

414583



P.- 54.220

414583

W.E. Case No. 43.461

MEMORIA DESCRIPTIVA

Int. ... B21 B / G05 B
------------------------

para solicitar PATENTE DE INVENCIÓN en ESPAÑA por 20 años

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en Westinghouse Building, Gateway Center,  
Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos  
de América

por "UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL PARA UN TREN DE  
LAMINACION"

(Clase Internacional B31b, G05b)



414583

El invento se refiere en general al control de trenes de laminación, y más particularmente al control del espesor y de la curvatura en un tren de laminación de chapa.

5 Los sistemas de la técnica anterior para el control del espesor y de la curvatura han sido dotados de mejoras introducidas en dichos sistemas que se han divulgado en una solicitud en tramitación. Sin embargo, hasta ahora tales controles han funcionado con  
10 independencia, con el resultado de que las variaciones de espesor debidas a esfuerzos de flexión en el control de la curvatura no se han compensado directamente en el sistema de control de espesor. Por consiguiente, se producen interacciones indeseables entre los sistemas  
15 de control del espesor y de la flexión de los rodillos.

En general, los sistemas conocidos de control de espesor utilizan controles de aproximación de los rodillos o de cuña que funcionan en respuesta a las  
20 señales representativas de la desviación del espesor, típicamente producidas por aparatos de rayos X o por variaciones en la fuerza de laminación. Se han empleado diversos métodos de control para convertir las señales de desviación del espesor en variaciones apropiadas en el control de aproximación de los rodillos o de cuña  
25 con objeto de servir o regular la separación entre ro-

11:5.73

414583



5 dillos para obtener el espesor deseado. En la solici-  
tud en tramitación, se han tomado las medidas oportu-  
nas para poner al día la denominada constante elástica  
del tren de laminación, con objeto de mejorar la regu-  
lación de la aproximación de los rodillos.

10 Se ha observado que, si bien los actuales  
sistemas de control de espesor son satisfactorios para  
establecer el espesor previsto, y las mejoras anterior-  
mente citadas hacen posible lograr una reducción en  
la pérdida de producto durante el período inicial de re-  
gulación del espesor, la respuesta del sistema a peque-  
ñas desviaciones de espesor durante la laminación es li-  
mitada, debido a la respuesta relativamente lenta del  
mecanismo de aproximación de los rodillos. Por tanto,  
15 parece que cuando se desee una corrección del error de  
espesor más precisa y más rápida, el sistema convencio-  
nal, incluso con las mejoras antes mencionadas, no es  
totalmente satisfactorio.

20 La precisión y la velocidad de corrección  
de espesor debida a los esfuerzos de flexión de los ro-  
dillos (control de la curvatura de las chapas) y/o a  
otros factores, tales como las variaciones de la cons-  
tante elástica del tren de laminación o las variacio-  
nes de separación de los rodillos debidas a cambios de  
25 temperatura o de velocidad del tren de laminación, se

11.6.73



414583

mejoran en un sistema en el que se utilizan cilindros  
hidráulicos de empuje ascendente para corregir por las  
variaciones de separación de los rodillos durante la  
laminación. Se puede considerar que el concepto básico  
5 de control del invento es la conservación de una sepa-  
ración de rodillos constante para un espesor previsto  
constante con una compensación automática de los es-  
fuerzos anticipados de flexión en los rodillos, de las  
variaciones de elasticidad del tren de laminación y de  
10 otros factores que afecten a la separación de los rodi-  
llos.

Con el fin de anticipar las variaciones  
de la separación de rodillos debidas a los esfuerzos  
de flexión en los rodillos, se utiliza la señal de re-  
15 ferencia del esfuerzo flector producida por el sistema  
de control de curvatura de la chapa, en lugar de medir  
el esfuerzo flector real desarrollado por medio de ser-  
vocontroles hidráulicos de acción relativamente lenta.  
De este modo, la señal de referencia del esfuerzo flec-  
20 tor o fuerza de flexión de los rodillos proporciona de  
una manera eficaz una anticipación del esfuerzo flec-  
tor real que posteriormente se desarrolla por medio de  
la acción del servosistema hidráulico.

Una señal de constante elástica que rela-  
25 ciona la variación en la separación de los rodillos con

414583



5 el esfuerzo anticipado de flexión en los rodillos se  
calcula en función del diámetro del rodillo y se em-  
plea a continuación con la señal de esfuerzo flector  
de los rodillos para desarrollar una variación de es-  
pesor debida a la señal de flexión de los rodillos,  
10 existiendo también medios para proporcionar la compen-  
sación por variaciones de separación de rodillos debi-  
das a variaciones del espesor de la película de aceite  
de los cojinetes como una función de la velocidad del  
15 tren de laminación dividida por el esfuerzo de lamina-  
ción.

La posición real de los cilindros de em-  
puje ascendente (para los lados del operador y del ac-  
cionamiento del tren de laminación) se mide y se compa-  
15 ra (o se combina mediante una sustracción) con la varia-  
ción de espesor debida a la señal de flexión de los ro-  
dillos, y se genera o se calcula una primera señal dife-  
rencia para el control de espesor. Las variaciones de  
separación de rodillos debidas a las variaciones de alar-  
20 gamiento del tren de laminación se representan mediante  
una segunda señal diferencia que se genera o calcula  
como una función de la variación en espesor o en sepa-  
ración de rodillos que ocurre después de haber estable-  
cido una posición inicial o de "enclavamiento" durante  
25 la laminación del extremo de cabeza de una barra o cha-

414583



pa. De este modo, la segunda señal diferencia proporciona una medida de la variación de la separación de rodillos debida al alargamiento del tren de laminación. Las variaciones de la separación de rodillos se calculan como una función del producto de la fuerza o presión de laminación medida por una constante elástica de presión de rodillo que a su vez se calcula en función del diámetro del rodillo y de la anchura de la banda o chapa. Las señales diferencia primera y segunda, correspondientes a variaciones de la posición del cilindro de empuje ascendente y a variaciones de alargamiento del tren de laminación, se combinan para producir señales de activación que compensan el error de espesor para los lados del operador y de accionamiento del tren de laminación. Se puede considerar que las señales de mando funcionan como un control tipo monio para mantener constante la separación de los rodillos, o pueden referirse a una señal calculada de variación de la separación de los rodillos para obtener un espesor deseado.

