

ESPAÑA

| | | | |
|-------|----------|----------------------------------|--------|
| 19 ES | 11 21 | NUMERO 462.905 | 10 A 1 |
| | 22 | FECHA DE PRESENTACION 4-10-77 | |

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| 30 PRIORIDADES: | | |
| 31 NUMERO | 32 FECHA | 33 PAIS |
| 729.761 | 5-10-76 | |
| 729.804 | 5-10-76 | U.S.A. |
| 802.484 | 1-7-77 | |
| 47 FECHA DE PUBLICIDAD | 48 CLASIFICACION INTERNACIONAL H02K | 49 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARI |
| 54 TITULO DE LA INVENCION MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA SIN ESCOBILLAS. | | |
| 71 SOLICITANTE (S) GENERAL ELECTRIC COMPANY. | | |
| DOMICILIO DEL SOLICITANTE 1 River Road, Schenectady, New York 12305 ESTADOS UNIDOS. | | |
| 72 INVENTOR (ES) FLOYD HOWARD WRIGHT y DAVID MARVIN ERDMAN, ambos de nacionalidad estadounidense. | | |
| 73 TITULAR (ES) | | |
| 74 REPRESENTANTE D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU. | | |

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

1 Se describe un motor de corriente continua sin esco
billas construido con dispositivos fotosensibles destinados a
detectar la posición del eje del rotor. Unos imanes permanen
tes curvos situados en el rotor crean un campo de flujo de
5 corriente continua mientras que unos devanados de inducido fi
jos y distribuidos, que cubren cada uno un cierto número de
ranuras del conjunto de inducido, crean unos campos magnéticos
mutuamente perpendiculares. Un circuito lógico que incluye
10 puertas NOR y conmutadores y excitadores del tipo de transis
tor que se activan en respuesta a señales procedentes de los
detectores de posición del eje, se emplean para controlar la
comutación de la corriente en los devanados de inducido del
motor. Un obturador de luz montado en el rotor coopera con los
15 dispositivos sensibles a la luz que están montados en una mén
sula de soporte sujeta en el conjunto de inducido fijo de tal
manera que pre-ajuste selectivamente el progreso de la conmu
tación de los devanados de inducido. Se describen igualmente
variaciones de construcción del rotor de imanes permanentes y
nuevas aplicaciones de un motor de corriente continua sin es
20 cobillas como nuevo procedimiento para evitar la utilización
del mecanismo de detección de la posición del eje. En este úl
timo aspecto se describe un circuito de conmutación para motor
de corriente continua sin escobillas, que incluye un circuito
de detección que responde a la fuerza electromotriz (fem) del
25 motor de corriente continua sin escobillas creando una señal
simulada indicativa de la rotación del eje del motor, y un cir
cuito lógico responde a la salida del circuito de detección
de posición del eje para controlar la aplicación de las seña
les de excitación a través de los devanados de inducido del
30 motor de corriente continua sin escobillas.

1 sean a la vez complicados y costosos.

El solicitante de la presente patente ha inventado ahora motores de corriente continua más sencillos y menos costosos y ha observado que se aplican a los motores con conmutación electrónica restricciones diferentes de las que se apli
5 can a los motores con conmutación mecánica. Puede obtenerse una mejora del rendimiento del motor con relación al funciona
miento ya favorable de los modelos de motores convencionales utilizando un sistema de detección de posición del rotor con
10 juntamente con una conmutación electrónica, y un rotor de ima
nes permanentes en combinación con una disposición especial de tipo no convencional de núcleo de inducido fijo y de dava
nados para motor de corriente continua.

Los motores que presentan las características espe
15 ciales del invento pueden adaptarse fácilmente a aplicaciones en las cuales es preciso que ocupen un espacio mínimo. Por ejemplo, estos motores se adaptarán fácilmente para accionar el compresor de un vehículo para recreo o de un sistema de
acondicionamiento de aire para automóviles utilizando la ener
20 gía de un alternador, o de una batería. En estas disposiciones, un motor con conmutación electrónica y un compresor pueden es
tar contenidos ambos en un recinto hermético. En las disposi
ciones herméticas, los productos contaminantes a base de car
25 bono son perjudiciales y la utilización de motores sin escobi
lla en estas disposiciones permite obtener una ventaja notable con relación a la conmutación mecánica. Sin embargo, ya que
las unidades están herméticamente cerradas, la fiabilidad del motor debe ser extremadamente buena, y todas las piezas del
motor deben ser tales que el refrigerante no pueda deteriorar
30 el motor ni pueda ser deteriorado por los componentes del mo

1 tor con los materiales con los cuales están hechos dichos compo-
nentes.

