

348720

P - 36.916

Docket. SA. 9-66-025

Memoria descriptiva

24 FEB 1968



para solicitar PATENTE DE INVENCIÓN

por 20 años

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

entidad / ~~de~~ nacionalidad norteamericana

con domicilio en Armonk, N.Y., Estados Unidos de América

por: "UN SISTEMA DE GENERAR SEÑALES DE CONTROL PARA APLICACION A UN MOTOR QUE ACCIONA UNA CARGA" (Clase Internacional G05b)



La presente invención se refiere a servomecanismos de posición (posicionales) en general, y más en particular a un servosistema que se aproxima a un funcionamiento óptimo en el tiempo haciendo que la carga conducida, durante la deceleración, siga muy de cerca una trayectoria de deceleración óptima en el tiempo por corrección en un número de puntos de posición y velocidad prefijados para cualquier desviación respecto de la trayectoria óptima en el tiempo, y haciendo además que la carga conducida se aproxime a la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo a lo largo del más alto posible de un número de niveles de velocidad.

Un servomecanismo puede mover dos tipos de carga: uno, cuyo tamaño sea siempre el mismo, o bien uno cuyo tamaño varíe de una acción motriz a otra. Para posicionar cargas uniformes se vienen empleando varios modos o recursos. En el modo llamado de tiempos óptimos, "a golpes" o de "bang-bang" se aplica la plena potencia directa o de avance en la mitad de la distancia a la nueva posición, y la plena potencia inversa (en el sentido de frenado o marcha atrás) en la segunda mitad, desde el punto medio al de velocidad cero. Teóricamente, haciendo caso omiso de las pérdidas por rozamiento y suponiendo que el sistema no se sature en velocidad, la carga llegará, por tanto, a la nueva posición de manera óptima en el tiempo. Naturalmente, hay rozamiento y, por lo tanto, debe hacerse por lo general una corrección terminal de alguna clase. La corrección terminal, necesariamente, se hace a poca velocidad y, por consiguiente, es relativamente laboriosa, en cuanto a consumo de tiempo.



Ahora bien, como es obvio, el enfoque indicado es insatisfactorio en aquellos casos en que varía la carga, varía el rozamiento o bien el sistema se satura en velocidad. En presencia de cualquiera de estos tres casos, es preciso elegir algún punto o instante en que pueda introducirse el modo de deceleración, y llevarse el sistema a la velocidad cero en o cerca de la posición deseada. Este punto suele ser el más desfavorable o del "peor de los casos". Al hablar del peor de los casos se quiere dar a entender el punto en el que puede aplicarse la deceleración y llevarse el sistema a velocidad cero en la nueva posición con la carga mayor posible. Ahora bien, este enfoque tiene varios inconvenientes. Por ejemplo, con cargas menores, el sistema se "quedará corto", esto es, sufrirá un error por defecto y se necesitará una corrección terminal. Como antes se ha indicado, esta corrección terminal se efectúa a la velocidad próxima a cero, con apreciable consumo de tiempo. Tal problema de "quedarse corto" (posicionamiento por defecto), con la necesaria corrección terminal, se origina también cuando aumentan los rozamientos. Es más, quizá el máximo detrimento para con el funcionamiento óptimo en el tiempo se presenta cuando la posición inicial y la nueva posición están separadas por una magnitud tal que el sistema no puede alcanzar su velocidad usual de trabajo. Supóngase, por ejemplo, que el servomotor es un motor síncrono de inducción a dos hilos, (motor paso a paso) aplicándose siempre la deceleración cuando la carga llega a una posición situada a cuarenta pasos de la nueva posición.

Supóngase también que la antigua posición está a 41 pasos de la nueva posición. En este caso, el motor se aceleraría



durante sólo un paso, antes de aplicarse la plena deceleración. Como es obvio, la carga llegaría entonces a la velocidad cero 39 pasos antes de la nueva posición. Por tanto, se necesitaría una corrección terminal relativamente lenta y fastidiosa.

5

Por todo ello, es objeto de la presente invención un nuevo sistema de control óptimo en el tiempo, en el que se emplea un punto de deceleración fijo capaz de mover cargas uniformes o variables sin quedarse corto.

10

Otro objeto de la presente invención es un nuevo servosistema en el cual el seguimiento de una trayectoria de deceleración óptima en el tiempo se efectúa aplicando correcciones al sistema en un número de velocidades y puntos de posición de la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo.

15

Otro objeto de la invención reside en un nuevo servosistema en el cual se emplea un punto de deceleración fijo, sistema que seguirá una de entre un número de trazas de velocidad prefijadas cortando la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo en el caso de que no se haya alcanzado la velocidad de trabajo del sistema para cuando la carga llegue al punto de deceleración.

20

Los indicados y otros objetos, rasgos característicos y ventajas de la invención se irán desprendiendo de la descripción más detallada que sigue de una forma preferida de realización del invento, ilustrada en los dibujos adjuntos, en los cuales:

25

- la figura 1 es un esquema funcional de conjunto del nuevo sistema de servomando óptimo en el tiempo, que más adelante se describa;

30



- la figura 2 es un esquema detallado de los medios de control de sentido y de posicionamiento por exceso de la fig. 1;

5 - la figura 3 es un esquema detallado de los medios de control de predicción de la deceleración, de la fig. 1;

- la figura 4 es un esquema detallado de los medios de control de prioridad y paso a paso de la fig. 1;

10 - la figura 5 es un esquema detallado del verificador del regimen o frecuencia de escalonamiento de la fig. 1;

15 - la figura 6 es una gráfica ilustrativa del funcionamiento del sistema al seguir la trayectoria de deceleración activable en el tiempo, y que también ilustra el método de aproximación a la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo a velocidad menor que la velocidad de funcionamiento del sistema; y

- la figura 7 es un esquema del verificador de secuencia de escalonamiento.

20 En breves términos, se habilita un sistema para generar señales de control para aplicación a un motor que mueve una carga llevándola a una posición objetiva o de referencia ("blanco"), sistema que incluye medios para generar señales proporcionales a la velocidad del motor
25 y medios para generar señales proporcionales a la distancia a que la carga se halla de la posición objetiva. Hay un medio lógico capaz de recibir las señales de velocidad y las señales de error. El medio lógico puede hacer
30 se funcionar, cuando el motor está accionando a velocidad inferior a su máxima velocidad, al acercarse la carga a



una distancia prefijada de la posición objetiva, haciendo que el motor alterne entre modos de trabajo en aceleración y deceleración, para así hacer que la carga corte la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo a un determinado nivel de velocidad correctivo. El nivel de velocidad determinado que se siga depende de la distancia al "blanco" o posición objetiva y de la velocidad del motor.

En la fig. 1 se representa un esquema funcional de conjunto del nuevo sistema, objeto de la presente invención. En la fig. 1 se ilustra un ordenador de datos 1 conectado por una línea 2 a un contador binario dextrógiro 3 de nueve bitios, que a su vez está conectado por una línea 4 a un medio lógico de comparar 5. El medio lógico de comparar 5 está conectado por una línea 6 a un contador binario levógiro 7 de nueve bitios, conectado a su vez por una línea 8 al ordenador 1.

El contador binario 3 de nueve bitios recibe también, por las líneas 20 y 21, unas entradas procedentes del verificador 12 de secuencia de escalonamiento, y por las líneas 40 y 43 unas entradas que vienen del ordenador 1. Como se ilustra en la fig. 1, la línea 40 es la de reposición que viene del ordenador, mientras las líneas 20 y 21 canalizan, por cada paso que el motor se mueve en sentido dextrógiro (a derechas), un impulso procedente del verificador de secuencia 12. Los impulsos de movimiento dextrógiro que aparecen en la línea 20 se llevan también por la línea 22 a unos medios 11 de control de sentido y exceso (posicionamiento por error en exceso). Los medios 11 de control de sentido y exceso reciben también los impulsos de movimiento levógiro (a izquierdas)



procedentes del verificador 12 de secuencia de escalona-
miento, por las líneas 23 y 25, y recibe indicaciones de
"alto" y "bajo" por las líneas 37 y 36, respectivamente,
procedentes del medio lógico de comparar 5. Los impulsos
de movimiento dextrógiro procedentes del verificador 12 de
secuencia de escalonamiento se llevan también por una línea
24, al contador binario 7 de nueve bits. De igual modo,
la línea 40 por la cual viene del ordenador 1 una señal
de reposición está conectada a la línea 42 de modo que pue-
da reponerse el contador binario 7 de nueve bits.

La salida del medio lógico de comparar 5, además de
ser llevada a los medios de control 11 de sentido y exce-
so, se lleva también por las líneas 31, 32, 33 y 34 a los
medios de control 10 de predicción de la deceleración.

Como más adelante se describirá con mayor detalle, las se-
ñales de la lógica de comparar que aparecen en las líneas
31 a 34 inclusive dan indicaciones de error para uso de
los medios de control 10 de predicción de la deceleración.

En la línea 31 aparece una señal cuando el error es me-
nor de dos pasos o escalones (cuando la distancia al
"blanco" es menor de dos pasos); la señal aparece en la
línea 34 cuando el error es menor de ocho pasos; en la
línea 33, cuando el error es menor de 24 pasos; y en la
línea 32 cuando el error es menor de 40 pasos. Además,
los medios de control 10 de predicción de la deceleración
reciben por las líneas 26 a 29 inclusive unas entradas
procedentes del verificador 9 del régimen de escalona-
miento o paso a paso, el cual recibe por la línea 30 unos
impulsos de 100 microsegundos procedentes del verificador
12 de secuencia de escalonamiento. Los medios de control



10 de predicción de la deceleración reciben también, por la línea 47, una señal de exceso procedente de los medios de control 11 de sentido y exceso. La salida de los medios de control 10 de predicción de la deceleración aparece en las líneas 44 y 45, que sirven de entrada a los medios de control 16 de prioridad y de paso a paso. Como se indica en la fig. 1, la línea 44 da la entrada U1, mientras la línea 45 da la entrada U6. Los medios de control 11 de sentido y exceso dan las entradas U2 y U3, por las líneas 50 y 51 respectivamente, en tanto que el medio lógico de comparar 5 da la entrada U5, por la línea 35.

Como se indica también la fig. 1, el verificador 9 del índice o régimen de escalonamiento está conectado por las líneas 29 y 46 a una barrera de coincidencia 14 de dos términos, que recibe su otra entrada del ordenador 1, por la línea 41. La señal que aparece en la línea 41 procedente del ordenador 1, como luego se verá más claramente, es la señal de mando de gran velocidad. La salida de la barrera de coincidencia 14 se lleva por la línea 52, que es la entrada U4, a los medios de control 16 de prioridad y de paso a paso.

