

371295



SECCION TECNICA
CLASIFICACION I. P. C.
CLASE <u>H-02</u>
SUBCLASE <u>P</u>

MEMORIA DESCRIPTIVA

Correspondiente a la solicitud de registro de una Patente de In-  
vención que, por veinte años se solicita para España, a favor de  
la entidad GENERAL ELECTRIC COMPANY, de nacionalidad jurídica esta-  
dounidense, domiciliada en Schenectady, N.Y. (EE.UU.) - - - - -

p o r

" SISTEMA DE CONTROL PARA MOTORES ELECTRICOS "

Se controla con precisión un motor, sin inestabilidad del siste-  
ma, creando un sistema de mando del motor provisto de dos lazos de  
control, un lazo analógico principal, que opera en el entero campo  
de funcionamiento del motor, y un segundo lazo de nonio, del tipo  
5 digital, que opera en un campo limitado del sistema para compensar  
las imprecisiones y las desviaciones del lazo analógico principal.

La presente invención se refiere a servomecanismos y, más con-  
cretamente, a un servomecanismo para controlar con precisión el fun-  
cionamiento de motores eléctricos.

10 Aún cuando esta invención puede ser aplicada ventajosamente al



control de muchos distintos tipos de cargas, es particularmente deseable para controlar motores eléctricos, como por ejemplo motores de corriente continua, y se describirá a continuación con referencia a esta aplicación.

5           En su forma más sencilla, los sistemas conocidos de mando de motores consistían en un lazo cerrado de control que utilizaba como referencia un voltaje analógico, representado este voltaje un estado deseado de una característica controlada del motor, como por ejemplo su velocidad. Este voltaje analógico es comparado con la salida de un  
10   aparato sensible al estado efectivo de la característica controlada, como por ejemplo un tacómetro clásico acoplado con el motor que se está controlando. El resultado de esta comparación es una señal de error que controla la transmisión de energía al motor. Tales sistemas ofrecen la ventaja de ser relativamente sencillos y fáciles de estabilizar en una gran variedad de combinaciones de carga de un motor. Sin  
15   embargo, son relativamente inexactos y tienden a ser susceptibles de desviaciones a consecuencia de las variaciones de temperatura, los cambios del voltaje de la línea, el envejecimiento de los componentes, etc.

20           Sistemas más perfeccionados de control de un motor adoptan técnicas digitales para el preciso control de la velocidad de un motor. Tales sistemas emplean algún tipo de regulador de error digital que opera con una señal digital de entrada y una realimentación digital del motor sometido a control. Tales sistemas digitales son altamente  
25   exactos y tienden a ser relativamente insensibles a las fuentes de desviación que afectan los sistemas analógicos. Sin embargo, la sensibilidad de tales sistemas digitales tiende a afectar su estabilidad y, en algunas aplicaciones, un sistema puramente digital puede tener que  
30   operar, por razones de estabilidad, con una baja ganancia, sacrificando así una importante parte de su precisión inherente.

3 OCT.



Por consiguiente, un objeto de la presente invención es el de aprovechar las características deseables de los sistemas de control tanto analógico como digital, sin los inconvenientes inherentes a ambos.

5 Otro objeto de la presente invención es el de controlar con precisión la velocidad del motor, evitando, al propio tiempo, los problemas de inestabilidad del sistema.

Los objetos anteriores y otros más son alcanzados controlando la velocidad del motor con dos lazos de control. El primer lazo establece el control del entero campo, mientras que el segundo actúa compensando los errores del primero en una parte limitada del campo.

La Figura 1 A es un diagrama de bloques de sistemas analógicos de control de un motor de tipo anterior;

La Figura 1 B es un diagrama de bloques de sistemas digitales de control de un motor de tipo anterior;

15 La Figura 1 C es un diagrama de bloques del sistema combinado de control de un motor que constituye una forma de realización preferida de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama más detallado de bloques de la forma de realización preferida que ilustra particularmente los componentes del regulador de error digital de la Figura 1 C;

20 La Figura 3 es un diagrama lógico del detector de anticoincidencia representado en la Figura 2, y

La Figura 4 es un diagrama lógico del contador reversible representado en la Figura 2.

25 Refiriéndonos ahora a la Figura 1 A, se ve en ella un sistema de control de la velocidad del motor del tipo analógico, bien conocido en la especialidad anterior. El sistema de control utiliza un generador de referencia -1- para producir una señal que varía en el tiempo, cuya frecuencia,  $f_0$ , indica la velocidad deseada del motor. El generador -1- de referencia puede comprender, en su forma más sencilla, un oscilador de frecuencia variable. En sistemas más complejos

30



el generador de referencia -1- puede incluir varios elementos digitales para controlar la generación de frecuencia  $f_0$ , para controlar así la aceleración, deceleración, etc. La salida del generador de referencia -1- es alimentada a un convertidor de frecuencia a sistema analógico -2-, que sirve para convertir la frecuencia  $f_0$  en un voltaje analógico proporcional a la frecuencia de la señal de entrada. Este voltaje analógico es alimentado desde el convertidor -2- de frecuencia en sistema analógico para obtener una entrada en un punto sumador -3-. La salida del punto sumador -3- es alimentada a algún tipo de control de motor -4-, que opera controlando la transmisión de la energía al motor -5-. Si el motor -5- es un motor de corriente continua, como por ejemplo se muestra, el control -4- del motor puede comprender una unidad de accionamiento de SCR que opera controlando la activación de los SCR para obtener la transmisión deseada de energía de corriente directa al motor -5-. Por otra parte, si el motor -5- es un motor de corriente alterna, el control -4- del motor puede ser algún tipo de generador de frecuencia o de voltaje variable, como por ejemplo un inversor en estado sólido.

Para controlar la velocidad del motor, está previsto un medio indicador de la velocidad del motor, como por ejemplo el tacómetro -6- acoplado al motor -5-. La salida del tacómetro -6- forma la segunda entrada al punto sumador -3-. El voltaje originado por el tacómetro -6- indica la velocidad del motor y, por tanto, la salida del punto sumador -3- es una señal analógica de error indicadora de la diferencia entre la velocidad deseada y la velocidad efectiva del motor. Como se indicó anteriormente, tales sistemas son relativamente sencillos y baratos y tienden a estabilizar fácilmente en un amplio campo de combinaciones de carga del motor. Sin embargo, el sistema de la Figura 1 A es susceptible de imprecisiones derivantes de desviaciones que pueden ser causadas por variaciones de temperatu-



ra, variaciones del voltaje de la línea, envejecimiento de los componentes, etc.

Refiriéndonos ahora a la Figura 1 H, se ve en ella un sistema de control digital de la velocidad del motor, del tipo también muy conocido en la especialidad. Un generador de referencia -1- está previsto análogamente, suministrando una frecuencia de salida  $f_0$ , indicadora de la velocidad deseada del motor. La salida del generador de referencia -1- constituye una primera entrada en un regulador -7- de error digital. La salida del regulador de error digital -7- es alimentada a un control -4- de motor que opera controlando la transmisión de energía al motor -3-. Conectado con el motor -5-, hay un medio de realimentación digital tal como, por ejemplo, el tacómetro de impulsos -8-. La salida del tacómetro de impulsos -8- es alimentada a una segunda entrada del regulador -7- de error digital. Por consiguiente, el regulador de error digital -7- opera comparando la entrada procedente del generador de referencia -1- con la entrada procedente del tacómetro -8- de impulsos de realimentación y origina una señal de error indicadora de la diferencia entre estas señales. Como un sistema de este tipo es esencialmente un sistema de control de posición, puede operar controlando la velocidad del motor sin el retraso inherente de la velocidad del motor, que es un elemento necesario del sistema de control analógico representado en la Figura 1 A.