De manera convencional, los fabricantes de motor
tienen un primer tipo de equipos, procedimientos, herramientas
5 y troqueles especializados para motores de inducción de corrien-
te continua y un segundo tipo de estos para motores de corrien-
te continua. En mayor grado, estos equipos de fabricación de
motores de corriente continua no pueden ser utilizados para
la fabricación de motores de corriente continua actuales. De
10 acuerdo con otra característica del invento, los inducidos fi-
jos de corriente continua que incorporan el invento pueden
enrollarse utilizando máquinas de bobinado convencionales para
corriente alterna.

Por tanto, otra ventaja importante del invento en
15 cuestión consiste en la reducción de coste que se obtiene tan-
to durante la fabricación como durante la utilización de los
motores.

Es posible obtener una conmutación electrónica por
medio de un dispositivo de circuito, ya sea de puente completo
20 o de medio puente (llamado igualmente estrella en la sollicitu-
des de patente anteriores y mencionadas más arriba a nombre
del mismo solicitante). El primero mejora la utilización del
devanado de cobre, mientras que el último presenta la ventaja
de simplificar los circuitos electrónicos mediante una selec-
25 ción juiciosa de los parámetros de bobinado, del tamaño de
los imanes y de los equipos electrónicos que controlan el ci-
clo de conmutación, puede obtenerse un motor de corriente con-
tinua sin escobillas, fiable y de alto rendimiento, que pre-
senta la relación deseada entre velocidad y par y que puede
30 ser fabricado a un precio razonable.

RESUMEN DEL INVENTO

1

Por consiguiente, un objeto principal del presente invento consiste en proporcionar un motor de corriente continua sin escobillas de tipo nuevo y mejorado de funcionamiento fiable y eficaz, así como unos métodos para fabricar este motor.

5

Otro objeto del invento consiste en proporcionar un nuevo motor de corriente continua sin escobillas de tipo nuevo y mejorado, que puede fabricarse económicamente; que puede construirse en un volumen extremadamente reducido; o que puede estar dotado de detectores de posición de eje situados en el interior de la envoltura de las espiras extremas del devanado de inducido.

10

Otro objeto del invento consiste en proporcionar un circuito nuevo y mejorado que responde a un estado interno de tensión de los devanados de inducido para detectar la posición del eje del rotor y para acumular señales indicativas de la misma, con lo cual puede realizarse eficazmente la conmutación de las señales de energización de los devanados.

15

Otro objeto del presente invento consiste en proporcionar un motor de corriente continua sin escobillas de tipo nuevo y mejorado, en el cual el avance de la conmutación de los devanados del estator se controla por medio de la posición de detectores ópticos del tipo de acoplamiento luminoso.

20

Otro objeto del presente invento consiste en proporcionar un número tan reducido como sea posible de detectores de posición en un motor con conmutación electrónica y, más particularmente, en proporcionar un número mínimo de detectores de posición.

25

Un objeto suplementario del presente invento consis

30

1 te en proporcionar un motor mejorado que puede ser energizado a partir de una fuente de corriente continua o de una fuente de corriente alterna rectificada, en el cual los devanados de inducido son del tipo de devanados distribuidos.

5 Otro objeto más del presente invento consiste en proporcionar un motor con conmutación electrónica de tipo nuevo y mejorado que utiliza devanados bifilares en el inducido.

Otro objeto suplementario del invento consiste en proporcionar un motor con conmutación electrónica de tipo nuevo y mejorado, que presenta un tamaño lo más reducido posible.

10 Otro objeto del presente invento consiste en proporcionar un motor con conmutación electrónica de tipo nuevo y mejorado que incluye un dispositivo para proteger los dispositivos de estado sólido de la etapa de salida de una manera particular, con el objeto de obtener la recuperación o la conservación de la energía con el fin de incrementar el rendimiento general de un motor dotado de conmutación electrónica y del dispositivo electrónico que asegura la conmutación de este motor.