El verificador de secuencia de escalonamiento recibe por unas líneas 60 a 63 inclusive las entradas procedentes del motor de escalonamiento o paso a paso 13, en bucle cerrado, que indican en qué posición, de cuatro posiciones repetidas o redundantes, está situado el rotor. Además, desde el motor de paso a paso en bucle cerrado, se da una señal de espacio oscuro al verificador de secuencia de escalonamiento, por la línea 59, a medida que



el rotor se mueve de un paso a otro. Del motor paso a
paso 13 en bucle cerrado, que incluye medios para dar
retroacción de posición y medios de generar impulsos de
espacio oscuro, se da una descripción más completa en la
patente española nº. 327.676 concedida el 12 de diciembre
de 1966 y cedida al mismo cesionario de la presente soli-
citud.

En la patente arriba citada se utiliza un disco dis-
criminador, montado en el eje del motor. Para un motor
paso a paso de 200 posiciones se disponen en torno al
disco 50 aberturas que corresponden cada una a un grupo
de cuatro pasos en secuencia. Cuatro manantiales de luz
comunican, a través de las aberturas del disco, con cua-
tro fotocélulas asociadas. Las cuatro combinaciones de
fotocélula y manantial luminoso están separadas o repar-
tidas de manera que cuando el motor esté en una posición
dada sólo una de las fotocélulas recibirá luz. Además,
al pasar el rotor de una posición a otra, ninguna de las
fotocélulas recibe luz; esto es, hay un espacio oscuro
entre posiciones. Como se describe con detalle en dicha
patente, se prevén 50 incrementos de cuatro posiciones
que dan por resultado la sucesión o secuencia normal del
motor paso a paso, de 200 posiciones. Además, el sistema
de motor paso a paso en bucle cerrado puede regularse de
modo que funcione en el modo levógiro, en el modo dextró-
giro, en el modo de gran velocidad y en el modo de para-
da.

Como se ilustra en la fig. 1, el control 16 de prio-
ridad y paso a paso da por las líneas 54 a 57 inclusive
unas señales de control que hacen que el sistema de motor



5

paso a paso en bucle cerrado vaya selectivamente a uno de los modos dextrógiro, levógiro, de gran velocidad o de parada, respectivamente. Una señal del control de prioridad y paso a paso aplicada a la línea 58 no hace sino cerrar el bucle, y si no aparece señal alguna en esta línea puede entrarse en el modo usual de escalonamiento o paso a paso en bucle abierto.

10

A los fines de descripción de funcionamiento, supóngase que va a efectuarse un movimiento de 100 pasos en sentido dextrógiro. Como el contenido de los contadores 3 y 7, tal como más adelante se describirá con detalle, es inicialmente el mismo, el medio lógico de comparar 5 activará la línea de igualdad 35, dando así una entrada de tipo U5 a los medios de control 16 de prioridad y paso a paso. A continuación, como más adelante se describirá con mayor detalle en relación con la fig. 4, estos medios de control 16 de prioridad y escalonamiento convertirán dicha entrada en una orden de parada, que se aplica por la línea 57 al motor paso a paso 13 en bucle cerrado.

15

20

25

30

Por consiguiente, el ordenador, al iniciar una nueva orden o instrucción, debe reponer primero el contador binario 7 de nueve bits, por las líneas 40 y 42, y reponer el contador binario 3 de nueve bits por las líneas 41 y 43. Después de reponer los contadores, el ordenador introduce en el contador 7 y por la línea 8 el número 100. Después de cargado así el contador 7, éste da por la línea 6 una indicación de su contenido, al medio lógico de comparar 5. El medio lógico 5 de comparar recibe también, por la línea 4, procedente del contador



3, una indicación del contenido de éste; y como estos contenidos son desiguales, el medio lógico de comparar 5 activará la línea 37 que va a los medios de control 11 de sentido y exceso. Los medios de control 11 de sentido y exceso, como más adelante se describirá con mayor detalle en relación con la fig. 2, activan la línea 50, que es la entrada U2 a los medios de control 16 de prioridad y escalonamiento. Los medios de control 16 de prioridad y escalonamiento activan entonces la línea de entrada de movimiento dextrógiro 54 al motor paso a paso 13 de bucle cerrado. Así, el motor paso a paso 13 de bucle cerrado empezará a hacer girar su eje de salida 64 en sentido dextrógiro. A medida que el motor de escalonamiento 13 en bucle cerrado se mueve paso a paso, como antes se ha dicho, se aplican por las líneas 60-63, al verificador de secuencia de escalonamiento 12, unos impulsos indicativos de aquella de las cuatro posiciones en que sucesivamente se encuentra el rotor. Por la línea 59 se llevan unos impulsos de espacio oscuro al verificador 12 de secuencia de escalonamiento. El verificador de secuencia de escalonamiento acepta estas entradas procedentes del motor paso a paso de bucle cerrado y, si el motor se está moviendo en sentido dextrógiro, da impulsos de movimiento dextrógiro, por las líneas 20 y 21, al contador binario 3. Por las líneas 20 y 21 se suministra un impulso al contador binario 3 al llegar el motor paso a paso a cada una de sus posiciones singulares y únicas que, en un motor de escalonamiento o paso a paso de 200 posiciones, están separadas a 1,8° (1° 48'). Así, el contador 3 cuenta en sentido ascendente de tal modo que, cuando el



motor de escalonamiento 13 de bucle cerrado haya dado
100 pasos, el contenido del contador 3 será igual al con-
tenido del contador 7; y en ese momento la lógica de com-
paración 5 dará una salida de igualdad, por la línea 35,
5 a los medios de control 16 de prioridad y paso a paso,
que activarán entonces la entrada de parada al sistema
de escalonamiento 13 en bucle cerrado.

La descripción de funcionamiento que acaba de darse
era la de una operación en la que el motor pasaba a poca
10 velocidad de su posición inicial a una nueva posición,
separada 100 pasos en sentido dextrógiro. Ahora bien, uno
de los objetos del sistema es el de proveer medios con
los que puedan obtenerse grandes niveles o índices de
aceleración y deceleración, desde una posición inicial a
15 una posición objetiva o de "blanco" con un mínimo de in-
tervención del ordenador. Considérese de nuevo el caso en
que el ordenador "carga" o introduce un cómputo de 100
unidades o pasos en el contador 7 de nueve bits, y los
medios de control 16 de prioridad y paso a paso activan
20 la entrada de movimiento dextrógiro al motor paso a paso
13 de bucle cerrado. Supóngase que el ordenador activa lue-
go la línea de gran velocidad 41 que está conectada a la
barrera de coincidencia 14. Los impulsos procedentes
del verificador 12 de secuencia de escalonamiento, como
25 antes se ha dicho al describir el funcionamiento a poca
velocidad, se hacen pasar por las líneas 20 y 21 al conta-
dor binario 3 de nueve bits, haciéndole contar en sen-
tido ascendente hacia 100. Ahora bien, además, el verifi-
cador de secuencia de escalonamiento 12, por cada uno de
30 los impulsos que se llevan por las líneas 20 y 21 al con-



tador 3, da por la línea 30 un impulso de 100 microsegundos al verificador 9 del índice de escalonamiento. El verificador 9 del índice de escalonamiento vigila la frecuencia de los impulsos que aparecen en la línea 30, y da por las líneas 26 a 29 unas salidas de acuerdo con la velocidad del motor. Así, cuando el motor de escalonamiento se esté moviendo a su velocidad máxima se hallará excitada o activada la totalidad de las líneas 26 a 29, en tanto que a velocidad cero no se activará ninguna de las líneas. El funcionamiento del verificador 9 de régimen o frecuencia de escalonamiento se describirá más adelante de modo detallado, en relación con la fig. 5.

Las salidas del verificador 9 del régimen de escalonamiento se llevan a los medios de control 10 de predicción de la deceleración, en los cuales se actúa sobre aquellas en unión de las señales de error generadas por el medio lógico comparador 5, aplicadas por las líneas 31 a 34 inclusive. Las salidas de mando o instrucciones procedentes de los medios de control de predicción de deceleración se aplican por las líneas 44 y 45 al regulador 16 de control de prioridad y paso a paso, haciendo que el motor siga una trayectoria de deceleración ideal previamente establecida. El seguimiento de esta trayectoria de deceleración previamente establecida se hace sin intervención de la máquina calculadora. Más adelante se dará una descripción detallada de los medios de control 10 de predicción de la deceleración y del regulador 16 de control de prioridad y paso a paso, en relación con las figs. 3 y 4, respectivamente.

La salida de los medios de control 10 de predicción



de la deceleración se aplica por las líneas 44 y 45, y constituye la orden de parada (U6) y la orden de entrada paso a paso (U1), respectivamente, para los medios de control I6 de prioridad y de paso a paso.

5 Durante la descripción precedente se ha supuesto que el motor, al activarse la línea 41, entraría en el modo de gran velocidad. Sin embargo, esto no es completamente exacto. En la fig. 1 se verá que la línea de salida 29 procedente del verificador del régimen de esca-

10 lonamiento o paso a paso está conectado no sólo a los medios de control 10 de predicción de deceleración, sino también, por la línea 46, a la barrera de coincidencia I4, constituyendo así la otra entrada de la barrera de coincidencia. Cuando ambas líneas 41 y 46 estén en activo, la barrera de coincidencia I4 dará una señal por la

15 línea 52 a la entrada U4 de los medios de control de prioridad y escalonamiento. U4 es la línea de entrada de gran velocidad. Por lo tanto, no basta con que esté activada la línea 41, sino que además al motor debe estar moviéndose a una velocidad S mayor que la mínima ($S >$

20 S_{min}). El significado de esto se apreciará mejor tras una lectura de la Memoria de la patente mencionada. En breves términos, como allí se indica, en el modo de funcionamiento de gran velocidad, en lugar de excitarse

25 unos devanados de modo tal que el rotor dé un paso moviéndose al lugar inmediato sucesivo, se excitan devanados situados a dos pasos de la posición del rotor en un momento dado. Si esto se hace en parada, se aplica un par igual en ambos sentidos y el motor resulta inestable.

30 Una ligera perturbación en uno u otro sentido haría



que el rotor se moviera en tal sentido. Por consiguiente, el motor debe llevarse a una velocidad mínima ($S_{min.}$), en el modo de activación de un solo paso, antes de cambiar al modo de funcionamiento de gran velocidad. El valor mínimo $S_{min.}$ dependerá del motor; ahora bien, en la mayoría de los motores paso a paso obtenibles en el mercado, $S_{min.}$ es aproximadamente de 200 pasos por segundo.

Si bien en la descripción de funcionamiento solamente se ha descrito la operación del sistema en la cual ha de efectuarse el movimiento en el sentido dextrógiro, el movimiento en sentido opuesto se obtiene de igual manera, salvo en que el otro contador es el que recibirá inicialmente la carga. Así, para efectuar un movimiento en sentido levógiro, el ordenador introduciría el nivel de cómputo adecuado en el contador 3, y el medio lógico de comparar 5 daría entonces una indicación "baja" por la línea 36 a los medios de control 11 de sentido y exceso, que por la línea 51 darían una indicación a los medios de control de prioridad y escalonamiento, haciendo que éstos dieran por la línea 55 una salida de movimiento levógiro al motor paso a paso 13 de bucle cerrado. También, desde el verificador 12 de secuencia de escalonamiento, se haría pasar una serie de impulsos de movimiento levógiro por las líneas 23 y 24, haciendo que se activara el contador binario 7 de nueve bitios y diera una comparación.