Volviendo ahora a la Figura 1 C, se muestra en forma de diagrama de bloques una forma de realización preferida de un sistema de control de motor que utiliza la presente invención. La esencia del sistema de la Figura 1 C es que incorpora el elemento de los sistemas de clase anterior indicados en las Figuras 1 A y 1 B, es decir que el esquema de control analógico de la Figura 1 A es obtenido tomando la salida del generador de referencia -1-, alimentándola a un convertidor -2- de frecuencia en sistema analógico, cuya salida de voltaje analógico



constituye una entrada a un punto sumador -3-. La realimentación desde medios indicadores de la velocidad del motor, como el tacómetro -6-, forman una segunda entrada al punto sumador -3- y la salida del punto sumador -3- alimenta el control -4- del motor para controlar la transmisión de la energía al motor -5-. De aquí que el sistema de la Figura 1 C comprenda un lazo principal de control analógico que opera con todas las ventajas de un lazo de control analógico para controlar la velocidad del motor. Como se ha dicho anteriormente, los inconvenientes de un lazo de control puramente analógico son los de imprecisión y desviación. El sistema de la Figura 1 C elimina estos inconvenientes creando un regulador -7- de error digital cuya primera entrada incluye la salida del generador de referencia -1- y cuya segunda entrada está conectada con la salida de un tacómetro -8- del tipo de impulsos. La señal de error resultante a la salida del regulador -7- de error digital es alimentada entonces al punto sumador -3- para compensar las imprecisiones inherentes del lazo de control principal. De aquí que el regulador -7- de error digital forme esencialmente un lazo de control de nonio, que opera para eliminar las imprecisiones resultantes en el lazo de control principal.

Aún cuando la presente forma de realización utiliza un lazo analógico para el lazo principal y un lazo digital para el lazo de nonio, debería notarse que el lazo principal de control pudiera ser un lazo digital y el lazo de nonio podría ser un lazo analógico sumamente exacto. Sin embargo, la configuración representada es preferida porque de ese modo las características esenciales de los dos lazos son satisfechas de la manera mejor y más barata.

Aún cuando el sistema de la Figura 1 C utiliza un tacómetro clásico -6- y un tacómetro -8- de impulso como medio indicador de la velocidad del motor, es evidente que sólo uno de dichos dispositivos necesita estar previsto, o que el voltaje de inducido de un motor de



corriente directa podría ser usado en lugar del tacómetro -6-. Por ejemplo, si sólo estuviera previsto el tacómetro clásico -6-, su salida podría ser alimentada a un convertidor de sistema analógico en frecuencia cuya salida podría, entonces, formar la entrada en el regulador -7- digital de error, constituido ahora por el tacómetro de impulsos -8-. Por otra parte, si sólo estuviera previsto el tacómetro de impulsos -8-, su salida podría ser alimentada a través de un convertidor de frecuencia en sistema analógico para originar un voltaje analógico que, entonces, sería alimentado al punto sumador -3- en lugar de la salida del tacómetro clásico -6-. Las personas expertas en la creación de controles para varios dispositivos de carga reconocerán que pueden usarse análogamente señales similares que representen el estado de otras características controladas del motor, o de características controladas de dispositivos de carga distintos de los motores.

Durante el funcionamiento del sistema, puede verse que el control del motor es establecido en primer lugar mediante el lazo de control analógico principal, realizando la corrección necesaria el lazo digital de nonio. Mientras la salida del generador de referencia -1- es una frecuencia relativamente constante, la velocidad deseada del motor será relativamente constante y el regulador -7- de error digital realizará un control muy exacto de la velocidad del motor -5-, produciendo una señal de corrección para compensar los errores del lazo del control principal. De aquí que, mientras que el lazo de control principal tendrá la capacidad de controlar la velocidad en el entero campo del sistema, el regulador -7- de error digital puede limitarse a un campo muy limitado de la velocidad controlada, por ejemplo a un 10% del campo de velocidad total. De este modo, el regulador -7- de error digital puede actuar controlando con gran precisión la velocidad del motor -5-.



Sin embargo, si la frecuencia de entrada variara repentinamente, o si la carga experimentara importantes variaciones, pudiera haber condiciones en las que el error (transitoriamente) excediera el campo limitado del regulador -7- de error digital. En estas condiciones, el  
5 lazo digital está esencialmente fuera de servicio y para controlar la velocidad del motor se emplea sólo el lazo principal. En cuanto pasa el estado transitorio, el lazo digital vuelve a funcionar para proporcionar un exacto control de la velocidad. De aquí que el sistema general sea extremadamente preciso durante las condiciones de estado rela-  
10 tivamente estable de la entrada y de la carga y, al propio tiempo, extremadamente estable durante las condiciones transitorias, ya que el lazo digital de elevadaganancia está esencialmente inactivo durante las condiciones transitorias.

Refiriéndonos ahora a la Figura 2, se ve en ella un diagrama de  
15 bloques más detallado de la forma de realización de la presente invención, representada en la Figura 1 C. Los elementos de la Figura 2 corresponden a los de la Figura 1 C. La Figura 2 ilustra los componentes del regulador de error digital -7-.

Los componentes del regulador -7- de error digital comprenden  
20 en primer lugar un circuito -9- de antioincidencia. La función del circuito de antioincidencia -9- es la de recibir los impulsos de entrada del generador de referencia -1- y del tacómetro de impulsos -8- y de transmitirlos sobre una base no sincrónica a un contador reversible -10-. Desde allí, la señal de referencia,  $f_0$ , es alimen-  
25 tada al circuito -9- de antioincidencia sobre el terminal de entrada -12-, mientras que la salida del tacómetro de impulso -8- es alimentada al circuito de antioincidencia -9- a través del terminal de entrada -13-. El circuito de antioincidencia -9- producirá tres señales de salida para controlar el recuento del contador reversible -10-. Estas señales son una primera señal que provoca una cuenta hacia arriba y una segunda señal para mandar la cuenta hacia abajo, y una tercera  
30



ra salida que constituye una señal activadora.

La combinación del circuito de anticoincidencia -9- y del contador reversible -10- opera de modo que un impulso procedente del generador de referencia -1- hace que el contador -10- cuente en una dirección, mientras que un impulso procedente del tacómetro de impulsos -8- hace que cuente en la otra dirección. De este modo, el contador reversible -10- acumula el error digital necesario para compensar las imprecisiones inherentes del lazo principal de control analógico.

Como se ha dicho anteriormente, el circuito de anticoincidencia -9- origina tres señales. La primera señal, en el terminal de salida -14-, hace que el contador reversible -10- cuente hacia arriba. La segunda señal, en el terminal de salida -15-, hace que el contador reversible -10- cuente hacia abajo y una tercera señal, en el terminal de salida -16-, actúa iniciando la cuenta y es la señal llamada de activación. La señal para contar hacia abajo es transmitida al contador reversible -10- por el terminal de entrada -17-, la señal de cuenta hacia arriba al terminal de entrada -18- y la señal de activación al terminal de entrada -19-.