20 Otro objeto del presente invento consiste en proporcionar un circuito nuevo y mejorado para detectar la velocidad lenta de un motor con conmutación electrónica y para interrumpir el funcionamiento del motor durante un período de tiempo predeterminado.

25 Otro objeto más del presente invento consiste en proporcionar un circuito nuevo y mejorado para detectar un estado de baja tensión en un motor con conmutación electrónica.

Otro objeto suplementario del presente invento consiste en proporcionar un circuito nuevo y mejorado para detectar

1 tar un estado de alta tensión en un motor con conmutación elec-
trónica.

Otro objeto suplementario del presente invento con-
siste en proporcionar un motor con conmutación electrónica en
5 el cual la conmutación avanza de manera establecido selectiva-
mente de antemano y se mantiene simulando electrónicamente la
posición del rotor con relación al inducido fijo, y manteniend-
do un ángulo de avance predeterminado.

Para llevar a la práctica el presente invento en una
10 forma de realización del mismo, se describe un motor de corrien-
te continua sin escobillas de tipo mejorado, de dos etapas,
que tiene devanados de inducido distribuidos que pueden enro-
llarse y conectarse según se desea, ya sea con una configura-
ción de puente completo, ya sea con una configuración de me-
15 dio puente. El rotor está provisto de un par de imanes curvos
que presentan en cada polo una longitud de arco mínima prefe-
rida de aproximadamente 70 a 90 grados eléctricos, suponiendo
que se desee obtener rendimientos relativamente elevados, Los
devanados están situados en las ranuras de un elemento de in-
20 ducido y están conectados preferentemente para producir campos
magnéticos angularmente separados al ser energizados. La con-
mutación de los devanados puede realizarse por medio de un
circuito de estado sólido controlado por unos medios detecto-
res que incluye un par de elementos sensibles separados el uno
25 del otro por una distancia curva de aproximadamente 90 grados
eléctricos y que están pre-ajustados con relación al conjunto
de inducido de un conjunto de rotor dado.

Otro modo de realización del presente invento inclu-
ye un circuito de conmutación electrónica mejorado que compren-
30 de unos circuitos que simulan de manera fiable la posición re-

1 lativa del rotor y del inducido incluso en caso de condiciones
variables de velocidad o de carga del eje. En una forma, este
circuito incluye unos dispositivos de circuito que responden
al estado de flujo magnético de los devanados de inducido para
5 proporcionar unas señales informativas que indican la posición
relativa del eje respecto a la armadura. A su vez, estas seña
les de información se utilizan para controlar un circuito de
energización de inducido para conmutar y aplicar las señales
o las corrientes de excitación a los devanados del inducido en
10 un orden predeterminado, haciendo que los devanados del indici
do sean energizados eficazmente.

Por tanto, se observará que otro objeto y otra venta
ja del presente invento consisten en una conmutación controla
da electrónicamente de un motor de corriente continua sin es
15 cobillas que está basada en el estado del flujo magnético y,
por tanto, no está incapacitada por las variaciones de veloci
dad o de carga del eje y tampoco necesita detectores de posi
ción de eje del rotor acoplados mecánicamente.

De acuerdo con una forma del invento que utiliza ele
20 mentos detectores de posición físicos, se utiliza un número
mínimo de detectores, y este número mínimo es igual al número
de dígitos binarios que se necesitan para describir el número
de posiciones de conmutación, menos uno, del motor. Por ejem
plo, si el devanado del motor ha de ser conmutado cuatro veces
25 en los 360° eléctricos de rotación, se elegirá el número de dí
gitos binarios necesario para describir el número decimal 3.
Como se entenderá, dos dígitos binarios (por ejemplo, 11) des
criben el número 3. Por consiguiente, se necesitará utilizar
solamente dos detectores. Ya que el número de detectores está
30 relacionado con las posiciones de conmutación por cada 360 gra

1 dos eléctricos de rotación, pueden utilizarse dos detectores para motores de dos polos, cuatro polos, seis polos, etc.

