámetros de la ecuación de Rayleigh, también su operación que es automática simplifica el empleo y asegura una exploración uniforme.

2º) La aplicación de una bobina auxiliar para captar el campo magnético conjuntamente con el sistema de detección coherente, lo que permite por un lado procesar las señales que representan el campo magnético aplicado y el flujo magnético inducido en la muestra en forma simultánea en circuitos iguales y con una única señal de comando de las compuertas electrónicas y por el otro

permite captar el campo magnético alterno aplicado en una bobina de captación en el caso de que la muestra magnética no configure un circuito magnético cerrado.

- 3º) El empleo de un registrador X-Y para trazar el lazo de histéresis del material magnético brinda las siguientes ventajas: una gran precisión en el trazado del lazo y la disponibilidad de este en forma inmediata sin recurrir a procesos fotográficos o al trazado a mano de los puntos de la curva de histéresis, una gran sencillez en el manejo y además el trazado automático de los ejes de referencia.

En cuanto a la novedad en las aplicaciones la presente invención se destaca por:

- 1º) Detener la exploración en cualquier punto de interés de la curva de histéresis para estudiar la evolución de los parámetros de ese punto de la curva en función de otras variables que modifican las características magnéticas del material de la muestra como por ejemplo, temperatura, presión, etc.

- 2º) Variar la amplitud de la excitación magnética alterna independientemente de las demás condiciones, lo que permite por ejemplo, trazar la curva de magnetización dinámica del material magnético de la muestra deteniendo la exploración de la curva de histéresis en uno de los puntos extremos y variando la amplitud de la excitación magnética alterna gradualmente o bien



por ejemplo trazar una familia de curvas de histéresis a distintas amplitudes de excitación magnética y de los parámetros constantes.



## REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descrito y determinado la naturaleza del presente invento y la forma en que el mismo puede ser llevado a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y derecho exclusivo:

1.- Un equipo para el trazado automático de lazos de histéresis en materiales magnéticos caracterizado por un generador de corriente alterna cuya salida se conecta a un amplificador de potencia que alimenta una bobina de excitación sobre la muestra bajo estudio conectada en serie con el devanado primario de un transformador encontrándose sobre dicha muestra una segunda bobina captadora del flujo magnético alterno dentro de la misma capaz de ser conectada su salida a través de una primera llave selectora a un primer atenuador el que se encuentra conectado a una primera compuerta promediadora; dicho generador de corriente alterna conectado por otro lado con un defasador variable comandado por un generador de rampa, la salida de dicho defasador conectado a un generador de pulsos cuya salida se vincula a dicha primer compuerta promediadora y a una segunda compuerta promediadora, encontrándose esta segunda compuerta promediadora alimentada por el bobinado secundario del nombrado transformador a través de un segundo atenuador y de una segunda llave selectora; las salidas de dichas compuertas promediadoras conectadas a un registrador x-y.

*Yuan e foma*  
*[Signature]*



2.- Un equipo de acuerdo con lo reivindicado en 1. caracterizado además porque su generador de corriente alterna es de frecuencia variable.

3.- Un equipo de acuerdo con lo reivindicado en 1. y 2. caracterizado además porque su generador de corriente alterna puede ajustarse desde corriente nula hasta la corriente correspondiente al máximo de excitación magnética deseada en la muestra.

4.- Un equipo de acuerdo con lo reivindicado en 1. caracterizado además porque su defasador se compone de celdas defasadoras del tipo de módulo constante conectadas en cascada.

5.- Un equipo de acuerdo a lo reivindicado en 1. y 4. caracterizado además porque el generador de rampa es capaz de producir en el defasador un defasaje variable en forma continua y progresiva con el tiempo en forma automática con el rango de 0 a 2 radianes.

6.- Un equipo de acuerdo a lo reivindicado en 1., 4. y 5. caracterizado además porque el generador de rampa es capaz de producir cualquier ángulo de fase en el defasador en el rango de 0 a 2 radianes y mantenerlo fijo.

7.- Un equipo de acuerdo a lo reivindicado en 1. caracterizado además porque sus compuertas promediadoras son electrónicas y están construidas con dispositivos semiconductores.

