

333,683



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 23 de Noviembre de 1.966, con el Nº 333.683

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de GENERAL DYNAMICS CORPORATION, entidad norteamericana, establecida en 1 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"UN DISPOSITIVO PARA CONTROLAR UNA CARACTERISTICA DIMENSIONAL DE SALIDA DE UN MATERIAL SOMETIDO A LAMINACION, ESTIRADO O ALGUNA OTRA ACCION DE ALARGAMIENTO"

Este invento se refiere en general a métodos y medios para controlar una característica dimensional de salida de material que es sometido a laminación, estirado o a alguna otra acción de alargamiento. Más especialmente, este invento se refiere a métodos y medios de la clase descrita para proporcionar control automático del calibre de salida en trenes de laminación, instalaciones de tre-

5

21.8.67.



filado ajustables y similares. Aunque el invento está especialmente bien adaptado para trenes de laminación en frío, es asimismo útil para laminación en caliente y para otras aplicaciones.

5 Considerando el invento en su aplicación a obtener control automático de calibre en operaciones en laminadores, se han hecho anteriormente diversas propuestas de sistemas dirigidos a ese fin, y no se considerarán ejemplos de tales propuestas.

10 En el sistema de calibre "por seguimiento" un calibre de espesores que sigue al bastidor de laminación mide el espesor de material que sale del bastidor y realimenta señales correctivas apropiadas, en la medida requerida, a dispositivos de control, los cuales regulan, por ejemplo, el ajuste o la tensión de un husillo. Debido al tiempo que necesariamente transcurre entre la laminación real de una parte dada del material y la llegada de la misma parte al calibre de espesores, la capacidad de un sistema "de seguimiento" para controlar variaciones rápidas en calibre, es limitada.

15 En los sistemas "medidores de calibre", la carga del bastidor de laminación por el material que esta siendo laminado es convertida por medios perceptores de la carga en una señal representativa de las variaciones en calibre. Los sistemas de medidor de calibre tienen el inconveniente de que no proporcionan un control absoluto de calibre sin algún calibre exterior para calibrarlos sobre una base de seguimiento. Ello es debido a que los factores medidos en un sistema medidor de calibre son la fuerza en el bastidor y/o la posición del husillo, y am-

20  
25  
30  
21.8.67.



5        bos factores citados representan medidas indirectas en lu  
gar de medidas directas del calibre o de los cambios de  
calibre. En las situaciones en que las relaciones entre  
la fuerza y los cambios de calibre son notablemente no li  
neales, como en los laminadores en frío con amplios márge  
nes de velocidades, los sistemas de medidor de calibre no  
son muy adecuados y rara vez se usan.

10        Los sistemas de circulación de flujo (de los  
que constituye un ejemplo la patente número Rc 25.075 pa-  
ra los EE.UU. a Hessenberg, la patente número 3.000.243  
para los EE.UU., de Stringer, y las patentes para los  
EE.UU. números 3.015.974, 3.054.311 y 3.121.354 concedi-  
das a Orbom y otros, Murtland y otros y Weremeychik, res-  
pectivamente) están basados en el principio de que el gas  
15       to de masa de material que entra a un bastidor de lamina-  
ción es igual al gasto de masa de material que sale de  
ese bastidor de laminación. Un inconveniente de los siste-  
mas anteriormente propuestos de circulación de masa, es  
que, con objeto de llegar a la señal de corrección apro-  
20       piada, hacen cálculos que están sustancialmente basados  
en su totalidad en el espesor total real de entrada y en  
las longitudes totales, reales, de entrada y de salida de  
material que está siendo laminado, en lugar de estarlo en  
las desviaciones de esos parámetros con respecto a los va  
25       lores nominales o ideales. Esto significa que, puesto que  
las desviaciones de esos parámetros son solamente peque-  
ños porcentajes (por ejemplo, el 10% como máximo) de los  
valores totales de tales parámetros, es necesario (para  
proporcionar un orden dado de exactitud de control del ca  
30       libre de salida) que los componentes de cálculo del siste-  
3.2.67.



ma tengan una precisión de cálculo inherente sustancialmente mayor que si los cálculos estuviesen totalmente, o en su mayoría, basados en las mencionadas desviaciones.

5 Otro inconveniente de muchos de tales sistemas anteriormente propuestos de circulación de masa, es que son en sí mismos costosos en construcción y sus circuitos y, por consiguiente, no están adaptados, desde un punto de vista práctico, para uso en instalaciones de laminación económicas. Esa limitación práctica en el uso  
10 nace de la consideración económica de que, en el caso de cualquier laminador, el coste de un sistema de control para el laminador no puede ser desproporcionadamente grande en relación con el valor del resto de la instalación de laminación.

15 Es, en consecuencia, un objeto de este invento, proporcionar un sistema de control que está libre de los inconvenientes antes citados.

Otro objeto del invento es proporcionar un sistema de control que puede ser usado en una diversidad  
20 de aplicaciones y que puede ser diseñado y construido para adaptarse a la aplicación individual, al tiempo que conserva sus ventajas inherentes para la totalidad de las aplicaciones.

Otro objeto del invento es proporcionar un sistema de control, en el cual el coste del sistema puede ser modificado de acuerdo con los requisitos de precisión del calibre del producto, pero sin limitarse a, simplemente, abaratar los componentes.

Estos y otros objetos se logran de acuerdo con el invento derivando una pluralidad de señales a par-

30  
3.2.67.



tir de mediciones efectuadas sobre el material que está siendo laminado, estirado o tratado de otro modo en una estación, con medios ajustables de conformación del material, a fin de producir un alargamiento de tal material.

5 Una primera de tales señales es representativa de la desviación del valor real de una característica dimensional de entrada, con respecto a un valor nominal o ideal para tal característica. Esa característica es una característica dimensional transversal a la dirección del alargamiento del material y es, por ejemplo, el calibre de la chapa que está siendo laminada, el espesor de pared del tubo que está siendo estirado, y similares. Una segunda de tales señales es representativa de la desviación con respecto al valor nominal o ideal de la relación de estiramiento realmente obtenida, es decir, la relación de la longitud por unidad de tiempo (o velocidad) de material que se aproxima a la estación, a la longitud por unidad de tiempo (o velocidad) del material que sale de la estación.

15  
20 Cada una de las señales primera y segunda es una señal de desviación, ya que es representativa de una desviación real con respecto a un valor nominal o ideal de un parámetro, en lugar de ser representativa del valor total real del parámetro (siendo el valor total real igual a la suma algebraica del valor nominal y de la desviación real). Evidentemente, una señal de desviación puede ser ponderada por un factor distinto a 1,0, y seguir conservando su naturaleza de señal de desviación.