Por otra parte, si es preciso obtener seis posiciones de conmutación en los 360 grados eléctricos de rotación del motor, el número que deberá ser descrito en dígitos binarios será de seis menos uno, es decir cinco. Ya que el número cinco está identificado, en notación binaria, por el número 101, se entiende que se utilizan tres dígitos binarios y, por tanto, se utilizará un mínimo de tres detectores. En este momento, se observará además y se entenderá que tres dígitos binarios pueden representar un número tan elevado como 111 en notación binaria (que es igual al número 7 en notación decimal). Por tanto, pueden utilizarse tres detectores cuando se desea obtener hasta ocho posiciones de conmutación por cada 360 grados eléctricos de rotación del motor.

En algunos modos de realización del invento que se ilustra aquí se utilizan detectores ópticos conjuntamente con uno o varios obturadores montados en el rotor. Tanto si se utilizan detectores del tipo óptico como de otro tipo, los detectores se pre-ajustan con relación al conjunto de inducido (para un conjunto de rotor dado) de modo que el punto de conmutación avance (es decir haga progresar la conmutación de los devanados) de modo que se energice un devanado antes de que el rotor alcance su posición en la cual produce su par máximo por unidad de corriente con el objeto de facilitar el establecimiento de la corriente en el devanado que se energiza. Esto permite obtener pares más elevados, rendimientos superiores y mayores velocidades. El grado preferido de avance óptimo para un modelo dado de motor y para la utilización deseada, es principalmente función de la velocidad nominal de funcionamiento

1 del motor, y todo ello se tratará más detalladamente en lo que sigue.

En un motor real que se ilustra aquí, se han utili
zados detectores de acoplamiento de luz y estos estaban soporta
5 dos por una ménsula ranurada para permitir su fijación ajusta
ble en el estator. De este modo, era posible efectuar un regla
je del avance de la conmutación para obtener ya sea rendimien
tos máximos, ya sea velocidades máximas. Cuando los detectores
deben estar sujetos permanentemente en el estator, el grado
10 de avance de la conmutación tendrá un valor fijo pre-ajustado
para un modelo de motor dado. Sin embargo, naturalmente, se
utilice un avance fijo o un avance ajustable, es preferible
prever en la ménsula un brazo con una forma tal que pueda si
tuarse encima de las espiras extremas del estator y soportar
15 los detectores ópticos de luz dentro de las espiras extremas,
lo que permite obtener un motor con dimensiones generales mí
nimas.

En algunos modos de realización del invento, se uti
lizan circuitos de protección para detectar e interrumpir el
20 funcionamiento del motor cuando se produce bien una velocidad
lenta, bien una tensión baja, o bien una tensión alta. Un cir
cuito de protección de velocidad lenta responde a las señales
de salida de un circuito de determinación de posición, gene
rando una señal representativa de la velocidad del motor, y
25 sirve para comparar la señal de velocidad representativa con
una señal predeterminada que representa una velocidad mínima
admisible y para generar una señal de salida destinada a in
terrumpir el funcionamiento del motor durante un período de
tiempo predeterminado cuando la velocidad del motor es inferior
30 a la velocidad mínima admisible. Para asegurar que el motor re

1 cibirá una tensión de alimentación incluida en una gama acep
table, se han previsto unos circuitos de protección de tensión
baja y de tensión alta que comparan la tensión aplicada al mo
tor a partir de la fuente de energía con unas tensiones mínima
5 y máximas predeterminadas aceptables, y que genera señales
para interrumpir el funcionamiento del motor si la tensión de
alimentación del motor es inferior a la tensión mínima admisi
ble o superior a la tensión máxima admisible.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

10 Otros objetos del presente invento, así como sus
ventajas correspondientes, podrán entenderse fácilmente leyen
do la siguiente descripción tomada conjuntamente con los dibu
jos que la acompañan, en los cuales se utilizan los mismos
números de referencia para describir piezas idénticas en las
15 varias vistas:

 la figura 1 es una vista en perspectiva, de despie
de, de los elementos principales de un motor de corriente con
tínua sin escobillas, que incorpora las enseñanzas del presen
te invento en una forma de realización del mismo;

20 la figura 2 es una vista en alzado frontal esquemá
tica del núcleo de inducido de la figura 1, que ilustra esque
máticamente una disposición de devanado elegida para el motor
de la figura 1;

 la figura 3 es una representación esquemática de
25 las piezas del motor de la figura 1, representando la posi
ción de los imanes del rotor con respecto a los devanados del
inducido en el momento de la energización de uno de los deva
nados, con un reglaje de avance de 0 grado eléctrico;

 la figura 4 es una vista parcial en alzado lateral,
30 parcialmente en sección transversal, que representa más clara