La realización preferida de este invento se describe aquí como un sistema analógico con una combinación de circuitos, generadores, integradores y elementos similares que llevan a cabo diversas funciones y que se utilizan de acuerdo con el concepto del invento. Puesto que el método del invento puede llevarse a la práctica con componentes digitales o analógicos, y dado que

414583



los generadores y los circuitos calculadores de señales proporcionan una función equivalente, en toda la memoria descriptiva se utilizarán indistintamente como términos equivalentes los de generador, elaborador o calculador. Además, todos los medios que se muestran, ya se ilustren en forma analógica o digital, o bien vengán representados por ecuaciones, pueden llevarse a la práctica mediante diversos tipos de medios, de forma analógica o digital. Así, el término "señal" se emplea en la presente memoria para designar una representación analógica o digital de una función interna de entrada, generada o calculada, o una magnitud de salida, y el término "generador" se usa para representar cualquier medio, ya sea analógico o digital, para producir la representación deseada. También debe entenderse que los dispositivos analógicos para usos especiales tales como los limitadores, los integradores, los circuitos de banda inactiva y los generadores de función, pueden sustituirse todos ellos por dispositivos digitales equivalentes que, a su vez pueden desarrollarse como calculadores conexiados para usos especiales o pueden obtenerse mediante la utilización de un calculador digital programado.

Específicamente, el espesor y la curvatura de las chapas se controlan en un tren de laminación en el que se emplea la posición convencional de aproxima-

414583



5 ción de los rodillos para establecer una separación  
inicial de los rodillos, y la referencia de la fuerza  
de flexión utilizada para controlar la curvatura se  
emplea para corregir las desviaciones de espesor que  
10 de ello resultan. Los cilindros hidráulicos de empuje  
ascendente sirven para mantener una separación de ro-  
dillos que se conserva constante en un modo de opera-  
ción con las variaciones debidas al alargamiento del  
tren de laminación, y que se varía de una forma con-  
trollable en un segundo modo de operación para proporcio-  
nar el espesor de salida apropiado.

15 Los objetivos y características del inven-  
to que se han citado, así como otros, resultarán eviden-  
tes a partir de la siguiente descripción detallada toma-  
da en relación con los dibujos adjuntos que forman par-  
te de esta memoria, y en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema que incorpora el invento;

20 La figura 2 es un diagrama esquemático que muestra formas adecuadas para el sistema 200 de con-  
trol de la fuerza de flexión y el sistema 300 de control de corrección de espesor de la figura 1;

25 La figura 3 muestra una disposición espe-  
cífica para los medios 340 de la figura 2, destinada a producir señales DPdr y DPop de variación de alargamien



# 414583

to del tren de laminación en los lados de accionamiento y del operador, respectivamente;

La figura 3A proporciona un resumen de las ecuaciones básicas de control que se satisfacen por la función de los medios 300 de la figura 1;

La figura 4 muestra la relación entre la flexión del tren de laminación y la carga de laminación que debe satisfacerse mediante la combinación de 360, el generador de constante elástica de fuerza del rodillo, y los generadores 342 de función de la figura 3;

y

La figura 5 es una representación esquemática de las funciones del generador 300 para producir las señales DQdr y DQop de variación de la posición del cilindro.

Se hace ahora referencia a la figura 1, en la que se muestra un sistema que emplea el presente invento en la forma de un diagrama de bloques. El sistema comprende un control 100 de aproximación de rodillos que proporciona medios de establecer la posición de los cojinetes del lado de accionamiento y del lado del operador para el rodillo superior 1 reforzador de los de trabajo. El metal a laminar se hace pasar entre un rodillo superior 2 de trabajo y un rodillo inferior 3 de trabajo, cuya posición se controla por medio de un ro-



# 414583

dillo inferior 4 reforzador de los de trabajo. Las presiones de laminación que se originan por el trabajo del metal se miden con medios convencionales tales como pilas piezoeléctricas designadas con 5-Dr para el lado de accionamiento y con 5-Op para el lado del operador, y que producen las señales Pdr y Pop, respectivamente. Las fuerzas de flexión de los rodillos para el rodillo superior 1 y el rodillo inferior 4 se desarrollan por medio de los reguladores l10 de posición de la servoválvula hidráulica y del carrete de la válvula de los lados de accionamiento y del operador, cuyos reguladores trabajan de una manera convencional para desarrollar fuerzas de flexión que se miden mediante las pilas piezoeléctricas 6 y 7 superior e inferior. La relación entre las pilas piezoeléctricas y las fuerzas de flexión medidas se establece en el cuadro siguiente:

<u>PILA</u>		
<u>PIEZOELÉCTRICA</u>	<u>SEÑAL</u>	<u>REPRESENTACION</u>
20 6-Dr	Bdrt	Lado de accionamiento-Fuerza de flexión superior.
7-Dr	Bdrb	Lado de accionamiento-Fuerza de flexión inferior.
6-Op	Bopt	Lado del operador-Fuerza de flexión superior.
25 7-Op	Bopb	Lado del operador-Fuerza de flexión inferior.

414583



La altura del rodillo inferior 4 reforzador de los de trabajo se controla por medio de los reguladores convencionales 120 de posición de servoválvula y del carrete de la válvula, que reciben las señales GEdr y GEop de referencia de error de espesor, vi-  
5 niendo representada la posición del rodillo 4 en los lados de accionamiento y del operador mediante las pilas piezoeléctricas 8-Dr y 8-Op, respectivamente. Las señales de posición de los lados de accionamiento y del operador se designan como Qdr y Qop, respectivamente.  
10

Debe entenderse que, si bien la señal real producida por las pilas piezoeléctricas 8 puede ser representativa de fuerza, estas señales se convierten fácilmente en representaciones de posición, como aquí se  
15 emplean. Los controladores 110-Dr y 110-Op reciben las señales BEdr y BEop de error de fuerza de flexión de los rodillos del lado de accionamiento y del lado del operador, respectivamente, señales que son producidas por el sistema 200 de control de la fuerza de flexión  
20 de los rodillos reforzadores de los de trabajo. Los controladores 110-Dr y 110-Op responden a las señales BEdr y BEop permitiendo que entre o que salga aceite de los cilindros de flexión hasta que BEdr y BEop sean iguales a cero. El sistema 200 recibe las señales medi-  
25 das de las fuerzas de flexion y de rodillo previamente

414583



mencionados, así como representaciones de lo siguiente:  
curvatura deseada (C); curvatura de rodillo (Cr); anchura de chapa (Wp); diámetro de rodillo (Dbu); y fuerza inicial estimada del rodillo (Pe). Además de suministrar a los controladores 110 las señales de referencia de flujo de aceite del lado de accionamiento y del lado del operador, el sistema 200 proporciona también ciertas señales que se utilizan en el sistema 300 de control de la corrección de espesor. En particular, se produce una señal Bref (la fuerza necesaria de flexión del rodillo) que constituye la base para desarrollar las señales BEdr y BEop antes citadas, y la señal MCb representa un factor que, cuando se multiplica por Bref, permite al sistema 300 compensar por variaciones de espesor ocasionadas por la fuerza anticipada de flexión. Adicionalmente, el sistema 300 recibe una señal Pt de fuerza total de flexión que corresponde a la suma de las señales Pdr y Pop previamente mencionadas y de las señales V y NCyl que se definirán a continuación y que se utilizan en el control de corrección del espesor. El sistema 300 recibe también directamente las señales Pdr y Pop, así como representaciones de la anchura de chapa (WP) y del diámetro de rodillo (Dbu). Una señal representada como NIVEL (LEVEL) se utiliza para permitir el ajuste del rodillo 4 respecto a una posición horizontal. Las señales