25  
30 Las señales primera y segunda descritas se combinan de una manera apropiada con coeficientes de pondera  
3.2.67.



5 ción apropiados respectivos para producir una tercera se-  
ñal que es representativa de la desviación con respecto  
al valor nominal o ideal del valor de salida inferido o  
previsto para la característica dimensional mencionada  
5 (por ejemplo, el calibre), del material. Esa tercera se-  
ñal se utiliza luego como señal de control para corregir  
la operación que está siendo ejecutada sobre el material,  
siendo la naturaleza de la corrección tal que disminuya  
a cero o tienda a disminuir a cero la desviación última-  
mente mencionada.  
10

Para la mejor comprensión del invento, se ha-  
ce referencia a la descripción detallada que sigue de una  
realización representativa del mismo, y a los dibujos que  
se acompañan, en los que:

15 La Fig. 1 es una vista esquemática de un sis-  
tema de control, a manera de ejemplo, de acuerdo con el  
invento;

La Fig. 2 es una vista esquemática de detalles  
de una realización de la unidad de retardo del sistema de  
20 la Fig. 1;

La Fig. 3 es una vista esquemática de detalles  
de una realización de la unidad de relación de la Fig. 1;  
y

25 La Fig. 4 es una vista esquemática de una uni-  
dad, que puede añadirse, a elección, al sistema de la Fig.  
1, para proporcionar una modificación del mismo.

Considerando el principio de funcionamiento  
del sistema de la Fig. 1, en una operación de laminación  
o de estirado, el gasto de masa de material que entra en  
30 los rodillos o hileras debe ser igual al del que sale. Por  
3.2.67.

consiguiente:



$$\frac{dM_1}{dt} = \frac{dM_2}{dt} \quad (1)$$

5 donde  $M_1$  = masa que entra en los rodillos o hileras

$M_2$  = masa que sale de los rodillos o hileras

$t$  = tiempo,

o bien:

$$10 \quad \frac{d(p_1 W_1 L_1 G_1)}{dt} = \frac{d(p_2 W_2 L_2 G_2)}{dt} \quad (2)$$

donde  $p_1$  y  $p_2$  = densidad del material que entra y densidad del material que sale

15  $W_1$  y  $W_2$  = a anchura del material que entra y anchura del material que sale

$L_1$  y  $L_2$  = longitud del material que entra y longitud del material que sale

$G_1$  y  $G_2$  = espesor del material que entra y espesor del material que sale.

20 En la mayoría de los casos  $P_1 = P_2$ , y, para chapa que es mucho más ancha que gruesa (25 ó 50 veces y más)  $W_1 = W_2$ , de manera que la ecuación (1) se reduce a:

$$25 \quad \frac{d(L_1 G_1)}{dt} = \frac{dL_2 G_2}{dt} \quad (3)$$

En la expresión (3),  $G_1$  y  $G_2$  no son realmente dependientes del tiempo, de modo que:

$$V_1 G_1 = V_2 G_2 \quad (4)$$

30 donde  $V_1$  y  $V_2$  son las velocidades del material que entra  
3.2.67.



y del material que sale, respectivamente.

En la realización aquí descrita, se verá que es más conveniente medir  $V_1$  y  $V_2$  contando impulsos de ta-  
cómetro a lo largo de períodos de tiempo adecuados, cor-  
tos, de manera que en lo que sigue se usan los términos  
5  $L_1$  y  $L_2$  para longitudes del material que entra y del ma-  
terial que sale, respectivamente, bien entendido que ello  
implica las mediciones de  $L_1$  y  $L_2$  a lo largo de un perío-  
do de tiempo común, y, por consiguiente:

10

$$L_1 G_1 = L_2 G_2 \quad (5)$$

es dimensionalmente correcta y equivalente a:

$$V_1 G_1 = V_2 G_2 \quad (6)$$

15

donde  $V_1$  y  $V_2$  son la velocidad de entrada y la velocidad  
de salida, respectivamente. La expresión (5) se convier-  
te en:

$$G_2 = \frac{L_1 G_1}{L_2} \quad (7)$$

20

Puesto que la relación de estiramiento es  $R = \frac{L_1}{L_2}$  (8)  
de (7) y (8), se deduce que:

$$G_2 = R G_1$$

25

Ahora, supongamos que  $\bar{G}_2$ ,  $\bar{R}$  y  $\bar{G}_1$  representan  
los valores nominales de esas cantidades en una situación  
ideal. Específicamente, supongamos que  $\bar{G}_1$  representa el  
valor nominal o deseado del espesor de entrada,  $\bar{R}$  el va-  
lor nominal deseado de la relación de estiramiento, y  $\bar{G}_2$   
30 el valor nominal deseado del espesor de salida inferido o

3.2.67.



previsto. De (9) se deduce directamente que:

$$\bar{G}_2 + \Delta G_2 = (\bar{R} + \Delta R) (\bar{G}_1 + \Delta G_1) \quad (10)$$

o bien:

$$\Delta G_2 = \bar{R}\Delta G_1 + \Delta \bar{R}\bar{G}_1 + \bar{R}\Delta G_1 + \Delta R\Delta G_1 - \bar{G}_2. \quad (11)$$

Obsérvese que:

$$\bar{L}_1 \bar{G}_1 = \bar{L}_2 \bar{G}_2 \quad (12)$$

o bien:

$$\frac{\bar{L}_1 \bar{G}_1}{\bar{L}_2} = \bar{G}_2 \quad (13)$$

pero:

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_2} = \bar{R}. \quad (14)$$

Por consiguiente:

$$\bar{R}\bar{G}_1 = \bar{G}_2. \quad (15)$$

y

$$\bar{R}\bar{G}_1 - \bar{G}_2 = 0 \quad (16)$$

luego, de (11) y (16):

$$\Delta G_2 = \Delta \bar{R}\bar{G}_1 + \bar{R}\Delta G_1 + \Delta R\Delta G_1 \quad (17)$$

Considerando el tercer término  $\Delta R \Delta G_1$  de (17), en la mayoría de los casos  $\Delta G_1$  será  $0,05 G_1$  o menor, y en el peor de los casos  $0,1 G_1$ , análogamente  $\Delta R$  será de  $0,1$  a  $0,05R$  como máximo, a menos que el ajuste inicial del

30  
3.2.67.



laminador sea muy defectuoso. El término  $\Delta R \Delta G_1$  se va haciendo mayor a medida que  $G_1$  se aproxima a  $G_2$ , es decir, para pequeñas reducciones. En ese caso, usando las máximas desviaciones previstas,

5

$$\Delta R \Delta G_1 = 0,1 \times 0,1 = 0,01 \text{ ó } 1\% \text{ de } \Delta G_2. \quad (18)$$

a medida que disminuyen  $\Delta G_1$  y  $\Delta R$  (en pasadas sucesivas en un laminador de inversión, por ejemplo), el término considerado disminuye todavía más rápidamente hasta reducirse a, por ejemplo, un valor de:

10

$$\Delta R_1 \Delta G_1 = 0,02 \times 0,02 = 0,0004 \text{ ó } 0,04\% \text{ de } \Delta G_2. \quad (19)$$

El valor (19) es, desde luego, despreciable, en particular dado que el término se aproxima a cero rápidamente, como se ha ilustrado en los ejemplos que anteceden.

