



Int. Cl.: G 0 6 G

4 0 5 6 2 7

MEMORIA DESCRIPTIVA.
=====

4 0 5 6 2 7

PATENTE DE INVENCION.

P A I S : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE UNA
"MAGNITUD ELECTRICA CORRESPONDIENTE A LA
"ENTALPIA ESPECIFICA DEL VAPOR DE AGUA,
"Y DISPOSICION DE CIRCUITO PARA LA PUES-
"TA EN PRACTICA DEL PROCEDIMIENTO".

=====

A nombre de : SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT.

Residente en : BERLIN y MUNICH (Alemania).
München 2, y Wittelsbacherplatz, 2.

Nacionalidad : ALEMANA.



El invento se refiere a un procedimiento para la obtención de una magnitud eléctrica correspondiente a la entalpía específica del vapor de agua, y a una disposición de circuito para la puesta en práctica del procedimiento.

- 5.- En procesos térmicos se puede hacer frecuentemente a base del conocimiento de la entalpía una exposición sobre el curso del proceso más terminante que lo que es posible al utilizarse tan solo las magnitudes presión y temperatura, tal como es usual hasta ahora. Las tres magnitudes de estado presión, temperatura y entalpía, están en una relación recíproca que difiere mucho de la lineal. Especialmente en las regulaciones de calderas es la entalpía "i" muy apropiada como magnitud auxiliar para hacerse cargo rápidamente de perturbaciones del caldeo, puesto que la entalpía
- 10.- "i" es una medida inequívoca para la relación entre la potencia de caldeo y la cantidad de paso de aguas de alimentación. La entalpía "i" no ha sido utilizada hasta ahora como magnitud de medida o de regulación auxiliar, debido a que
- 15.- su conversión en una magnitud eléctrica con la exactitud necesaria para problemas de regulación en un campo amplio era considerada como demasiado difícil, a no ser con un lujo de aparatos prohibitivo.
- 20.-

Valores de la entalpía del agua o respectivamente del vapor de agua determinados empíricamente en función de la

25.- temperatura y de la presión, han sido recopilados en forma



de tablas (por ejemplo, "VDI-Dampftafeln) y representados gráficamente en los llamados diagramas "i,t" (véase la figura 1).

30.- Es conocido asimismo el representar la entalpía del vapor de agua en forma algebraica, como función de la presión y la temperatura en la llamada ecuación de estado de Koch.

35.- Existe por consiguiente el problema de indicar un procedimiento por el que la entalpía del vapor de agua pueda ser reproducida electricamente en una gama relativamente ancha, empleando para ello medios sencillos y con una exactitud suficiente para fines de regulación.

La gama que interesa está delimitada aproximadamente de la manera siguiente:

$$\begin{array}{rcl}
 50 \text{ atm} & \leq & p \leq 300 \text{ atm} \\
 250^{\circ} \text{ C} & \leq & t \leq 450^{\circ} \text{ C} \\
 600 \text{ kcal/kg} & \leq & i \leq 750 \text{ kcal/kg}
 \end{array}$$

40.-

Este campo de trabajo ha sido registrado en la figura 1 en el diagrama "i,t".

45.- Como solución del problema se considera un procedimiento del tipo citado al principio, que está caracterizado por el hecho de que las potencias de las magnitudes de estado presión y temperatura del vapor que se presentan en los diversos términos de la ecuación de estado de Koch, son reproducidas a través de transmisores de funciones y relacionadas entre sí conforme a la prescripción de la ecuación de estado de Koch.

50.- Para reducir el trabajo de cálculo, se desprecian en la reproducción los términos de la ecuación de estado de Koch que en cada caso tienen una influencia débil en determinados intervalos de presión-temperatura. Se ha comprobado 55.-



asimismo que la ecuación de estado de Koch

$$i = i_0 - 3,82 A \frac{P}{\left(\frac{T}{100^{\circ}K}\right)^{2,82}} - P^3 \left[\frac{5B}{\left(\frac{T}{100^{\circ}K}\right)^{14}} + \frac{32,6 \cdot C}{3\left(\frac{T}{100^{\circ}K}\right)^{31,6}} \right] \quad (1)$$

puede ser reproducida especialmente bien, sin proporcionar

60.- resultados menos exactos que formas de representación más complicadas. El último término

$$\frac{32,6 \cdot C}{3\left(\frac{T}{100^{\circ}K}\right)^{31,6}}$$

65.- es despreciable.

