

327676

P- 32.162

Docket 18290



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud
de

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

formulada el 8 de junio de 1966, con el núm. 327.676

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION,
entidad norteamericana establecida en Armonk, N.Y., Es-
tados Unidos de América, por:

"UNA DISPOSICION DE MANDO POR MOTOR PASO A PASO EN BUCLE
CERRADO"

5 La presente invención se refiere a servome-
canismos en general, y más especialmente a un servomecanis-
mo que emplea un motor paso a paso con medios de retroac-
ción de la posición del rotor para producir señales indi-
cativas de la posición instantánea del rotor y medios de
control capaces de responder a las señales de posición y
a las órdenes de mando de entrada excitando unos devana-
dos adecuados del motor paso a paso, para dar un funciona-
miento bidireccional a gran velocidad variable.

10

Los aspectos teóricos del control óptimo en

327676



el tiempo, o control "bang-bang", se han venido nutriendo en estos últimos diez años de bien documentada información.

5 Verdaderamente, el problema bien podría considerarse resuelto desde un punto de vista puramente teórico o académico. En realidad, no obstante, la teoría, sencilla de conceptos, todavía presenta algunos problemas fundamentales bastante graves cuando se trata de llevarla a la práctica. Esto sucede, principalmente, porque el origen de espacios de estado es particularmente difícil de

10 fijar en la práctica, ya que es imposible detectar magnitudes o cantidades de cero absoluto. En un sistema práctico, el problema del control no se termina llevando el vector de estado al origen con una entrada de control $u = +1$; por el contrario, el control final debe ser $u = 0$.

15 Ahora bien, como el origen no puede detectarse de modo absoluto, el resultado es invariablemente un ciclo límite para una instalación sin rozamientos; y un error final para un mecanismo posicional. En aquellas aplicaciones en las que se exija un alto grado de precisión o exactitud,

20 por consiguiente, es preciso aplicar un modo de control secundario, diferente del de "bang-bang" o de tiempos óptimos, en la región de espacios de estado de las proximidades del origen. Este tipo de control o mando en modo doble es relativamente costoso y además, para un mecanismo servo-posicional, muchas veces la única solución

25 factible está en un fiador mecánico. Además de los problemas de control que presenta, el fiador mecánico es a menudo "perezoso", destruyendo así hasta cierto punto una de las principales ventajas del control de tiempos

30 óptimos, es decir, su gran velocidad de funcionamiento.



En la actualidad se dispone de un tipo de motor que tiene una precisión o exactitud mecánica suficiente para la mayoría de los mecanismos posicionales, y es el motor paso a paso bifilar de inducción de tipo síncrono. Ahora bien, aunque en posesión de la exactitud mecánica necesaria para la mayoría de los mecanismos posicionales, este motor paso a paso, en tiempos pasados, ha resultado ser insatisfactorio para su utilización en la mayoría de las aplicaciones en servomando, por hacerse trabajar usualmente como dispositivo en bucle abierto. Cuando se hace trabajar un motor paso a paso como dispositivo de bucle abierto, la inercia de la carga puede producir una excesiva sobrecarrera y limitar gravemente la máxima velocidad de escalonamiento o movimiento paso a paso. Además, las variaciones de carga pueden deformar la relación de sincronismo entre la entrada de impulsos y el escalonamiento o avance paso a paso del motor, dando lugar a que el motor "pierda" uno o más pasos. Finalmente, las velocidades de escalonamiento en la práctica son reducidas, porque la sensibilidad del motor a la carga aumenta en función de la velocidad o frecuencia de escalonamiento.

Idealmente, para un control óptimo en el tiempo, ha de utilizarse un motor paso a paso bifilar de inducción, de tipo síncrono, que inherentemente posee una zona de cero estable, con una excelente exactitud posicional. Además, el sistema de control para el motor de escalonamiento o paso a paso ha de ser relativamente insensible a la inercia de la carga, de modo tal que se impida el exceso de recorrido (sobrecarrera) y no se afecte

327676



a las máximas velocidades de avance paso a paso. Asimismo, las variaciones de la carga no han de obligar al motor a perder paso o aminorar el par; antes bien, la relación par/velocidad no ha de verse afectada por la carga. De igual modo, las velocidades de avance paso a paso han de estar limitadas únicamente por la constante L-R de los devanados y la fuerza contraelectromotriz del motor, de modo tal que se logren velocidades de avance paso a paso relativamente grandes. Finalmente, sería muy de desear que el motor paso a paso pudiera trabajar a velocidades constantes y seleccionables sin modificar la tensión aplicada al motor.

Por todo ello, es objeto de esta invención un sistema de mando o control por motor paso a paso en bucle cerrado, nuevo en su género.

Otro objeto del presente invento consiste en un sistema de servomando en el que se emplea un motor paso a paso para tener una zona estable de cero y, por consiguiente, una excelente exactitud posicional.

Otro objeto del presente invento reside en un sistema de servomando en el que se emplea un motor paso a paso cuya velocidad está limitada tan sólo por la constante L-R y la fuerza contraelectromotriz de los arrollamientos del motor, de modo tal que se logran frecuencias o velocidades de avance paso a paso relativamente elevadas.

Otro objeto del presente invento reside en un sistema de servomando en el que se emplea un motor paso a paso que se puede hacer funcionar a diferentes velocidades sin alterar la tensión aplicada al motor.



Otro objeto del presente invento reside en un sistema de servomando en el que se emplea un motor paso a paso, de tal modo que la inercia de la carga no afecta a las máximas velocidades de avance paso a paso, y las variaciones de carga no producirán variaciones en la re-
5 lación del par motor y la velocidad.

Otros objetos y ventajas más de la invención se irán desprendiendo de la siguiente descripción porme-
norizada de la forma preferida de realización de la misma
10 ilustrada en los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una ilustración esquemática funcional de un motor paso a paso bifilar de 200 pa-
sos;

- la figura 2 es una tabla ilustrativa de las posiciones relativas rotacionales del árbol del motor
15 bifilar paso a paso de la fig. 1, al excitarse los devana-
dos del motor paso a paso;

- la figura 3A es una representación gráfica del par de régimen permanente en función de la posición del
20 árbol, provista de una entrada de régimen permanente que
activa el devanado del motor paso a paso haciéndole girar
a derechas (en sentido dextrógiro);

- la figura 3B es una representación gráfica del par de régimen permanente en función de la posi-
25 ción del árbol, con una entrada de régimen permanente
que da energía a los devanados del motor paso a paso,
haciéndole moverse en sentido levógiro;

- la figura 3C es una representación gráfica del par de régimen permanente en función de la po-
30 sición del árbol, con una entrada de régimen permanente

327676



aplicada a los devanados del motor paso a paso que coincide con la posición que en ese momento ocupa el árbol, de modo tal que se produce una condición de parada o retención;

5 - la figura 3D es una representación gráfica del par de régimen permanente en función de la posición del árbol del motor paso a paso cuando se aplica a los devanados la entrada de régimen permanente, haciéndolo funcionar en el modo de gran velocidad;

10 - la figura 4 es una ilustración de un discriminador de paso tal como se utiliza en el presente sistema, dando una señal indicativa de la situación instantánea del rotor, señal que incluye información relativa a si el rotor está en uno de los 200 pasos y, si es así, en cuál de los cuatro tipos distintos de pasos;

15 - la figura 5 es una gráfica ilustrativa de la salida del discriminador de paso de la fig. 4;

 - la figura 6 es una tabla ilustrativa de las salidas proporcionadas por el trasladador o "traductor" a los devanados del motor con diversas órdenes de mando y diferentes posiciones del rotor;

20 - la figura 7 es una vista esquemática del aparato o dispositivo traductor;

 - la figura 8 es un esquema del control de velocidad variable que puede ser utilizado en el presente sistema de servomando; y

25 - la figura 9 es una representación gráfica de las características de histéresis de los polos del motor paso a paso.