Como el lazo de control principal de la presente realización es un lazo analógico, es necesario convertir los contenidos del regulador de error digital -7- en un voltaje analógico antes de alimentar esta señal de error al punto sumador -3-. Esto se consigue mediante el convertidor -11- de sistema digital a sistema analógico conectado con el contador reversible -10- y que actúa originando un voltaje analógico proporcional a los contenidos del contador reversible -10-. El convertidor -11- de sistema digital en sistema analógico puede ser cualquiera de los varios tipos de tales convertidores que son bien conocidos en la especialidad. Por fin, la salida del convertidor -11- de sistema digital en sistema analógico es alimentada para obtener la tercera entrada de corrección al punto sumador -3- del la

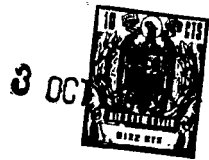


zo principal de control analógico.

Antes de explicar detalladamente los diagramas lógicos de las Figuras 3 y 4, habrá que explicar brevemente el funcionamiento de los elementos lógicos que se usan en estos diagramas lógicos. Como la parte del sistema representado en las Figuras 3 y 4 son partes del regulador de error digital, las señales comprendidas en esta parte del sistema están limitadas a dos niveles lógicos separados. Estos niveles lógicos son llamados "1" lógico y pueden comprender un voltaje positivo de, por ejemplo, + 5 voltios. El otro nivel lógico es llamado "0" lógico y tiene un voltaje inferior, por ejemplo 0 voltios. A continuación, no se hará referencia a ningún voltaje específico, sino que se usarán más bien los niveles lógicos descritos anteriormente.

Las partes del sistema representado en las Figuras 3 y 4 funcionan según el sistema lógico del tipo NAND. Por consiguiente, los detectores usados en estos diagramas lógicos poseen las características siguientes: cuando todas las entradas se encuentran a un nivel lógico "1", la salida (indicada por un círculo) es un "0" lógico; en todas las demás condiciones, la salida será un "1" lógico. Debería advertirse que, aún cuando se usa un solo tipo de válvula en estos diagramas lógicos, se emplean dos distintas representaciones. Esto resulta del hecho de que el sistema lógico de tipo NAND puede ser empleado para desempeñar funciones tanto AND como OR. De aquí que una válvula NAND que opera funcionando esencialmente como una válvula AND esté representada por el símbolo indicado para la válvula -26-. Por otra parte, una válvula NAND, usada para desempeñar esencialmente una función OR, estará representada por el símbolo indicado para la válvula -30-.

Además de las válvulas lógicas, los diagramas lógicos utilizan también basculadores. Los basculadores representados como, por ejemplo, el basculador -22- de la Figura 3, son basculadores del tipo llamado "master-slave". Como es bien sabido, un basculador es un dispositi-



vo biestable capaz de adoptar una de dos condiciones estables, llama-  
das de "ocupado" y "libre". Por tanto, las salidas del basculador  
-22- están marcadas con los símbolos -1- y -0-. Estas etiquetas indi-  
can la señal lógica presente en este terminal de salida particular  
5 cuando el basculador -22- se encuentra en estado ocupado. De aquí que,  
cuando el basculador -22- está ocupado, la salida -1- será un "1" ló-  
gico. Inversamente, cuando el basculador se encuentra en estado "li-  
bre", la salida -1- será un "0" lógico. El cambio de estado del bas-  
culador -22- es provocado por terminales de mando y de activación.  
10 Para adoptar el estado ocupado, es necesario poner un "1" lógico so-  
bre el terminal de mando ocupado S. Esta condición, al propio tiempo  
que un "1" lógico en el terminal de activación T hace que la parte  
principal del basculador "master-slave" se ponga en posición de ocu-  
15 pado. Cuando la señal en el terminal de activación T adopta un estado  
de "0" lógico, la parte subordinada ("slave") del basculador "master-  
slave" se ocupa y por tanto los terminales de salida 1 y 0 tienen  
sus estados indicados anteriormente para la condición de ocupación.  
Análogamente, cuando se desea liberar el basculador -22-, es necesario  
20 que el terminal de mando libre C se ponga "1" lógico, al propio tiem-  
po que un "1" lógico en el terminal activador T. Cuando el terminal  
activador T es un "1" lógico, la parte principal del basculador  
"master-slave" adoptará el estado libre. Cuando la señal de la entra-  
da de activador T va sobre un "0" lógico, la parte subordinada  
25 ("slave") del basculador -22- adoptará el estado libre y los termina-  
les de salida 1 y 0 adoptarán el estado lógico indicador de su condi-  
ción libre. Por fin, además de las entradas reguladas, es también  
posible ocupar o liberar directamente el basculador subordinado. Es-  
to es realizado mediante la entrada SD ocupada directamente y la en-  
trada CD liberada directamente. Como indica el círculo en estas en-  
30 tradas, un "0" lógico en la entrada SD hace que la parte subordinada

3 OCT



del basculador "master-slave" adopte inmediatamente el estado ocupado. Análogamente, la presencia de un "0" lógico en el terminal de entrada CD hace que la parte subordinada del basculador -22- adopte inmediatamente el estado libre.

5           Refiriéndonos ahora a la Figura 3, se muestra en ella un diagrama lógico detallado del circuito de anticonincidencia -9- representado en la Figura 2. La función del circuito de anticonincidencia -9- es la de recibir la salida del generador de referencia -1- y la salida del tacómetro de impulso -8-, acumularlos y emitirlos para que  
10 sean contados por el contador reversible -10- de una manera no sincrónica, es decir que el circuito de anticonincidencia -9- actúa impidiendo la simultánea presentación de impulsos procedentes tanto del generador -1- de referencia como del tacómetro -8- de impulsos en el contador reversible -10-. Dicho sucintamente, esto se realiza  
15 almacenando los impulsos procedentes del tacómetro de impulsos -8- en el basculador -20- y almacenando los impulsos procedentes del generador de referencia -1- en el basculador -21-. En momentos apropiados, gobernados por la salida de un contador de dos elementos constituido por los basculadores -22- y -23-, los impulsos almacenados son emitidos por transferencia de los basculadores -20- y -21-  
20 a los basculadores -24- y -25- respectivamente.

El almacenamiento y la emisión de impulsos son sincronizados mediante una frecuencia de entrada, fm, que constituye la entrada activadora del basculador -22-. Esta frecuencia será una frecuencia  
25 relativamente elevada, aproximadamente del orden de cuatro veces la frecuencia máxima posible que puede ser originada por el generador de referencia -1-. Como puede verse, la interconexión de los basculadores -22- y -23- son tales que estos basculadores constituyen un contador de dos elementos, dividiendo así esencialmente la frecuencia fm en cuatro señales distintas. Los cuatro segmentos distintos  
30



de tiempo en los cuales la frecuencia fm es dividida <sup>son</sup> descifrados mediante válvulas -26-, -27-, -28- y -29-. Las salidas de las válvulas -26-, -27-, -28- y -29- están representadas refiriéndose a ellas como la primera, la segunda, la tercera y respectivamente la cuarta unidad  
5 de tiempo. Empleando esta terminología, el funcionamiento puede resumirse como sigue.