15

Por las anteriores razones, puede verse que  $\Delta R \Delta G_1$  puede ser eliminado de (17) sin pérdida apreciable de precisión, excepto en los casos en que  $G_1$  varía de una manera extremadamente amplia, o bien si se requiere la máxima precisión posible. Es decir, la expresión (17) puede entonces escribirse como:

20

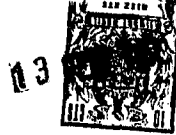
$$\Delta G_2 \doteq \Delta R \bar{G}_1 + \bar{R} \Delta G_1 \quad (20)$$

La expresión 20 proporciona una relación sencilla para obtener una señal  $\Delta G_2$  de control o corrección, la cual refleja en su valor, de un modo muy aproximado, el verdadero valor de la desviación  $\Delta G_2$  del calibre de salida in-

25

ferido, con respecto a su valor deseado o nominal. Alimentando la señal  $\Delta G_2$ , tal como se ha obtenido de la relación (20), a un controlador de aproximación o controlador

30



de tensión, se varía  $\Delta R$  y se lleva a anularse  $\Delta G_2$ . Así, el sistema de control es un verdadero servomecanismo de ciclo cerrado.

Volviendo ahora a los dibujos, las Figs. 1-5 ilustran una realización de un sistema de control de calibre que está de acuerdo con el invento, y que es de un tipo "híbrido" por cuanto usa ambas técnicas, la analógica y la digital. Es evidente que podría haber sistemas, de acuerdo con el invento, totalmente analógicos o totalmente digitales, dependiendo de la conveniencia y del equilibrio deseado del coste y precisión.

En la Fig. 1, el sistema de control está instalado en un laminador de inversión de bastidor sencillo 1, que tiene dos o más rodillos de trabajo 4 sujetos en relación de trabajo mediante el tornillo 2 y el actuador de aproximación 3.

Cuando tiene importancia una gran precisión, en especial en laminadores que laminan a velocidades de más de 0,6-120 metro por minuto, es lo mejor que el actuador sea el actuador de cuña de alta respuesta descrito en la solicitud americana Número de Serie 405.749 propiedad del cesionario de ésta. De otro modo, puede eliminarse el actuador 3 y efectuarse el ajuste por medio de los tornillos 2 accionados por motores eléctricos o hidráulicos, de la manera usual. En la Fig. 1, el actuador 3 comprende el propio actuador y su equipo electrónico, con objeto de proporcionar un servomecanismo completo de colocación en posición.

El material 7 es desenrollado del mandril 5, laminado a través del laminador 1 (de izquierda a derecha

3.2.67.



en la Fig. 1) y luego rebobinado en el mandril 6. Por con  
veniencia y concisión de la explicación, la presente des-  
cripción está limitada a laminar en una sola dirección,  
por ejemplo, en la dirección ilustrada. Debe entenderse,  
5 sin embargo, que el invento es de aplicación en relación  
con laminadores reversibles, así como con laminadores adap-  
tados para laminar en una sólo dirección.

Además, aunque se ha representado un lamina-  
dor de bastidor sencillo, el sistema no está limitado a  
10 laminadores de bastidor sencillo, y la descripción que si  
gue es igualmente válida si se sustituyen el mandril o ca  
rrete 5, ó el 6, ó ambos, por el otro bastidor o bastido-  
res de un laminador en serie.

En funcionamiento, el calibre de espesores 8  
15 mide la desviación  $\Delta G_1$  con respecto al valor nominal o  
deseado  $\bar{G}_1$  en el calibre de entrada y envía señales repre-  
sentativas de esa  $\Delta G_1$  a la unidad de retardo 15. El ro-  
dillo 10 de tacómetro acciona al tacómetro 12 de impulsos,  
proporcionando señales de sincronización a la unidad de  
20 retardo 15. La unidad de retardo sirve para retener las  
señales  $\Delta G_1$  durante un tiempo igual al tiempo requerido  
para que la chapa circule desde las mandíbulas del cali-  
bre 8 a los rodillos 4.

El tacómetro 12 y un tacómetro idéntico 13  
25 (accionado por el rodillo 11) suministran impulsos repre-  
sentativos de  $I_1$  y  $I_2$ , respectivamente, a la unidad de re-  
lación 18. Aquí se mide la relación de impulsos, siendo  
ésta equivalente a  $\bar{R} + \Delta R$ . La cantidad  $-\bar{R}$ , es introduci-  
da por un ajuste manual de una tensión eléctrica en el  
30 hilo conductor 19, y la unidad de relación añade  $\bar{R} + \Delta R$

30  
B.2.67.



a  $-\bar{R}$ , enviando una señal representativa de  $\Delta R$  a lo largo del hilo conductor 23 al amplificador operativo 24, el cual la invierte a  $-\Delta R$ . Análogamente es enviado  $\Delta G_1$  por el hilo conductor 20 al amplificador operativo 21, el cual la invierte a  $-\Delta G_1$ . Los amplificadores operativos 21 y 24 son amplificadores sumamente estables directamente acoplados, del tipo usado en los calculadores analógicos. Su finalidad principal es evitar errores de carga en los potenciómetros a los cuales excitan.

La señal  $-\Delta G_1$  procedente del amplificador 21 es aplicada al potenciómetro 22. La salida o contacto deslizante del potenciómetro 22 es ajustado a un valor proporcional a  $\bar{R}$ . La tensión en el contacto deslizante con respecto a tierra es, por consiguiente,  $-\bar{R} \Delta G_1$ . De un modo similar,  $-\Delta R$  es aplicada desde el amplificador 24 al potenciómetro 25, y el contacto deslizante del potenciómetro 25 es ajustado a un valor proporcional a  $\bar{G}_1$ . La tensión en el contacto deslizante es pues  $-G_1 \Delta R$ .