P es a este particular la presión en kp/m^2 , y T la temperatura en $^{\circ}K$.

A, B y C son constantes afectadas de dimensión; i_0 es una magnitud dependiente tan solo de la temperatura:

$$70.- \quad i_0 = (0,495 \cdot t/^{\circ}C + 585,5) \text{ kcal/kg} \quad (2)$$

Tal como se desprende de la ecuación, es preciso tratar potencias altas, en especial de la temperatura.

En la reproducción exacta de la ecuación de estado de Koch se producen en el campo de trabajo errores de aproxima-

75.- ción de hasta 16 kcal/kg con relación a los valores de las tablas que deben ser considerados como correctos.

La magnitud eléctrica de partida obtenida en el procedimiento conforme al invento, se corrige por lo tanto con ayuda de un circuito de corrección, para lo cual en un pri-

80.- mer paso se ajusta de tal modo el transmisor de función de la tercera potencia de la presión de tal modo, que en una

temperatura determinada aparece una magnitud exacta de salida, que se corresponde con el valor indicado en las tablas de vapor del VDI, mientras que en un segundo paso se

85.- calcula, a partir de un valor límite de corrección, una fun-

405627



- 5 -

ción de corrección $f(i, t)$ para cada curva de la familia de curvas del diagrama "i, t", funciones cuyos valores se restan de la magnitud eléctrica de partida calculada de acuerdo con la ecuación de estado de Koch, con objeto de que los valores calculados se aproximen mejor a los valores de las tablas, determinados empíricamente. Dentro del campo de trabajo se pueden reducir así los errores de aproximación a ≤ 2 kcal/kg.

Existe la posibilidad de reproducir la ecuación de estado de Koch según (1) en su forma reducida, indicada más arriba, tanto en una calculadora digital, como también en un circuito de cálculo analógico, al igual que también las correcciones. Para con un gasto mínimo poder crear una posibilidad de empleo lo más amplia posible, la representación de la ecuación de estado de Koch más arriba citada se elige en forma analógica. El cociente $P^3 \cdot \left(\frac{1}{T^{14}}\right)$, en cambio, no puede ser representado con la exactitud necesaria para los valores de P y T situados en el campo de trabajo, si se emplea la técnica de aparatos con unidades multiplicadoras normalizadas usuales.

La ecuación de estado de Koch se transforma por lo tanto en una forma más favorable para la reproducción analógica.

$$i = i_0(t) - A' \cdot p (1/t^{2,82}) - \exp(\ln B' + 3 \cdot \ln p - 14 \cdot \ln t) \quad (3)$$

p y t son a este particular magnitudes normalizadas, sin dimensión, de la presión P y de la temperatura T, y A' y B' son constantes. En el circuito de cálculo analógico se representan todos los valores como tensiones y corrientes. La disposición de circuito para la puesta en práctica del procedimiento se puede montar de manera relativamente sencilla a



base de unidades analógicas normalizadas, tales como transmisores de funciones, unidades multiplicadoras normalizadas y amplificadores. Mediante los transmisores de funciones, realizados como calculadores analógicos de trazos de curvas, de la manera en sí conocida, se pueden reproducir sin dificultad las diversas curvas de las funciones potenciales y exponenciales.

120.- Como ejemplo de realización para una de estas disposiciones de circuito analógico destinado a calcular la entalpía "i" a base de la presión p y de la temperatura t, se ha indicado en la figura 2 un esquema de conexiones.