Como puede verse, un impulso de entrada procedente del generador de referencia -1- es transmitido del terminal de entrada -12- directamente al terminal de activación T del basculador -21-. Como la entrada de mando ocupada está ligada permanentemente al nivel lógico "1",  
10 los impulsos recibidos del terminal de entrada -12- serán almacenados en el basculador -21-, quedando almacenados en dicho basculador -21- hasta que el basculador -25- adopta el estado "ocupado". En este momento, la conexión de la salida 0 del basculador -25- con el terminal  
15 CD del basculador -21- hace que el basculador -21- adopte el estado libre cuando el basculador -25- adopta el estado ocupado. Durante la primera unidad de tiempo, la salida de la válvula -26- es un "0" lógico. Como la salida de la válvula -26- está conectada con el terminal activador T del basculador -25-, el basculador -25- no puede ocuparse durante la primera unidad de tiempo. Análogamente, durante la  
20 segunda unidad de tiempo, la salida de la válvula -27- es un "0" lógico. Esto pone un 0 lógico sobre el terminal libre directo DC del basculador -25-, por lo cual el basculador -25- no puede ser ocupado durante la segunda unidad de tiempo.

25 Sin embargo, durante la tercera y cuarta unidades de tiempo, es posible que el basculador -25- se ocupe si el basculador -21- había sido ocupado previamente al producirse un impulso de entrada procedente del generador de referencia fo. Se notará que la tercera y cuarta unidades de tiempo corresponden a la ocupación del basculador -23- en  
30 el contador de dos elementos. De aquí que, si un impulso había sido



5 previamente almacenado en el basculador -21-, será transmitido al  
basculador -25- durante la tercera unidad de tiempo. Como el termi-  
nal de salida 0 del basculador -25- forma una entrada en la válvula  
-30-, la salida de la válvula -30- será un "1" lógico si el bascula-  
10 dor -25- adopta el estado ocupado. Durante la cuarta unidad de tiem-  
po, los basculadores -22- y -23- están ocupados ambos. La señal F1  
(que procede del terminal de salida -1- del basculador -22-) irá al  
"1" lógico y esto hará que la salida de la válvula -31- vaya al "0"  
lógico, transmitiendo así un impulso activador a través del terminal  
de salida -16- hacia el contador reversible -10-. Como este impulso  
activador ha sido transmitido durante la cuarta unidad de tiempo, se  
traducirá en una cuenta hacia arriba del contador reversible -10-,  
ya que la señal F2 del terminal de salida -14- es también un "1" ló-  
gico en este momento.

15 El funcionamiento es el mismo para los impulsos de realimenta-  
ción procedentes del tacómetro de impulsos -8- almacenados en el bas-  
culador -20- y transmitidos durante la primera unidad de tiempo al  
basculador -24-. Durante la segunda unidad de tiempo, se origina una  
activación en el terminal de salida -16-, lo que hace que el conta-  
20 dor reversible -10- cuente hacia abajo en virtud de la señal F2 en  
el terminal de salida -15- que conduce hacia abajo.

Refiriéndonos ahora a la Figura 4, se muestra en ella en forma  
abreviada un diagrama lógico del contador reversible -10- representa-  
do en la Figura 2. Como es bien sabido, un contador reversible del  
25 tipo utilizado en la presente forma de realización es simplemente un  
contador digital que opera contando en dos direcciones en respuesta  
a señales de entrada que provocan una cuenta hacia arriba o hacia  
abajo. El contador, que puede ser de la longitud cualquiera requeri-  
da por la aplicación particular, consiste en una serie de basculado-  
30 res -40-, -41-, -42-, -43- y -44-. Los basculadores -40-44- están in



terconectados comprendiendo un contador binario reversible de la longitud deseada. En la Figura 4, no se muestra el entero contador, así como tampoco se muestran todos los basculadores requeridos, ya que la configuración de tales contadores reversibles es bien conocida en la especialidad.

Como se hizo notar en la descripción del circuito de anticoincidencia -9-, la salida del circuito de anticoincidencia -9- comprende señales activadoras y señales de mando convenientemente reguladas en el tiempo para mandar el contador reversible -10- de modo que cuente en dirección positiva o negativa. Cuando se desea que el contador reversible cuente hacia arriba, un "1" lógico estará presente en el terminal de salida -14- del circuito de anticoincidencia -9-. Este será transmitido al contador reversible -10- mediante un terminal de entrada -17-. Al propio tiempo, un "0" lógico estará presente en el terminal de salida -16- del circuito de anticoincidencia -9- conectado con el terminal de entrada -19- del contador reversible -10-. El invertidor -45- tiene su entrada conectada con el terminal de entrada -19- y la salida del invertidor -45- será un "1" lógico siempre que una señal activadora esté presente en el terminal de entrada -19-. La salida del invertidor -45- se encuentra conectada entonces con los terminales de activación T de los basculadores 40-44.

El terminal de entrada -17- forma una de las entradas en la válvula -46-, usándose la salida de la válvula -46- para mandar el contador reversible en la dirección hacia arriba. Cuando un "1" lógico está presente en el terminal de entrada -17-, la salida de la válvula -46- será un "0" lógico si la otra entrada, constituida por la salida de la válvula -47-, es también un "1" lógico. El funcionamiento de la válvula -47- tiende a impedir que el contador reversible -10- supere una cuenta predeterminada en la dirección positiva. Como el contador reversible -10- constituye una parte del regulador -7- de error



digital, en condiciones transitorias el error puede ser superior a las capacidades del contador reversible -10-. Esto es así porque, como se ha dicho anteriormente, el regulador -7- de error digital tiene un campo limitado del 5% aproximadamente del campo total de la velocidad. De aquí que la función de la válvula -47- sea la de impedir que el contador reversible -10- cuente siempre hasta su máximo, pasando a 0 el impulso de entrada siguiente. Esto es impedido gracias a que los terminales de salida "1" de los basculadores 40-44 forman los impulsos a la válvula -47-. Si todos los basculadores del contador -10- están en estado ocupado, todas las entradas en la válvula -47- serán "1" lógico y de aquí que la salida de la válvula -47- sea un "0" lógico. Como la salida de la válvula -47- es un "0" lógico, la válvula -46- no puede transmitir impulsos procedentes del terminal de entrada -17- y el contador no puede pasar a 0. Aún cuando la presente forma de realización impide ulteriores recuentos sólo cuando todos los basculadores del contador están en estado ocupado, es evidente que el contador podría ser inhibido, en cualquier cuenta deseada, simplemente mediante una adecuada conexión de las entradas de la válvula -47-.

De manera análoga, las válvulas -48- y -49- operan impidiendo que el contador reversible cuente pasando por 0 en dirección negativa, es decir que si todos los basculadores 40-44 del contador reversible están en estado libre, todas las entradas en la válvula -49- serán un "1" lógico y de aquí que la válvula -48- no pueda transmitir ulteriores impulsos de mando que, de otro modo, provocarían el recuento hacia atrás, pasando por 0, del contador reversible -10-.

Aún cuando la presente invención ha sido descrita con respecto a una forma particular de realización, los principios en que se basa la presente invención sugerirán a las personas expertas en la materia muchas modificaciones adicionales de la forma de realización particular representada. Por consiguiente, queda entendido que las reivindicaciones



ciones adjuntas no se limitarán a la forma de realización específica descrita, sino que cubrirán todas aquellas modificaciones que caigan dentro del verdadero espíritu y alcance de la invención.