En las descripciones precedentes no se mencionó la función de la parte de "exceso" (movimiento con error por exceso) de los medios de control 11 de sentido y exceso. Supóngase que los medios de control 10 de predic-



ción y deceleración, a causa de variaciones de rozamiento o variaciones de carga, no han podido parar con precisión el servomecanismo en su sitio (en el "blanco"). De estar moviéndose el sistema en sentido dextrógiro y "pasarse", o producirse un exceso, el contador de movimiento dextrógiro 3 contendría un nivel de cómputo superior al introducido de origen en el contador 7 de movimiento levógiro. El medio lógico de comparar 5 activa entonces la línea de baja 36 que va a los medios de control 11 de sentido y exceso, y desactiva la línea de alta 37 que estaba activada durante el tiempo en que el mecanismo se estaba moviendo hacia el "blanco" o posición deseada. Durante un "exceso", los medios de control 11 de sentido y exceso continuarán recibiendo por las líneas 20 y 22 un impulso de movimiento dextrógiro por cada paso de exceso. Estos impulsos de exceso, en unión de la señal de baja aplicada por la línea 36 harán que los medios de control 11 de sentido y exceso retengan o mantengan activada la línea 47, dando lugar a que los medios de control 10 de predicción de la deceleración apliquen una señal de parada, por la línea 45, a los medios de control 16 de prioridad y paso a paso. Al bajar la velocidad del motor por debajo de $S_{min.}$, los medios de control 10 de deceleración y predicción harán que el motor entre en un modo de trabajo de escalonamiento o paso a paso, invirtiéndolo para hacer que corrija el error. Así, el motor accionará en un sentido tal que se corregirá el error, y el contador que contenga el número menor de impulsos se incrementará paso a paso hasta que el motor llegue a su posición objetiva o de "blanco", momento en el cual se ac-



tivará la línea de salida de igualdad 35 procedente del medio lógico comparador 5, haciendo que el motor paso a paso 13 reciba por la línea 57 una orden de parada, procedente de los medios de control 16 de prioridad y escalonamiento.

5

Para una descripción más detallada de los medios de control 11 de sentido y exceso de la fig. 1, se hace referencia en lo que sigue a la fig. 2. En la fig. 2, como se indica, las líneas 22 y 25 están conectadas al verificador de secuencia de pasos, en tanto que las líneas de alta y de baja, 37 y 36 respectivamente, van conectadas al medio lógico de comparar 5. Aquí también, como se indica en la figura 2, se da por la línea 47 la indicación de "exceso", mientras la señal de control de sentido dextrógiro se da por la línea 50, y la señal de control de sentido levógiro se da por la línea 51. Solo estará activada una de las dos líneas 50 o 51. Ambas líneas no pueden estar activadas al mismo tiempo.

10

15

En la fig. 2, la línea 22 procedente del verificador de secuencia de pasos o de escalonamiento da por las líneas 70 y 71 unos impulsos que van a las barreras de coincidencia 65 y 67, respectivamente. También se dan impulsos del verificador de secuencia de pasos por la línea 25 cuando el motor se esté moviendo en sentido levógiro, y estos impulsos se llevan por las líneas 80 y 81 a las barreras de coincidencia 66 y 68, respectivamente. Las líneas 37 y 36 reciben del medio lógico de comparar 5 unas entradas o niveles de franqueo de paso lógicos apropiados. Como antes se ha descrito con brevedad, sólo puede estar activada en un momento dado una de las dos líneas, esto es, la de alta o la de baja. El nivel

20

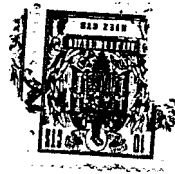
25

30



lógico indicativo de salida de alta del medio lógico de
comparar se aplica por las líneas 37 y 72 a la barrera
de coincidencia 65, como otro término de la misma, y se
aplica por las líneas 37, 73 y 74 a la barrera de coinci-
dencia 68, constituyendo así el otro término de entrada
a ella. Además, el nivel de alta se aplica por las líneas
37, 73 y 75 al inversor 76. Este nivel lógico que entra
en el inversor 76 es invertido y aplicado por la línea 87,
al nivel adecuado, al lado activo del circuito de rela-
ción biestable 69, haciendo que se active la línea de
salida 50, que es la de movimiento dextrógiro, en el caso
de que la línea 37 de nivel de entrada alto, procedente
del medio lógico de comparar, esté activada. Cuando la
línea 36 esté al nivel lógico de franqueo de paso adecua-
do, indicando que se va a efectuar un movimiento levógiro,
se aplica un nivel lógico por las líneas 82 y 84 a la ba-
rreira de coincidencia 66, y también por las líneas 82 y
83 a la barrera de coincidencia 67. Además, este nivel
lógico se aplica por la línea 85 al inversor 77, que in-
vierte el nivel lógico y lo aplica por la línea 86 al
circuito biestable 69. Como resultará obvio para toda
persona versada en la materia, los inversores 77 y 76
sólo se usan para convertir los niveles lógicos en otros
que puedan ser usados por el circuito biestable 69 para
activar y reponer. Aquí también el nivel aplicado por la
línea 86 se usa para activar el circuito biestable 69,
en el caso de que vaya a hacerse un movimiento de senti-
do levógiro. Esto hará que se active la línea 51.

Por lo que antecede pueda verse que el sistema de
la fig. 2 da por las líneas 50 y 51 unas señales de control



de sentido que, como se ilustra en la fig. 1, se aplican a los medios de control de prioridad y escalonamiento, que las convierten dando al motor de escalonamiento o paso a paso de bucle cerrado unas señales de control utilizables por ésta. Asimismo, el sistema de la fig. 2 proporciona una verificación de compatibilidad entre los impulsos procedentes del verificador de secuencia de pasos, indicativos del sentido real y efectivo del movimiento del motor, con las señales procedentes del medio lógico de comparar, indicativas del sentido de movimiento deseado. Así, considerando el caso en que esté activada la línea de alta 37 procedente del medio lógico de comparar, como puede verse, estarán a nivel alto una de las entradas de la barrera de coincidencia 65 y una de las entradas de la barrera de coincidencia 68. Si, como es lo propio, los impulsos del verificador de secuencia de pasos se aplican a la línea 22, la barrera de coincidencia 65 dará un nivel de activación, por la línea 88, al circuito biestable 78. De igual modo, si está en activo la línea de baja y se reciben impulsos por la línea 25, la barrera de coincidencia 66 dará un nivel de activación al circuito biestable 78. Ahora bien, si estando en activo la línea 37 se aplican por la línea 25 los impulsos procedentes del verificador de secuencia de pasos, la barrera 68 dará un nivel de reposición por la línea 91 al circuito biestable 78, haciendo que se active la línea de exceso 47. De la misma manera, si están activadas tanto la línea de baja 36 que viene del medio lógico comparador como la línea de movimiento dextrógiro 22 que viene del verificador de secuencia de pasos, la barrera



de coincidencia 67 dará a la línea 90 un nivel de reposición, dando lugar de ese modo a que el biestable 78 active la línea de exceso 47.

5 Con referencia ahora a la fig. 3, que ilustra con detalle los medios de proporcionar predicción y control de la deceleración, se representa en la misma una serie de barreras de coincidencia 94 a 97 inclusiva que dan unas entradas, por las líneas 100 a 103 inclusive, respectivamente, al circuito disyuntivo 106. Además, otras barreras de coincidencia 98 y 99 dan por las respectivas líneas 104 y 105 unas entradas al circuito disyuntivo 107. Las 10 entradas a la barrera de coincidencia 94 se hacen por unas líneas 47 y 110 que vienen del circuito biestable de exceso contenido en los medios de control de sentido y 15 exceso, y por las líneas 46 y 92' que proceden del verificador del régimen de escalonamiento cuando la velocidad S es mayor que S_{\min} . En esta y otras descripciones ulteriores, el símbolo S se usa para indicar la velocidad o frecuencia de escalonamiento instantánea, en tanto que 20 S_{\min} se refiere a una velocidad específica y prefijada, en pasos por segundo. Como se ilustra en la fig. 3, las entradas a la barrera de coincidencia 95 se hacen por la línea 26 que procede del verificador de régimen de escalonamiento, y por la línea 32 que viene del medio lógico de 25 comparar. Las entradas a la barrera de coincidencia 96 se hacen por la línea 27 que viene del verificador del régimen o frecuencia de escalonamiento, y por la línea 33 procedente del medio lógico de comparar. Finalmente, las entradas a la barrera de coincidencia 97 provienen 30 del verificador de régimen o frecuencia de escalonamiento.

24



por las líneas 46 y 109, y del medio lógico de comparación por la línea 34.

Las entradas a la barrera de coincidencia 98 vienen del verificador del régimen de escalonamiento por las líneas 48 y 93 y del medio lógico de comparar por la línea 31. Las entradas a la barrera de coincidencia 99 vienen del verificador del régimen de escalonamiento por las líneas 48 y 108 y del circuito biestable de exceso por las líneas 47 y 111.

Para facilitar la descripción del funcionamiento de los medios de control y predicción de la deceleración, se hace referencia a la fig. 6, que es una curva de trayectoria de velocidad. El estudio de la representación gráfica de la fig. 6 permitirá comprender mejor el sistema de la fig. 3, que ha sido físicamente realizado para efectuar o lograr la traza de posiciones de velocidad indicada en la fig. 6. La parte de la curva 220 indica la velocidad máxima que puede alcanzar un sistema dado. La curva que va desde el punto 221 y sigue por 222, 223, 224, 225, 226, 227 y 228 hasta bajar a 229, indica la curva de deceleración más escarpada que puede seguir el sistema. Es objeto del plan de predicción de la deceleración determinar en qué punto es necesario aplicar el control de deceleración al motor. En la fig. 6, la curva antes citada tiene como aproximación una gráfica en escalera que consta de líneas verticales correspondientes a errores de 40, 24, 8 y 2 escalones, y de niveles de velocidad correspondientes a $S_{min.}$, $S_{med.}$ y $S_{sup.}$ Si el sistema se está acercando a los 40 pasos de error con velocidad máxima, según la curva 220, al ser puesto en de-



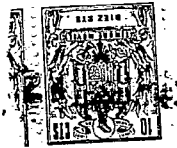
laración en el punto 221 seguirá la curva 222, 223, etc. bajando al objetivo cero en el punto 229. Si, en cambio, el sistema se está acercando a los 40 pasos de error según la curva 230, pasará a deceleración en el punto 231 y seguirá la curva 232 hasta llegar al nivel de velocidad horizontal superior en 233, punto en el cual el sistema seguirá con velocidad más o menos constante hasta el punto 223. Ahora, al acercarse a la curva ideal, el sistema continuará decelerando como antes se ha dicho, hasta bajar al punto 229. De manera semejante, si el acercamiento a la curva de deceleración se hace según la curva 234, no se iniciará la deceleración hasta llegar al punto 235. El motor recorre entonces a velocidad constante una trayectoria que sigue la línea horizontal hasta el punto 225, momento en el cual se seguirá también la curva original de deceleración hasta bajar al punto 229. El objetivo del acercamiento en escalera es el de limitar el equipo físico y obtener, sin embargo, una deceleración muy próxima a la óptima en el tiempo. Así, como pueda verse, teniéndose una corrección secundaria según el tramo horizontal de escalonamiento, se llega rápidamente a la curva de deceleración ideal u original. Si se utiliza sólo un punto de predicción, por ejemplo, para un error de 40 pasos, habría de efectuarse la corrección total a un bajo nivel de velocidad, lo que exigiría un mayor tiempo para la corrección.