130.- La línea 1 conduce una tensión proporcional a la temperatura t, y la línea 2, una tensión proporcional a la presión p. A la línea 1 está conectado con su entrada un primer transmisor de funciones FG1, cuya magnitud de salida representa la función $E(t) = 14 \cdot \ln t$. La entrada de un segundo transmisor de funciones FG2 está unida a la línea 2; en su salida aparece una tensión que corresponde a la función $F(p) = \text{const} + 3 \ln p = \ln B' + 3 \ln p$. Las dos funciones

135.- $E(t)$ y $F(p)$ se combinan en el amplificador de adición V1 de acuerdo con la prescripción de cálculo de la fórmula (3), donde aparecen en el tercer sumando. En el tercer transmisor de funciones FG3, siguiente al primer amplificador de adición V1, se forma una función $G(p,t) = \exp \cdot [F(p) - E(t)]$

140.- y se alimenta a la entrada primera de un segundo amplificador de adición V2, dotado de cuatro entradas. Un cuarto transmisor de funciones FG4 está conectado con su entrada asimismo a la línea 1, por la que pasa una tensión correspondiente a la temperatura t. En el transmisor de funciones FG4 se forma

145.- la función $D(t) = t^{-2,82}$, que es alimentada a una unidad



multiplicadora normalizada M.

- En la unidad multiplicadora normalizada M se forma el producto de la función $D(t)$ por la presión p , que es alimentado como segundo sumando a la segunda entrada del segundo
- 150.- amplificador de adición V2. Como primer sumando de la ecuación (3) hay que representar todavía la parte casi lineal i_0 . Tal como ya se ha indicado anteriormente (véase (2)), se puede representar $i_0(t)$ como la suma $\text{const} + \text{const} \cdot t$. Correspondientemente se alimenta a la tercera entrada del
- 155.- segundo amplificador de adición V2 la temperatura t relacionada con un factor constante γ , a través de la línea 3, una tensión constante a la cuarta entrada. En la salida 4 del segundo amplificador de adición se presenta por consiguiente una magnitud de salida correspondiente a la entalpía es-
- 160.- pecífica "i", calculada de acuerdo con la ecuación de estado de Koch.

- En la figura 3 ha sido representada otra disposición de circuito, simplificada con respecto a la mostrada en la figura 2. En lugar del cuarto transmisor de funciones FG4
- 165.- que reproduce la función $D(t) = t^{-2,82}$, se dispone un tercer amplificador de adición V3, a una de cuyas entradas está conectada la tensión correspondiente a la temperatura t , mientras que a su otra entrada está conectada una tensión constante. La función recíproca $1/D(t) = t^{2,82}$ puede
- 170.- por lo tanto ser reproducida en el campo que interesa de forma aproximada por una recta de la forma $\text{cons} + \text{cons} \cdot t$. Para obtener el cociente $p/t^{2,82}$, preciso para calcular la ecuación de estado de Koch, se halla la salida del amplificador de adición V3 unida con la unidad divisora normaliza-
- 175.- da Q, a cuya entrada computadora se conecta la magnitud p .



Las demás partes del circuito se corresponden con las mostradas en la figura 2, y asimismo los signos de referencia.

- La generación de las constantes A', B' que aparecen todavía en la ecuación (3), o respectivamente de otras constantes que resultan en la normalización de esta ecuación y que están unidas en forma multiplicadora con las diversas magnitudes, no ha sido representada por separado en las diversas magnitudes, no ha sido representada por separado en las disposiciones de circuitos conforme a la figura 2 y a la figura 3, en cuanto que no son necesarias para la comprensión del circuito de cálculo.
- 180.-
 - 185.-

- Tal como ha sido explicado ya anteriormente, los valores calculados con ayuda de la ecuación de estado de Koch pueden presentar con respecto a los valores de las tablas divergencia de hasta 16 kcal/kg, se ha previsto asimismo que el valor "i" de la entalpía obtenido con ayuda de los circuitos de cálculo conforme a la figura 2 ó a la figura 3 sea corregido, con el fin de reducir errores de aproximación.
- 190.-
 - 195.-
 - 200.-
 - 205.-



de aproximación es inferior a 2 kcal/kg.

También aquí es posible simplificar el transmisor de funciones FG5, para lo cual se le alimentan ahora ya tan solo las magnitudes de entrada "i" y t. La corrección precisa a través de la variable p puede practicarse ya en el transmisor de funciones FG2.

En la figura 5 se ha representado el curso de la función $F(t) = \ln B' + 3 \ln p$. Mediante el ajuste correspondiente del transmisor de funciones FG2, se puede corregir la divergencia que se produce en presiones más altas. En la figura 5 se ha representado el extremo superior de la curva de la función una vez para una función sin corregir, y otra vez para una función corregida. Con ello se ha llevado a cabo el primer paso de la corrección precisa; una segunda corrección puede ser practicada mediante un giro de coordenadas de la familia de curvas "i" reproducidas en la zona de por debajo de una línea límite de corrección dada y en la que la diferencia entre el valor calculado y el de las tablas sobrepasa un valor determinado.