N O T A

5           EN RESUMEN: la presente Patente de Invención que por veinte años se solicita para España ha de recaer sobre las siguientes reivindicaciones:

1ª.- Sistema de control para motores eléctricos, caracterizado por comprender en combinación:

10 a) medios para producir señales de referencias indicadoras de un estado deseado de la característica especificada; b) un primer lazo de control que responde a las señales de referencia y a las señales indicadoras del estado efectivo de la característica especificada para controlar la característica especificada en su entero campo de varia-  
15 ciones posibles; y c) un segundo lazo, interconectado con dicho primer lazo de control y que trabaja en una banda preseleccionada de variaciones de la característica especificada en respuesta a las señales de referencia y en respuesta a las señales indicadoras del estado  
20 efectivo de la característica especificada, para corregir las faltas de precisión que se presenten dentro de la banda preseleccionada de variaciones.

2ª.- Sistema según la reivindicación 1ª, caracterizado por el hecho de que dicho lazo de control está interconectado con la salida de dicho primer lazo de control y de que dicho segundo lazo de con-  
25 trol tiene una ganancia considerablemente superior a la de dicho primer lazo de control y responde más rápidamente a las faltas de precisión que se presentan dentro del campo limitado preseleccionado.

3ª.- Sistema según la reivindicación 1ª, caracterizado por el hecho de que dicho primer lazo de control comprende un lazo de con-  
30 trol analógico y dicho segundo lazo de control comprende un lazo de



control digital.

4<sup>a</sup>.- Sistema de control, mediante la variación de la excitación de la máquina, caracterizado por comprender, en combinación: a) medios para producir señales de referencia indicadoras de la salida deseada de la máquina; b) un primer lazo de control que responde a las señales de referencia y a las señales indicadoras de la potencia de salida efectiva de la máquina para controlar la excitación de la máquina en el entero campo de las variaciones posibles de la potencia de salida; y c) un segundo anillo de control, interconectado con una parte de salida de dicho primer anillo de control y operante en una banda preseleccionada de variaciones de la potencia de salida de la máquina dinamoeléctrica en respuesta a las señales de referencia y en respuesta a señales indicadoras de la potencia efectiva de salida de la máquina, para corregir las faltas de precisión que se presenten dentro de la banda preseleccionada de variaciones.

5<sup>a</sup>.- Sistema según la reivindicación 4<sup>a</sup>, caracterizado por el hecho de que dicho primer anillo de mando trabaja con señales analógicas y dicho segundo anillo de control trabaja con señales digitales, y de que dicho medio para producir señales de referencia comprende medios para producir señales, que varían en el tiempo, de una frecuencia indicadora de la potencia de salida deseada de la máquina.

6<sup>a</sup>.- Sistema según la reivindicación 5<sup>a</sup>, caracterizado por el hecho de que la máquina dinamoeléctrica comprende un motor eléctrico y la potencia de salida controlada del motor comprende la velocidad del motor.

7<sup>a</sup>.- Sistema de control para motores eléctricos, caracterizado por comprender:  
a) un generador de referencia para producir una señal que varía en el tiempo, cuya frecuencia indica la velocidad deseada del motor; b) medios indicadores de la velocidad del motor conectados con el motor

3 OCT.



controlado; c) un primer anillo de control que emplea como su señal de referencia la salida de un convertidor de frecuencia en sistema analógico que tiene una entrada conectada con la salida de dicho generador de referencia y que utiliza además como su señal de realimentación la salida de dichos medios indicadores de la velocidad del motor; y d) un segundo anillo de control que comprende un regulador de error digital que opera en un campo limitado preseleccionado de variaciones de velocidad, comprendiendo la primera entrada de dicho segundo anillo de control la salida de dicho generador de referencia y comprendiendo la segunda entrada la salida de dicho medio indicador de la velocidad del motor, combinándose la salida de dicho segundo anillo de control con la salida de dicho primer anillo de control, produciendo una señal de error para accionar el motor controlado.

8<sup>a</sup>.- Sistema de control según la reivindicación 7<sup>a</sup>, caracterizado por el hecho de que dicho regulador de error digital comprende un contador reversible, operativamente conectado con dicho generador de referencia y dicho medio indicador de la velocidad del motor de modo que dicho contador reversible cuenta en una dirección, en respuesta a los impulsos procedentes de dicho generador de referencia, y cuenta en la dirección opuesta en respuesta a los impulsos procedentes de dicho medio indicador de la velocidad del motor.

9<sup>a</sup>.- Sistema de control según la reivindicación 8<sup>a</sup>, caracterizado por comprender, además, un circuito de anti-coincidencia conectado operativamente de modo que recibe la salida de impulsos de dicho generador de referencia y de dicho medio indicador de la velocidad del motor, operando dicho circuito de anti-coincidencia en respuesta a impulsos de relé no simultáneos, procedentes de dicho generador de referencia y de dicho medio indicador de la velocidad del motor a dicho contador reversible.

10<sup>a</sup>.- Sistema de control según la reivindicación 8<sup>a</sup>, caracteri



zado por comprender, además, un convertidor de sistema digital a sistema analógico conectado con la salida de dicho contador reversible, convirtiendo así la salida de dicho regulador digital en una señal analógica.

5           11ª.- Sistema de control según la reivindicación 10ª, caracterizado por el hecho de que dicho medio indicador de la velocidad del motor comprende un tacómetro de voltaje analógico como elemento de realimentación en dicho primer anillo de control y un tacómetro de impulsos digitales como dicha segunda entrada a dicho regulador de error  
10 digital.

          12ª.- Sistema de control para motores eléctricos, caracterizado por comprender:

a) un generador de referencia para producir una señal variable en el tiempo, cuya frecuencia indica la velocidad deseada del motor;

15 b) un anillo de control analógico, que comprende:

(1) un convertidor de frecuencia a sistema analógico conectado con la salida de dicho generador de referencia; (2) un medio indicador de la velocidad del motor para la obtención de una señal analógica indicadora de la velocidad del motor; y

20 (3) un punto sumador para comparar la salida de dicho convertidor de sistema de frecuencia en sistema analógico y dicho medio indicador de la velocidad del motor, estando conectada la salida de dicho punto sumador para controlar la transmisión de energía al motor;

25 c) un anillo de control digital de nonio, que comprende:

(1) un contador reversible cuya primera entrada de control de cuenta está operativamente conectada con dicho generador de referencia y cuya segunda entrada de control de cuenta está operativamente conectada con dicho medio indicador de la velocidad del motor y con medios para impedir que dicho conta-

30



3 OCT

5   dor reversible supere una cuenta predeterminada, limitando así la  
 banda de variaciones de velocidad a las cuales responde dicho anillo  
 digital; (2) un convertidor de sistema digital en sistema analógico,  
 conectado operativamente a dicho contador reversible de modo que con-  
 vierte el contenido digital de dicho contador en un voltaje analógico,  
 estando además conectada la salida de dicho convertidor de sistema di-  
 gital en sistema analógico a dicho punto sumador en dicho anillo prin-  
 cipal de control analógico.

10   13<sup>a</sup>.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de  
 recaer la presente Patente de Invención ~~que~~ por veinte años se solicita  
 registrar para España, - - - - -

p o r

" SISTEMA DE CONTROL PARA MOTORES ELECTRICOS "

15   Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descriptiva  
 que consta de veintiuna hojas foliadas y escritas a máquina por una  
 sola cara y planos que se acompañan.