En esencia, pues, el método de la fig. 6 permite hacer que el sistema siga la curva óptima 221-229 aun cuando la llegada o el acercamiento a esta curva se haga por debajo, según se indica mediante las gráficas 230 y



234, o bien desde la línea de velocidad máxima 220. Uno de los rasgos característicos importantes asociados a este método, como se desprende evidentemente para las personas versadas en la materia, es que las correcciones en cuanto a velocidad se hacen con rapidez relativamente grande. Como más arriba se ha indicado, esto tiene una notable importancia y da lugar a una ganancia de tiempo, en contraste con la situación en la que las correcciones se efectúan a poca velocidad y, por consiguiente, exigen tiempos más largos.

La fig. 3 ilustra una realización física operativa del método ilustrado en la fig. 6. En el sistema en cuestión es la orden de parada la que tiene prioridad. En la realización física del método de la fig. 6, al iniciarse la orden o instrucción de parada el sistema entrará en el modo de trabajo de parar (modo de parada), volviendo al modo de trabajo de gran velocidad al levantarse o anularse el modo de parada. Supóngase, a los fines de la ilustración, que el motor se está acercando al "blanco" o posición objetiva, y que el error es mayor de 40. En esta situación, no se excitará ninguna de las barreras de coincidencia 94 a 99 ni, por consiguiente, se activará ninguna de las líneas de salida 44 o 45. Si el motor está andando a la velocidad máxima $S_{m\acute{a}x}$ cuando se llega al punto 221, la barrera de coincidencia 95 activa la línea 101, puesto que está activada la línea 26 que viene del verificador del régimen de escalonamiento, y la velocidad es mayor que S_{sup} . Así, el circuito disyuntivo 106 da una señal de parada por la línea 45. Esta señal hace que el motor siga la curva 222 bajando hasta el punto 223.



En el punto 223, la barrera de coincidencia 95 ya no facultará al circuito disyuntivo 106, puesto que la velocidad es menor que $S_{sup.}$; y, por consiguiente, se desactivará la línea 26; en cambio, la barrera de coincidencia 96 facultará ahora al circuito disyuntivo 102 dando un orden de parada por la línea 45, puesto que la línea 33 que viene del medio lógico comparador está activada y también lo está la línea 27 que viene del verificador del régimen de escalonamiento, ya que la velocidad es mayor que $S_{med.}$. Así, el motor seguirá la curva 224 hasta el punto 225, instante en el cual la barrera de coincidencia 96 cesa de facultar al circuito disyuntivo 106, pasando a ser la barrera de coincidencia 97 la que condiciona el circuito disyuntivo 106, activando la línea de parada 45, ya que en este punto la velocidad es mayor que $S_{min.}$, lo que hace que esté activada la línea 109, y el error es menor que 8, lo que hace que esté activada la línea 34 que viene del medio lógico comparador. De nuevo, desde el punto 225, el motor se decelera a lo largo de la curva 226 hasta el punto 227. Al alcanzarse el punto 227, la barrera de coincidencia 97 deja de facultar al circuito disyuntivo 106, ya que la velocidad es inferior a $S_{min.}$. A este punto, el error es menor que 2 y, por consiguiente, el medio lógico comparador activa la línea 31 que se aplica a la barrera de coincidencia 98, y la línea 48 que viene del verificador del régimen o frecuencia de escalonamiento se activa y aplica un nivel lógico por la línea 93 a la barrera de coincidencia 98, que activa el circuito disyuntivo 107 por la línea 104.

El circuito disyuntivo 107 activa la línea 44, que



es la línea de paso a paso. El motor entra entonces en funcionamiento paso a paso. Así, en el caso usual, en que no se produzca error por exceso, los impulsos procedentes del verificador de régimen de escalonamiento harán que el motor dé los dos pasos finales en el modo de paso a paso, asegurándose un funcionamiento casi óptimo en el tiempo sin oscilación en torno al punto objetivo, o "blanco". Como se ilustra en la fig. 3, en el caso de que se ocasiona un error por exceso (el motor se "pase") y se active la línea 47, como la velocidad es menor que $S_{min.}$, se activa la línea 48 que hace que la barrera de coincidencia 99 lleve al motor al modo de funcionamiento paso a paso. Esto, como también se ha descrito anteriormente, hará que el motor venga a parar paso a paso en el lugar de situación de la posición objetiva o "blanco", en el caso de haberse pasado (error por exceso).

La descripción que antecede ha sido la del funcionamiento del sistema de la fig. 3 al efectuarse la aproximación al punto objetivo de manera ideal; esto es, trabajando el motor a gran velocidad (velocidad superior), y detectarse un error de 40 pasos. Supóngase ahora, en cambio, que el motor se acerca según la curva 230, es decir, que el motor, debido a la proximidad de la posición objetiva o a causa de la carga, no ha tenido oportunidad de alcanzar la velocidad superior. En este caso, como antes se ha dicho, el motor estará en el modo de funcionamiento de gran velocidad. Al alcanzarse el punto 231, lo que ocurre cuando el error es menor de 40, se condiciona la barrera de coincidencia 95 por activación de la línea 32 y por activación de la línea 26, ocurrida al sobrepasar



5 $S_{sup.}$ la velocidad del motor. La barrera de coincidencia 95, actuando por medio del circuito disyuntivo 106, hará que se active la línea de parada 45. Para que el motor siga la trayectoria ideal, la línea de parada 45 debe seguir activada, como se indica en la fig. 6, hasta alcanzarse el punto 233, y debe seguir luego horizontalmente hasta llegar al punto 223. Esto se logra de la siguiente manera: Se aplica la acción de parada, y el motor sigue la trayectoria 232, llegando al punto 233. Alcanzado el punto 233, la barrera de coincidencia 95 deja de condicionar al circuito disyuntivo 106, puesto que la velocidad del motor ya no es mayor que $S_{sup.}$. Al ocurrir esto, se produce un intento de pasar al modo de trabajo de gran velocidad, y el motor, en un paso, se acelerará llegando a la velocidad $S_{sup.}$ o sobrepasándola. Cuando esto ocurra, la barrera de coincidencia 95 hará de nuevo que el motor vuelva a decelerarse y siga la traza horizontal, mediante aplicación de la acción de parada. Este seguimiento oscilatorio tendrá lugar hasta alcanzarse el punto 223, después de lo cual, como antes se ha dicho, el sistema seguirá las curvas 223-229. Cuando el motor se acerca según la curva 234, se efectúa el mismo tipo de seguimiento controlado.

10
15
20
25
30
En la precedente descripción abreviada de la secuencia de exceso, en la cual el motor va al modo de trabajo de escafonamiento o paso a paso para dar la vuelta y regresar al punto objetivo o "blanco", no se hizo mención alguna de lo que ocurre en el peor de los casos, cuando el motor "se pasa" en muy alto grado y, durante esta acción por exceso, el motor está trabajando a una velocidad ma-



5 por que S_{min} . Al ocurrir esto, como se indica en la fig. 3, la barrera de coincidencia 94 facultará la línea de parada 45 por medio del circuito disyuntivo 106. Un estudio del sistema de la fig. 3 pondrá de manifiesto que, durante el recorrido de exceso, la línea 47 está activada, lo que hace que se condicione uno de los términos de la barrera de coincidencia 94, por la línea 110, mientras el otro término de la barrera de coincidencia 94 es condicionado o facultado por el verificador de régimen de escalonamiento, por las líneas 46 y 92. Así, la barrera 94 hará que se aplique una acción de parada hasta que, como antes se ha dicho, la velocidad del motor descienda por bajo de S_{min} . Con esto se asegura un control óptimo en el tiempo, no sólo en la situación en que el motor sea movido con precisión hasta el punto objetivo o "blanco", sino también se asegura un control óptimo en el tiempo durante la corrección en el caso de un recorrido por exceso.

10 A continuación se hace referencia a la fig. 4, que es un esquema detallado de los medios de control de prioridad y paso a paso indicados en general con el número 16 en la fig. 1. La función de estos medios de control de prioridad y paso a paso es la de asegurar el logro de las prioridades establecidas para el funcionamiento del sistema. Como antes se ha indicado, la orden de entrada de parar adquiere prioridad sobre todas las demás órdenes de entrada, de manera que es posible realizar físicamente diversos planes de funcionamiento como, por ejemplo, el de control de predicción de la deceleración. En segundo orden de prioridad está la instrucción de trabajo o gran velocidad, con preferencia sobre las órdenes de sentido,



esto es, las de movimiento dextrógiro y levógiro.

Las líneas de salida que vienen de los medios de control 16 de prioridad y paso a paso se aplican al motor de escalonamiento, como antes se ha dicho, por las líneas 54 a 58 inclusive. Como se describe en la patente anteriormente citada, nº 327676, las entradas al motor deben ser únicas o singulares. Como allí se dice además, el motor se pone en marcha inicialmente, en el sentido en que vaya a moverse, por aplicación inicial de una orden de sentido, sea de carácter dextrógiro o levógiro; y luego, tras haberse alcanzado una determinada velocidad, se cambia al modo de trabajo de gran velocidad.

En la fig. 4 se ilustra un inversor 115 que recibe por la línea 45, desde los medios de control de deceleración y predicción, una señal de entrada (de parada). La salida del inversor 115 se aplica por unas líneas 144 y 145, a un circuito disyuntivo 125 que está conectado a la línea de salida 57 de parada. La línea 53 (de gran velocidad) que viene del ordenador está conectada a la barrera de coincidencia 124, la cual, a su vez, recibe entrada por las líneas 144, 146 y 147, del inversor 115. La salida de la barrera de coincidencia 124 se aplica por unas líneas 162 y 163 al inversor 126, del que se toma su salida por la línea 56. La salida de la barrera de coincidencia 124 se lleva también por unas líneas 150 y 151, y se aplica como término de entrada a la barrera de coincidencia 123, llevándose también por las líneas 150 y 152, y aplicándose como término de entrada, a la barrera de coincidencia 122. La barrera de coincidencia 123 recibe también entrada desde el inversor 115, por las



5 líneas 144, 146, 148 y 149, y recibe su tercer término
de entrada (sentido dextrógiro) por la línea 50 que viene
de los medios de control de sentido y exceso. La salida
de la barrera de coincidencia 123 se aplica por la línea
10 línea 164 al inversor 127, cuya salida se aplica a lo largo
de la línea 54. La barrera de coincidencia 122 recibe
una entrada del inversor 115, y también recibe entrada
de los medios de control de sentido y exceso por la línea
51 (sentido levógiro). La salida de la barrera de coinci-
dencia 122 se aplica por medio de la línea 165 al inver-
sor 128, del que se toma su salida por la línea 55.