30 En resumen, en el presente sistema de servo-



mando (o servosistema) nuevo en su género, se emplea un motor paso a paso usual, que tiene conectado a su rotor un disco discriminador de pasos que está en asociación óptica con unas fuentes de luz y unas fotocélulas que dan señales indicativas de la posición rotacional efectiva del árbol. La salida del discriminador de pasos se lleva a un dispositivo traductor que recibe también las órdenes de control o de entrada. El dispositivo traductor o trasladador traduce las órdenes de entrada de paro, giro a derechas, giro a izquierdas y gran velocidad, convirtiéndolas en potenciales aplicados a los devanados apropiados del motor paso a paso, de modo tal que la orden deseada se pone en práctica, sea cual fuere la posición instantánea del árbol del motor. Además, trabajando en el modo de gran velocidad, el traductor hace que el motor reciba energía de manera tal que el rotor se mueva hacia una posición situada hasta a $2 \frac{1}{4}$ pasos de separación del lugar en que se halle el rotor o el árbol en un momento dado, en lugar de hacer, como es lo normal, que el motor se active de manera que el rotor avance hacia una posición situada a un paso o escalón de separación de la posición del rotor en ese momento dado, efectuándose de esa forma el funcionamiento a gran velocidad. En el modo de gran velocidad se tiene un funcionamiento a velocidad variable, mediante el recurso de hacer variar el instante de aplicación del potencial de excitación o activación a los devanados del motor, de manera que el cambio ocurre después de haberse movido el rotor hacia el nuevo lugar en una cierta magnitud, tal que el adelanto es menor de $2 \frac{1}{4}$ pasos.

3 2 7 6 7 6



Como antes se señaló, el motor paso a paso ha llegado a ser un dispositivo de amplia utilización en el control o servomando a bucle abierto. Esto se debe principalmente a su comportamiento como dispositivo "numérico" (por dígitos). Ahora bien, en una aplicación en bucle abierto sólo se utiliza una fracción de las funciones potenciales del motor de escalonamiento o paso a paso, ya que además de sus características oscilatorias normales en bucle abierto, existen graves limitaciones en cuanto a velocidades o frecuencias de avance paso a paso e inercias de carga. Las anteriores limitaciones están presentes porque en los motores paso a paso usuales se suele recurrir en la práctica a producir el escalonamiento o avance paso a paso mediante aplicación de energía al motor para que dé un paso a partir de la posición del rotor en un momento dado, de manera tal que se avanza en pasos únicos (uno a uno), lo que da por resultado que al árbol se le aplique una magnitud mínima de par motor neto. Esto sucede así porque es preciso sacrificar el logro de un par óptimo en aras de una prudencial continuidad y estabilidad de la rotación. Esta última limitación, naturalmente, está presente en todos los sistemas de bucle abierto, ya que el motor puede deslizarse o pasarse en uno o más pasos, de no haber retroacción o "realimentación" del lugar "actual" del árbol.

Para una descripción más detallada, se hace referencia primero a la fig. 1, en la que se ilustra en esquema funcional o por bloques un motor paso a paso bifilar síncrono, de inducción, de 200 pasos o escalones. De este tipo de motor y de sus características de

327676



trabajo se encontrará una descripción más detallada en el artículo titulado "Características de un motor síncrono de inducción", de Arthur E. Snowdon y Elmer W. Madsen, publicado en el número de marzo de 1962 de la revista

5 Applications and Industry. Con los caracteres A_1 , A_2 , B_1 y B_2 se representan los cuatro devanados del motor paso a paso bifilar de 200 escalones. Se indica con C el camino común de retorno, que está conectado al lado negativo de un suministro de energía designado con el número

10 1, cuyo lado opuesto o positivo está conectado por la línea común 2 a los emisores 3, 4, 5 y 6 de cuatro interruptores o conmutadores de estado sólido designados en general con los números 7, 8, 9 y 10, respectivamente. Los colectores 11, 12, 13 y 14 de los interruptores de

15 potencia 7 a 10, inclusive, están respectivamente conectados al lado de entrada de los arrollamientos B_2 , B_1 , A_2 y A_1 del motor. Cada uno de los interruptores de potencia 7 a 10, de estado sólido, tiene asociada una base, 15 a 18, inclusive, respectivamente, para producir la aplicación

20 del suministro de energía 1 a su devanado asociado. El motor representado en forma de bloque en 19 tiene un árbol de salida 20 al que, mediante la aplicación selectiva de energía a los devanados A_1 , A_2 , B_1 y B_2 , utilizando para ello los interruptores de potencia, se le puede hacer

25 avanzar paso a paso por incrementos de $1,8^\circ$. Así, se puede seleccionar uno de cada cuatro escalones o pasos, mediante la excitación o aplicación de energía a los devanados. Para tener 360° de funcionamiento, por consiguiente, debe haber cincuenta grupos de cuatro pasos.

30 Como es usual, puede utilizarse un potenciómetro de se-

3 276.76



guimiento u otro dispositivo similar para dar una indicación de en cuál de los 50 grupos de cuatro pasos está situado el árbol de salida. Esta retroacción elemental se da por supuesta y no forma parte del presente invento.

5 Este sistema de posicionamiento elemental o de aproximación de 1 de cada 50, por ejemplo, se designa, figurativamente, como sistema de relación \underline{n} . En la fig. 2 se da una tabla que ilustra las diversas entradas y los correspondientes devanados activados para obtener una revolución completa. Así, la activación de los devanados A_1 y B_1 , si el árbol está situado en la posición de 0° , dara una posición final para el árbol de 0° más \underline{n} veces $7,2^\circ$, ya que hay $7,2^\circ$ en cada una de las 50 posiciones de aproximación del árbol. En este caso, tal entrada
10 constituye una orden de parar, puesto que el rotor está ya en A_1 , B_1 ó escalón tipo $n^\circ. 1$, y $\underline{n} = 0$.

15 De igual modo, una entrada de tipo 2 activará los devanados A_1 y B_2 , dando para el árbol, una posición de salida de $1,8^\circ$ más \underline{n} veces $7,2^\circ$, o sea de $1,8^\circ$ a
20 partir del origen. Así, se prevén cuatro tipos de entrada, designados 1 a 4, tales que en una cualquiera de las 50 posiciones de recorrido hay cuatro escalones o paso desunidos de afino, situados a $1,8^\circ$ de separación y que pueden seleccionarse mediante la activación de los devanados
25 apropiados del motor. Este es el método usual de hacer funcionar un motor síncrono de inducción, de tipo bifilar, de 200 pasos o escalones. Los escalones están dispuestos en una secuencia continua de 4, 1, 2, 3, 4, 1, etc.; así, las cuatro entradas operacionales dan 200 posiciones de árbol desunidas, en régimen permanente, a
30



1,8^o de separación. Como antes se ha señalado, para producir la rotación del árbol, el motor recibe energía para avanzar en un escalón contiguo al lugar "actual", o donde se halla el árbol en un momento dado. Esta activación de
5 escalón contiguo se repite hasta llegarse a la posición deseada para el árbol.

De lo indicado es posible deducir que, a partir de un determinado lugar de situación del árbol en régimen permanente existen solamente cuatro relaciones
10 posibles de entrada/salida que puedan iniciarse. Por las razones que más adelante se apreciarán, estas relaciones se denominarán y definirán del modo siguiente: paro, se activan los devanados correspondientes al lugar "actual" de situación del árbol; giro a derechas, el motor se activa para pasar a un escalón situado a 1,8^o en sentido
15 dextrógiro; giro a izquierdas, el motor se activa para pasar a un escalón situado a 1,8^o en sentido levógiro; gran velocidad, el motor se activa por un escalón situado aproximadamente a 3,6^o en uno u otro sentido.

20 Cada una de estas órdenes de entrada tiene una neta y distinta relación de par motor en función de la posición del árbol. Suponiendo que la señal de entrada haya llegado a su régimen permanente, el par motor aplicado al árbol, en estacionario, se indica cualitativamente en
25 las figs. 3A, 3B, 3C y 3D.