Para representar a manera de circuito un giro de coordenadas existen diversas posibilidades conocidas, sobre las que no se entra aquí en más detalle.

Las disposiciones de circuito mostradas pueden ser montadas de manera relativamente fácil a base de unidades analógicas normalizadas, y ajustarse independientemente de la instalación.

N O T A.-
=====

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:



19.- Un procedimiento para la obtención de una magnitud eléctrica correspondiente a la entalpía específica del vapor de agua, caracterizado porque las potencias de las magnitudes de estado presión y temperatura del vapor que se
 240.- presentan en los diversos términos de la ecuación de estado de Koch, son reproducidas a través de transmisores de funciones y relacionadas entre sí conforme a la prescripción de la ecuación de estado de Koch.

29.- Un procedimiento se acuerdo con el punto 19, caracterizado porque para la reproducción de la ecuación de estado de Koch con un circuito constituido por unidades analógicas normalizadas, la ecuación de estado de Koch es empleada en la forma de

$$i = i_0(t) - A' \cdot p \cdot t^{-2,82} - \exp(\ln B' + 3 \cdot \ln p - 14 \cdot \ln t),$$

250.-

sustituyéndose las variables presión p y temperatura t por magnitudes sin dimensión, normalizadas.

39.- Un procedimiento de acuerdo con los puntos 19 ó 29, caracterizado porque la magnitud de salida "i" se corrige con ayuda de un circuito de corrección, para lo cual, en un primer paso, la magnitud de salida "i" se iguala a través de los transmisores de funciones existentes, en una línea cualquiera del diagrama "i,t", exactamente a los valores de las tablas, mientras que en un segundo paso se calcula, a partir de un valor límite de corrección predeterminado, una función de corrección para cada curva de la familia de curvas en el diagrama "i,t", funciones cuyos valores se agregan a la magnitud de salida "i" calculada conforme a la ecuación de estado de Koch, en el sentido de una aproximación de los valores de las tablas determinados empíricamente.

255.-

260.-

265.-

Re

405627



mente.

4º.- Una disposición de circuito para la puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con el punto 2º, caracterizada por:

270.- a) un primer transmisor de funciones con la temperatura t como magnitud de entrada y la función $E(t) = 14 \cdot \ln t$ como magnitud de salida;

b) un segundo transmisor de funciones con la presión p como magnitud de entrada y la función $F(p) = \text{cons} + \ln p$

275.- como magnitud de salida;

c) un amplificador de adición para relacionar en forma de adición las funciones $E(t)$ y $F(p)$;

d) un tercer transmisor de funciones siguiente a la salida del amplificador de adición, destinado a formar la fun-

280.- ción $G(p,t) = \text{expo} [F(p) - E(t)]$;

e) un cuarto transmisor de funciones con la temperatura t como magnitud de entrada y la función $D(t) = t^{-2,82}$ como magnitud de salida;

285.- f) una unidad multiplicadora normalizada para formar el producto de la función $D(t)$ por la presión p ;

g) un segundo amplificador de adición con cuatro entradas, estando conectada a la primera entrada la salida del tercer transmisor de funciones con la magnitud $g(p,t)$, a la segunda entrada, la salida de la unidad multiplicadora normalizada

290.- con el producto $p \cdot D(t)$, a la tercera entrada, la temperatura t , y a la cuarta entrada, una tensión constante para formar la relación $i_0 = \text{cons} + \text{cons} \cdot t$, y cuya magnitud de salida se corresponde con la entalpía "i".

5º.- Una disposición de circuito de acuerdo con el punto 4º, caracterizada porque el lugar del cuarto transmisor

295.-



de funciones lo ocupa un tercer amplificador de adición, a cuya entrada están conectadas la temperatura t y una tensión constante, y cuya magnitud de salida es una función $H(t) = \text{const} + \text{const} \cdot t$ correspondiente a una recta, y porque el

300.- lugar de la unidad multiplicadora normalizada lo ocupa una unidad divisora normalizada, destinada a formar un cociente.