15 Los niveles lógicos aplicados a las líneas 35, 44,
45 y 50-53 son positivos cuando las líneas se consideran
activadas. Las barreras de coincidencia 122-124 se acti-
van por medio de niveles lógicos positivos aplicados a
su entrada, y dan por su salida niveles lógicos negati-
vos. El inversor 115, como es obvio, invierte el nivel
lógico positivo aplicado por la línea 45, cambiándolo a
nivel lógico negativo. El circuito disyuntivo 125 acep-
20 ta por su entrada un nivel lógico negativo, e invierte
estos niveles lógicos negativos dando por la línea de sa-
lida 57 un nivel lógico positivo.

25 En funcionamiento, supóngase que la línea 45 está
activada, lo que, como antes se ha dicho, constituye una
orden de parar. Este nivel lógico positivo está en el in-
versor 115, y se aplica al circuito disyuntivo 125 y apa-
rece como orden de salida de parar en la línea 57. Esta
señal negativa se aplica de igual modo a las barreras de
coincidencia 122-124, impidiendo así que se satisfagan sus
30 términos de entrada. De ese modo, las líneas 163-165 que



van respectivamente a los inversores 126-128 estarán a un nivel lógico positivo, que se invertirá en los inversores y aparecerá como nivel lógico negativo en las líneas 56, 54 y 55, respectivamente.

5 Supóngase que se recibe una orden de trabajar a gran velocidad. En este caso, la línea 53 tendrá aplicado un nivel lógico positivo, que se aplica a la barrera de coincidencia 124. Si la línea 45 está a un nivel negativo, y éste será el caso de no estarse aplicando una
10 orden de parar, el inversor 115 invertirá este nivel lógico negativo a un nivel lógico positivo y lo aplicará a la barrera de coincidencia 124, que tendrá entonces con-
15 dicionados y satisfechos ambos términos de entrada, haciendo que se aplique un nivel lógico negativo al inversor 126, el cual da a su vez un nivel lógico positivo a
20 la línea de salida 56. Al propio tiempo, como antes se ha dicho, debe estar activada una de las líneas de senti-
25 do 50 o 51 y, como también se ha mencionado antes, la orden de trabajo a gran velocidad debe tener prioridad
30 sobre éstas. En esta situación, supóngase que se activa la línea de sentido levógiro 51. La barrera de coinciden-
 cia 122 recibirá entonces por esta línea 51 un nivel lógico positivo, y recibirá del inversor 115 un nivel lógico
 positivo, suponiendo que no se esté recibiendo orden de parar. Se satisfarán, pues, sus dos términos de entra-
 da, En cambio, la barrera de coincidencia 124 da también un nivel lógico negativo, por las líneas 150 y 152, a la
 barrera de coincidencia 122, y así no es posible satisfacer sus términos de entrada, y su salida estará a un
 nivel lógico positivo que, invertido en el inversor 128,



aparecerá como nivel lógico negativo en la línea 55. Lo mismo sucede en el caso de que se active la línea de sentido dextrógiro 50, y en ese caso la barrera de coincidencia 124 inhibirá a la barrera de coincidencia 123.

5 El bloque o circuito restante de la fig. 4 es el control paso a paso o de escalonamiento. Funciona dando un control óptimo en el tiempo para los dos últimos pasos de cualquier movimiento. Cuando se usa el control paso a paso, éste hace uso de un funcionamiento especial de bobina única, del motor paso a paso ordinario de dos fases. Este método de trabajo se describe en detalle en una solicitud de patente de EE.UU. titulada "Sistema de motor paso a paso híbrido en bucle cerrado", de T.R. Fredriksen presentada simultáneamente con la presente solicitud y cedida al mismo cesionario de ésta.

10

15

En la fig. 5 se da un esquema del verificador 9 de régimen de escalonamiento de la fig. 1. Los impulsos de 100 microsegundos se aplican por medio de las líneas 30 y 177 a un retardador 170. Estos impulsos son aplicados igualmente, por las líneas 178 y 179, al retardador (TD3) 171, y por unas líneas 178 y 180 al retardador 172 (TD5). La salida del retardador 170 (TD1) se aplica por la línea 181 a otro retardador 173 (TD2), cuya salida está aplicada por unas líneas 184 y 185 y a través de un inversor 176 a la línea de salida 28. De igual modo, la salida del retardador 173 se aplica por la línea 184 a la línea 29. De la misma manera, la salida del retardador 171 se aplica por una línea 182 al retardador 174 (TD4), cuya salida está aplicada a la línea 27. Finalmente, la salida del retardador 172 se halla aplicada por una línea

20

25

30



183 al retardador 175 (TD6), cuya salida está aplicada a la línea 26.

5 Como se ilustra, en los retardadores 170-172, el periodo de retardo es respectivamente igual a $\Delta T1$, $\Delta T2$ y $\Delta T3$. En un motor paso a paso usual de 200 posiciones, $\Delta T1$ sería igual a 5 milisegundos (5 ms); $\Delta T2$ sería 1 ms; y $\Delta T3$ sería igual a 0,5 ms. De igual modo, como se indica, el periodo del retardador 173 es igual a $\Delta T1 + 200$ microsegundos; el del retardador 174 es igual a $\Delta T2 + 200$ microsegundos; y el del retardador 175 es igual a $\Delta T3 + 200$ microsegundos.

10

15 En funcionamiento, la serie de impulsos positivos de 100 microsegundos se aplica por las líneas 30 y 177 al retardador 170. La salida del retardador 170, que aparece en la línea 181, es positiva hasta que se le aplica a éste el borde de ataque del primer impulso de 100 microsegundos. Al ocurrir esto, la salida en la línea 181 se hace negativa. Al pasar el borde de salida o posterior del impulso de 100 microsegundos, el retardador 170 empieza a contar tiempo, y mantendrá su línea de salida a un nivel lógico negativo durante un periodo igual a $\Delta T1$. Al cabo de este tiempo, su salida por la línea 181 volverá a hacerse positiva. Como se advertirá, a medida que se van aproximando los impulsos de 100 microsegundos, se llega a un instante en que, debido a su estrecha proximidad, la salida en la línea 181 no se haga positiva ni se reponga el retardador 173. Por lo tanto, 100 microsegundos después de los últimos impulsos positivos procedentes del retardador 170, el retardador 173 marcará el final de su periodo de retardo, y la salida que aparezca en su línea

20

25

30

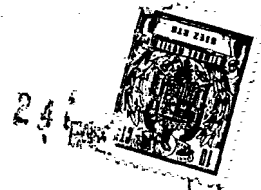


de salida 184 se hará positiva en ese momento. Los retardadores 171 y 172 funcionan de igual manera en relación con sus correspondientes periodos de retardo, ΔT_2 y ΔT_3 respectivamente.

5 En la fig. 7 se ilustra esquemáticamente el verificador de secuencia de pasos o de escalonamiento. Las líneas 60 a 63 inclusive se activan a un nivel lógico positivo a medida que el motor recorra los pasos 1 a 4 inclusive, como se indica. Cuando el motor está entre pasos, como antes se ha dicho, se halla activada la línea 59, 10 que es la línea de espacio oscuro. La señal que aparece en la línea 59 se aplica al circuito retardador 252 de 100 microsegundos. El circuito retardador 252 funciona del siguiente modo. Si la entrada cambia de un nivel lógico 15 lógico positivo a un nivel lógico negativo, la salida por la línea 309 cambiará de nivel lógico negativo a nivel lógico positivo 100 microsegundos más tarde. Ahora bien, si la entrada presente en la línea 59 sube de un nivel lógico negativo a un nivel lógico positivo, la salida 20 presente en la línea 309 varía inmediatamente, pasando del nivel lógico positivo a un nivel lógico negativo. La salida procedente de la línea de retardo 252 se aplica por la línea 311 y constituye uno de los términos de las barreras de coincidencia 256 a 259 inclusive. El otro término de las barreras de coincidencia 256-259 está compuesto 25 por las señales que proceden del discriminador de pasos, aplicadas por las líneas 60 a 63 inclusive, respectivamente. La salida procedente de la barrera de coincidencia 256 va conectada por la línea 263 a unos circuitos disyuntivos 268 y 269; la línea de salida 264 que viene 30

de la barrera de coincidencia 257 va conectada a los circuitos disyuntivos 267 y 269; la línea de salida 265 de la barrera de coincidencia 258 está conectada a los circuitos disyuntivos 267 y 270; y la línea de salida 266 de la barrera de coincidencia 259 está conectada a los circuitos disyuntivos 268 y 270.

Los circuitos disyuntivos 267 a 270 inclusive son de tipo negativo; es decir, toda entrada negativo dará una salida positiva, en tanto que todas las entradas deben ser positivas para dar una salida negativa. La salida del circuito disyuntivo 267 se lleva por la línea 275 en retroacción, constituyendo una entrada del circuito disyuntivo 268, en tanto que la salida del circuito disyuntivo 268 se lleva por la línea 276 como entrada al circuito disyuntivo 267. La salida del circuito disyuntivo 269 se lleva por la línea 277 como entrada al circuito disyuntivo 270 mientras la salida del circuito disyuntivo 270 se lleva por la línea 278 y constituye una entrada del circuito disyuntivo 269. Así, los circuitos disyuntivos 267 a 270 inclusive, por medio de sus conexiones de retroacción, constituyen unos circuitos de retención que mantienen la señal de escalonamiento que aparece en las líneas 60 a 63 inclusive como combinación binaria específica de las barreras disyuntivas 267 a 270. Por ejemplo, una entrada de paso o escalón de tipo I que aplique un nivel lógico positivo a la línea 63 activará la salida de los circuitos disyuntivos 270 y 268 a niveles lógicos positivos, y en virtud de las conexiones de retroacción hará que aparezca un nivel lógico negativo en la línea de salida 273 del circuito disyuntivo 269 y en



5 la línea de salida 271 del circuito disyuntivo 267. Un paso de tipo 2 activa los niveles de salida de los circuitos disyuntivos 270 y 267, dándoles niveles lógicos positivos. Un paso o escalón de tipo 3 activa las líneas de salida de los circuitos 267 y 269 dándoles niveles lógicos positivos; y un paso de tipo 4 activa las líneas de salida de los circuitos disyuntivos 268 y 269 con niveles lógicos positivos.