Del exámen de las ilustraciones 3A a 3D inclusive puede deducirse que la entrada de paro y la de gran velocidad dan idealmente un par nulo para un desplazamiento nulo; ahora bien, en tanto que la posición de paro
30 contrarrestará todo intento de mover el árbol, una

3 2 7 6 7 6



perturbación similar hacia uno u otro lado en el modo de gran velocidad hará que el árbol se mueva avanzando dos pasos en el sentido de la perturbación. Así, para iniciar la acción deseada del motor sólo es necesario que
5 pueda disponerse del número de escalón "actual", que el árbol esté ocupando en un momento dado. Es más, si esta información se tiene a disposición de modo continuo, mediante cierre del bucle secundario, y se utiliza para modificar la entrada de acuerdo con ella, se tendrá una
10 acción continua del motor. Es objeto del bucle secundario hacer que el motor paso a paso funcione de manera continua y escalonada con arreglo a los cuatro modos básicos de funcionamiento arriba expuestos. En general, el sistema debe contener, además del motor paso a paso, un discriminador de pasos y un dispositivo lógico capaz de efectuar
15 decisiones de control basadas tanto en una retroacción de tipo binario como en la orden de mando de entrada. El bucle secundario puede realizarse en la práctica de diversas maneras; ahora bien, uno de los métodos de realizarlo que ha demostrado ser extremadamente satisfactorio es
20 el que se ilustra en la fig. 4.

En la fig. 4 se representa un discriminador de escalones que detecta la posición "actual" del rotor, ya esté el motor en movimiento o en reposo. Hay un delgado disco opaco 21 fijado al árbol o eje 22 de un motor
25 paso a paso 23. El disco lleva 50 pequeñas aberturas o agujeros transparentes 24, repartidos a $7,2^\circ$ de separación y equidistantes del eje de rotación del disco. Hay también cuatro fototransistores 25, 26, 27 y 28 con
30 sus respectivas fuentes de luz asociadas 29, 30, 31 y



32, repartidos a $23,6^{\circ}$ de separación, de modo que sus
ejes ópticos 33, 34, 35 y 36 pasan por los agujeros 24
al girar el disco 21. El disco 21 está fijado respecto al
árbol 22 de manera tal que, al ser activado el motor por
5 una entrada de tipo 1, el eje óptico 36 de la fuente de
luz 32 y el fototransistor 28 pasa por un agujero del dis-
co, indicando así que el árbol 22 está en el escalón o
paso 1. Durante esta entrada de tipo 1, ilustrada en la fig.
4, ninguna de las otras combinaciones de fuente luminosa
10 y fototransistor se halla en comunicación óptica a través
del disco, ya que en los respectivos trayectos ópticos se
interpone la parte opaca respectiva del disco. Así, se
obtiene una indicación única y singular de que el árbol
se halla en la posición correspondiente a una entrada
15 de tipo 1. Del mismo modo se llega a disponer de manera
única y singular de una indicación de estar el rotor en
las posiciones o los escalones correspondientes a las en-
tradas 2, 3 y 4, debido a la interacción entre las posi-
ciones de los agujeros del disco y el repartimiento de
20 los pares o combinaciones de fuente luminoso y fotocélula.
Así, por ejemplo, la rotación del disco 21 en sentido
dextrógiro en un escalón ($61,8^{\circ}$) haría que el eje óptico
35 del conjunto de fuente de luz 31 y fototransistor 27
pasara por un agujero 24, de modo tal que estos elementos
25 quedarían en asociación óptica y el fototransistor 27 re-
sultaría activado, indicando así que el árbol 22 está en
el escalón 2. Al mismo tiempo, el eje óptico 36 de la
fuente de luz 32 con el fototransistor 28 caería en un
área opaca del disco 21, y no se establecería la comuni-
30 cación óptica. Al seguir girando el disco 21 a derechas

3 2 7 6 7 6



5 en $1,8^\circ$ se haría que el eje óptico 34 de la fuente de luz 30 con el fototransistor 26 pasara por un agujero 24 del disco 21, indicando así que el árbol está en el escalón 3; y finalmente, el siguiente giro de $1,8^\circ$ a derechas haría que el eje óptico 33 de la fuente de luz 29 con el fototransistor 25 pasara por un agujero, indicando en la fotocélula el escalón 4.

10 Cada uno de los fototransistores 25 a 28 inclusive está conectado por medio de una línea respectiva, 37 a 40 inclusive, a un "traductor" 41 que a su vez lleva su salida, a lo largo de unas líneas 42 a 45, a los devanados A_1 , A_2 , B_1 y B_2 , respectivamente, del motor. Así, la activación de la línea 42 y su devanado asociado A_1 , y de la línea 44 y su devanado B_1 asociado, como se indica en la tabla de la fig. 2, constituye una entrada de tipo o escalón 1. Otras cuatro líneas de entrada 15 46, 47, 48 y 49 entran también en el dispositivo traductor 41. Como se indica en la fig. 4, la línea 46 constituye la línea de paro; la línea 47 es la de giro a derechas; la línea 48 es la de giro a izquierdas; y la 20 línea 49 es la de gran velocidad.

25 Como antes se ha dicho, el discriminador de pasos da una indicación única y singular de la posición efectiva ocupada por el árbol 22 del motor 23 en un momento dado. Esta singularidad se acentúa además haciendo que el intervalo de percepción de luz sea igual a la mitad de un paso, y dejando de ese modo un "espacio oscuro" de $0,9^\circ$ entre cada dos indicaciones de paso o escalón contiguas. Los perfiles de onda de la fig. 5 30 ilustran la salida del discriminador de paso. También se



representa la suma de las cuatro señales, ya que es ésta una magnitud necesaria para el modo de velocidad de sincronismo que más adelante se describe.

5 En funcionamiento, se hace girar el discriminador de pasos llevándolo a una de las cuatro posiciones de escalón por medio del motor 23 del modo que, a los fines del ejemplo, se indica en la figura 4. Así, se supondrá inicialmente en el escalón 1, y en este caso el eje óptico 36 de la fuente de luz 32 con el fototransistor 28 pasa por uno de los agujeros 24 del disco 21. Al ocurrir esto, el fototransistor 28 da por la línea 40 y al dispositivo traductor 41 la indicación de ser ésta la posición real y efectiva ocupada por el árbol 22 del motor 23. El traductor 41, al que más adelante se describirá detalladamente en relación con la fig. 7, acepta esta indicación del discriminador de pasos y la combina con la entrada particular de orden de mando recibida, traduciendo estas dos entradas y convirtiéndolas en unas señales apropiadas que aparecen en las líneas 42, 43, 44 y 45, hasta hacer que el motor paso a paso 23 funcione de acuerdo con la orden de entrada. Supóngase, a los fines de la ilustración, que esta orden de entrada es una orden de paro. En este caso, puesto que, como se indica en la fig. 4, el disco 21 ocupa una posición tal que el eje óptico 36 de la fuente de luz 32 con el fototransistor 28 pasa por un agujero 24, indicando que el motor 23 está en un escalón 1, el dispositivo traductor 41 dará a los devanados una señal de entrada tal que se activan A_1 y B_1 , y el motor 23 no avanza, sino que queda retenido magnéticamente. De igual modo, si se recibe como entrada una orden de giro a derechas, el dispositivo traductor 41 dará una señal que active los

3 2 7 6 7 6



devanados A_1 y B_2 , haciendo que el motor avance un paso en el sentido dextrógiro. De haberse recibido por el dispositivo traductor 41 una entrada de giro a izquierdas, por referencia a la fig. 2, se habrían activado los devanados A_2 y B_1 , haciendo que el motor 23 avazara un paso en el sentido levógiro. El funcionamiento del traductor, para efectuar la activación de los devanados adecuada para ejecutar lo arriba indicado y dar origen el funcionamiento de gran velocidad se describirá más adelante con mayor detalle.