414583



representa el hecho de que el metal está en el tren  
de laminación, y por tanto, cuando está cerrado, pre  
senta la señal Pt al generador 250 en lugar de la es  
timación inicial Pe. La señal Ce de error de curvatu  
5 ra, generada de una manera que se describirá más es  
pecíficamente a continuación, se aplica a un circuito  
260 de banda inactiva que excita a un integrador pro  
porcional 270 que suministra la señal de salida Bref.  
En algunos casos puede omitirse la banda inactiva, de  
10 pendiendo de las características del tren de laminación.  
La señal Bref se limita por medio de un limitador 280  
de fuerza de flexión que recibe una representación de  
fuerza máxima y una señal Pt. Los componentes que de es  
te modo se han descrito hasta ahora son los comprendidos  
15 en el sistema 200. Debe entenderse, que, si bien se han  
utilizado términos que generalmente se consideran ana  
lógicos, las diversas funciones de los componentes que  
se acaban de describir pueden llevarse a cabo también  
con un calculador digital con lógica conexasionada o con  
20 un calculador programado.

El sistema de control 200 incluye también  
el control 290 de fuerza de flexión (véase figura 7)  
para los lados de accionamiento y del operador. El con  
troll 290 tiene unos controladores individuales 293 y 296  
de fuerza de flexión para el lado de accionamiento y el  
25 lado del operador, respectivamente. El controlador 293



414583

del lado de accionamiento acopla el promedio de las dos señales Bdrb (291) y Bdrt (292) de flexión de rodillo a la referencia Bref de fuerza de flexión de rodillo modificada por el reostato 294. La diferencia constituye el error BEdr de fuerza de flexión para el lado de accionamiento. BEdr es la referencia de posición de carrete o de flujo de aceite para l10-Dr, el regulador de posición del carrete de la servoválvula hidráulica del lado de accionamiento. El carrete de la válvula de l10-Dr se posiciona de un modo proporcional a BEdr para controlar el flujo de aceite que entra o sale del cilindro de flexión de rodillo, según lo determine la polaridad de BEdr. El flujo de aceite resultante hace variar Bdrb y Bdrt hasta que la fuerza media es igual a Bref y BEdr = 0. El funcionamiento del lado del operador es el mismo. Los reostatos 294 y 295 permiten regular Bref para desplazar el centro de la curvatura del rodillo lo necesario para equilibrar el tren de laminación.

La señal Bref se utiliza en el generador de referencia 290 y en la corrección de espesor para el generador 310 de fuerza de flexión que forma parte del sistema 300. La señal Gcb, producida por el generador 310, se combina con las señales V y NCyl en un circuito sumador 320, dando como resultado una señal que



414583

se designa como  $Q_0 \cdot M_s$ .  $Q_0 \cdot M_s$  es la referencia básica de posición para los cilindros de rodillo inferior para un tren de laminación vacío. El termino  $M_s$  es un factor que se usa para multiplicar una representación de fuerza con objeto de convertirla en unidades de posición. Así, las señales  $Q_{dr}$  y  $Q_{op}$  se multiplican también por el factor  $M_s$  para transformar la medida de fuerza en una señal de posición. Debe entenderse que si se usan transductores para la función de 8-Dr y 8-Op de la figura 1 cuando sea posible una representación directa de la posición, ya no será necesario multiplicar por el factor  $M_s$ .

La señal  $NCyl$  representa la posición nominal del cilindro en la calibración, y puede considerarse que es una posición inicial de referencia, mientras que la señal  $V$  representa la variación de separación de rodillos debida a los cambios de espesor de la película de aceite de los cojinetes originados por la velocidad del tren de laminación y por la fuerza de laminación. La variación de separación de rodillos ocurre principalmente porque el espesor de la película de aceite de los cojinetes aumenta en función del aumento de la velocidad y disminuye al aumentar la fuerza de laminación. Las señales de NIVEL (LEVEL) y  $Q_0 \cdot M_s$  se utilizan en unión de las señales  $Q_{dr}$  y  $Q_{op}$  en el generador 330 para producir



414583

las señales diferencia  $DQ_{dr}$  y  $DQ_{op}$  en el lado de accio-  
namiento y en el lado del operador. Estas señales dife-  
rencia representan la variación de posición respecto a  
las posiciones del cilindro medidas realmente y la po-  
5 sición para corregir por los factores introducidos en  
el circuito sumador 320. Se debe también corregir el  
espesor por las variaciones de alargamiento del tren  
de laminación en los lados de accionamiento y del ope-  
rador. Así, se proporcionan los generadores 340 dr y  
10 340 op, los cuales reciben una señal  $MGP$  que representa  
una constante elástica de fuerza de laminación según la  
produce el generador 360. La constante elástica  $MGP$  se  
produce como una función de la anchura de la banda ( $Wp$ )  
y del diámetro de rodillo ( $Dbu$ ) y se utiliza para permi-  
15 tir la conversión de las señales de fuerza de laminación  
medidas realmente en variaciones de separación de rodi-  
llos. Una variación del alargamiento del tren de lami-  
nación durante el laminado se representa por una señal  
diferencia ( $DP_{dr}$  para el lado de accionamiento y  $DP_{op}$   
20 para el lado del operador) que se combina con la corres-  
pondiente señal de variación de posición producida por  
el generador 330 en un circuito sumador adecuado 350. De  
este modo, los circuitos 350 dr y 350 op son los contro-  
ladores de error de espesor y producen la señales  $GE_{dr}$   
25 y  $GE_{op}$ , respectivamente, como se observará también en  
la figura 1.



414583

Para laminar metal a un espesor constante, las variaciones en  $DP_{dr}$  y  $DPop$  deben compensarse con las variaciones en  $DQ_{dr}$  y  $DQop$ , respectivamente, a fin de mantener una separación de rodillos constante.

5                    Se hace ahora referencia a la figura 3, en la que se ha establecido una representación análoga de la función de variación del alargamiento del tren de laminación, y a la figura 3A, donde se presentan diversas ecuaciones que resumen la función de la disposición de la figura 3. Considerando primero la figura 3A, se observará que se han provisto dos modos de generación de la señal diferencia, que se denominarán modos I y II. Refiriéndose otra vez a la figura 3, se observará que los interruptores 345 y 346 de los lados de accionamiento y del operador proporcionan las entradas a los amplificadores sumadores 347. El interruptor 345 tiene posiciones de conmutación correspondientes a los modos I y II. El interruptor 346 permite elegir señales individuales de alargamiento del tren de laminación (posición NA), o una señal promedio en la posición A. El funcionamiento de los medios 340, que incluye todos los elementos mostrados en la figura 3, excepto el generador 360 de constante elástica  $MGp$ , se considerará primero teniendo en cuenta la operación en modo I.