10 Al girar el rotor dando un nuevo paso, la información del nuevo paso aparecerá en las líneas 260-263. Como antes se ha dicho, sólo una de estas líneas estará activada en un instante dado cualquiera. La información del nuevo paso aparecerá simultáneamente con el cambio de la señal de espacio oscuro en la línea 59 desde un nivel lógico positivo a un nivel lógico negativo. Durante la señal de espacio oscuro quedarán bloqueadas las barreras de coincidencia 256 a 259 inclusiva, puesto que la salida de retardo da un nivel lógico negativo en la línea 311. Al anularse o desactivarse la señal de espacio oscuro, 15 la información de nuevo paso aparece en las líneas 60 a 63, pero la salida del retardador 252 no cambia hasta 100 microsegundos después. Por lo tanto, durante 100 microsegundos al principio de cada nuevo paso detectado, los circuitos de retención 267-270 contendrán todavía la información del paso antiguo, ya que no pueden actualizarse hasta que se satisfagan las condiciones de las barreras de coincidencia 263-266. Ahora bien, durante este periodo de 100 microsegundos, la información de nuevo paso está presente en las líneas 60-63. Como se indica, la 20 información de paso I está aplicada por la línea 315 a 30



Las entradas de las barreras de coincidencia 283 y 279; la información de paso que aparece en la línea 62 está aplicada por la línea 314 a la entrada de las barreras de coincidencia 284 y 280; la información de paso que aparece en la línea 61 está aplicada por la línea 313 a la entrada de las barreras de coincidencia 285 y 281; y la información de paso 4 que aparece en la línea 60 está aplicada por la línea 312 a las barreras de coincidencia 286 y 282.

Los demás términos de entrada a las barreras de coincidencia 279-286 vienen de los circuitos disyuntivos de retención 267 a 270. Como se indica en la figura, la línea de salida 271 que viene del circuito disyuntivo 267 constituye término de entrada para las barreras de coincidencia 281, 282, 283 y 284; la línea de salida 272 del circuito disyuntivo 268 constituye término de entrada para las barreras de coincidencia 279, 280, 285 y 286; la línea de salida 273 del circuito disyuntivo 269 constituye término de entrada para las barreras de coincidencia 279, 282, 284 y 285; en tanto que la línea de salida 274 del circuito disyuntivo 270 constituye término de entrada para las barreras de coincidencia 280, 281 y 286. La configuración lógica de las barreras de coincidencia 279-286 es tal que si se ordena un paso en sentido dextrógiro o levógiro y el rotor se mueve real y efectivamente en el sentido deseado, una de las barreras de coincidencia dará una salida de nivel lógico positivo. Por ejemplo, supóngase que el movimiento se hace de un paso 4 a un paso 3, en sentido levógiro. En este caso estaría activada la línea 61, puesto que el rotor está en el nue-



vo paso, esto es, en el paso 3. Por lo tanto, se aplica un nivel lógico positivo por la línea 313 a la barrera de coincidencia 285, para así satisfacer el primero de sus tres términos de entrada. Al mismo tiempo, los circuitos disyuntivos 267-270 retienen la información de paso antiguo, indicativa de que el paso antiguo era de tipo 4. Así, los circuitos disyuntivos 268 y 269 tendrán un nivel lógico positivo en sus líneas de salida 272 y 273 respectivamente. Un nivel lógico positivo en la línea 272 hará que se satisfaga el segundo término de entrada de la barrera de coincidencia 284, en tanto que el nivel lógico positivo de la línea 273 darán lugar a que se satisfaga el tercero y último término de entrada a la barrera de coincidencia 285. De igual manera, una de las barreras de coincidencia estará a un nivel lógico positivo por cada uno de los pasos válidos, sea en sentido levógiro o dextrógiro. Así, la barrera de coincidencia 279 tendrá un nivel lógico positivo en su línea de salida durante el movimiento dextrógiro desde un paso de tipo 4 a un paso de tipo 1; la barrera de coincidencia 282 dará un nivel lógico positivo en su línea de salida 290 para un movimiento dextrógiro de un paso de tipo 3 a un paso de tipo 4; la barrera de coincidencia 281 tendrá en su línea de salida 289 un nivel lógico positivo para un movimiento en sentido dextrógiro desde un paso de tipo 2 a un paso de tipo 3; en tanto que la barrera de coincidencia 280 dará por su línea de salida 288 un nivel lógico positivo para un movimiento dextrógiro desde un paso de tipo 1 a un paso de tipo 2. La barrera de coincidencia 284 tendrá un nivel lógico positivo en su línea



de salida 292 para un movimiento levógiro desde un paso de tipo 3 a un paso de tipo 2; la barrera de coincidencia 284 tendrá un nivel lógico positivo en su línea de salida 293 para un movimiento levógiro desde un paso de tipo 4 a un paso de tipo 3; la barrera de coincidencia 286 tendrá un nivel lógico positivo en su línea de salida 294 para un movimiento levógiro desde un paso de tipo 1 a un paso de tipo 4; y la barrera de coincidencia 283 tendrá un nivel lógico positivo en su línea de salida 291 para un movimiento levógiro desde un paso de tipo 2 a un paso de tipo 1.

Las líneas de salida de las barreras de coincidencia levóginas 283-286 están conectadas a un circuito disyuntivo 296 que da un nivel lógico positivo en su línea de salida 298 para un movimiento levógiro válido. Esta salida se aplica a la línea 23, del modo indicado. Las barreras de coincidencia 279-282 de movimiento dextrógiro dan sus salidas a un circuito disyuntivo 295 que tendrá un nivel lógico positivo en su línea de salida 297, y en la línea 20 conectada a ésta, para un paso válido en sentido dextrógiro. Finalmente, la línea 30, que está conectada a la salida de la barrera de coincidencia 255 por medio de un inversor 303, da una serie de impulsos de 100 microsegundos que se llevan al verificador de régimen o frecuencia de escalonamiento anteriormente descrito.

En la descripción que antecede y en las reivindicaciones, se supone, llegado el sistema a la curva óptima en el tiempo, que al aplicar al motor la orden de parada se seguirá la curva óptima en el tiempo. Como resul



tará evidente para toda persona versada en la materia, esto no es enteramente cierto. La curva de deceleración representada en los dibujos, y a la que se hace referencia en la descripción y en las reivindicaciones como curva de deceleración óptima en el tiempo, es la curva correspondiente "al peor de los casos". Con esto se quiere decir que ésta es la curva que el sistema seguiría al aplicársele la orden de parada total con la máxima carga admisible en el sistema. Como es obvio, con cargas menores la deceleración se hace más acentuada. Esta deceleración más acentuada, sin embargo, no hace que el sistema se "quede corto" o no alcance (por defecto) la posición objetiva o de "blanco". Por el contrario, para cada nivel de velocidad correctivo, el sistema vuelve a seguir el nivel de velocidad hasta cortar de nuevo la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo y entra otra vez en régimen de parada hasta que se llega al siguiente nivel de velocidad correctivo, y así sucesivamente. Como se apreciará, por consiguiente, se obtiene la deceleración óptima a plena carga y casi óptima para cargas menores, ya que la corrección en cuanto a error de posicionamiento por defecto se efectúa a velocidades relativamente altas, en lugar de corregirse con una velocidad terminal inferior o en funcionamiento paso a paso.

Si bien la invención se ha ilustrado y descrito en particular con referencia a unas formas preferidas de ejecución de la misma, se sobrentiende para las personas versadas en la materia que pueden hacerse en ella los indicados y otros cambios de forma y de detalle sin por ello apartarse del espíritu ni salirse del ámbito de la



invención.

5 La presente solicitud que corresponde a la formulada en Estados Unidos de América, con fecha 30 de diciembre de 1.966, bajo el número 606362, 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 Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

15 I.- Un sistema de generar señales de control para aplicación a un motor que acciona una carga llevándola a una posición objetiva o de "blanco", sistema que comprende: medios de generar señales proporcionales a la velocidad del motor; medios de generar señales proporcionales a la distancia que le falta a la carga para llegar a la posición objetiva; y un medio lógico-receptivo de dichas señales de velocidad y de dichas señales de error, capaz de funcionar, al estar dicho motor trabajando a menos que su velocidad superior cuando dicha carga se aproxima a una determinada distancia respecto de la posición objetiva, haciendo que el motor alterne entre acciones de acelerar y decelerar y de ese modo haga que la carga corte a la trayectoria de deceleración óptima en el tiempo en un determinado nivel de velocidad.



correctivo, nivel de velocidad que depende de la distancia a la posición objetiva y de la velocidad del motor.

5

2.- El sistema de la reivindicación 1, en el que dicho medio lógico es además capaz de funcionar dando una pluralidad de niveles de velocidad correctivos y haciendo que el motor siga al nivel de velocidad correctivo más alto posible sin "pasarse" (sin error de posicionamiento por exceso) al cortar dicha trayectoria de deceleración óptima en el tiempo.

10

3.- El sistema de la reivindicación 1, en el cual el medio lógico es además capaz de funcionar, cuando el motor está trabajando a su velocidad superior, aplicando la acción de parada a una determinada distancia de dicha posición objetiva, siendo dicha determinada distancia la mayor posible necesaria para llevar a reposo la carga máxima del sistema precisamente en dicho punto objetivo o posición de "blanco".

15

20

4.- El sistema de la reivindicación 3, en el cual el medio lógico es además capaz de funcionar dando una pluralidad de niveles de velocidad correctivos y haciendo que el motor siga al nivel de velocidad correctivo más alto posible sin "pasarse" al cortar dicha trayectoria de deceleración óptima en el tiempo.

25

30

5.- El sistema de la reivindicación 4, en el que dichos medios de generar señales proporcionales a la distancia a que se halla la carga respecto de la posición objetiva comprende un registro de posición objetiva en el cual se introduce un número proporcional a la distancia a que dicha carga vaya a moverse, un transductor de retroacción de posición conectado a dicha carga y un medio comparador



conectado tanto a dicho registro de posición objetiva como a dicho transductor de retroacción de posición, pudiendo hacerse funcionar dicho medio comparador en el sentido de generar señales cuando dicha carga esté a un número de distancias prefijadas respecto de dicha posición objetiva.

5
10
15
20
25
6.- El sistema de la reivindicación 5, en el que los medios de generar señales proporcionales a la velocidad del motor son capaces de funcionar dando una señal indicativa de si el motor está trabajando por encima o por debajo de cualquiera de dichos niveles de velocidad correctivos.

7.- El sistema de la reivindicación 6, en el que al motor se le hace seguir el nivel de velocidad correctivo más alto posible mediante funcionamiento en un modo de gran velocidad cuando el motor esté trabajando por debajo de dicho nivel de velocidad correctivo más alto posible, y se le hace funcionar en un modo de parada cuando el motor esté trabajando a velocidad mayor que la de dicho nivel de velocidad correctivo más alto posible.