La fig. 6 es una tabla ilustrativa de la salida del dispositivo traductor al motor, en relación con las diversas entradas de motor que se tienen con las diferentes órdenes de entrada. Así, del estudio de la fig. 6 se deduce que si la salida del discriminador de paso indica que el rotor está colocado en posición en un escalón 1, una orden de entrada de paro generaría una entrada de motor de tipo 1, en tanto que si el discriminador de pasos indica que el rotor está en el escalón 1, una orden de mando de giro a derechas daría una entrada de motor de tipo 2, mientras que una orden de entrada de gran velocidad daría una entrada de motor de tipo 3. La razón para este salto de dos pasos en el modo de gran velocidad se describirá también con detalle más adelante. Volviendo a la tabla de la fig. 6, puede verse que si el discriminador de pasos da una indicación de que el rotor está en el escalón 3, una orden de mando de giro a derechas dará una entrada de motor de tipo 4.

Del estudio de la tabla de la fig. 2 puede verse que la entrada de motor para el escalón 3 es la in-

327676



versa de la entrada de motor para el escalón 1, y que la
entrada de motor para el escalón 4 es la inversa de la
entrada de motor para el escalón 2. Este carácter inver-
sivo se utiliza en el dispositivo traductor ilustrado en
5 la fig. 7. En la fig. 7, las salidas del discriminador,
esto es, de las fotocélulas 28, 27, 26 y 25, se llevan in-
dividualmente a unos amplificadores de fotocélula 50 a 53,
respectivamente, donde son amplificadas. Las salidas de
los amplificadores de fotocélula 50 a 53 inclusive se lle-
10 van a lo largo de unas líneas de salida 54 a 57, respec-
tivamente. En el dispositivo traductor se utilizan cuatro
circuitos de relajación biestables o de "flip-flop" FF1,
FF2, FF3 y FF4, que incluyen unas líneas de entrada-sa-
lida 74 a 81 inclusive. En relación con estos circui-
15 tos biestables, como se observará, en la fig 7, están
representados de manera tal que la entrada al circuito
biestable constituye también la salida de éste. Esto se
hace simplemente para simplificar el dibujo y, como es
natural, las personas versadas en la materia se darán
20 cuenta de que los circuitos FF1 a FF4 son de tipo bies-
table usual, tales que suponiendo unos niveles lógicos de
cero y un potencial negativo, una entrada de cero al bies-
table hará que la línea de salida asociada esté a cero y la
línea de salida opuesta adopte un potencial negativo. Los
25 circuitos biestables seguirán en este estado hasta que
sean activados en sentido contrario por aplicación de
un potencial a las líneas de entrada. Las líneas de sa-
lida 54 a 57, inclusive, del amplificador de fotocélula-
las están conectadas, como se indica en la fig. 7, a tra-
30 vés de unos diodos separadores 130, a las líneas de en-



50 pasa por el diodo separador hasta la línea 74, haciendo que se active el biestable FF1 y que las líneas de salida de éste tengan los potenciales cero y negativo, como se ilustra en la fig. 7. De igual modo, el potencial

5 cero aplicado a la línea 54 pasa por la línea 59 y a través del diodo separador activando el biestable FF2 como se indica, y el potencial cero se lleva por la línea 66 y a través del diodo separador, causando la activación del biestable FF3 como se indica también. Finalmente, el potencial

10 cero se lleva a través del diodo separador y por la línea 67, produciendo la activación del biestable FF4 del modo indicado. Los circuitos biestables FF1 a FF4 permanecerán en el estado en que se hayan activado hasta que llegue otra señal de entrada procedente de los amplificadores de fotocélula. Así, la línea 74 y la línea

15 83 a ella conectada permanecerán al potencial cero, de modo tal que a la entrada de la barrera 102 se aplica a ésta un potencial cero por la línea 83. De igual modo, la línea 78 que viene de FF2 está al potencial cero y,

20 por consiguiente, se aplica un potencial cero por la línea 85 a otra entrada de la barrera 102. De manera semejante, las líneas 87 y 88, que son de entrada a la barrera 103, tendrán aplicado el potencial cero; las líneas de entrada 90 y 92, que son líneas de entrada para la barrera

25 104, tendrán aplicado el potencial cero; y las líneas de entrada 94 y 97, que lo son para la barrera 105, tendrán aplicado un potencial cero.

La activación de la fotocélula 28, como antes se ha dicho, indica que el rotor del motor paso a

30 paso está ocupando el escalón 1. En este caso, como antes

327676



se ha explicado, y en la suposición de que se aplique como entrada una orden de paro al dispositivo traductor, por la línea 100, es preciso activar los devanados del motor de manera tal que el rotor quede retenido, y no se mueva.

5 Teniendo en cuenta la barrera 104, como puede verse, los potenciales cero se aplicarán por la línea 114 y de ésta por la línea 122 a la entrada del excitador de potencia 126 que activa el devanado A_1 , y por la línea 116 y de ésta por la línea 124 a la entrada del excitador de potencia 128 que activa el devanado B_1 . Así, en el caso de que al traductor le llegue una orden de entrada de paro mientras la fotocélula 28 está activada, indicando que el rotor está en el escalón 1, se activarían los devanados A_1 y B_1 , lo que, con referencia a la tabla de

10 la fig. 2, representa una entrada de tipo 1. Así, el rotor no se movería, y quedaría magnéticamente retenido en posición. De igual manera, suponiendo que el rotor esté ocupando el escalón o paso 1 y se lleve una orden de giro a derechas por la línea 101, dando paso a las líneas de

15 entrada procedentes de los circuitos biestables hasta los excitadores de potencia, las líneas 118 y 122 quedarían conectadas al excitador de potencia 126 activando así el devanado A_1 , y las líneas 121 y 125 llevarían el potencial

20 cero hasta el excitador de potencia 129, activando así el devanado B_2 , con referencia de nuevo a la tabla de la

25 fig. 2, es el devanado a excitar adecuadamente para que el rotor pase a una posición de escalón 2. Lo mismo sucede con la activación de los devanados y las líneas 98 y 99, de entrada a la barrera 102 de gran velocidad. Al variar la salida del nuevo discriminador de pasos, aplicada

30

327676



5 a los amplificadores de fotocélula 50 a 53, y reponerse así los biestables FF1 a FF4 inclusive, la aplicación de potenciales de activación o franqueo de paso a lo largo de las líneas 98 a 101 desde la fuente de órdenes de mando de entrada, hará que las barreras 102 a 105 dejen pasar unas señales apropiadas tales que se activen los devanados apropiados del motor.

10 En la utilización normal de los motores paso a paso bifilares síncronos, del tipo de inducción, la aplicación de energía a los devanados para efectuar el escalonamiento o avance paso a paso se hace en secuencia con los pasos dados en el sentido de la rotación deseada, contiguamente a la ejecución del paso del motor previamente activado, de manera tal que el par neto produce la rotación del motor, Como es obvio, la velocidad del rotor es limitada con esta activación de los devanados de tipo adyacente, debido a diversos retardos en el motor (por ejemplo, a histéresis). En el presente sistema, una vez establecido el sentido del movimiento del rotor por la selección de una orden de entrada de giro a izquierdas o a derechas, el motor puede pasarse al modo de trabajo de gran velocidad, en el cual, como se indica en la tabla de la fig. 6, el motor se activa por pasos o etapas de escalonamiento situadas a $2 \frac{1}{4}$ pasode separación de la posición del rotor en un momento dado, de tal manera que el par retardado sigue apareciendo a tiempo para dar un par motor neto relativamente grande en el sentido deseado.