25                    Las representaciones de las fuerzas de la-

414583



minación de los lados de accionamiento y del operador  
(Pdr y Pop) se aplican a los respectivos amplificadores  
desmultiplicadores 341, que producen representaciones  
correspondientes a aquéllos que luego se utilizan en la  
operación del generador de función 342 para obtener las  
5 señales de salida de función  $-F(Pdr)$  y  $-F(Pop)$  que aho-  
ra se considerarán teniendo en cuenta el gráfico de la  
figura 4. Refiriéndose a la figura 4, se observará que,  
para distintas anchuras de chapa y diámetros de rodi-  
llos, se puede establecer una relación entre la defle-  
10 xión del tren de laminación en milímetros y la carga de  
laminación. De este modo, la función del generador 342  
es convertir la representación de la carga de lamina-  
ción que se aplica al generador en una señal de defle-  
15 xión de salida correspondiente a dicha carga. Sin em-  
bargo, como la función es una relación compleja que im-  
plica no solamente la carga de laminación sino también  
la anchura de chapa y el diámetro de rodillos, la con-  
versión se lleva a cabo en dos etapas. En primer lugar,  
20 el generador de función 342 produce una representación  
de la relación entre la deflexión del tren de lamina-  
ción y la carga de laminación para una chapa de 2.286  
mm de anchura y un rodillo de 2.032 mm de diámetro, y  
luego se multiplica esta relación en los multiplicado-  
25 res 343 por la función MGP para proporcionar una repre-

414583



5 sentación de salida de la variación de alargamiento del  
tren de laminación que se produce debida a la función  
particular de fuerza de laminación, anchura de chapa y  
diámetro de rodillo. La relación apropiada para gene-  
10 rar la señal  $MGp$  se ha obtenido mediante un análisis  
empírico para proporcionar la relación deseada que se  
establece en el generador 360 de la figura 3, así como  
en las relaciones representadas en la figura 4. Como  
la relación particular puede variarse para diferentes  
15 aplicaciones, el punto importante a observar para el  
objeto del presente invento es que debe proporcionarse  
una compensación adecuada de las variaciones en la an-  
chura de la banda y en el diámetro de los rodillos en  
la forma general del generador 360. Las otras varia-  
20 ciones para trenes de laminación y aplicaciones dife-  
rentes resultarán evidentes para los expertos en la téc-  
nica. No se ha mostrado la forma particular de los me-  
dios 360, puesto que los expertos en la técnica dedu-  
cirán de un modo evidente cómo pueden utilizarse me-  
dios de cálculo analógico odigital para desarrollar la  
señal deseada  $MGp$ .

25 Se puede considerar que los multiplicado-  
res de salida 343 representan a la función  $P^*MGp$ , en la  
que la función del lado de accionamiento es  $Pdr^*MGp$  y  
la del lado del operador es  $Pop^*MGp$ . Cuando el extremo

12.6.73

414583



de cabeza de una banda a laminar entre por primera vez en el tren de laminación, se cierran los interruptores AGC1 y AGC2 acoplados a la salida de los multiplicadores 343, para proporcionar señales de entrada para las memorias 344 del alargamiento del tren de laminación en los lados de accionamiento y del operador. Con esto se proporcionan representaciones de alargamiento inicial del tren de laminación, donde en el lado de accionamiento, la representación es  $PDO*MGp$  y en el lado del operador es  $POo*MGp$ . Las ecuaciones básicas del modo I son:

$$DPdrI = Pdr*MGp - PDO*MGp$$

$$DPopI = Pop*MGp - POo*MGp$$

Estas ecuaciones se obtienen por medio de los amplificadores sumadores 347-DR y 347-OP mientras los interruptores 345 y 346 están en la posición del modo I. En este instante, el estado de salida inicial de memoria de las memorias 344 se aplica a los interruptores 345-DR y 345-OP, y a continuación estas representaciones de alargamiento inicial del tren de laminación se restan del cálculo actual del alargamiento del tren de laminación producido por los multiplicadores 343 una vez que se han abierto los interruptores AGC1 y AGC2. Las salidas de los multiplicadores se aplican a través de los interruptores 346-DR y 346-OP a los amplificadores suma-

414583



5 dores 347-DR y 347-OP. El signo de las señales produci-  
das por la memoria 343 es contrario al de los multipli-  
cadores 343, para proporcionar la apropiada operación  
de diferencia. La salida de los amplificadores o dispo-  
sitivos sumadores 347 se desmultiplica adecuadamente  
por medio de los potenciómetros 348 para suministrar  
las señales DPdr y DPop de diferencia de alargamiento  
del tren de laminación. Los valores ajustados en los  
potenciómetros determinan la variación del porcentaje  
10 de alargamiento del tren de laminación que debe compen-  
sarse mediante el movimiento del rodillo inferior.

Durante el modo II, todos los interrupto-  
res se desplazan a la posición II, y entonces la señal  
de memoria del alargamiento del tren de laminación se  
15 sustituye por una señal representada como  $Pe^*MGp$  y que  
corresponde al alargamiento estimado del tren de lami-  
nación que puede suministrarse con un calculador, no  
representado en la figura. Las ecuaciones del modo II  
son:

20  $DPdrII = Pdr^*Mgp - Pe^*MGp$

$DPopII = Pop^*Mgp - Pe^*MGp$

El rodillo inferior se mueve para laminar  
el espesor para el que se ha calculado  $Pe$ . Al pasar los  
interruptores 346-dr y 346-op de la posición NA a la po-  
sición A, las variaciones de alargamiento del tren de  
25

414583



laminación en los lados de accionamiento y del operador son sustituidas por una representación  $P_{avg} * M_{Gp}$  de la variación promediada del alargamiento del tren de laminación, para proporcionar una ecuación diferente del modo II, que es como sigue:

$$PDdrA = DPopA = P_{avg} * M_{Gp} - P_e * M_{Gp}$$

En la figura 5 se presenta una representación combinada de ecuación de calculador y de esquema analógico de las diversas funciones necesarias para producir la señal de diferencia de posición. Las señales de fuerza  $Q_{dr}$  y  $Q_{op}$  se aplican a los respectivos amplificadores desmultiplicadores 331-DR y 331-OP, en los que se introduce el factor multiplicador  $M_s$  para convertir estas señales en las señales de posición correspondientes. Estas señales se combinan con la representación  $Q_o * M_s$  de corrección de posición generada por los medios 310 y 320 de la figura 2, para representar las variaciones de posición en el rodillo inferior que sean necesarias para compensar los cambios anticipados de separación de rodillos debidos a la fuerza de flexión de los rodillos, variaciones de velocidad del tren de laminación, y variaciones en la posición nominal del cilindro.