Madrid, 3 OCT. 1969

P.A.,

PEDRO FELIU MAÑA  
P. P.

FIG. 1A

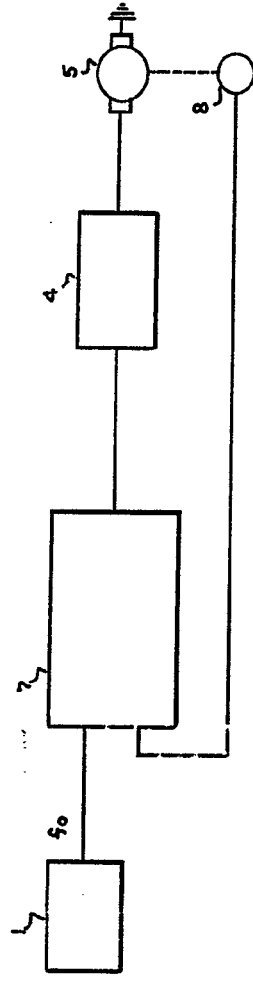
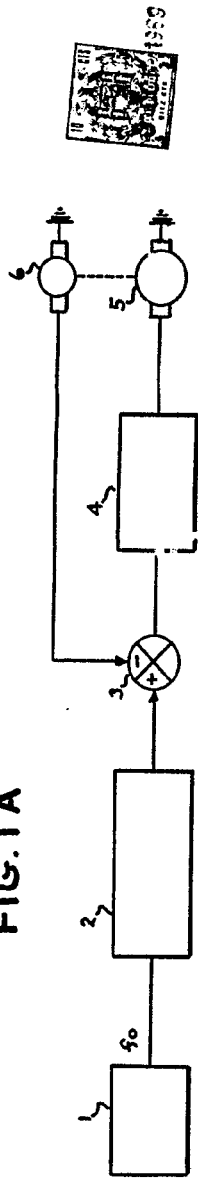


FIG. 1B

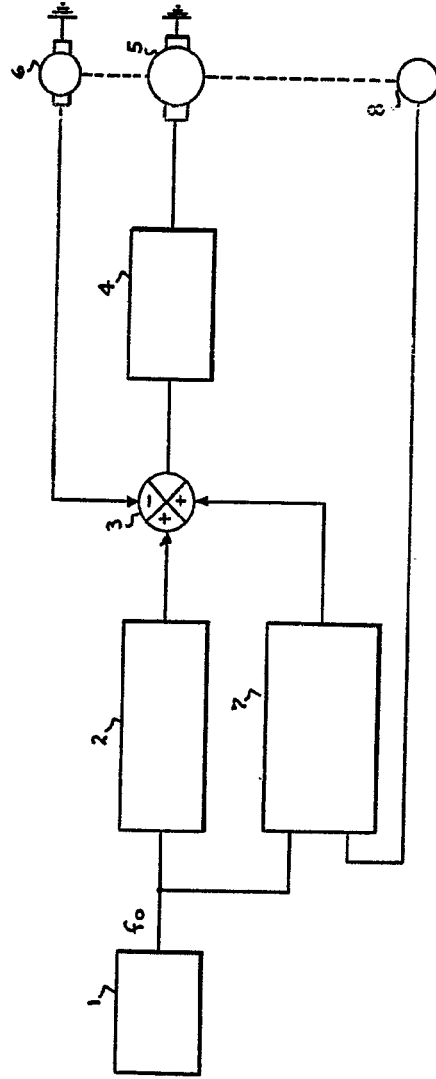


FIG. 1C

MADRID,

P.A.,

FIG. 1A

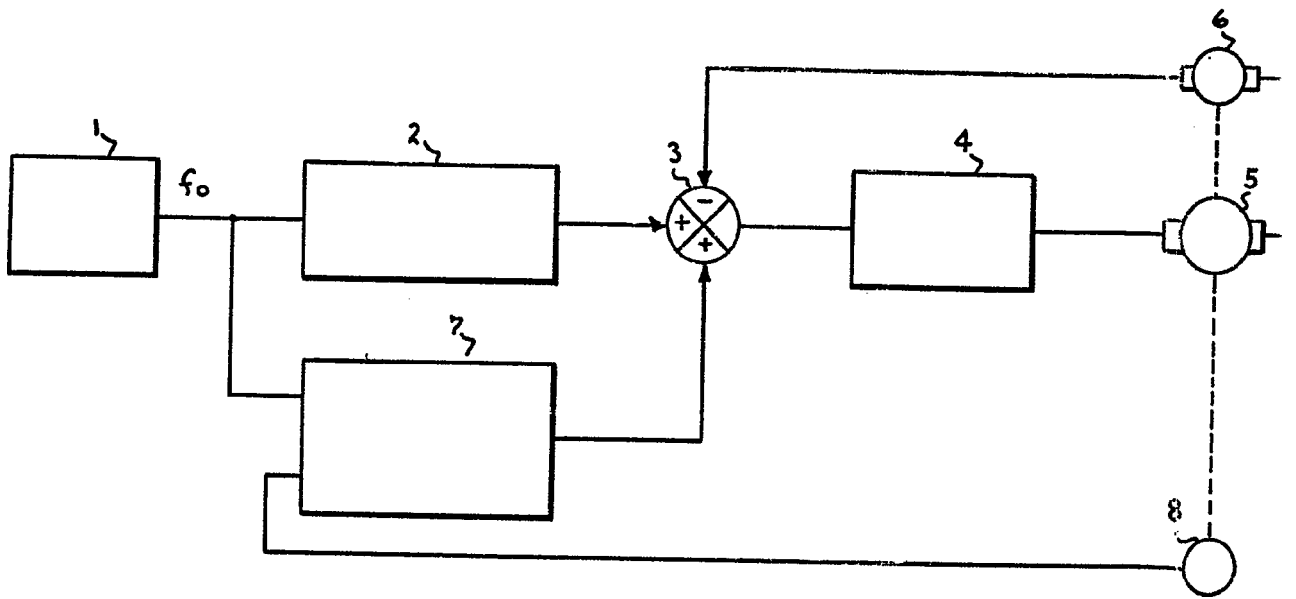
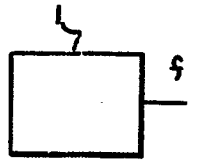
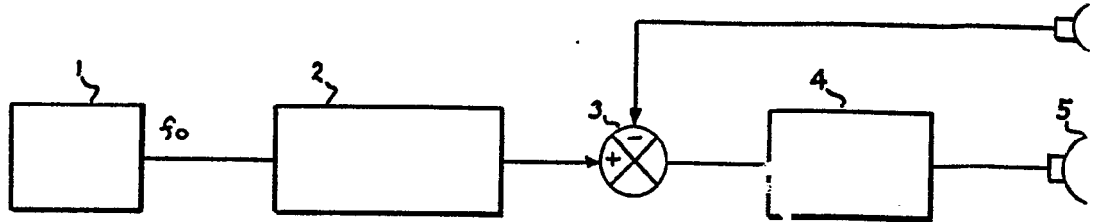