1 mente la posición física del conjunto de ménsula de soporte
en el conjunto de motor de la figura 1;

5 las figuras 5A y 5B ilustran la construcción y el
circuito eléctrico equivalente, respectivamente, de un elemen
to sensible a la luz que se utiliza como elemento detector de
posición de eje en el conjunto de la figura 1;

10 la figura 6 es un diagrama esquemático de un circui
to de conmutación de estado sólido que incorpora las caracte
rísticas del presente invento y que está dispuesto para asegu
rar la conmutación de los devanados del motor de la figura 1
cuando estos devanados están conectados en configuración de
medio puente;

15 la figura 7 es un diagrama esquemático del circuito
de acondicionamiento de señales, ilustrado en forma de bloque
en la figura 6, para producir señales de control de posición
indicativas de la posición de rotación del rotor de la figura
1;

20 la figura 8 ilustra la relación que existe entre la
posición angular del rotor y las tensiones de salida de dos
elementos sensibles a la luz, A y B, y los impulsos de conmu
tación producidos como resultado de la rotación del rotor;

25 las figuras 9 y 10 son diagramas esquemáticos de un
circuito de conmutación de estado sólido que incorpora las
características del presente invento, y que está dispuesto
para asegurar la conmutación de los devanados del motor de
la figura 1, cuando estos devanados están conectados con una
configuración de puente completo;

30 las figuras 11A-C son representaciones gráficas del
par por amperio en función de la posición del rotor, de la lon
gitud de arco de los imanes y de la distribución de las espi

1 ras para longitudes de arco de imán de 180 grados eléctricos,
160 grados eléctricos, y 135 grados eléctricos, respectivamen
te; e ilustran esquemáticamente diferentes longitudes de arco
de los imanes del rotor;

5 las figuras 12-15 son representaciones del par por
amperio en función de la posición del rotor (en grados eléctri
cos) para diferentes grados o dispersión (o concentración rela
tiva) de los devanados de inducido fijo;

10 la figura 16 ilustra en forma esquemática un circui
to para suministrar las señales A y B así como sus complemen
tos, a un circuito tal como el que se ilustra en la figura 6,
sin que sea necesario utilizar dispositivos especiales de tipo
mecánico para detectar la posición angular del rotor del motor;

15 la figura 17 ilustra las cuatro señales de salida
obtenidas a partir del circuito de la figura 16, así como su
combinación de acuerdo con el circuito lógico ilustrado en la
figura 6;

20 la figura 18 es un diagrama esquemático de un cir
cuito de control de motor análogo al que se ilustra en la fi
gura 16, pero que utiliza selectivamente una señal de control
proporcional a la carga del motor;

25 la figura 19 es un diagrama esquemático de un circui
to para detectar la corriente del devanado del estator y para
interrumpir esta corriente durante un corto intervalo de tiem
po predeterminado cuando la corriente detectada rebasa un va
lor prescrito;

30 la figura 20 es un diagrama en bloques de un siste
ma de acondicionamiento de aire para vehículo, herméticamente
cerrado, y que utiliza un modo de realización del presente in
vento;

1 la figura 21 es un diagrama esquemático del circui
to de conmutación de estado sólido de la figura 20;

 la figura 22 es un diagrama esquemático del detector
de velocidad de la figura 20;

5 la figura 23 es un diagrama en bloques de otro con
junto hermético que ilustra la utilización del invento en una
forma de realización del mismo;

 la figura 24 ilustra esquemáticamente una parte de
un circuito que puede intercalarse entre la salida de las puer
10 tas NOR 80 y la base de los transistores 82 en la figura 6,
para facilitar la realización del sistema de refrigeración de
la figura 23;

 las figuras 25a y 25b forman conjuntamente un diagrama
esquemático detallado de un circuito modificado para la de
15 tección y el control indirectos de la posición del rotor;

 la figura 26 ilustra varias formas de onda del cir
cuito de la figura 25;

 la figura 27 es un diagrama en bloques de un circui
to de control para el posicionamiento preciso del rotor;