62.- Una disposición de circuito para la puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con el punto 32, caracterizada por un quinto transmisor de funciones, cuyas magnitudes

305.- de entrada son la entalpía calculada "i", la temperatura t y la presión p , y cuya magnitud de salida es una función de corrección que se suma a la magnitud calculada, a través de un cuarto amplificador de adición.

72.- "PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE UNA MAGNITUD

310.- ELECTRICA CORRESPONDIENTE A LA ENTALPIA ESPECIFICA DEL VAPOR DE AGUA, Y DISPOSICION DE CIRCUITO PARA LA PUESTA EN PRACTICA DEL PROCEDIMIENTO", todo tal y conforme se describe en la presente Memoria, la cual consta de 314 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, 7 AGO. 1972

Bej

7 AGO. 1972

ESCALA VARIABLE

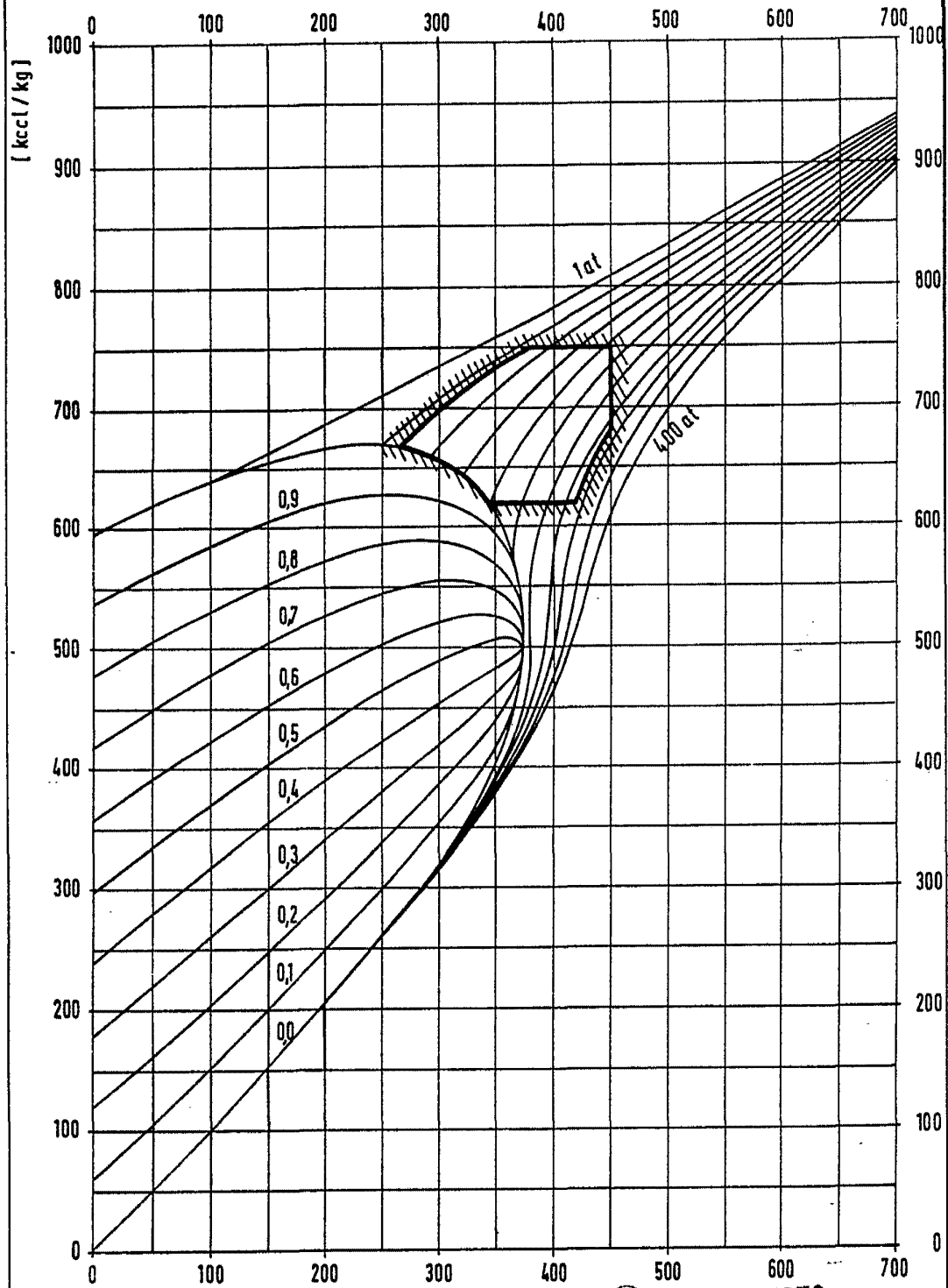


Fig. 1

Madrid, 7 AGO. 1972 $^{\circ}C$



ESCALA VARIABLE.