15

20

25

30 A continuación se dará un análisis del funcionamiento de gran velocidad. Debido principalmente al

327676



efecto de histéresis en las partes de acero dulce del rotor y del estator, el par no se desarrolla en fase con la entrada de función de escalón a los devanados. Considerando rectangular el ciclo de histéresis, como se indica en la fig. 9, se necesitará una determinada variación ΔH en la intensidad del campo magnético para que la magnetización se invierta de $+B_s$ a $-B_s$, y una variación de ΔH para cambiar de $-B_s$ a $+B_s$, pasando H por cero. Ahora bien, la intensidad del campo magnético es función de la intensidad de la corriente que pasa por los devanados respectivos, la cual depende a su vez del tiempo a causa de la inductancia; y por consiguiente $H = H(t)$, necesitándose una Δt para establecer ΔH (ó $-\Delta H$). Durante este retardo Δt , el rotor se está moviendo, siendo enteramente posible que pueda llegar al centro magnético para el cual se quiere que la variación de magnetización produzca un par motor. El resultado neto es que para la aceleración hay muy poco o ningún par efectivo. Modificando antes la magnetización, respecto a la posición, es posible que el motor alcance una velocidad mayor, antes de llegarse a la condición de par medio igual a cero. Igualmente, si la magnetización se hace variar más tarde, se desarrollará un par en sentido inverso, decelerándose así el rotor.

Pendientes de una investigación analítica más detallada y matemáticamente firme y sólida, se sugiere que para la mayoría de los motores paso a paso del tipo indicado, el adelanto de $2 \frac{1}{4}$ pasos es suficientemente grande por lo que concierne a la activación de los devanados, de manera que



$$W_{ss} \cdot \Delta t < \frac{2,25 \times 2 \pi}{200}$$

5 donde W_{ss} es la velocidad de régimen permanente debida a la fuerza contraelectromotriz, a la inductancia y a las fuerzas de rozamiento.

En un segundo lugar, existe una gama de variación de avances o adelantos, comprendida entre 1,25 y 1,75 pasos o escalones, en la que

$$10 \quad W_s \cdot \Delta t \approx \frac{2,25 \times 2 \pi}{200}$$

15 en la cual W_s es la denominada velocidad sincronizada, que depende del adelanto de la magnetización y del deslizamiento producido por las fuerzas de rozamiento, siendo $W_s = f(l, f)$

20 Los resultados experimentales confirman esta teoría. Por ejemplo, cuando a un motor paso a paso que gira a derechas a gran velocidad se le cambia al modo de giro a derechas, el rotor se decelerará bruscamente hasta llegar a la velocidad sincronizada, que es menor, quedando retenido en ella.

25 La característica de aceleración a gran velocidad es semejante a la de un motor de corriente continua saturado en velocidad, mientras que la característica variable de par motor/velocidad sincronizada se asemeja mucho a la de un motor trifásico de inducción.

30 Aquí también, como antes se ha dicho, de estar en reposo el rotor y activarse un devanado situado a dos posiciones de distancia de la posición "actual" del

327676



De igual modo, la línea 146 va conectada a una línea 149, que constituye una de las entradas de una barrera de coincidencia inversora 151 cuya otra entrada está conectada por la línea 150 a la entrada de mando de giro a derechas. La salida de la barrera de coincidencia 151 se lleva a lo largo de una línea 152, de un inversor 153 y de una línea 154, al dispositivo traductor 139. La línea 146 está también conectada a una línea 155 que constituye una de las entradas de una barrera de coincidencia inversora 156, la cual recibe su otra entrada, por la línea 157, de la entrada de mando de giro a izquierdas. La salida de la barrera de coincidencia 156 se lleva por una línea 158, a través de un inversor 159 y de éste por una línea 160, al dispositivo traductor 139. A este dispositivo traductor se le aplica una entrada de paro por la línea 161

En funcionamiento, estando en reposo el motor paso a paso, la salida de la barrera de coincidencia 140 tomada por la línea 141 está a un potencial negativo, por no ser iguales todas las entradas aplicadas a las líneas 131 a 134 inclusive. Esto es así porque una de las fotocélulas está percibiendo luz y, por consiguiente, una de las líneas 131 a 134 tendrá aplicado un potencial cero, en tanto que las otras tres líneas estarán a un potencial negativo. En este caso, a los fines del ejemplo ilustrativo, la salida de la barrera de coincidencia 140, invertida por medio del inversor 142, aparece como potencial cero en las líneas 143, 145, 146, 149, y 157. Suponiendo que la línea de giro a derechas está activada, con un potencial cero aplicado a la línea 150, la barrera

327676



de coincidencia 151 pondrá en la línea 152 una salida
negativa que, una vez invertida en el inversor 153, da
lugar a que se aplique un potencial cero al dispositi-
vo traductor 139, por la línea 154. Así, la barrera de
5 giro a derechas se activará en el dispositivo traductor
de tal manera que se introduce en éste el modo de tra-
bajo de giro a derechas. El motor, por consiguiente,
empezará a dar vueltas en sentido dextrógiro. La línea
148 en este momento tendrá aplicado un potencial negati-
10 vo, debido a la inversión del potencial de la línea 146
en el inversor 147; e igualmente la línea 160 tendrá
aplicado un potencial negativo, ya que con un poten-
cial negativo aplicado a la barrera de coincidencia
156 a lo largo de la línea 157, la salida en la línea
15 158 es cero e, invertida ésta en el inversor 159, da
por resultado la presencia de un potencial negativo en
la línea 160.

Quando el discriminador de pasos haya reco-
rrido una pequeña distancia, como antes se ha dicho, se
20 tropieza con un "espacio oscuro" tal que las entradas
aplicadas a la barrera de coincidencia 140 por las
líneas 131 a 134 inclusive serán negativas, y la en-
trada de la barrera de coincidencia irá a cero, lo que,
producida la inversión en el inversor 152, aparece como
25 potencial negativo en las líneas 143, 145, 146, 149 y
155. Con este potencial negativo en la línea 149, se
hace cero la salida de la barrera de coincidencia 151
en la línea 152, y la entrada de giro a derechas al
dispositivo traductor adquiere un potencial negativo,
30 inhabilitando así la barrera de giro a derechas que



hay en el dispositivo traductor. Al mismo tiempo, se
invierte el potencial negativo de la línea 146, en el
inversor 147, y se aplica a la línea de gran veloci-
dad 148 haciendo que el dispositivo traductor pase al
5 modo de gran velocidad. El retardo variable 144 se
utiliza para controlar la duración o tiempo de aplica-
ción del potencial negativo a la línea 146. Si la apli-
cación del potencial negativo a la línea 146 se re-
trasa, hasta que haya transcurrido casi por completo
10 el tiempo de "espacio oscuro", la velocidad del motor
será sólo ligeramente superior a la de funcionamiento
normal; en tanto que la aplicación del potencial nega-
tivo casi al comienzo del "espacio oscuro" aumentará
grandemente la velocidad de trabajo del motor. De esta
15 manera puede seleccionarse un número cualquiera de ve-
locidades, sin más que modificar el instante de apli-
cación del potencial cero a la línea 146. Puede aumen-
tarse así el margen de variación de velocidades dispo-
nibles. En el caso de este ejemplo, el espacio oscuro
20 está a 1/2 paso, o sea a 0,9°. En la práctica, su
campo de visión puede ser más limitado, teniéndose
así un mayor espacio oscuro. Así puede hacerse que el
espacio oscuro aparezca después de haberse movido el
rotor en 1/4 de paso en el sentido ordenado.

25 De lo que antecede se desprende fácilmente
que se entrará de modo automático en el modo de trabajo
de gran velocidad, afectado por el retardo variable.
Igualmente se usa la entrada de paro para la decele-
ración y la retención magnética.

30 El retardo variable no se ha estudiado con

3 27676



5 detalle, por no hacer al caso su particular configuración. Puede utilizarse cualquiera de entre varios tipos de retardadores variables, tales como un circuito monoestable o de disparo único. De igual modo, no se incluye el dispositivo de servomando exterior que regula la aplicación de potencial a las líneas de control de entrada produciendo el funcionamiento de giro a derechas, giro a izquierdas, paro y gran velocidad. Esta parte ejecutiva de decisiones del presente sistema a base de utilizar información de velocidad, error y otras 10 entradas y retroacciones, no forma parte del presente invento.