20 las figuras 28, 29 y 30 son vistas esquemáticas en
alzado frontal de inducidos fijos según el presente invento,
que ilustran las disposiciones de devanado elegidas para un
mótor bipolar de tres fases, un motor cuatripolar de tres fa
ses y un motor de ocho polos con tres fases, respectivamente;

25 la figura 31 es una vista en alzado frontal esquemá
tica de un inducido fijo según el presente invento, que repre
senta una disposición de devanado elegida para un motor bipo
lar de cuatro fases;

30 la figura 34 es una vista en alzado frontal esquemá
tica de un inducido fijo según el presente invento, queilus

1 tra una disposición de devanado para un motor bipolar de dos
fases, en el cual los devanados comparten las ranuras de arma-
dura;

5 la figura 35 es una vista en alzado frontal, esquemá-
tica de un inducido fijo según el presente invento, que ilus-
tra una disposición de devanado para un motor bipolar de dos
fases, en el cual la armadura fija está provista de ranuras
vacías;

10 la figura 36 es una vista en alzado frontal esquemá-
tica de un inducido fijo según el presente invento, que ilus-
tra una disposición de devanado para un motor bipolar de dos
fases, en el cual los devanados están dispuestos de manera no
simétrica en las ranuras del inducido fijo;

15 la figura 32 es una vista en perspectiva esquemáti-
ca de un inducido fijo según el presente invento, que repre-
senta una disposición de devanado monofilar elegida para una
fase de un motor;

20 la figura 33 es una vista en perspectiva esquemáti-
ca de un inducido fijo según el presente invento, que repre-
senta una disposición de devanado bifilar elegida para una
fase de un motor;

25 las figuras 37a y 37b constituyen conjuntamente un
diagrama esquemático detallado de un circuito de conmutación
que incorpora las características del presente invento y que
está dispuesto para controlar la conmutación de un motor de
corriente continua sin escobillas de tres fases;

30 la figura 38 ilustra varias formas de onda que se
refieren al circuito ilustrado en las figuras 37a y 37b uti-
lizado para controlar la conmutación de un motor de corriente
continua sin escobillas de tres fases;

1 la figura 39 ilustra varias formas de onda que se
refieren al circuito ilustrado en las figuras 25a y 25b cuan
do el circuito ha sido modificado para controlar la conmutación
de un motor de corriente continua sin escobillas de cuatro fa
5 ses;

la figura 40 es una vista de extremidad simplifica
da de un rotor de imanes permanentes y del sistema que permi
te determinar por medio de un impulso de comprobación la posi
ción de este rotor;

10 la figura 41 es un diagrama esquemático de un circui
to que responde a las formas de onda y que incorpora las ca
racterísticas del invento en una forma de realización del mis
mo, y que puede ser utilizado en lugar de los detectores de
posición convencionales para suministrar las señales A y B al
15 circuito de la figura 6;

la figura 42 representa varias formas de onda de ten
sión asociadas con el circuito de la figura 41, que ilustra
una sincronización adecuada (preferida) y una sincronización
inadecuada (no preferida) de la conmutación;

20 la figura 43 ilustra forma de ondas de corriente en
la bobina de la figura 4a para obtener respectivamente una
conmutación temprana, preferida y tardía;

la figura 44 es una representación idealizada de
una sola bobina de inducido con relación al campo del flujo
25 del rotor;

la figura 45 ilustra de forma esquemática un circui
to de conmutación sin detector de cuatro fases;

la figura 46 ilustra de forma esquemática un circui
to de conmutación sin detector de tres fases;

30 la figura 47 ilustra de forma esquemática un circui

1 to de conmutación sin detector de tres fases más perfeccionado
y más eficaz;