Las señales de posición  $Q_o * M_s$  se definen del modo siguiente:

$$Q_o * M_s = N_{cyl} - B_{ref} * M_{gb} - V$$

414583



La representación de MGb se proporciona con los medios 210 que producen la señal de acuerdo con la ecuación:

$$MGb = Ka - Kc * Dbu$$

5                   La manera en que se produce esta constante elástica de flexión se explica con más detalle en la solicitud en tramitación que constituye la referencia (1) anterior. Básicamente, es una función de la relación empírica que refiere la referencia de fuerza de flexión (Bref) a la variación de separación de rodillos que ocurre en respuesta a dicha fuerza. De este modo, el producto Bref \* MGb en la ecuación de Qo \* Ms proporciona un factor de corrección de la desviación en separación de rodillos debida a la fuerza anticipada de flexión del rodillo.

10

15

El factor MGb, según lo desarrollan los medios 210, no necesita referirse a la fuerza de flexión, ya que se explica con más detalle en la solicitud en tramitación que constituye la referencia (1) antes citada. El desarrollo del factor MGb de esta manera hace posible utilizarlo como un factor de ajuste en las ecuaciones obtenidas para desarrollar las señales MCp y MCb de constante elástica producidas por los generadores 220 y 230.

20

25                   En la figura 5 los medios 310 y 320 de la

414583



figura 2 se muestran como funciones de cálculo que pueden desarrollarse con un calculador analógico o digital para generar la representación de  $Q_0 * M_s$ . En la figura 2, el producto  $B_{ref} * M_{Gb}$  se referencia como señal  $G_{cb}$ , producida por el generador 310, que luego se combina con las representaciones de la posición nominal de cilindro ( $N_{cyl}$ ) y de variación de la separación de rodillos debidas a la representación de la velocidad del tren de laminación ( $V$ ).

10 A continuación se utiliza la señal  $Q_0 * M_s$  en los amplificadores sumadores 332-DR y 332-CP para producir señales diferencia  $D_{odr}$  y  $D_{op}$  que se definen de la forma siguiente:

$$D_{odr} = Q_0 * M_s + L$$

15  $D_{op} = Q_0 * M_s - L$

Las representaciones de las posiciones del cilindro en el lado de accionamiento y en el lado del operador ( $Q_{dr}$  y  $Q_{op}$ ) se aplican a los amplificadores desmultiplicadores 331, que suministran las correspondientes representaciones de  $-Q_{dr} * M_s$  y  $-Q_{op} * M_s$ . Las señales  $L$  y  $-L$  se obtienen a través de una referencia de entrada de NIVEL (LEVEL) del potenciómetro 333, y la inversión de esta referencia se obtiene por medio de un amplificador 334.

25 Refiriéndose otra vez a la figura 2 se ob-

414583



servará que las señales aplicadas a los reguladores 120 de posición de servoválvula hidráulica y de carrete de válvula, designadas por GE<sub>dr</sub> y GE<sub>op</sub>, se obtienen por medio de los amplificadores sumadores 350<sub>dr</sub> y 350<sub>op</sub>, respectivamente. Estas señales pueden definirse como sigue:

$$GE_{dr} = DR_{dr} - D_{dr}$$

$$GE_{op} = DPop - D_{op}$$

GE<sub>dr</sub> y GE<sub>op</sub> son las referencias de posición de carrete o flujo de aceite para 120-Dr y 120-Op, respectivamente. Los carretes de servoválvula se posicionan proporcionalmente a GE para controlar el flujo de aceite que entra o sale de los cilindros de empuje ascendente del rodillo inferior reforzador de los de trabajo, según lo determine la polaridad. El cilindro resultante mueve al rodillo inferior para cambiar el espesor hasta que GE llegue a ser igual a cero.

De la descripción anterior resultará ahora evidente que el invento proporciona un método y un aparato para controlar la separación de los rodillos en un sistema en el que puede mantenerse una separación constante de rodillos frente a las variaciones de la fuerza de flexión de rodillo necesaria para obtener una curvatura deseada, así como variaciones en las fuerzas de aproximación de rodillos que puedan establecer una separación inicial de rodillos que deba mantenerse.



414583

La presente solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el día 10 de Mayo de 1972, bajo el número 251.963, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

REIVINDICACIONES

10

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

15

1ª.- Un sistema automático de control para un tren de laminación que comprende unos primeros medios para controlar el valor de aproximación de la abertura de los rodillos en un bastidor del tren de laminación y para medir las fuerzas de laminación resultantes de la regulación del control de aproximación de los rodillos de la abertura inicial para producir señales de presión de laminación; unos segundos medios que responden a dichas señales de presión de laminación y a las representaciones de la curvatura de rodillo deseada para controlar fuerzas de flexión de rodillo en el tren de lamina-

20

25

12.6.73

- 27 -

414583



5 ción y para producir una señal de referencia de fuerza de flexión, y unos terceros medios que responden a la mencionada señal de referencia de fuerza de flexión y a las citadas señales de presión de laminación para controlar el espesor del material laminado en dicho tren de laminación.

10 2ª.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que los mencionados terceros medios incluyen unos medios que responden a una representación del diámetro de los rodillos para generar una señal de constante elástica de fuerza de flexión y unos medios que responden a dicha señal de constante elástica y a la citada señal de referencia de fuerza de flexión para producir una señal de corrección de espesor..

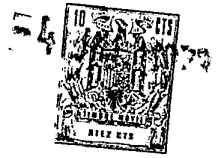
15 3ª.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1ª, en que los citados terceros medios producen una señal de corrección de espesor utilizada en el control de dicho espesor como una función del producto de la mencionada señal de referencia de fuerza de flexión y de un factor de ajuste de diámetro de rodillo.

20 4ª.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 3ª, en el que los citados terceros medios incluyen, además, medios que responden a una representación de la posición de los rodillos para producir una representación de la variación de la separación de los

12.6.73

- 28 -

414583



rodillos debida a las variaciones en las fuerzas de flexión de los rodillos.

5 5ª.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4ª, en el que dichos terceros medios se utilizan para controlar la posición de los soportes de cojinetes del rodillo inferior reforzador de los de trabajo del tren de laminación a fin de mantener constante la separación de los rodillos.

10 6ª.- Un sistema de acuerdo con la reivindicación 4ª, en el que los mencionados terceros medios se utilizan para controlar la posición de los soportes de cojinetes del rodillo inferior reforzador de los de trabajo del tren de laminación a fin de controlar el espesor de la chapa producida por el tren de laminación.

15 7ª.- Un método para hacer funcionar un sistema de tren de laminación que tiene controles de espesor y de curvatura, que comprende la generación de una señal de referencia de fuerza de flexión como una función de la curvatura deseada y de la de laminación y de las fuerzas de flexión y de laminación medidas; la conversión de la señal de referencia de fuerza de flexión en las correspondientes fuerzas de flexión para obtener la curvatura deseada; y la utilización de la señal de referencia de fuerza de flexión en el control del espesor para corregir la desviación de espesor ocasionada

20

25

12.6.73

414583



por dichas fuerzas de flexión.