Las señales  $-\bar{R} \Delta G_1$  y  $-G_1 \Delta R$  son llevadas a amplificadores 30 a través de hilos conductores 26 y 27, respectivamente. El amplificador invierte la suma de esas señales de salida para producir una señal de salida  $\Delta G_2$  de acuerdo con la operación:

$$-(-\bar{R} \Delta G_1 - \bar{G}_1 \Delta R) = \bar{R} \Delta G_1 + \bar{G}_1 \Delta R = \Delta G_2 \quad (21)$$

Como se observará, la parte media de la operación (21) es una simulación eléctrica exacta del segundo miembro de la expresión matemática (20), por lo que es evidente, de (20), que la señal  $\Delta G_2$  obtenida de la operación (21) es muy aproximada en valor a la desviación verdadera.

3.2.67.



dera  $\Delta G_2$  del calibre de salida inferido con respecto al valor nominal o deseado  $\bar{G}_2$  de tal calibre de salida inferido.

5 La señal  $\Delta G_2$  es luego llevada al sistema 3 de actuador de aproximación por intermedio del hilo conductor 31. Alternativamente, puede usarse  $\Delta G_2$  para controlar los controladores de tensión 28 y 29, o bien puede usarse cualquier combinación de los tres. Puesto que el actuador 3 de aproximación será típicamente un servomecanismo controlado por posición, será necesario disponer de algún medio para evitar que retorne a su posición de reposo cada vez que se ha movido lo suficiente para disminuir  $\Delta G_2$  hasta cero. Ello se logra convenientemente, como se ha ilustrado, haciendo el amplificador 30 un integrador con una constante de integración seleccionada de manera que se adapte a la velocidad de funcionamiento del laminador y a la magnitud de las variaciones que se experimentan.

10

15

La Fig. 2 ilustra una unidad de retardo sencilla 15, a manera de ejemplo. Dependiendo de la distancia del calibre 8 desde el bastidor 1, y del grado de resolución requerido, se usarán integradores en número mayor o menor que cuatro, que son los que se han ilustrado.

20

En la Fig. 2, la señal  $\Delta G_1$ , procedente del calibre 8, es llevada por intermedio del hilo conductor 8 a un cuadro de distribución 36, del cual el contacto deslizante distribuye la señal  $\Delta G_1$  en rotación a integradores 32, 33, 34, 35. Como se ha ilustrado, a manera de ejemplo, mediante el elemento 32, cada uno de los integradores es un amplificador integrador operativo usual de corriente

25

30

13 FEB



continua. Las salidas de los integradores están conecta-  
das en rotación al cable de salida 20 a través de un cua-  
dro de conmutación 37, del cual el contacto deslizante ro  
tativo se mueve sincrónicamente con el contacto deslizan-  
te del cuadro 36 y adelanta en una posición de conmutador  
a éste. De ordinario, el condensador de cada integrador  
(véase la unidad 32) está conectado sin derivación entre  
la entrada y la salida del amplificador del integrador,  
de manera que el integrador está en el modo de funciona-  
miento de "retención" para almacenar la señal de entrada  
recibida por el integrador. No obstante, entre el momento  
en que la señal  $\Delta G_1$  almacenada por cualquier integrador  
es alimentada a la línea de contorno 20 por el cuadro de  
distribución 37, y el momento en que es alimentada la si-  
guiente señal de entrada  $\Delta G_1$  a ese integrador, a través  
del cuadro de distribución 36, tal integrador es liberado  
o repuesto por la acción de un cuadro de distribución 38,  
del cual el contacto deslizante rotativo se mueve sincró-  
nicamente con los de los cuadros 36 y 37 y está situado  
espaciado en fase entre los contactos deslizantes de los  
cuadros 36 y 37. Al moverse el contacto deslizante del  
cuadro 38 más allá de cada contacto fijo de ese cuadro,  
tal contacto deslizante excita momentáneamente el arrolla-  
miento de un relé 38a asociado con el integrador corres-  
pondiente a tal contacto. Cada uno de tales arrollamientos  
de relé, al ser excitado, acciona a un contacto móvil del  
relé, de modo que produce los efectos, en el integrador  
asociado, de (1) crear para el condensador integrador un  
circuito de corriente de derivación resistivo que descarga  
al condensador de la señal previamente almacenada por él,

3-2.67.



(2) cargar el condensador hasta un nivel de tensión de referencia  $V_r$  que es individual de ese integrador, y que puede ser un nivel de tensión cero. El funcionamiento del cuadro de distribución 38 será evidente de la ilustración, en la Fig. 2, del propio cuadro, de los detalles del integrador 32 y del relé 38a asociado con el integrador últimamente citado.

Para mantener el sincronismo con la chapa, los impulsos procedentes del tacómetro 12 (o de cualquier fuente estrechamente relacionada con la velocidad de la chapa) son llevados a la unidad 39 de control del motor. Esta acciona al motor de avance por pasos 39a, girando los contactos deslizantes rotativos de los cuadros de distribución 36, 37 y 38 en correspondencia con el movimiento de la chapa. Cada avance del motor 39a mueve a cada uno de los contactos deslizantes de los cuadros 36-38 en un intervalo angular igual al que hay entre dos contactos fijos respectivos adyacentes de esos cuadros. La unidad de control 39 y el motor 39a pueden ser del tipo SLO-SYN, como los fabricados por la Superior Electric Company.

Debe hacerse resaltar que la Fig. 2 se ha dibujado para ilustrar un concepto, y que está intencionadamente simplificada para ayudar a la comprensión del orden de conmutación. En la práctica real, se usará o bien el orden ilustrado o bien un orden similar, pero el circuito de muestreo y retención será más complicado.

En el caso de que sea satisfactoria una menor precisión, en una aplicación dada, y de que los retardos en tiempo no sean excesivos, pueden sustituirse por condensadores los amplificadores integradores ilustrados,

30  
3.2.67.



con una economía de costes. Recíprocamente, cuando sea obligatoria una alta precisión y resolución, la señal  $\Delta G_1$  puede ser convertida en forma digital y almacenada en una serie de registros de desplazamiento como los descritos en la patente para los EE.UU. número 3.197.986 concedida a Freedman y otros. Cuando se usa una solución digital de la ecuación de control, será normalmente deseable hacer el retardo digital.

La Fig. 3 ilustra un método de calcular  $\Delta R$ . Los impulsos que representan  $L_1$  y  $L_2$  son llevados a un contador de relación 40. Un contador de relación es realmente un par de contadores, uno preajustado al denominador de la función. Por ejemplo, si deseamos averiguar la relación A/B, el contador B preajustado está ajustado a N, un valor arbitrario de B. Entonces el otro contador añade el recuento A hasta que el contador preajustado recibe el número preajustado de recuentos. El contador A tiene entonces un recuento total M, tal que  $M/N = A/B$  donde, como se ha dicho, N es el valor del número preajustado. Cuando se presenta la relación en forma decimal, N se elegirá usualmente de modo que sea una cierta potencia de 10, de modo que la relación pueda ser leída directamente. (Ejemplo: si A es un 1 HZ, y B es 2 HZ, se ajusta N = 1.000, el contador A se detendrá en 500, y  $A/B = M/N = 500/1.000 = 0,5$ ). Esta clase de contador se encuentra en el comercio de la marca Hewlett-Packard.