*Y. M. C. B. C.*

*S/MS*



253522

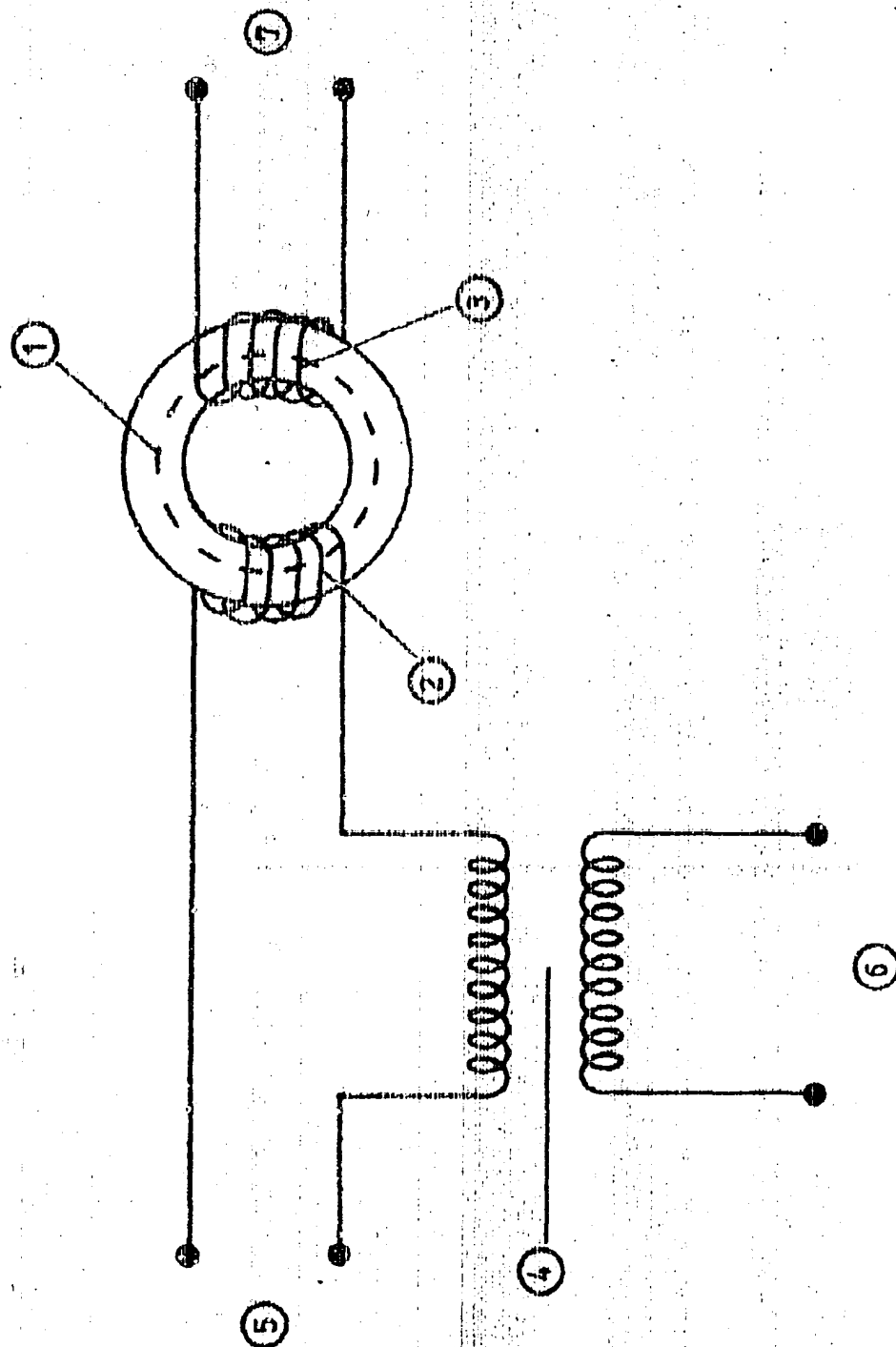


FIGURA 1



253523

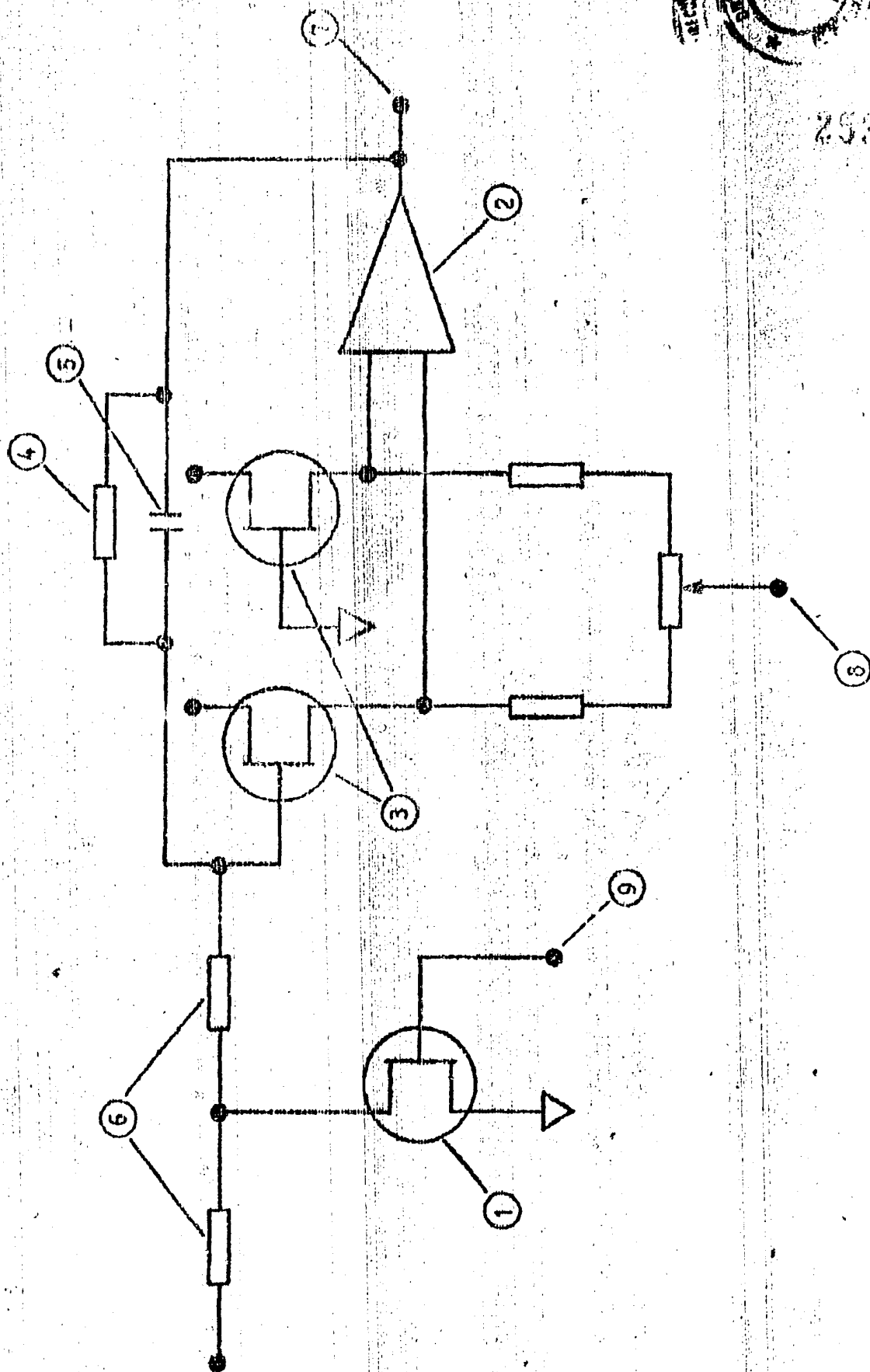


FIGURA 3

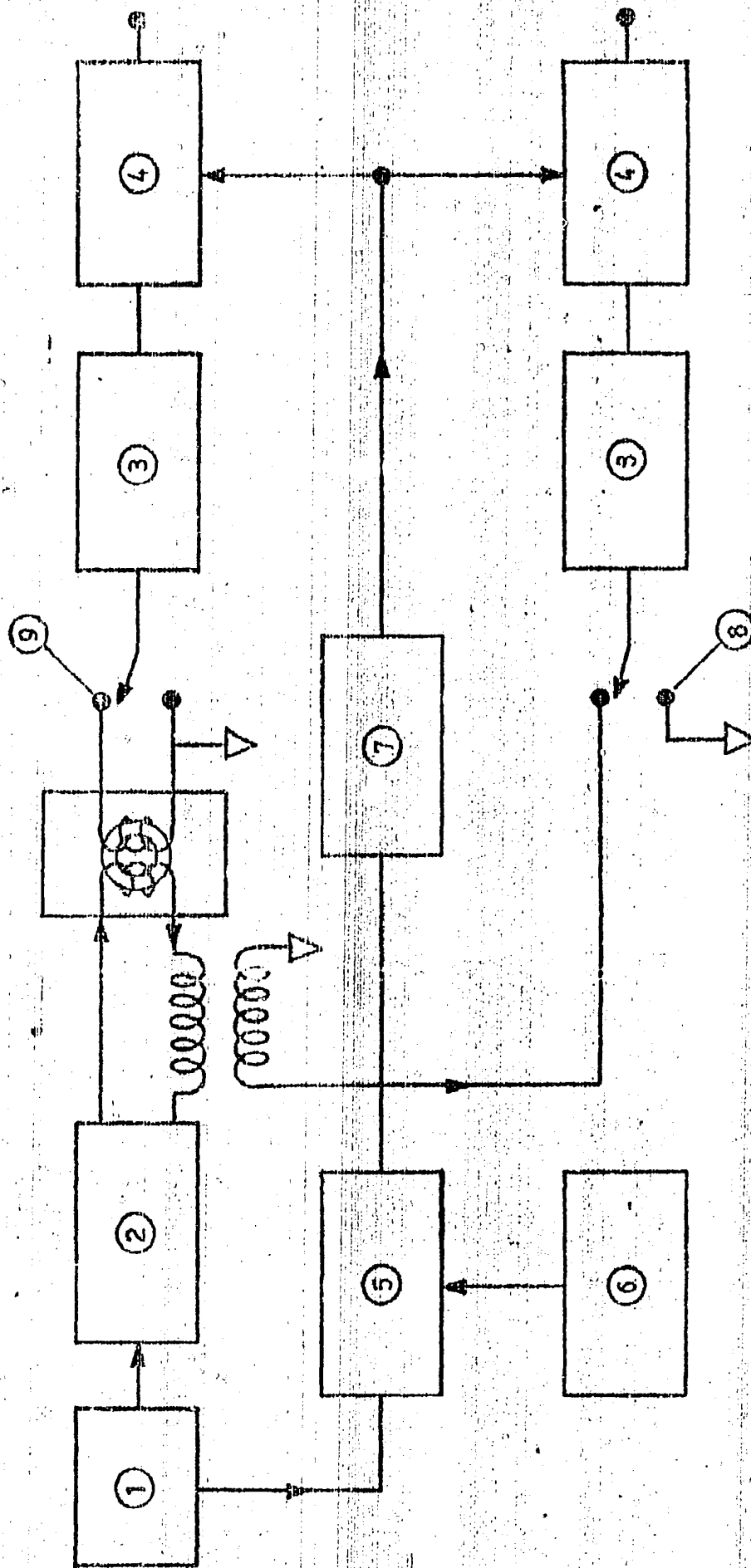


FIGURA 2



BUENOS AIRES, 23 DE JULIO DE 1976.-



VISTO LA SOLICITUD

DEL INTERESADO, ATENTO LA INFORMACION TECNICA PRODUCIDA,  
EXTIENDASE A FAVOR DE COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA,  
DE ESTA CAPITAL, CUSTIONARIA DE J.C. FOURCADE Y D.A. ESPARZA.

PATENTE DE INVENCION POR,  
EQUIPO PARA EL TRAZADO AUTOMATICO DE LAZOS DE HISTERESIS EN  
MATERIALES MAGNETICOS.-

EL TERMINO POR EL QUE

SE ACUERDA ESTA PATENTE EXPIRARA EL 23 DE JULIO DE 1991.-

ARCHIVASE ESTE EXPE-

DIENTE BAJO EL NUMERO 206.400.-

*E. Monzón*  
EMILIO MONZON VO  
A/C DIV. TECNICA

*aj*  
AGR. ARMANDO RUILOPEZ  
JEFE OPTO. PATENTES