8ª.- El método de la reivindicación 7ª,  
en el que dicha señal de referencia de fuerza de flexión se produce como una función del diámetro de los  
5 rodillos y de la anchura de la chapa así como de las representaciones de curvatura desedada y de curvatura de laminación y además como una función de las señales medidas de fuerzas de flexión y de laminación, y la desviación de espesor se corrige como una función de la  
10 citada señal de referencia de fuerza de flexión y de un factor de ajuste del diámetro de los rodillos.

9ª.- El método de la reivindicación 8ª,  
en el que la corrección de desviación de espesor para la fuerza de flexión se genera como una función del producto de dicha señal de referencia de fuerza de flexión  
15 y del citado factor de ajuste de diámetro de los rodillos.

10ª.- Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 6ª, en el que la separación de los rodillos se ajusta inicialmente por medio  
20 de un control de posición de aproximación y se emplean unos cilindros hidráulicos de empuje ascendente para controlar la separación de los rodillos durante la laminación, respondiendo los citados primeros medios a las  
25 señales representativas de la posición de dichos cilindros.

414583



5 dros de empuje ascendete y a las señales de entrada de  
variación de la separación de los rodillos para produ-  
cir una señal diferencia de posición; respondiendo los  
mencionados segundos medios a las señales que represen-  
tan presiones de laminación y constantes elásticas para  
variaciones de separación de rodillos debidas a las pre-  
siones de laminación para producir una señal de varia-  
ción de alargamiento del tren de laminación; y en el que  
10 los citados terceros medios responden a dicha señal de  
diferencia de posición y a la mencionada señal de varia-  
ción de alargamiento del tren de laminación para produ-  
cir una señal de control de corrección de espesor para  
dichos cilindros de empuje ascendente.

15 11ª.- Un sistema de acuerdo con la reivin-  
dicación 10ª, en el que dichos primeros medios reciben  
una señal de referencia de flexión de rodillo como una  
de las citadas señales de entrada de variación de la se-  
paración de los rodillos y una representación de la va-  
riación de la separación de los rodillos debida a la  
20 fuerza de flexión.

25 12ª.- Un sistema de acuerdo con la reivin-  
dicación 11ª, en el que dicha señal de diferencia de po-  
sición se produce como una función que incluye el produc-  
to de la mencionada señal de referencia de flexión de  
rodillo y de dicha representación de la variación de se-

12.6.73

414583



paración de rodillos debida a la fuerza de flexión de los rodillos.

13ª.- Un sistema automático de control para un tren de laminación.

5

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 treinta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

-4 JUL. 1973

Madrid,

P.A.

Alberto de Elizuru  
Per route

12.6.73  
JGA.

- 32 -

414583

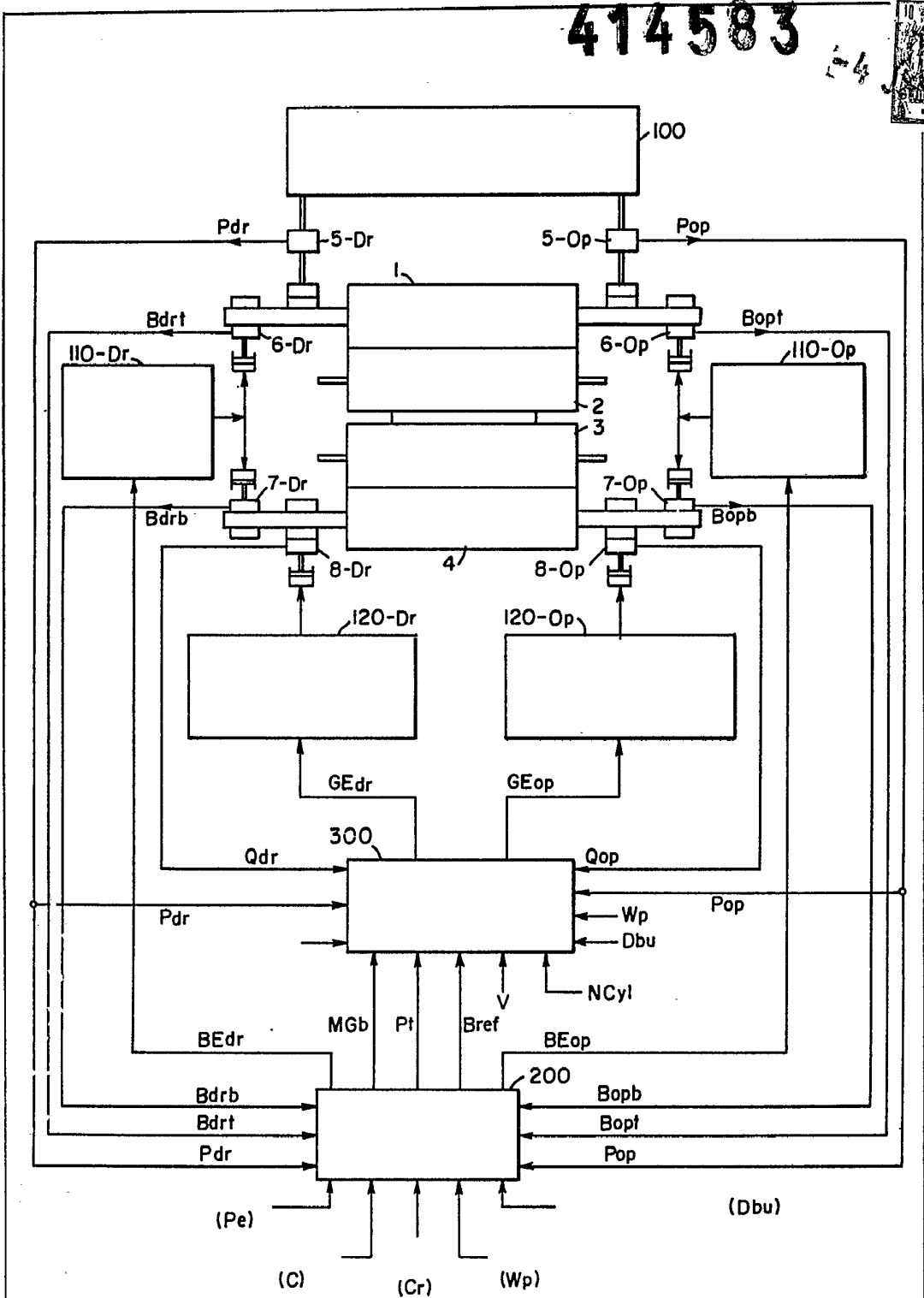


FIG. 1.

Alberto de Lizaburu  
 Per Feder.