La relación se almacena en el registro intermedio 41, entre recuentos, y se convierte en forma analógica mediante el convertidor 42 de digital a analógico. Esa relación representa  $\bar{R} + \Delta R$ . Sumando esa relación a 3.2.67.



$-\bar{R}$  en el amplificador 44, se obtiene  $\Delta R$  en el hilo conductor 23.

En un sistema digital, la adición de  $-\bar{R}$  a  $\bar{R} + \Delta R$  se haría digitalmente, eliminándose el convertidor y el amplificador. Si nos pasamos al otro extremo, el coste sería menor usando dos tacómetros de corriente continua y un multiplicador analógico, con una menor precisión total.

La Fig. 4 ilustra el modo en que puede añadirse un multiplicador analógico 45 al sistema de la Fig. 1, para incluir el término  $\Delta R \Delta G_1$  anteriormente desechado. Los terminales A, B y C de la Fig. 4 se han representado también en la Fig. 1. En una realización digital, usando un calculador, no habría ventaja apreciable alguna en despreciar tal término.

Hasta el presente no se ha hecho mención del calibre de espesores 9, similar al calibre 8, un calibre de rayos X de isótopos o del tipo de contacto. En la dirección de laminación representada, puede usarse el calibre 9 para proporcionar una acción de calibre progresivo, corrigiendo los errores en  $\Delta G_2$  originados por variaciones de los componentes, etc. Las correcciones del calibre de seguimiento 9 son introducidas a través de un filtro (no representado) al amplificador 30 en el punto D.

El calibre 9 opera en el sistema de la Fig. 1 como sigue. Supongamos que, debido a inexactitudes en los componentes de medición del sistema, el valor de la señal  $\Delta G_2$  se separa en un pequeño factor  $k$  de  $\Delta G_{2a}$ , que es la desviación real del calibre de salida con respecto al valor nominal  $\bar{G}_2$  para el espesor de salida es decir que  $\Delta G_2 + k = \Delta G_{2a}$ . Ahora bien, si el actuador 3 fuese co-

3.2.67.



rregido solamente por la señal  $\Delta G_2$  (la cual representa una desviación inferida o prevista, en lugar de una desviación medida), incluso aunque se llevase al valor cero la señal  $\Delta G_2$  por acción de circuito cerrado, permanecería el pequeño error de predisposición  $k$  (es decir, el espesor de salida real sería igual a  $G_2 + k$ ), y el sistema no tendría modo de conocer la presencia del error  $k$  en el espesor de salida obtenido.

El calibre 9, sin embargo, alimenta al amplificador 30 una señal  $\Delta G_{2a}$ , que es una medida de la desviación real del espesor de salida con respecto a su valor nominal y que, por lo tanto, incluye el factor  $k$  en el valor de la señal. Por consiguiente, incluso si el sistema de la Fig. 1 lleva a anularse la señal  $\Delta G_2$  por acción de circuito cerrado, la señal  $\Delta G_{2a}$ , aunque simultáneamente disminuída, tendrá un valor residual remanente que representa  $k$ . Tal señal  $\Delta G_{2a}$  de valor residual opera a través del amplificador 30 sobre el actuador 3 para efectuar un nuevo pequeño ajuste de ese actuador, de modo que elimine total o sustancialmente la presencia del factor  $k$  en el funcionamiento del sistema. A continuación, el sistema opera virtualmente libre del factor  $k$  hasta que nuevos cambios, si se producen, en los componentes del sistema, pueden introducir una nueva  $k$ , que es subsiguientemente corregida por la acción de vigilancia del calibre 9, de la manera ya descrita.

El empleo de un calibre de espesores de seguimiento para proporcionar corrección de espesor suplementaria mediante una acción de vigilancia, como se ha descrito, no es de por sí nuevo en la técnica, y figura expues-

30  
3.2.67.



to, por ejemplo, en la patente para los EE.UU. número 2.883.895 cedida a Vossberg. Se está en la creencia, sin embargo, de que el uso de tal acción de vigilancia en un sistema del tipo aquí descrito, es nuevo en la técnica.

5 Volviendo a la Fig. 3, si se desea, puede eliminarse el amplificador de sumación 44 de la unidad de relación 18 de la manera que sigue: evidentemente:

10

$$\bar{R} + \Delta R = \frac{\bar{L}_1 + \Delta L_1}{\bar{L}_2 + \Delta L_2} \quad (22)$$

No obstante, cuando se usa en conexión con el contador de relación 40, puede ajustarse el término  $(\bar{L}_2 + \Delta L_2)$  igual a un número arbitrario N, siendo N por ejemplo igual a 1.000. Además, puede sustituirse el término  $\bar{L}_1$  por un término M de valor tal que

15

$$R = M/N \quad (23)$$

Así, la expresión (22) puede ponerse en la forma:

20

$$R + \Delta R = \frac{M}{N} + \frac{\Delta L_1}{N} \quad (24)$$

y restando las igualdades establecidas por (23) de ambos miembros de (24), llegamos a:

25

$$\Delta R = \frac{\Delta L_1}{N} \quad (25)$$

La relación matemática establecida por (25) es llevada a la práctica como sigue: el contador  $L_2$  de la unidad 40 es preajustado a un recuento de N, de modo que origine una lectura de esa unidad cuando los impulsos  $L_2$



recibidos llegan al recuento de N. El contador  $L_1$  es preajustado a un recuento de -M. En el momento de la lectura, el recuento registrado por el contador  $L_1$  en respuesta a los impulsos  $L_1$  será diferente de cero (ya sea positiva o negativamente) en un recuento representativo de  $\Delta L_1$ .  
5 Por consiguiente, el valor leído de la unidad 40 será  $\Delta L_1/N$ , que es igual a  $\Delta R$ . Puesto que la señal obtenida de la unidad 40 representa a  $\Delta R$ , la línea 43 puede ser conectada directamente (Fig. 3) a la línea 23, para permitir la eliminación del amplificador 44 y, además, de la línea 19 y del potenciómetro (no representado) que alimenta la tensión -R a esa línea. Además, pueden eliminarse uno o los dos amplificadores 21 ó 24 (Fig. 1) invirtiendo la polaridad de la señal representada en la Fig. 1 tal como es alimentada al amplificador, en el caso en que no sea necesario hacer mínimos los errores de carga en el potenciómetro representado en la Fig. 1, como conectado a la salida del amplificador en cuestión.