DESCRIPCION DE LOS MODOS DE REALIZACION PREFERIDOS

5 En la figura 1 se ilustran las piezas componentes de
un motor de corriente continua sin escobillas de un tipo que
puede incluir las características del presente invento, en una
forma preferida. El motor está provisto de dos fases de devana
do, dos polos y un rotor de imanes permanentes 10 que está
montado en un eje 11 soportado de manera giratoria por unos
10 cojinetes convencionales, no representados, en el interior de
cualquier cárter adecuado que no se representa. El rotor 10
ha sido imantado en el sentido de su diámetro de una manera
conocida en la técnica. En el modo de realización ilustrado,
el rotor 10 incluye un núcleo de acero macizo 12 y un par de
15 imanes curvos 13 y 14 dispuestos en la periferia del núcleo
en posiciones diametralmente opuestas. Los imanes 13 y 14 son
imanes de cerámica, pero se entiende que podrían ser imanes
de cobalto, samaria, alnico, o cualquier otro tipo de material
magnético disponible. El criterio de selección principal es el
20 coste y el tamaño físico del motor. La longitud de arco de ca
da imán de cerámica está preferentemente incluida entre 135
grados eléctricos y 160 grados eléctricos, pero podría alcan
zar 180 grados eléctricos y no ser superior a 90 grados eléc
tricos aproximadamente. Las longitudes de arco inferiores a
25 120 grados eléctricos darán lugar de manera general a un rendi
miento mediocre con la disposición de devanados que se ilustra
particularmente en la figura 2 y, por tanto, estas longitudes
no son las preferidas con esta disposición.

La longitud de arco de imán óptima indicada más arri
30 ba permanecerá generalmente la misma para los motores con dis

1 posiciones de fases múltiples y/o polos múltiples, aunque el
número de imanes permanentes y la longitud física o longitud
de arco mecánica de los imanes variará de acuerdo con el número
de polos eléctricos (o pares de polos) creados por los de
5 vanados. Por ejemplo, un motor cuadripolar de tres fases, es
tará provisto de cuatro imanes permanentes teniendo cada uno
una longitud de arco incluida preferentemente entre 135 y 160
grados eléctricos como se ha indicado más arriba, es decir en
tre 67,5 y 80 grados mecánicos. De la misma manera, un motor
10 hexapolar de cuatro fases tendrá seis imanes permanentes con
una longitud de arco preferentemente incluida entre 135 gra
dos eléctricos y 160 grados eléctricos, es decir entre 45 y
53-1/3 grados mecánicos. La longitud de arco de los imanes va
riará también de acuerdo con la concentración de los devanados
15 en el inducido fijo.

Cuando las longitudes de arco son del orden de 90
grados eléctricos, los devanados se harán de manera relativa
mente más concentrada. Por ejemplo, en un inducido fijo de 24
ranuras utilizado para funcionar con un motor bipolar de dos
20 fases, las bobinas externas de cada grupo de bobinas cubrirán
aproximadamente 10 ranuras. Además, cada grupo de bobinas,
(dos medios grupos) incluirán preferentemente tres bobinas
por cada mitad de grupo de bobinas cubriendo 9,7 y 5 dientes,
respectivamente. Este tipo de disposición permitirá obtener
25 las características de rendimiento óptimo de este motor.

Por otra parte, en ciertas aplicaciones, se utiliza
rán devanados muy concentrados que ocupan solamente un par de
ranuras y en este caso la extensión del devanado será aproxi
madamente de 0 grados eléctricos y mecánicamente igual tan so
30 lo a la anchura de una ranura, teniendo sin embargo una exten

1 sión de 180 grados eléctricos.

El conjunto de inducido fijo 15 incluye un elemento magnético 16 de reluctancia relativamente reducida, que está constituido por una multiplicidad de chapas de inducido 17
5 idénticas, ensambladas en posiciones yuxtapuestas. Las chapas pueden estar mantenidas conjuntamente por una pluralidad de tornillos pasantes de inducido 18, dos de los cuales se representan parcialmente, que atraviesan unos agujeros pasantes dispuestos coaxialmente, 19, en las chapas del estator. En variante,
10 te, las chapas del núcleo pueden soldarse, achavetarse, unirse conjuntamente por medio de un adhesivo, o estar mantenidas simplemente las unas con las otras por medio de los devanados, como lo entenderán los peritos en la materia.

Cada chapa incluye una multiplicidad de dientes 20
15 a lo largo de su orificio interno y, por tanto, las chapas ensambladas constituyen una multiplicidad de ranuras 21 que se extienden en sentido axial y en el interior de las cuales están situados los devanados de inducido 22.