8.- El sistema de la reivindicación 7, en el que dicho registro de posición objetiva es un registro numérico (por dígitos), y el transductor de retroacción posicional es un transductor también numérico.

9.- Un sistema de generar señales de control para aplicación a un motor que acciona una carga.

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.

24



Esta Memoria consta de cuarenta y tres hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 24 FEB 1938

P. A.

Alberto de Elzaburu
Alta



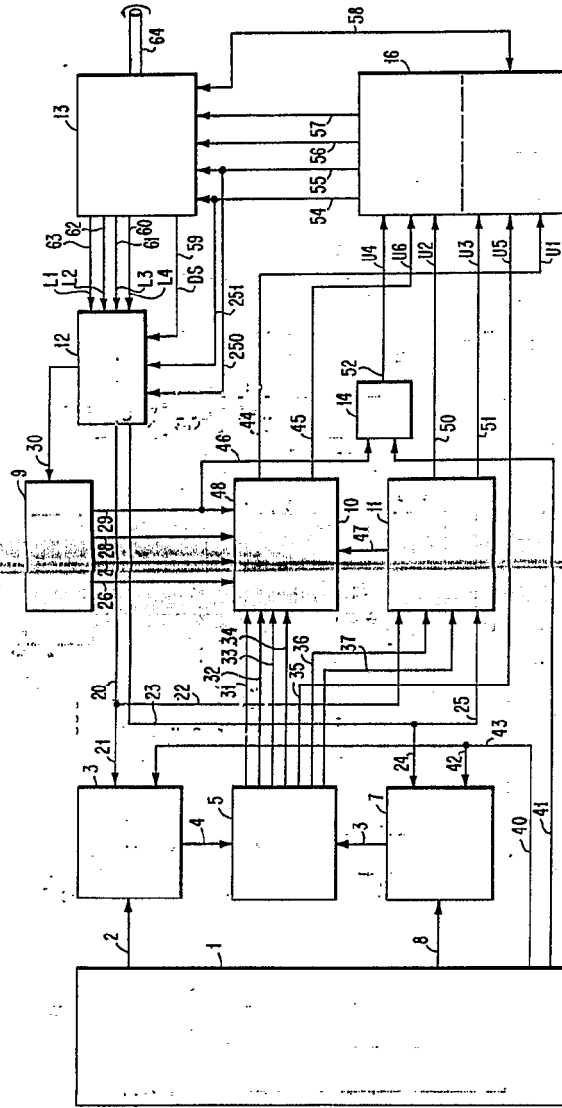


FIG. 1

Alberto H. Hernandez
ALBERTO H. HERNANDEZ

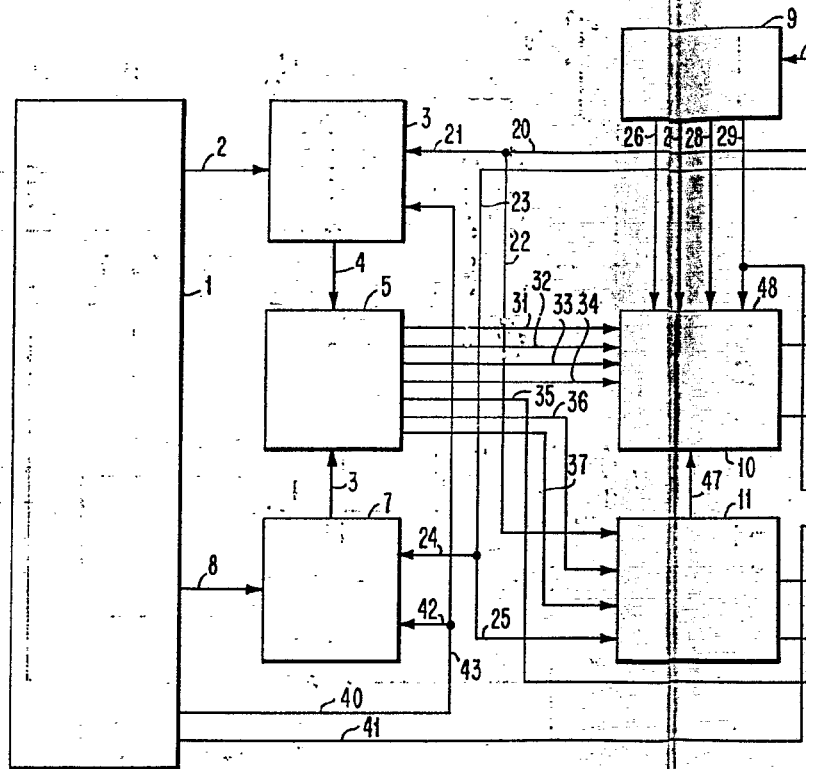


FIG. 1

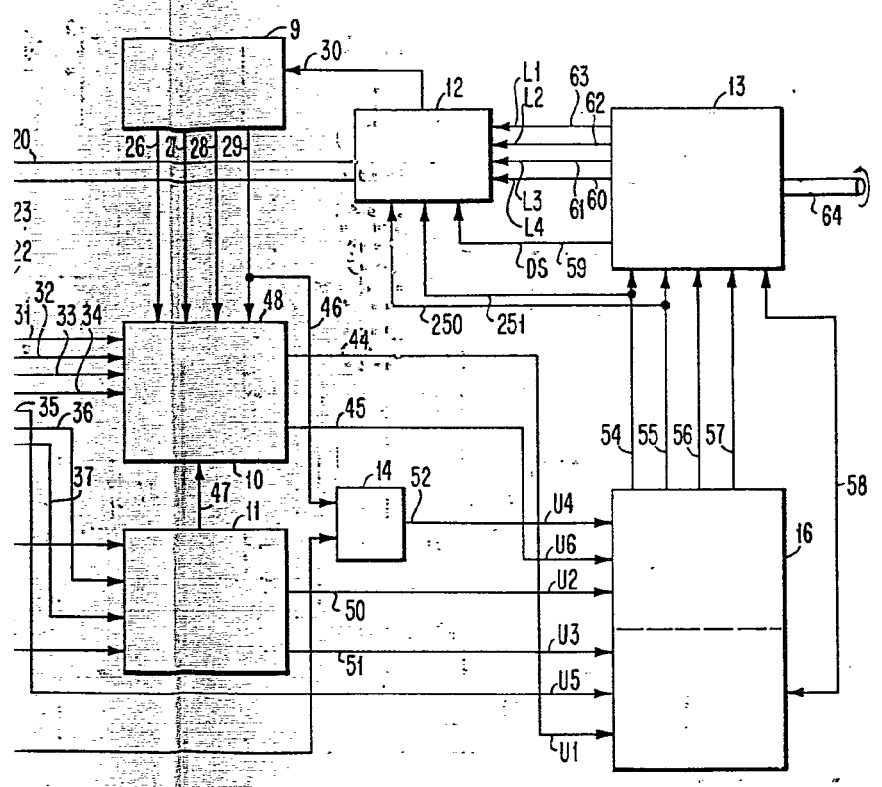


FIG. 1

Alberto de Elizabeta
 Director

24

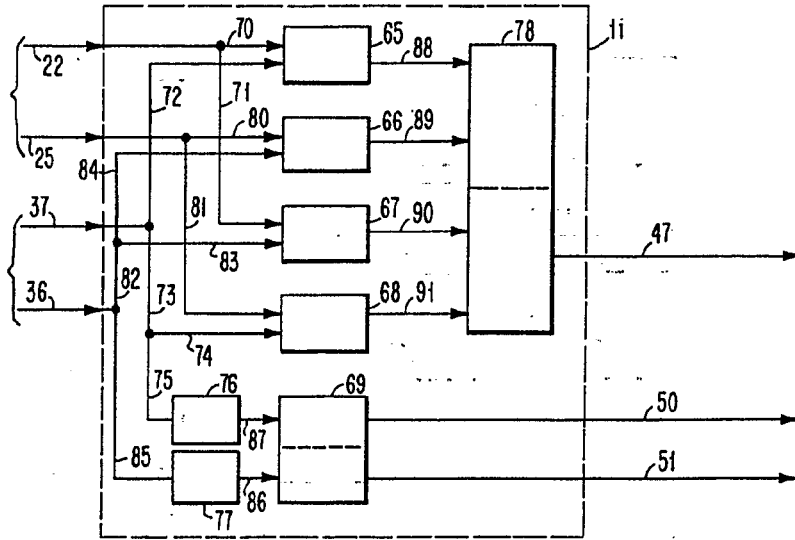


FIG. 2

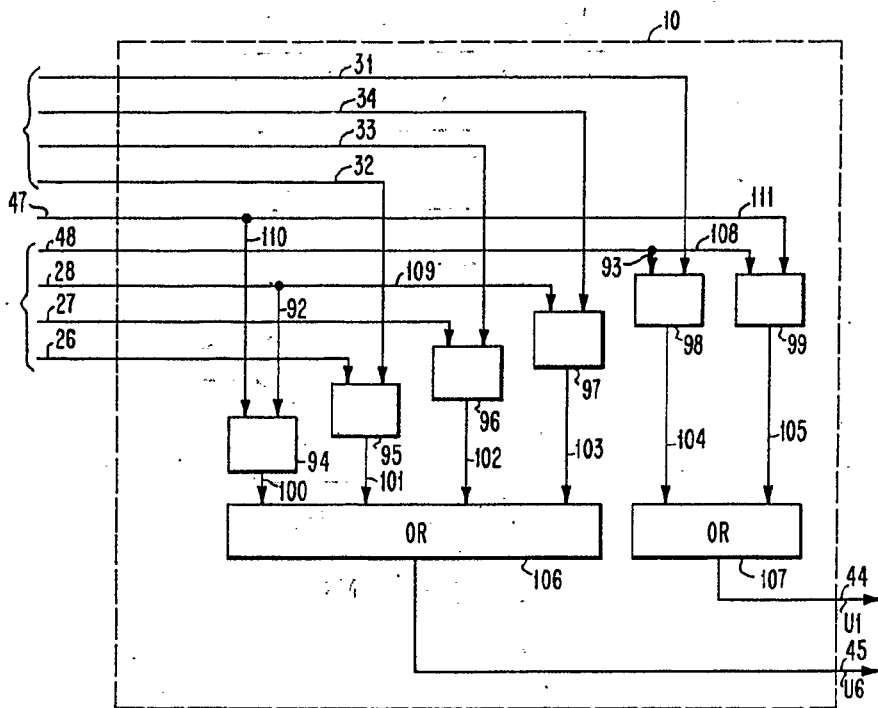


FIG. 3

[Handwritten signature]
All rights reserved
IBM Corp.