10 Los componentes analógicos del sistema de la Fig. 1 (es decir, los amplificadores, los integradores y los potenciómetros) existen en el comercio, siendo especialmente adecuados los de la serie PC-12 fabricados por Electronic Associates, Inc.

15 Debiendo considerarse las realizaciones descritas en lo que antecede únicamente a manera de ejemplo, ha de entenderse que pueden efectuarse adiciones a las mismas, modificaciones de las mismas y supresiones en las mismas, sin desviarse del espíritu del invento, y que el invento abarca realizaciones diferentes, en forma y/o en detalles, de las aquí específicamente descritas o ilustra  
25 30  
3.2.67.



das. En consecuencia, el invento no debe considerarse limitado, salvo en consonancia con lo que se expresa en las reivindicaciones que siguen.

5 La presente solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 4 de Febrero de 1.966, bajo el número 525.036, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

#### N O T A

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

15 1.- Un dispositivo para controlar una característica dimensional de salida de un material sometido a laminación, estirado o alguna otra acción de alargamiento, dispositivo que está destinado a una instalación en que se opera sobre material en movimiento por medios de trabajo del material, para someterlo a una reducción en al menos un dimensión transversal a la dirección del movimiento, y en que el grado de reducción es controlable por medios ajustables, comprendiendo dicho dispositivo, medios de calculador sensibles a  
20 señales respectivas de la desviación real con respecto a un valor nominal de dicha dimensión en el lado de entrada de dichos medios de trabajo y de la desviación real con respecto a un valor nominal en la relación de estiramiento que caracteriza a tal material en el curso de dicha reducción, pa-

24  
21.8.67.



ra obtener para control de dichos medios ajustables una señal de corrección, de la cual un componente al menos es representativo de la desviación inferida en dicha dimensión en el lado de salida de dichos medios de trabajo, con respecto a un valor nominal para tal dimensión de salida.

5

2.- Un dispositivo según la reivindicación 1, en que dichos medios de trabajo y dicho material son, respectivamente, un laminador y una chapa que está siendo laminada por tal laminador, y en que dicha dimensión es el espesor de tal chapa.

10

3.- Un dispositivo según la reivindicación 2, en que dicho laminador está constituido por un bastidor sencillo.

15

4.- Un dispositivo según la reivindicación 2, en que dicho laminador está constituido por una pluralidad de bastidores.

20

5.- Un dispositivo según la reivindicación 1, en que dichos medios ajustables son medios de actuador para controlar a dichos medios de trabajo, siendo dichos medios de actuador sensibles a dicha señal de corrección para controlar, a través de dichos medios de trabajo, el grado de reducción de dicho material.

25

6.- Un dispositivo según la reivindicación 1, en que dichos medios de calculador son sensibles a una señal adicional representativa de dicha desviación real últimamente mencionada, para incluir dicha señal adicional, como un factor, en la obtención de dicha señal de corrección.

30  
3.2.67.

7.- Un dispositivo de control para una insta-



lación en que se opera sobre un material en movimiento, por medios de trabajo del material, para someterlo a una reducción en al menos una dimensión transversal a la dirección de movimiento, incluyendo dicha instalación medios  
5 sensibles a la dimensión en el lado de entrada de dichos medios de trabajo, para proporcionar una primera señal representativa de la desviación real de dicha dimensión en dicho lado, con respecto a un valor nominal, para tal dimensión de entrada, e incluyendo además dicha instalación  
10 medios ajustables para controlar la reducción de dicho material y, también, medios separados perceptores de la velocidad, dispuestos en lados opuestos de dichos medios de trabajo para proporcionar señales respectivas de longitud/tiempo representativas, respectivamente de las velocidades de aproximación y de salida con relación a dichos  
15 medios de trabajo de dicho material, comprendiendo dicho dispositivo, primeros medios de cálculo sensibles a dichas señales de velocidad para producir una segunda señal representativa de la desviación real en la relación de estiramiento que caracteriza a dicho material en el curso de  
20 dicha reducción, con respecto a un valor nominal para dicha relación de estiramiento, y segundos medios de cálculo sensibles a dichas señales primera y segunda para producir, para control de dichos medios ajustables, una tercera  
25 señal de corrección de la cual un componente al menos es representativo de la desviación inferida en dicha dimensión en el lado de salida de dichos medios de trabajo, con respecto a un valor nominal para tal dimensión de salida.

30  
3.2.67.

8.- Un dispositivo según la reivindicación 7,



que comprende además medios de retardo interpuestos en  
circuito entre dichos medios perceptores de la dimensión  
y dichos segundos medios de cálculo, para retardar dicha  
primera señal durante un período de tiempo en relación  
5 con la distancia de dichos medios perceptores desde dichos  
medios de trabajo, dividida por la velocidad de dicho ma-  
terial hacia dichos medios de trabajo.

9.- Un dispositivo según la reivindicación 8,  
en que dicha primera señal es una señal analógica, y en  
10 que dichos medios de retardo comprenden una serie de me-  
dios de almacenamiento analógicos individuales para valo-  
res sucesivos en el tiempo de dicha primera señal, y me-  
dios sensibles a la velocidad hacia dichos medios de tra-  
bajo de dicho material para desplazar los valores almace-  
15 nados de dicha primera señal a través de dicha serie de  
medios de almacenamiento analógicos, a un ritmo en rela-  
ción con dicha velocidad.

10.- Un dispositivo de control para una insta-  
lación de laminación en que una chapa de material en movi-  
20 miento es reducida en espesor, incluyendo dicha instala-  
ción un calibre de espesores de entrada para proporcionar  
una señal  $\Delta G_1$  representativa de la desviación real en el  
espesor de entrada de dicha chapa con respecto a un valor  
nominal  $\bar{G}_1$  para tal espesor de entrada, e incluyendo ade-  
25 más dicha instalación medios ajustables para controlar la  
reducción en espesor de dicha chapa y, también, medios se-  
parados perceptores de la velocidad dispuestos en lados  
opuestos de tal laminador para proporcionar señales  $L_1$  y  
 $L_2$  representativos de, respectivamente, las velocidades  
de aproximación y de salida con relación a dicho lamina-

30  
3.2.67.