FIG. 1C

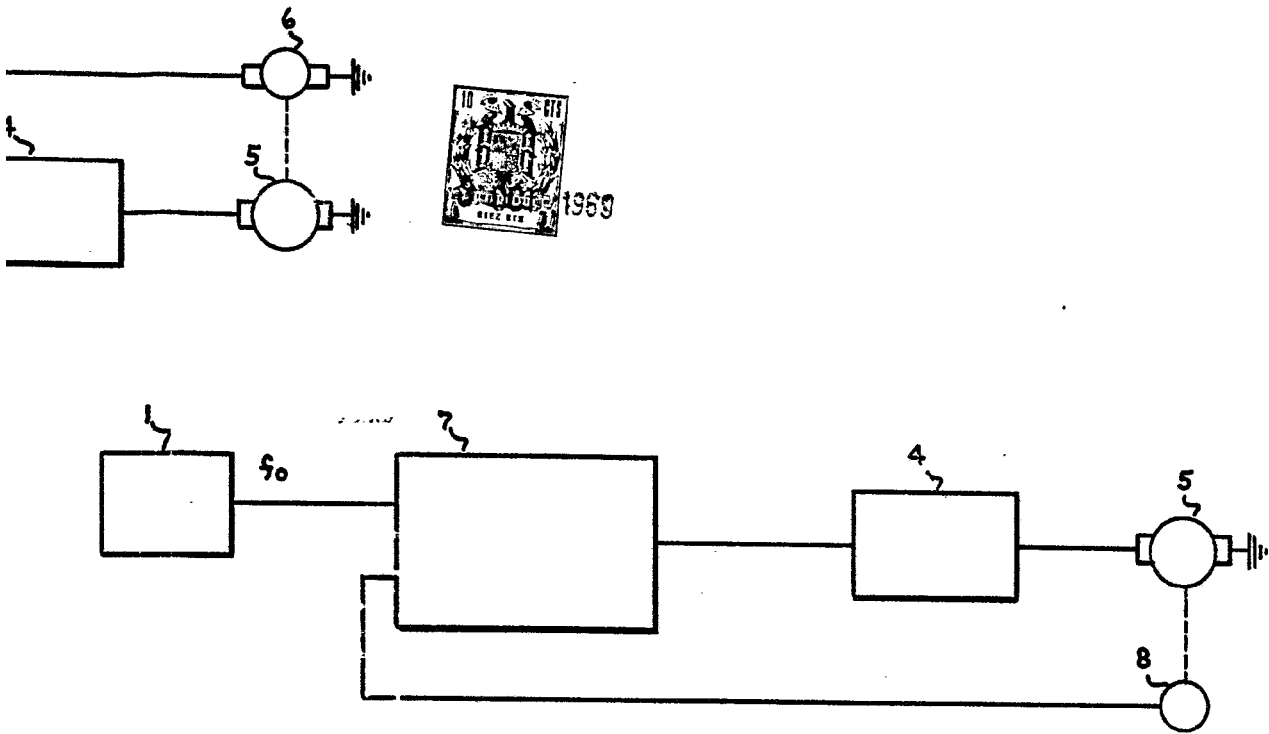
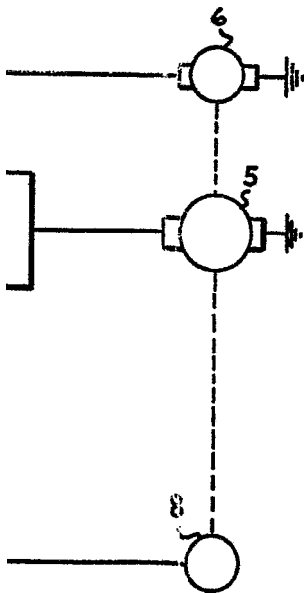


FIG. 1 B



MADRID,  
P.A.,

*[Handwritten signature]*



FIG. 2

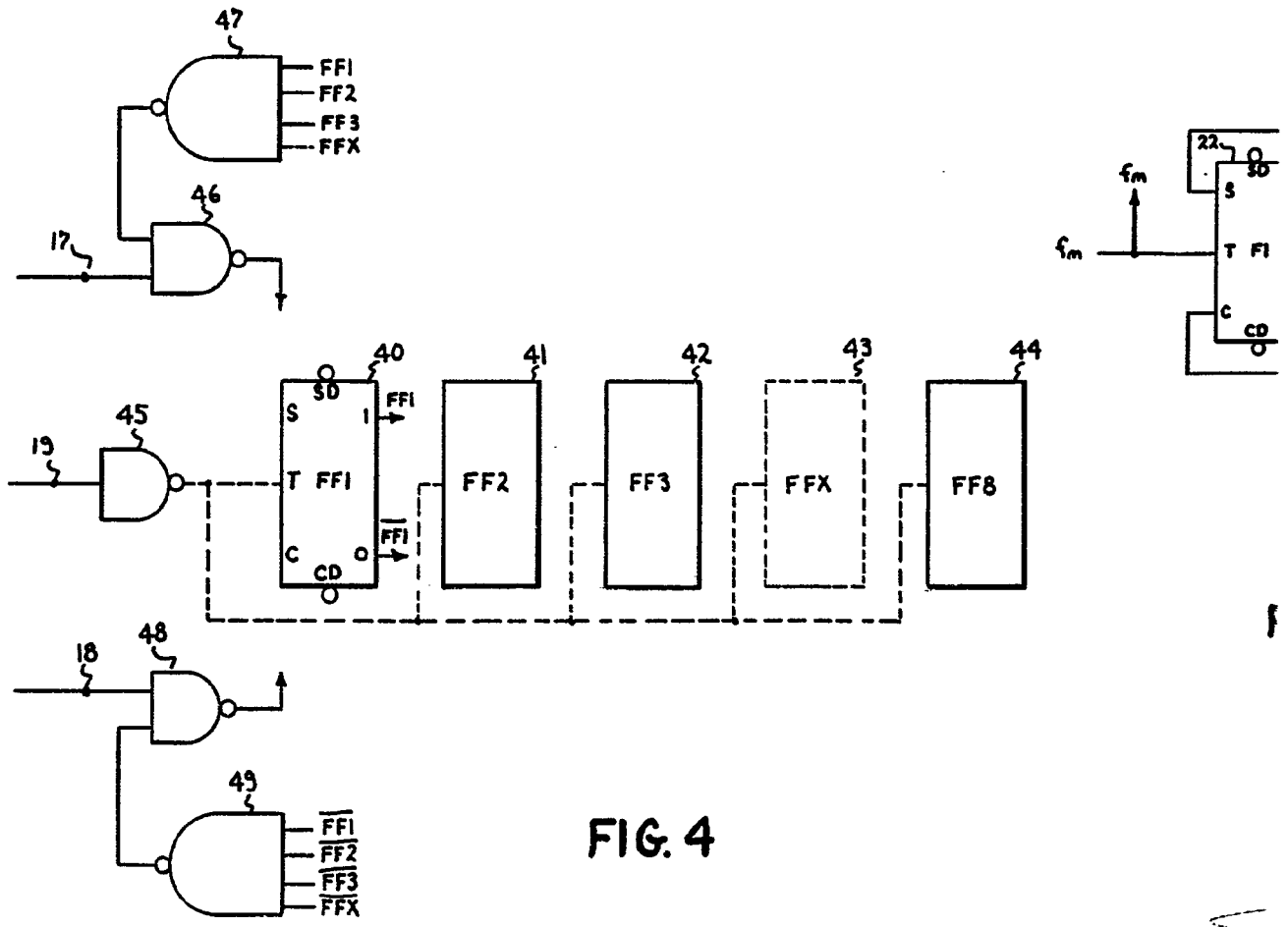
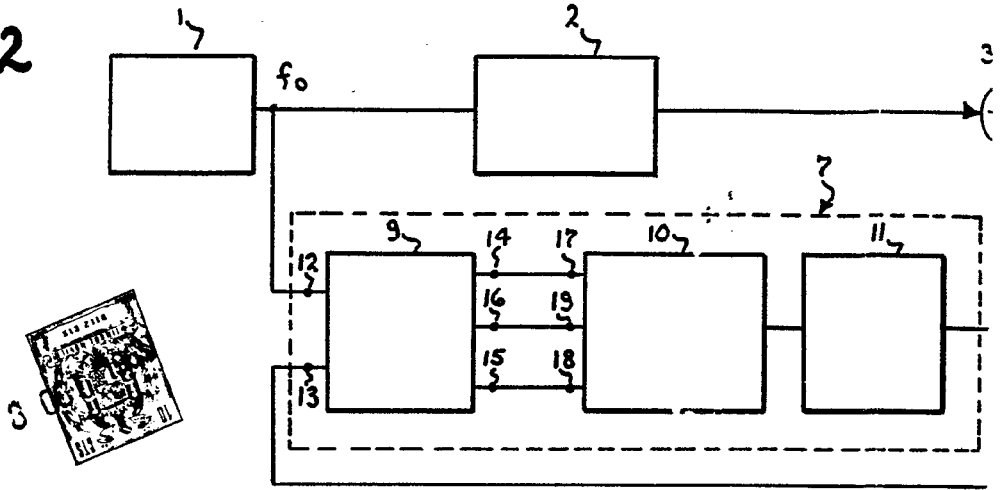