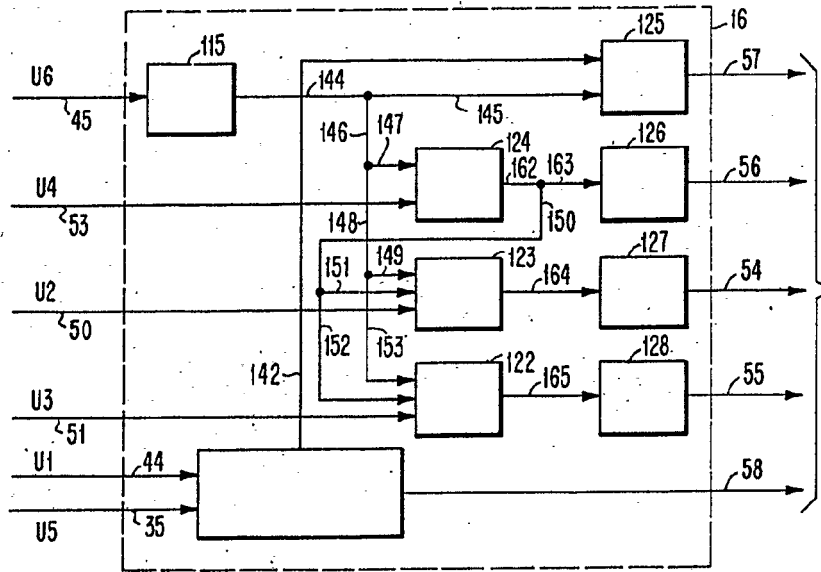


FIG. 4

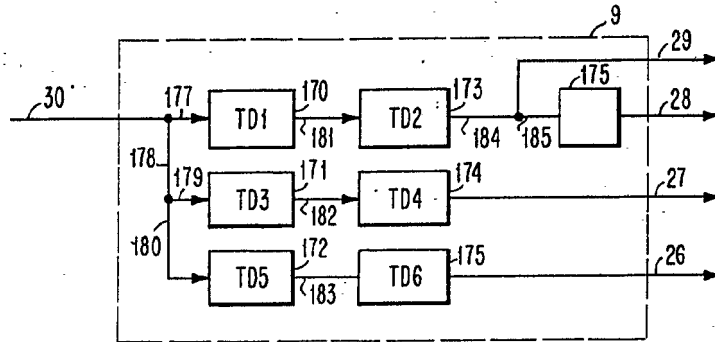


FIG. 5

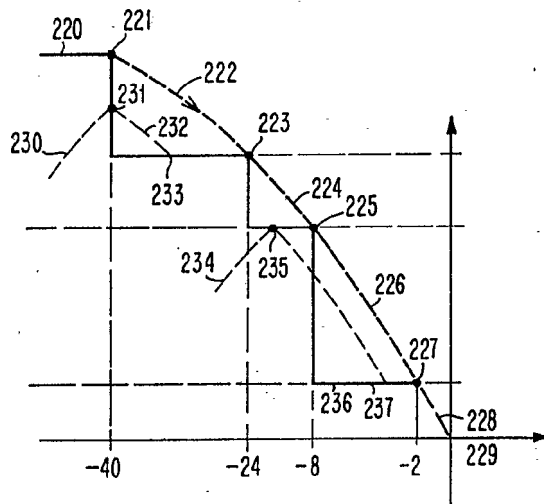


FIG. 6



Handwritten signature or initials in the top right corner.

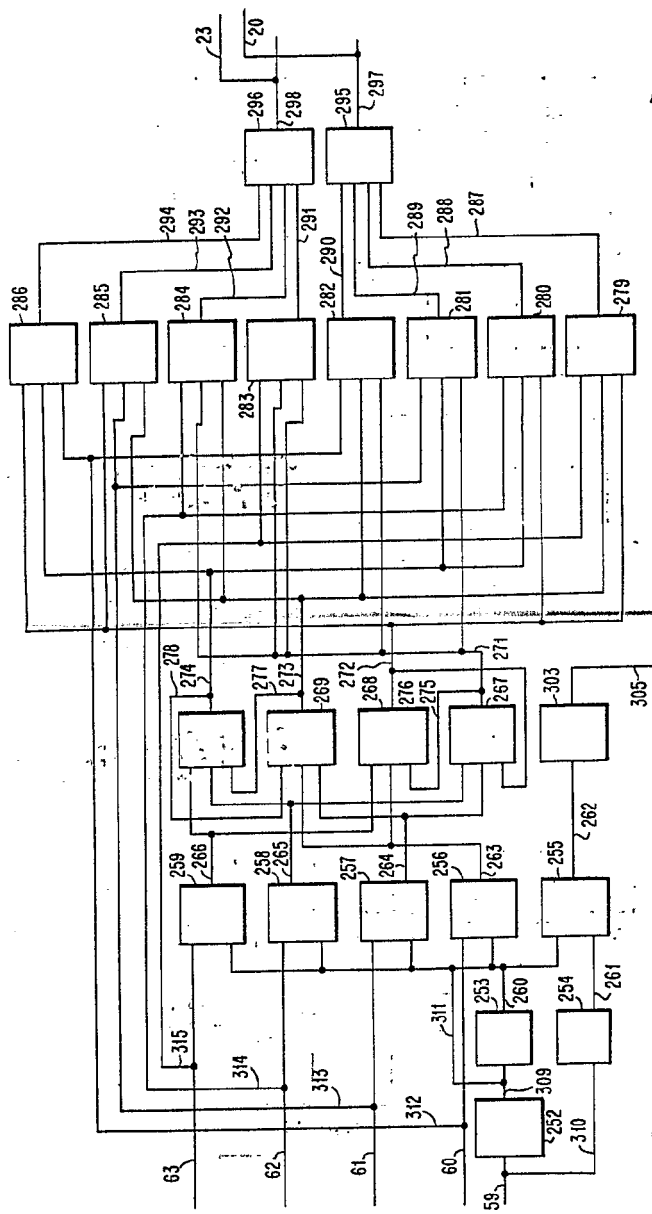


FIG. 7

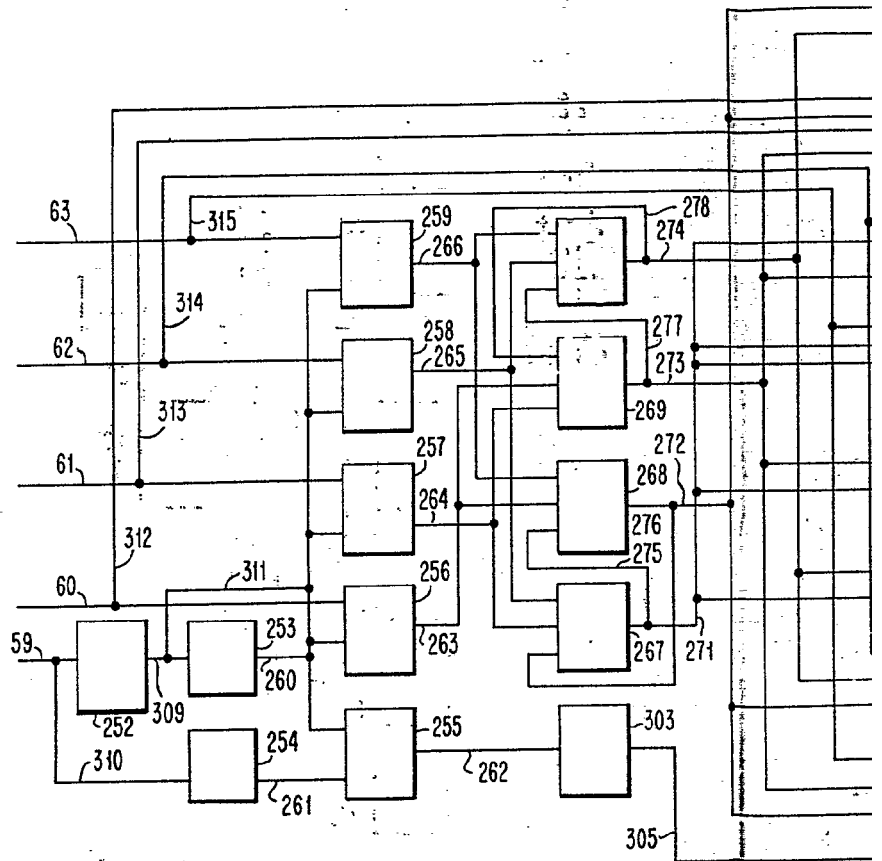


FIG. 7



24

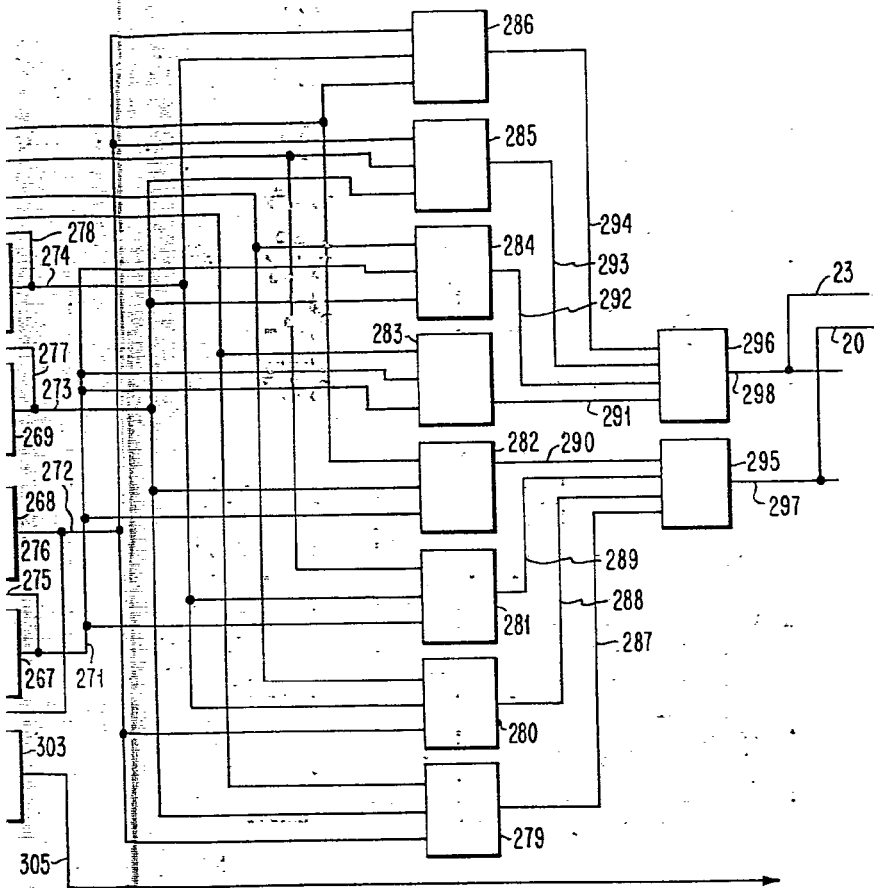


FIG. 7

[Handwritten signature]
ALBERT J. ELLIOTT
ATTORNEY AT LAW