dor de dicha chapa, comprendiendo dicho dispositivo, una  
unidad de relación sensible a dichas señales  $L_1$  y  $L_2$  pa-  
ra producir una señal  $\Delta R$  representativa de la desvia-  
ción real en la relación de estiramiento que caracteriza  
5 a dicha chapa en el curso de dicha reducción en espesor  
de la misma, con respecto a un valor nominal  $\bar{R}$  para di-  
cha relación de estiramiento, medios para ponderar dicha  
señal  $\Delta R$  de acuerdo con el valor  $\bar{G}_1$ , con objeto de pro-  
ducir una señal  $\bar{G}_1 \Delta R$ , medios para ponderar dicha señal  
10  $\Delta G_1$  de acuerdo con el valor  $\bar{R}$  con objeto de producir una  
señal  $\bar{R} \Delta G_1$ , y medios de combinación de la señal sensi-  
bles a dichas señales  $\bar{G}_1 \Delta R$  y  $\bar{R} \Delta G_1$  para producir, para  
control de dichos medios ajustables, una señal de correc-  
ción de la cual un componente al menos es una señal  $\Delta G_2$   
15 representativa de la desviación inferida en el espesor de  
salida de dicha chapa, con respecto a un valor nominal  $G_2$   
para dicho espesor de salida.

11.- Un dispositivo según la reivindicación  
10, en que dicha instalación incluye un calibre de espeso-  
res de salida para proporcionar una señal  $\Delta G_2$  representa-  
20 tiva de la desviación real en dicho espesor de salida con  
respecto a dicho valor nominal  $\bar{G}_2$ , comprendiendo además  
dicho dispositivo medios para alimentar dicha señal  $\Delta G_{2a}$   
como entrada a dichos medios de combinación de la señal,  
25 con objeto de hacer dicha señal de corrección función tan-  
to de dicha señal  $\Delta G_2$  como de dicha señal  $\Delta G_{2a}$ .

12.- Un dispositivo según la reivindicación  
10, en que dicho dispositivo comprende además medios sen-  
sibles a dichas señales  $\Delta R$  y  $\Delta G_1$  para producir una se-  
ñal  $\Delta R \Delta G_1$ , y medios para alimentar dicha señal  $\Delta R \Delta G_1$   
30  
3.2.67.

3 FEB



como entrada a dichos medios de combinación de señales.

13.- Un dispositivo según la reivindicación 10, en que dichas señales  $L_1$  y  $L_2$  son señales de impulsos analógicos, y en que dicha unidad de relación comprende un contador de relación digital y medios para producir dicha señal  $\Delta R$  en forma analógica, a partir de la salida digital de dicho contador de relación.

14.- El método de calcular mediante un contador de relación digital la desviación  $\Delta R$  con respecto a un valor nominal  $\bar{R}$  en la relación de estiramiento de material en movimiento que está siendo reducido por medios de trabajo en una dimensión transversal a la dirección de movimiento, comprendiendo dicho método, preajustar una primera sección de contador de dicho contador a un recuento digital seleccionado que es en efecto un recuento  $N$ , preajustar una segunda sección de contador de dicho contador a un recuento digital seleccionado que es en efecto un recuento  $-M$ , alimentar a, respectivamente, dichas secciones de contador primera y segunda, un primer tren de impulsos  $L_2$  y un segundo tren de impulsos  $L_1$  que son representativos de, respectivamente, las velocidades de salida y de aproximación con relación a dichos medios de trabajo de dicho material, y leer la relación de los recuentos respectivos registrados por dichas dos secciones de contador cuando el recuento registrado por dicha segunda sección alcanza el valor preajustado para ella, estando seleccionados los valores de  $N$  y  $M$  para hacer la relación últimamente citada representativa de  $\Delta R$ .

15.- El método de calcular la desviación  $\Delta R$  con respecto a un valor nominal  $\bar{R}$  en la relación de estiramiento.

3.2.67.



ramiento de material en movimiento que está siendo reducido por medios de trabajo en una dimensión transversal a la dirección de movimiento, comprendiendo dicho método, generar manifestaciones primera y segunda de los valores totales de, respectivamente, la velocidad de aproximación y la velocidad de salida con relación a dichos medios de trabajo de dicho material, modificar dicha primera manifestación por un factor determinado mediante el valor  $\bar{R}$  y por un valor final para dicha segunda manifestación, y combinar dichas manifestaciones primera y segunda para proporcionar una señal de salida representativa de la relación de la primera manifestación modificada a la segunda manifestación, siendo dicho factor de un valor que haga dicha señal de salida representativa de  $\Delta R$ .

16.- Un dispositivo para indicar la desviación  $\Delta R$  con respecto a un valor nominal  $\bar{R}$  en la relación de estiramiento de material en movimiento que está siendo reducido por medios de trabajo del material en una dimensión transversal a la dirección de movimiento, comprendiendo dicho dispositivo, una unidad de relación sensible a señales  $L_1$  y  $L_2$  representativos de los valores totales reales  $L_1$  y  $L_2$  de, respectivamente, las velocidades de aproximación y de salida relativas a dichos medios de trabajo de dicho material, siendo operable dicha unidad de relación para dividir una manifestación de dicha señal  $L_1$  por una manifestación de dicha señal  $L_2$  a fin de obtener con ello una señal de salida, y medios para introducir en la operación de dicha unidad de relación un factor determinado por el valor  $\bar{R}$ , entrando dicho factor en dicha operación para hacer dicha señal de salida representativa de



$L_1/L_2 - \bar{R}$  para que con ello sea representativa de  $\Delta R$ .

5 17.- Un dispositivo según la reivindicación 16, en que dicha unidad de relación produce inicialmente, de la división de dicha manifestación de  $L_1$  por dicha manifestación de  $L_2$ , una señal cociente representativa de  $\bar{R} + \Delta R$ , y en que dichos medios de introducción de factor comprenden medios para sumar algébricamente dicha señal  $\bar{R} + \Delta R$  con una señal fija representativa de  $-\bar{R}$ , para producir con ello dicha señal de salida.

10 18.- Un dispositivo según la reivindicación 16, en que dichos medios de introducción de factor comprenden medios para ajustar para dicha segunda manifestación un valor final eficaz de  $N$ , y para ajustar para dicha primera manifestación un valor inicial eficaz de  $-M$ ,  
15 donde  $M$  está determinado por la relación  $\bar{R} = M/N$ .

19.- Un dispositivo para controlar una característica dimensional de salida de un material sometido a laminación, estirado o alguna otra acción de alargamiento.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintinueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P. A.