414583

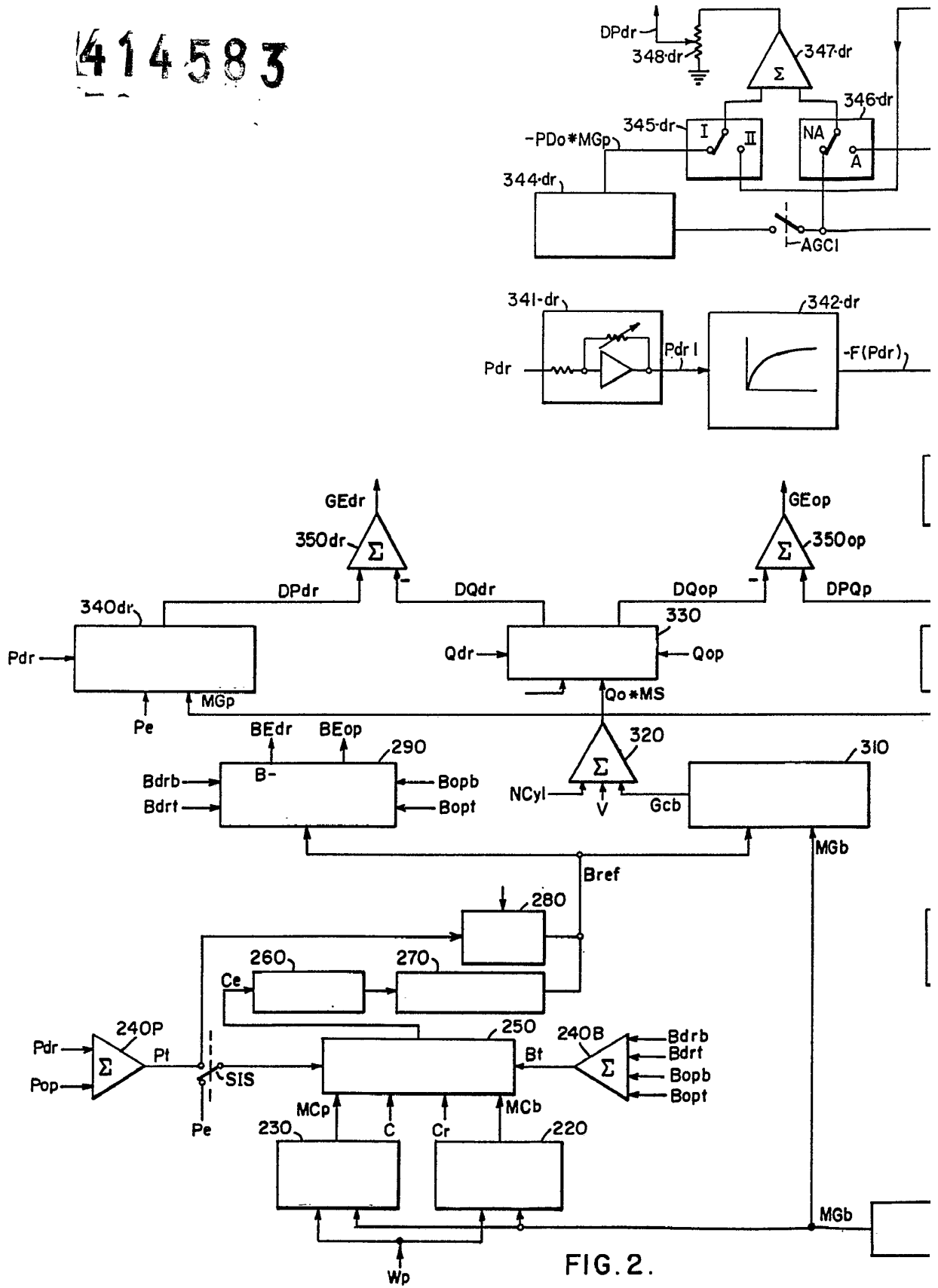


FIG. 2.

414583

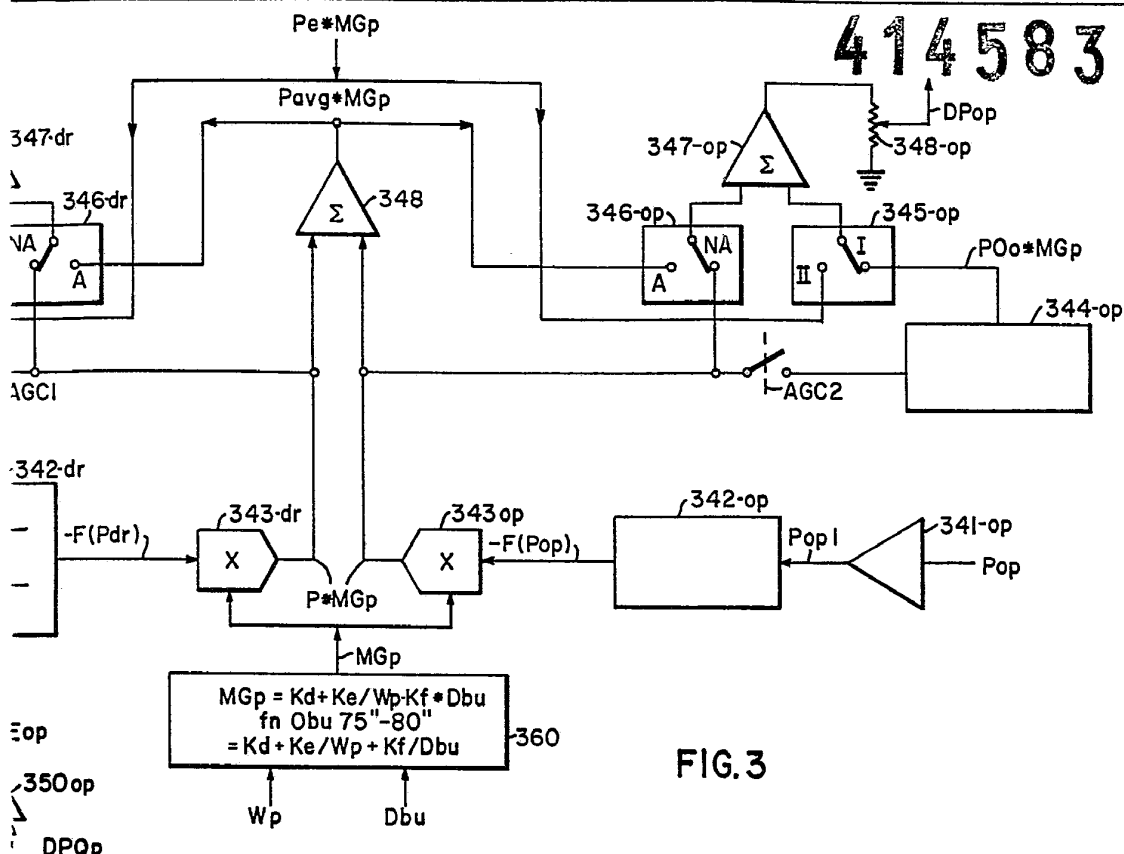


FIG. 3

$$MGp = Kd + Ke/Wp - Kf * Dbu$$

fn Obu 75"-80"