15 En resúmen, en el presente sistema de servomando, nuevo en su género, se emplea un motor paso a paso usual, a cuyo árbol 22 de rotor va conectado un disco discriminador de pasos 21 que se halla en asociación óptica con unas fuentes de luz 29 a 32 y unas fotocélulas 25 a 28, las cuales dan señales indicativas de la posición efectiva del árbol en su rotación. 20 La salida del discriminador de pasos se lleva a un dispositivo traductor 41 que recibe también órdenes de control, o de entrada. El dispositivo traductor traduce las órdenes de entrada de paro, giro a derechas, giro a izquierdas y gran velocidad en potenciales que se aplican a los devanados apropiados del motor paso 25 a paso, de tal manera que la orden deseada se pone en ejecución sea cual fuere la posición instantánea del árbol del motor. Además, en el modo de trabajo de gran velocidad, el dispositivo traductor hace que el rotor del motor busque un paso o escalón situado a $2 \frac{1}{4}$ pasos de 30

3 2 7 6 7 6



separación del lugar que ocupa el rotor o del árbol en un momento dado, y no, como en el caso normal, que el motor se active para ir a una posición situada a un paso de separación de dicho lugar que ocupa el rotor, efectuándose de tal modo el funcionamiento a gran velocidad. El funcionamiento a velocidad variable se prevé, en el modo de trabajo de gran velocidad, haciendo variar el instante de aplicación de un cambio en la activación de los devanados del motor, de manera tal que éste cambio produce efecto después de haberse movido el rotor en tal sentido en una cierta magnitud, tal que el adelanto es menor de $2 \frac{1}{4}$ pasos pero mayor de 1 paso; esto es, en el caso del ejemplo con un espacio oscuro de $\frac{1}{2}$ paso, el avance o adelanto es menor de $1 \frac{3}{4}$, pero mayor de $1 \frac{1}{4}$ pasos.

Se ha habilitado, por consiguiente, para un control óptimo en el tiempo, un motor paso a paso bifilar, síncrono y de inducción, que inherentemente posee una zona de cero estable, con excelente precisión o exactitud posicional. Además, el sistema de control para el motor paso a paso es relativamente insensible a la inercia de la carga, de tal modo que las máximas velocidades de escalonamiento o avance paso a paso no son afectadas, ni las variaciones de carga obligan al motor a perder pasos o par motor; por el contrario, la relación de par motor a velocidad no es afectada por la carga. Igualmente, las velocidades de escalonamiento están limitadas en la práctica tan sólo por la constante L-R de los arrollamientos y por la fuerza contraelectromotriz, lográndose de ese modo

3 2 7 6 7 6



velocidades de escalonamiento relativamente altas. Finalmente, el motor paso a paso se puede hacer funcionar a una velocidad constante, que puede ajustarse sin hacer variar la tensión eléctrica aplicada.

5 Si bien la invención se ha descrito e ilustrado en particular con referencia a una forma preferida de realización de la misma, se sobrentiende para aquellas personas versadas en la materia que es posible hacer en ella diversos cambios de forma y de detalle sin por ello salirse del ámbito ni apartarse del espíritu de la invención.

10 Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el día 10 de junio de 1965, bajo el nº 462.955, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

20 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:

25 1.- Una disposición de mando por motor paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suministran órdenes de entrada desde un servomando exterior, comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de de vanados de escalonamiento; medios para generarseñales representativas de la posición rotacional de dicho árbol; y medios receptivos de dichas señales re-

30

327676



5 presentativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación o aplicación de energía a dicha pluralidad de devanados de escalonamiento, haciendo que dicho motor paso a paso funcione con arreglo a dichas órdenes de entrada.

10 2.- Una disposición de mando por motor paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suministran órdenes de entrada desde un servomando exterior, comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de devanados de escalonamiento; medios optoeléctricos para generar señales representativas de la posición rotacional de dicho árbol; y medios receptivos de dichas señales representativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación a dicha pluralidad de devanados de escalonamiento, haciendo que dicho motor funcione con arreglo a dichas órdenes de entrada.

15 3.- Una disposición de mando por motor paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suministran órdenes de entrada desde un servomando exterior, comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de devanados que pueden ser excitados selectivamente haciendo que dicho árbol de rotor gire sea a derechas, sea a izquierdas; medios optoeléctricos para generar señales representativas de la posición rotacional de dicho árbol; y medios receptivos de dichas señales representativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación a dicha plurali-

3 2 7 6 7 6



17

dad de devanados de escalonamiento, haciendo que dicho motor paso a paso funcione con arreglo a dichas órdenes de entrada.

5 4.- Una disposición de mando por motor
paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suministran
órdenes de entrada desde un servomando exterior, com-
prendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que
incluye un árbol de rotor y una pluralidad de devana-
dos que pueden ser excitados selectivamente haciendo
10 que el árbol de rotor gire sea a derechas, sea a iz-
quierdas; un disco, montado en dicho árbol de rotor,
que incluye medios en asociación óptica con unos me-
dios optoelectrónicos fijos, de modo tal que se generan
unas señales representativas de la posición rotacional
15 de dicho árbol; y medios receptivos de dichas señales
representativas y de dichas órdenes de entrada, que
al funcionar suministran potenciales de excitación a
dicha pluralidad de devanados de escalonamiento, ha-
ciendo que dicho motor paso a paso funcione con arre-
20 glo a dichas órdenes de entrada.

5.- Una disposición de mando por motor
paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suminis-
tran órdenes de entrada desde un servomando exterior,
comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso
25 que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de de-
vanados de escalonamiento que pueden ser excitados
selectivamente haciendo que dicho rotor gire sea a
derechas, sea a izquierdas; un disco, montado en dicho
árbol de rotor, que incluye medios en asociación ópti-
30 ca con unos medios optoelectrónicos fijos, de modo tal

327676



5 que se generan unas señales representativas de la posición rotacional de dicho árbol, incluyendo dichas señales información relativa a cuando dicho rotor corresponde a un paso y cuando dicho rotor está entre un paso y otro; y medios receptivos de dichas señales representativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación a dicha pluralidad de devanados de escalonamiento, haciendo que dicho motor paso a paso funcione con arreglo a
10 dichas órdenes de entrada.

6.- Una disposición de mando por motor paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suministran órdenes de entrada desde un servomando exterior, comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de devanados de escalonamiento que pueden ser excitados selectivamente haciendo que dicho rotor gire sea a derechas, sea a izquierdas; un disco, montado en dicho árbol de rotor, que incluye medios en asociación óptica con unos medios optoeléctricos fijos, de modo tal que por ellos son generadas unas señales representativas de la posición rotacional de dicho árbol, incluyendo dichas señales información relativa a cuando dicho rotor corresponde a un paso y cuando dicho rotor está entre un paso y otro; y medios receptivos de dichas señales representativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación a dichos devanados de escalonamiento, haciendo que dicho rotor gire de acuerdo con dichas órdenes de entrada, y haciendo además que dichos devana-
15
20
25
30



corresponde a un paso.

5 8.- Una disposición de mando por motor
paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suminis-
tran órdenes de entrada desde un servomando exterior,
comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso
que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de de-
vanados que pueden ser excitados selectivamente hacien-
do que dicho árbol de rotor gire sea a derechas, sea
a izquierdas; medios optoeléctricos para generar se-
ñales representativas de la posición rotacional de
10 dicho árbol; y medios receptivos de dichas señales re-
presentativas y de dichas órdenes de entrada, capaces
de operar con ellas excitando inicialmente un devanado
de escalonamiento que corresponde a un paso de separa-
15 ción del lugar de situación del rotor, en el sentido
ordenado, y excitar luego un devanado de escalona-
miento situado sensiblemente a $2 \frac{1}{4}$ pasos de separa-
ción del lugar en que se halle el rotor en ese momento.