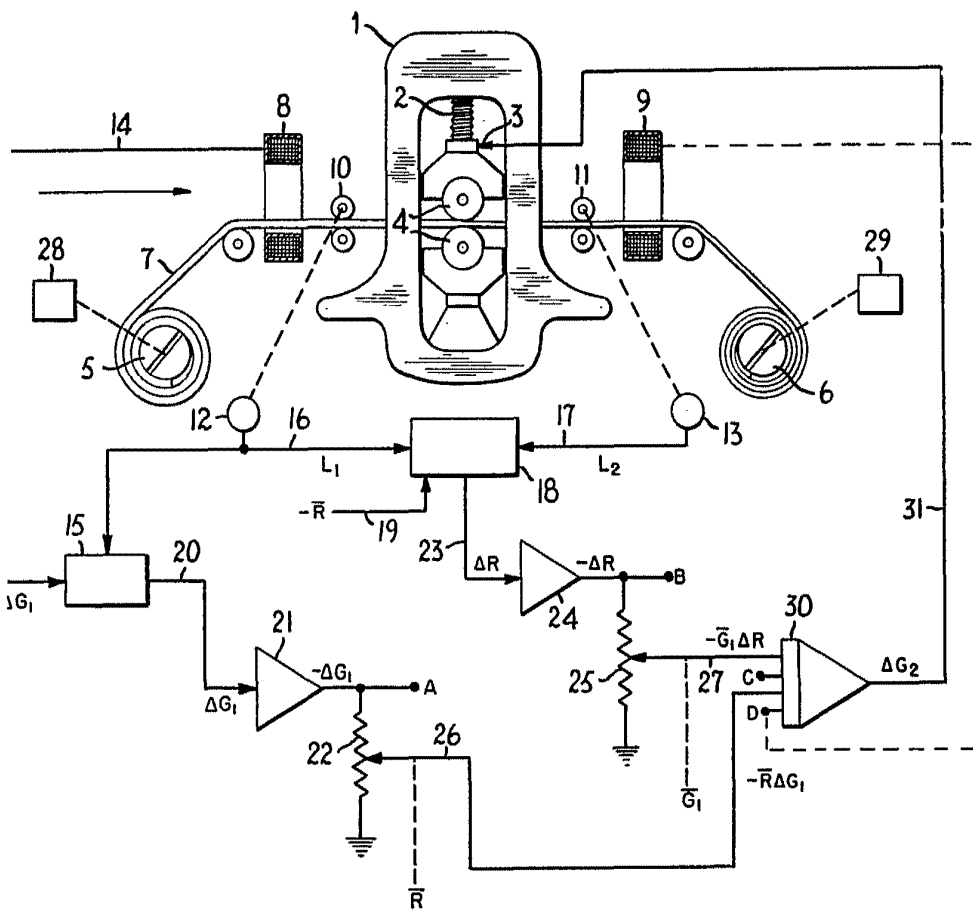
9 SEP 1967

*[Handwritten signature]*  
Alfonso de...

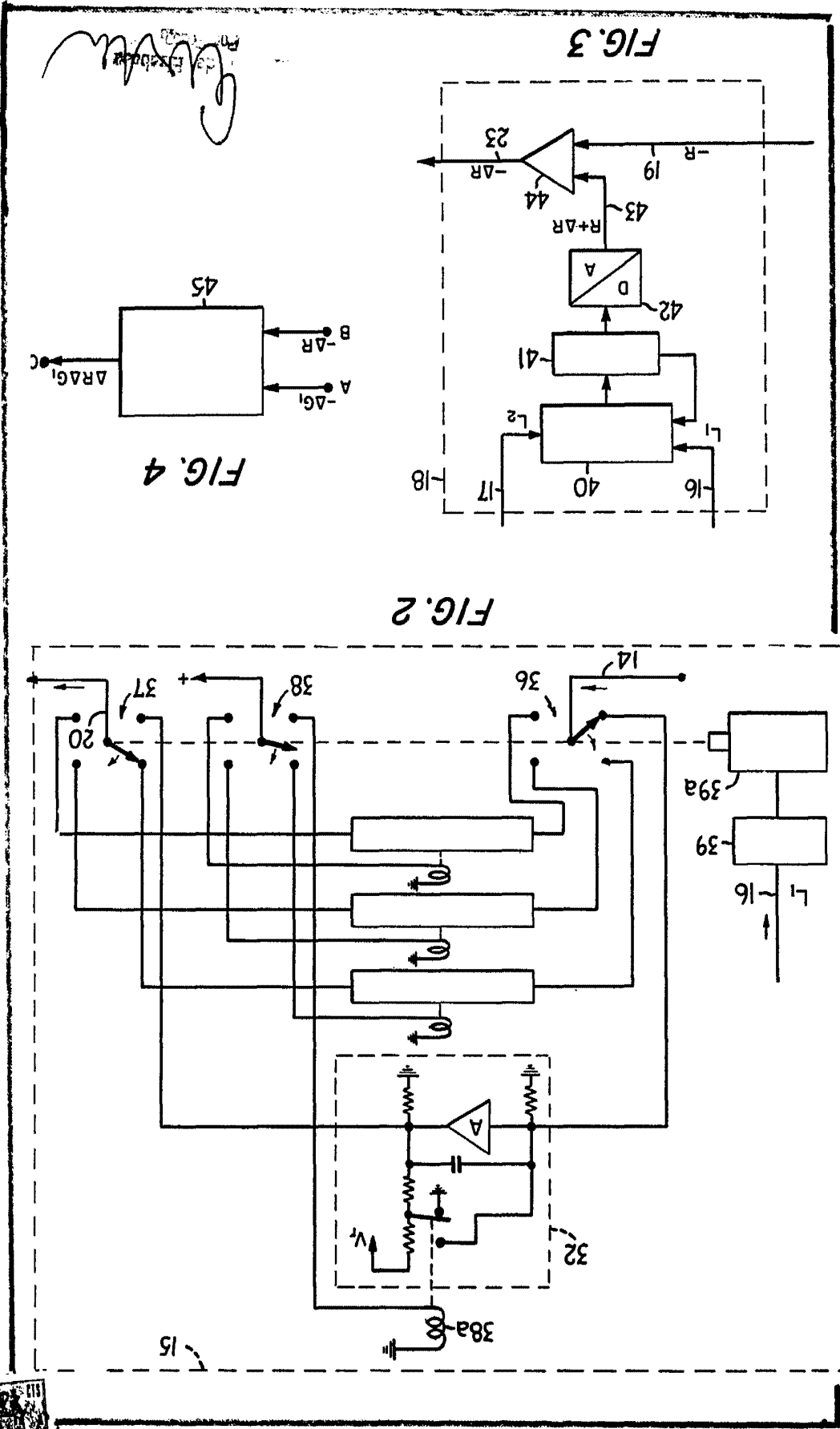
G.D.S.  
21.8.67.



FIG. 1



*Handwritten signature*  
LIZARD  
FEB 1962



333683