FIG. 4

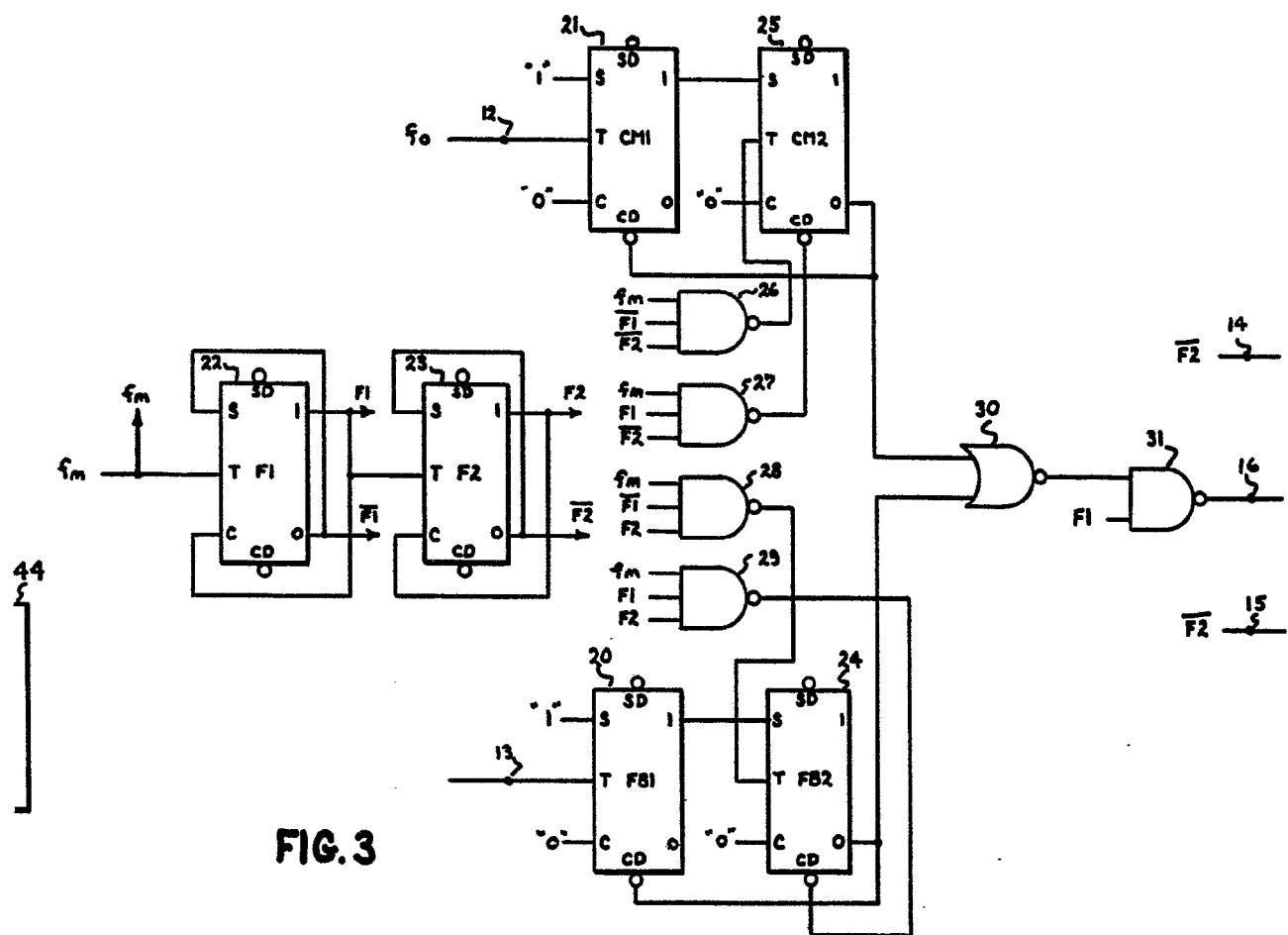
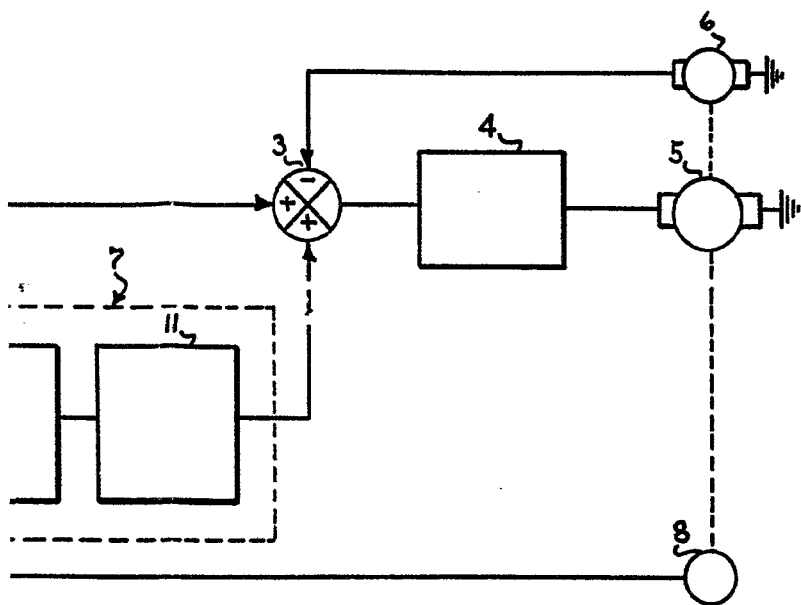


FIG. 3

3 OCT. 1969

MADRID,

*[Handwritten signature]*