20 9.- Una disposición de mando por motor
paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suminis-
tran órdenes de entrada desde un servomando exterior,
comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que
incluye un árbol de rotor y una pluralidad de devanados
de escalonamiento que pueden ser excitados selectiva-
25 mente haciendo que dicho rotor gire sea a derechas, sea
a izquierdas; un disco, montado en dicho árbol de
rotor, que incluye medios en asociación óptica con
unos medios optoeléctricos fijos, de modo tal que
se generan unas señales representativas de la posición
30 rotacional de dicho árbol, incluyendo dichas señales

3 2 7 6 7 6



información relativa a cuando dicho rotor corresponde a un paso y cuando dicho rotor está entre un paso y otro; y medios receptivos de dichas señales representativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación a dichos devanados de escalonamiento, haciendo que dicho rotor gire en sentido conforme a dichas órdenes de entrada mediante excitación inicial de un devanado de escalonamiento que corresponde a un paso de separación del lugar de situación del rotor en un momento dado, en el sentido ordenado, y excitación ulterior de unos devanados de escalonamiento situados sensiblemente a $2 \frac{1}{4}$ pasos de separación del lugar en que se halle el rotor en ese momento.

10.- Una disposición de mando por motor paso a paso en bucle cerrado, al cual se le suministran órdenes de entrada desde un servomando exterior, comprendiendo dicha disposición: un motor paso a paso que incluye un árbol de rotor y una pluralidad de devanados de escalonamiento que pueden ser excitados selectivamente haciendo que dicho rotor gire sea a derechas, sea a izquierdas; un disco, montado en dicho árbol de rotor, que incluye medios en asociación óptica con unos medios optoeléctricos fijos, de modo tal que se generan unas señales representativas de la posición rotacional de dicho árbol, incluyendo dichas señales información relativa a cuando dicho rotor corresponde a un paso y cuando dicho rotor está entre un paso y otro; medios receptivos de dichas señales representativas y de dichas órdenes de entrada, que al funcionar suministran potenciales de excitación a dichos devanados de escalonamiento, ha-

327676

17 AGO



5
10
15

ciendo que dicho rotor gire en sentido conforme a dichas órdenes de entrada mediante excitación inicial de un devanado de escalonamiento que corresponde a un paso de separación del lugar de situación del rotor en un momento dado, en el sentido ordenado, y excitación ulterior de unos devanados de escalonamiento situados hasta a $2 \frac{1}{4}$ pasos de separación del lugar en que se halle el rotor en ese momento; y medios activables tras haberse movido dicho rotor esencialmente en $\frac{1}{4}$ de paso, en el sentido ordenado, y que al funcionar modifican el tiempo o instante de excitación de los devanados situados a $2 \frac{1}{4}$ pasos de separación del citado lugar de situación del rotor en dicho momento, proporcionando de ese modo una velocidad variable.

11.- Una disposición de mando por motor paso a paso en bucle cerrado.

20

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

Esta Memoria consta de treinta y siete hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 17 AGO. 1966

P.A.

Alberto de Elhuyar
Por Poder

fb.



327676

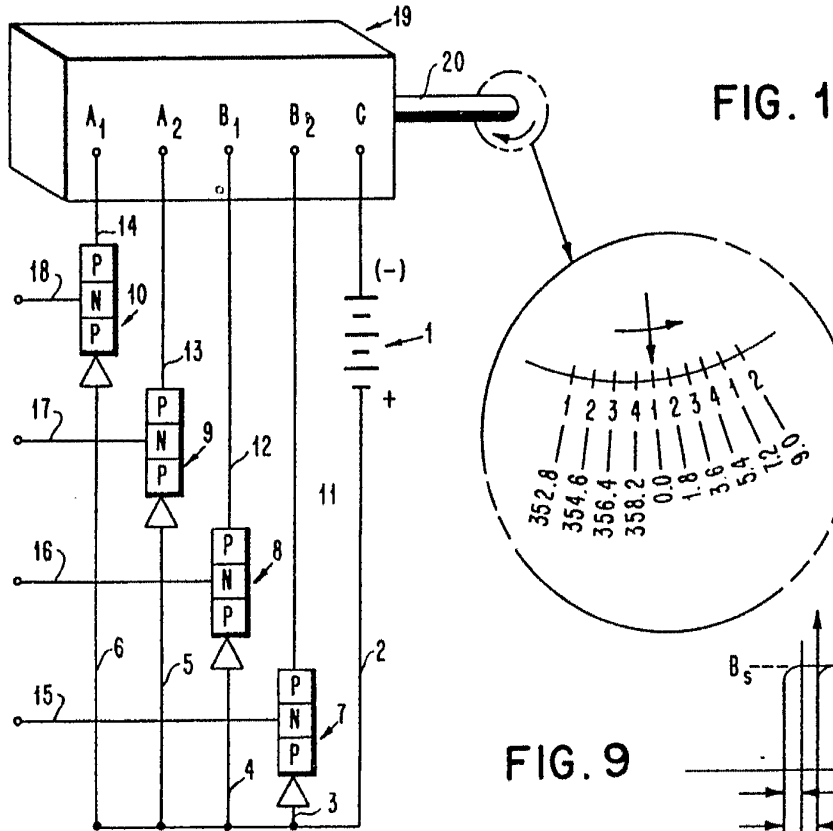


FIG. 1

	A 1	A 2	B 1	B 2	
1	✓		✓		$0^\circ + n \cdot 7.2^\circ$
2	✓			✓	$1.8^\circ + n \cdot 7.2^\circ$
3		✓		✓	$3.6^\circ + n \cdot 7.2^\circ$
4		✓	✓		$5.4^\circ + n \cdot 7.2^\circ$
1	✓		✓		$0^\circ + n \cdot 7.2^\circ$