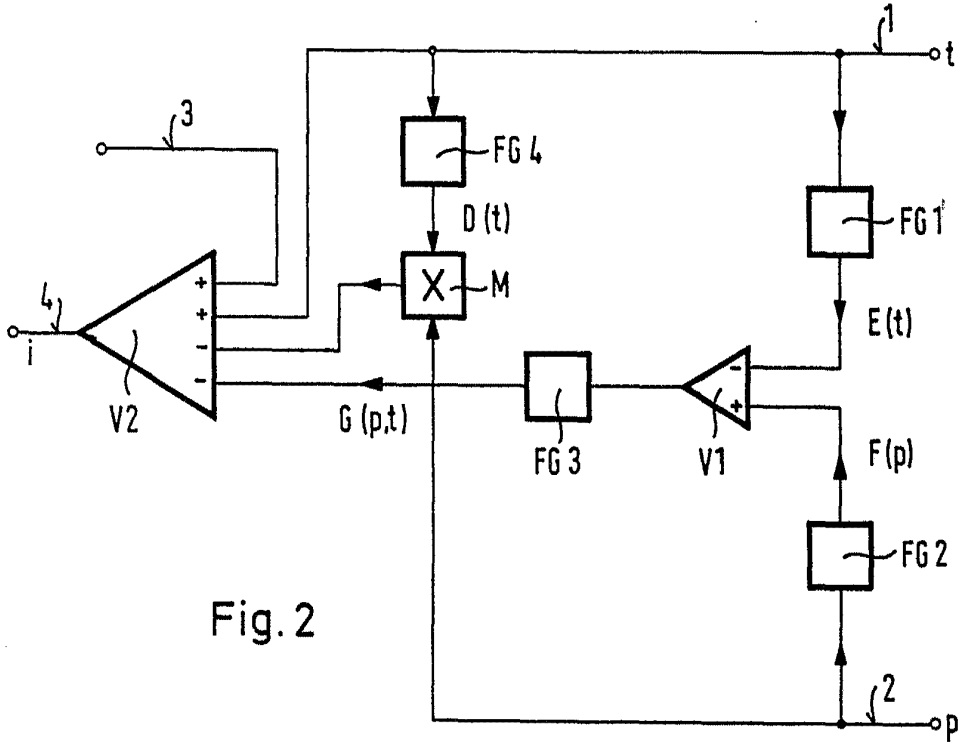


Fig. 2

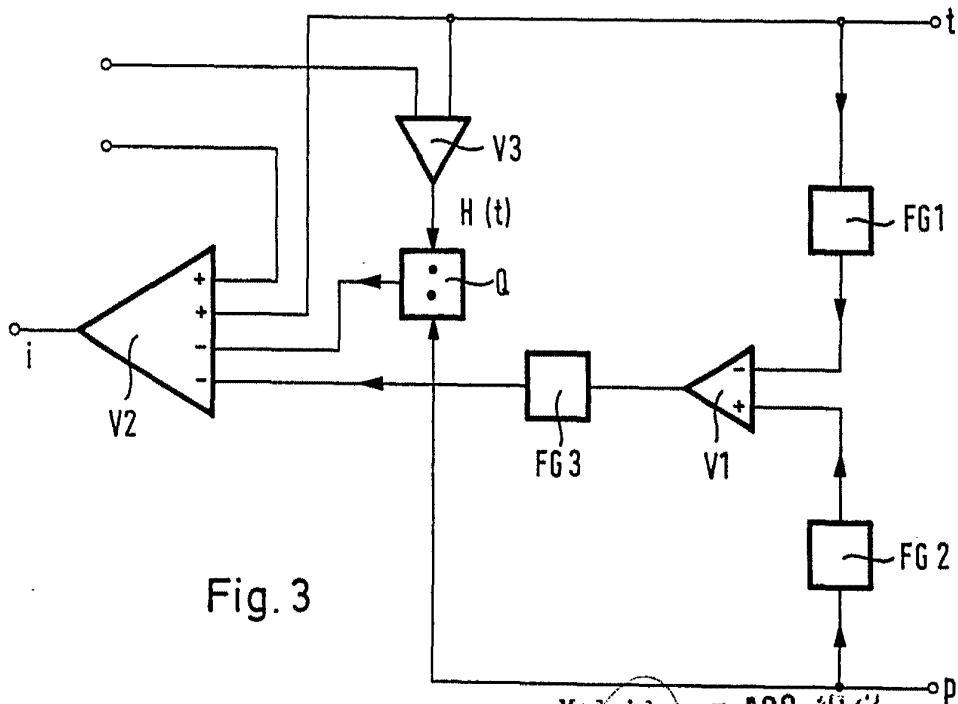


Fig. 3

Madrid, -7 AGO. 1972