$$= Kd + Ke/Wp + Kf/Dbu$$

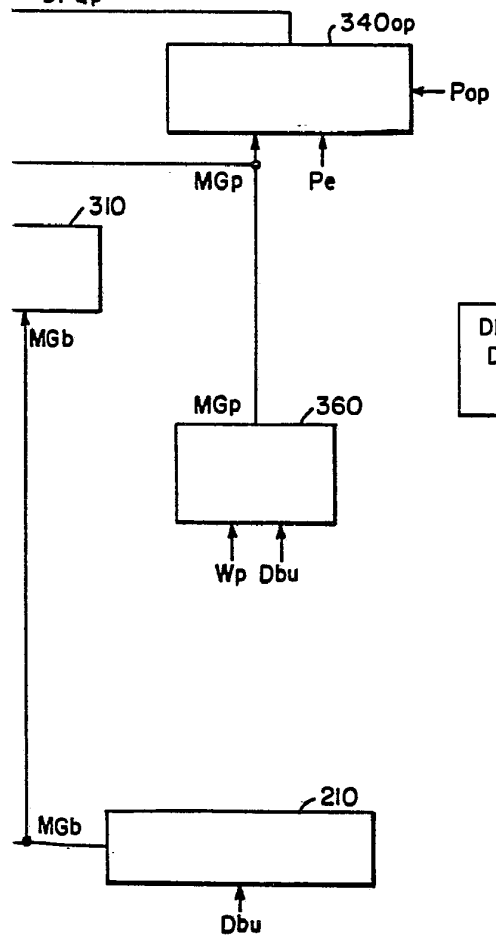


FIG. 3A

$DPdr I = Pdr * MGp - PD0 * MGp$	$DPop I = Pop * MGp$
$DPdr II = Pdr * Mcp - Pe * MGp$	$DPop II = Pop * MGp - Pe * MGp$
$DPdr A = DPop A = Pavg * MGp - Pe * MGp$	

Albert de Elnoburu  
*[Signature]*

450110

414583

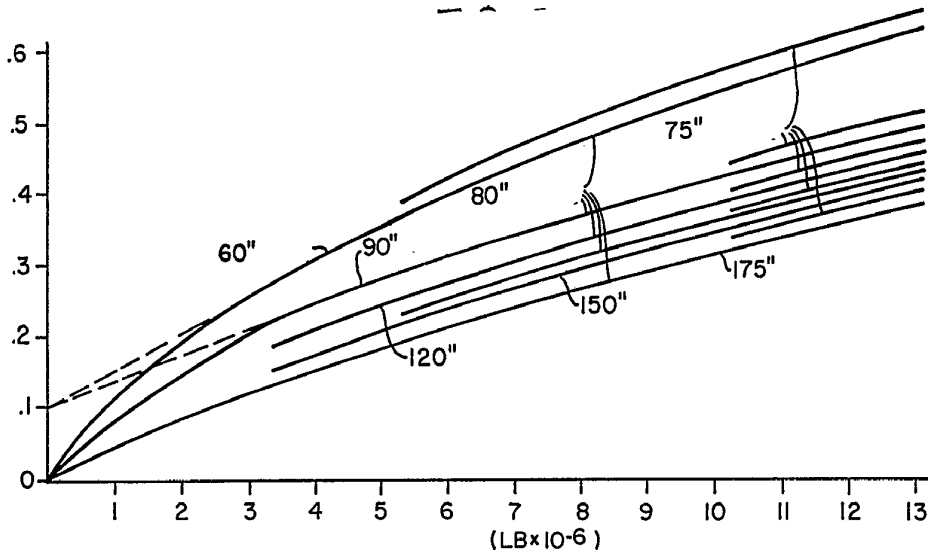


FIG. 4  $MGp = Kd + Ke/Wp - Kf * Dbu (Dbu 75''-80'')$   
 $MGp = Kd + Ke/Wp + Kf / Dbu$

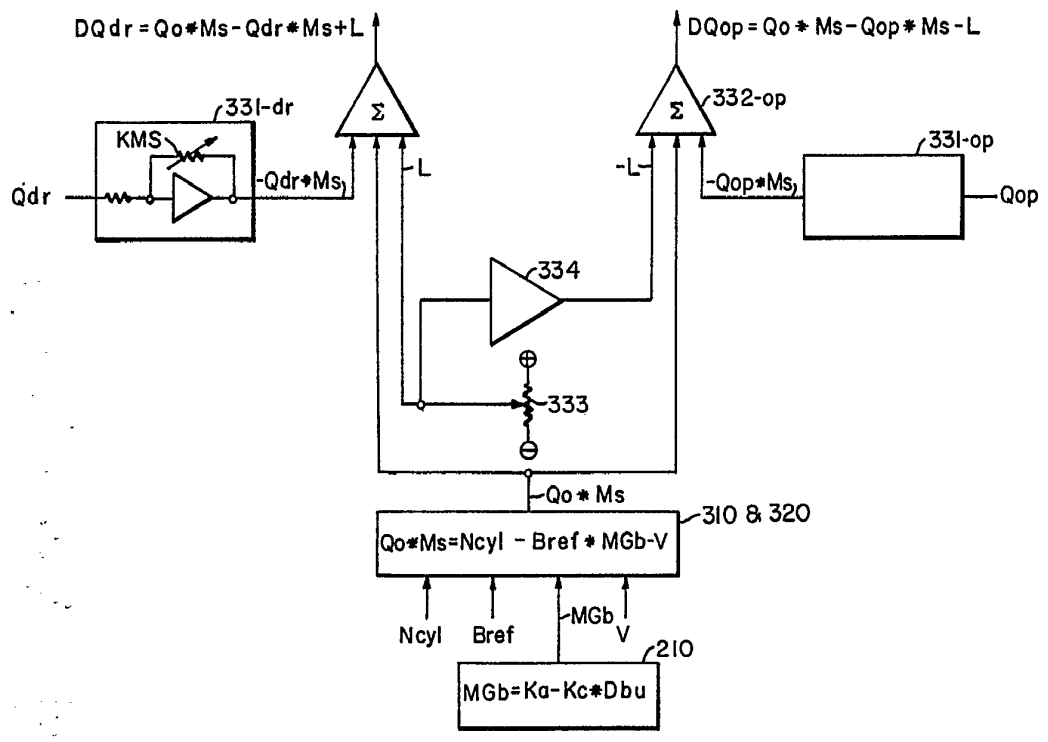


FIG. 5

Alberto de Elzaburu  
 For Feeder