$n = 0, 1, 2, \dots, 50$

FIG. 9

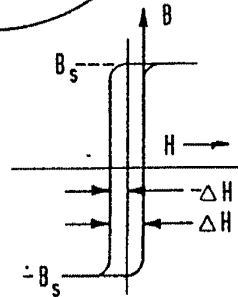


FIG. 2

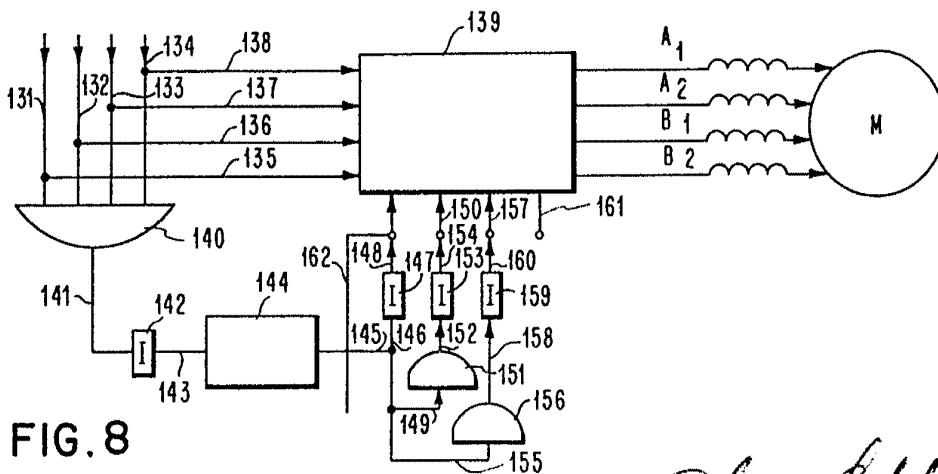


FIG. 8

Alberto J. Perini
 Alberto J. Perini
 Pat. Lawyer

3 276 76

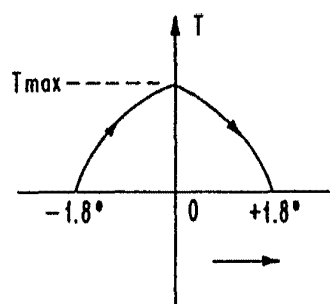


FIG. 3A

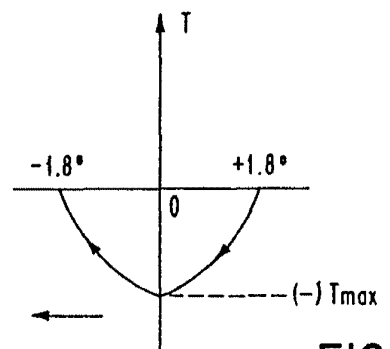


FIG. 3B

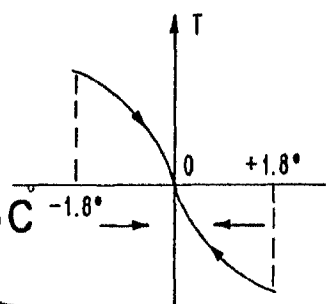


FIG. 3C

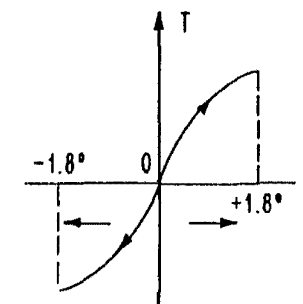


FIG. 3D

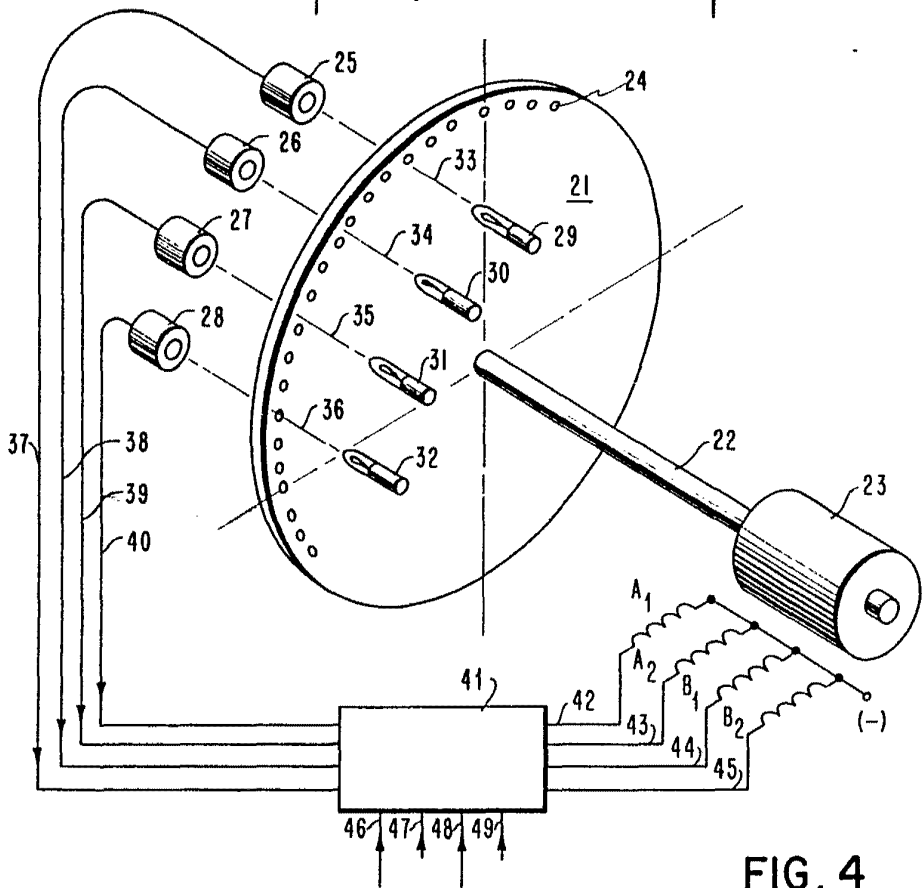


FIG. 4

[Handwritten signature]
For Order

327676

5

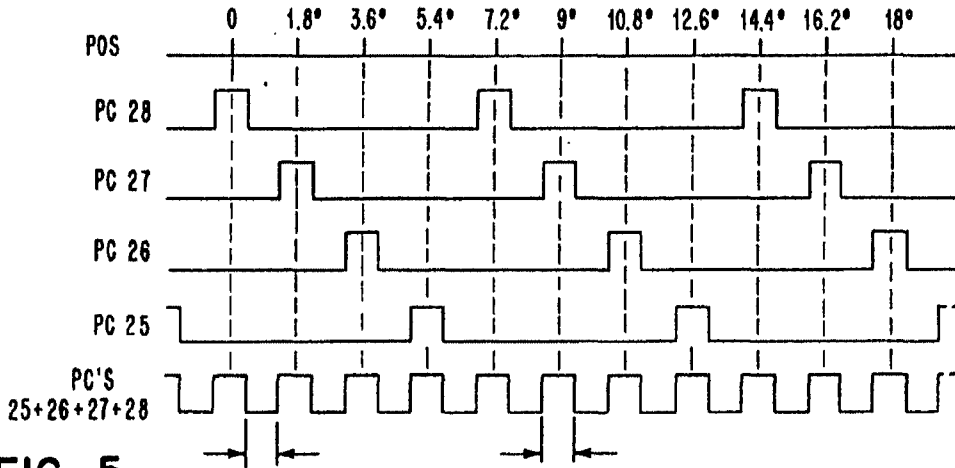


FIG. 5

FIG. 6

	1	2	3	4
	1	2	3	4
	2	3	4	1
	4	1	2	3
	3	4	1	2

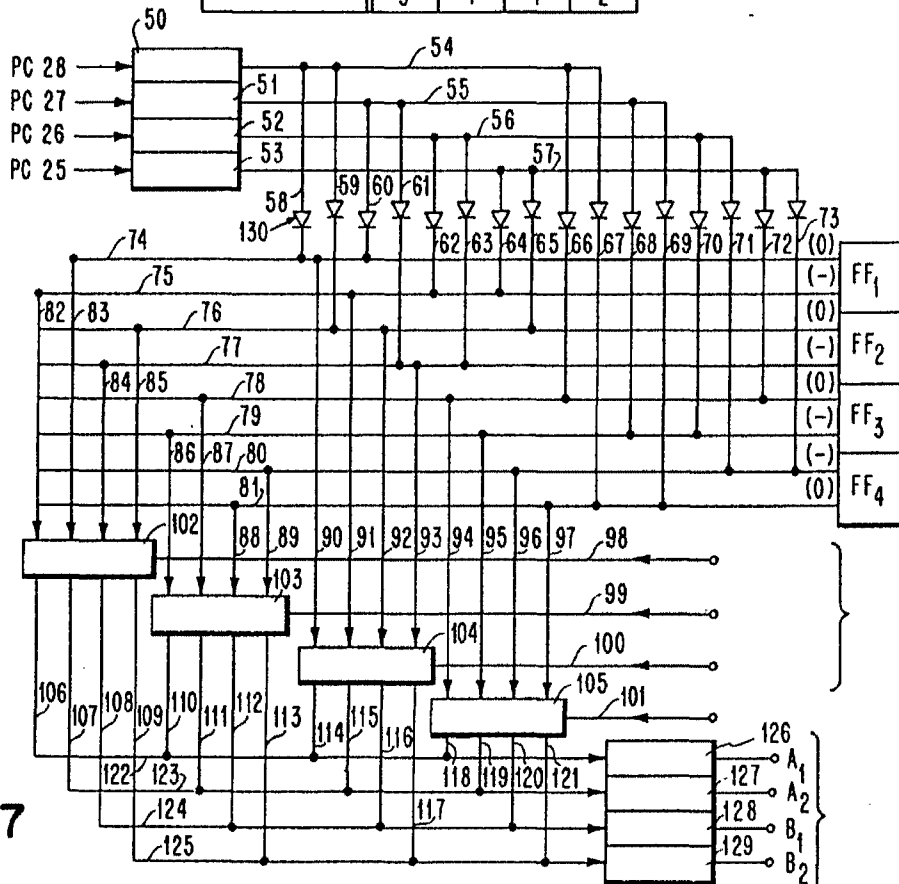


FIG. 7

Al... ..