ESCAZA VARIABLE

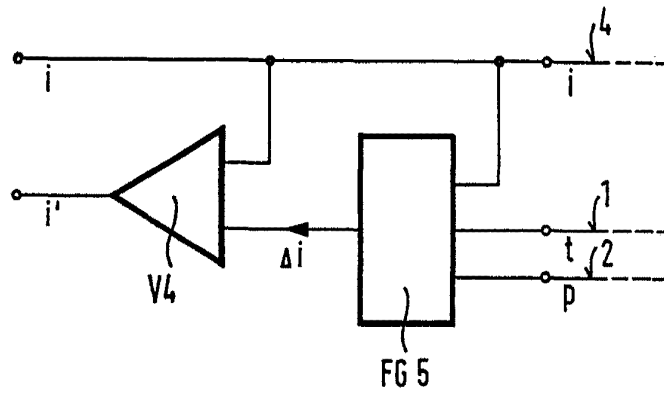


Fig. 4

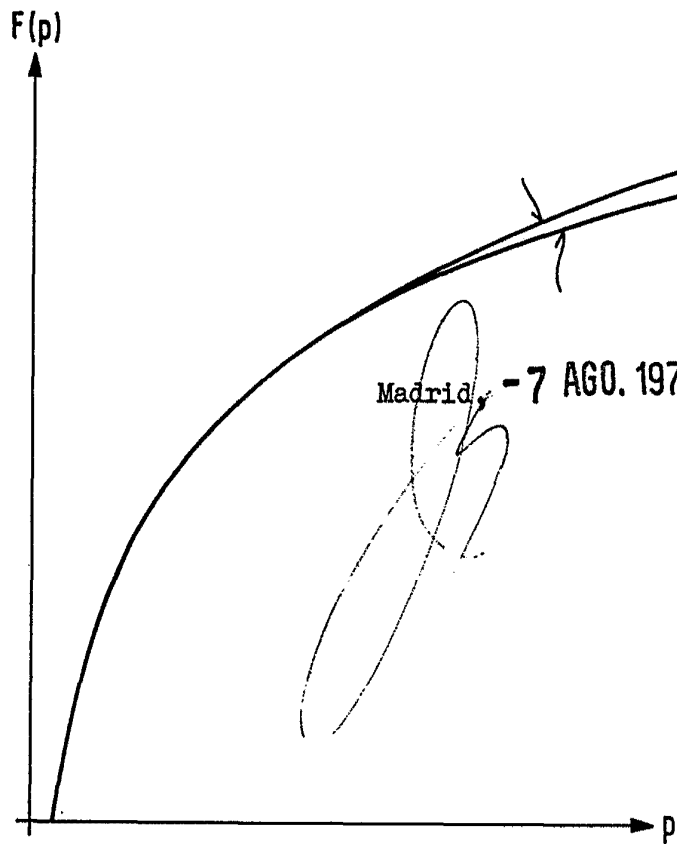


Fig. 5