Los devanados 22 pueden enrollarse por medio de máquinas de enrollamiento de bobinas de motores de inducción de tipo convencional. Por tanto, las espiras del devanado pueden enrollarse directamente en una herramienta de inyección de bobinas para su colocación en las ranuras del núcleo; en variante, los devanados podrían enrollarse sobre un receptor de bobinas,
20 binas, ser transferidos a una herramienta de inyección de bobinas y a continuación ser introducidos axialmente en las ranuras del núcleo, por ejemplo, utilizando un equipo del tipo
25 ilustrado y descrito en las patentes de los Estados Unidos números 3.522.650; 3.324.536; 3.797.105 ó 3.732.897, cuyas descripciones se incorporan aquí a título de referencia.
30

1 Preferentemente, en un motor bipolar de dos fases,
cada devanado tiene una extensión de aproximadamente 90 grados
eléctricos a través de las ranuras de inducido para generar
campos magnéticos mutuamente perpendiculares cuando se energiz
5 zan, suponiendo que los devanados no deben compartir ranuras
y que todas las ranuras del inducido fijo se utilizan. Las es
piras extremas del devanado se extienden más allá de las caras
de extremidad del núcleo, y las extremidades o terminales de
los devanados se conectan por separado con el circuito de con
10 trol y el dispositivo de conmutación asociado.

Haciendo referencia a la figura 2, se ilustra una
disposición de devanados a título de ejemplo, que corresponde
a un motor de corriente continua con conmutación electrónica
de 1/20 CV, con una velocidad nominal de 3000 rpm, que incor
15 pora los principios del invento. Las chapas troqueladas elegi
das incluyen 24 ranuras, y además, cada devanado está provisto
de 54 espiras bifilares. Con los pares de devanados bifilares
dispuestos en oposición se obtienen cuatro devanados a, b, c,
d, Los devanados a y c están enrollados de manera bifilar y
20 ocupan las seis ranuras superiores y las seis ranuras inferio
res 21, según se ve en el dibujo, y estos devanados han sido
rodeados por una línea de puntos. Los devanados b y d están
enrollados de manera bifilar, y ocupan las seis ranuras izquier
das y las seis ranuras derechas, según se ve en la fig. 2.
25 El inducido 17 está enrollado con una distribución de espiras
de devanado de 10 espiras, 10 espiras, 7 espiras, desde la
bobina más externa hacia la bobina más interna, respectivamen
te, en cada grupo de bobinas que se representa en la figura 2.
Desde luego cada devanado representado incluye dos conjuntos
30 de bobinas. El número particular de espiras en una ranura por

1 cada devanado y la distribución resultante pueden hacerse va
riar de acuerdo con las características que se desea obtener
del motor. Por ejemplo, las bobinas más externas de cada grupo
de bobinas podrían presentar el número máximo, mientras que las
5 espiras de bobinas más internas se reducirían al mínimo para
concentrar el devanado. Cuando el devanado está concentrado de
esta manera, se obtiene un par medio más elevado (suponiendo
que se mantengan constante el núcleo de inducido, la construc
ción del rotor, la resistencia de los devanados y el número
10 total de espiras) pero el punto de conmutación será más críti
co y el grado de avance deberá ser alterado. Igualmente, las
variaciones de par, (durante el funcionamiento y en caso de
bloqueo) serán generalmente de mayor amplitud aunque de menor
duración.

15 Como se representa en la figura 2, las espiras de
cada devanado están dispuestas concéntricamente en un par da
do de ranuras con el número deseado de espiras en cada ranura.
Naturalmente, el devanado continúa en el siguiente par de ra
nuras y se cubre el número deseado de ranuras o dientes el
20 cual en el modo de realización ilustrado es de 11 dientes y
representa una extensión de, por ejemplo, 90 grados eléctricos
por cada devanado, permitiendo que los devanados generen se
cuencialmente unos campos magnéticos mutuamente perpendicula
res al ser energizados secuencialmente. Utilizando conductores
25 bifilares, se enrollan simultáneamente dos devanados y una ex
tremidad de cada conductor puede conectarse adecuadamente a la
mas para constituir una configuración de conexión de devanados
de medio-puente (estrella o WYE). Se observará de nuevo que
esta disposición puede adaptarse fácilmente para formar el
30 enrollamiento y para colocarlo utilizando máquinas de bobinado

1 convencionales empleadas para el bobinado de motores de corrien
te alterna.

Se observará que en la figura 2 el devanado b ha si
do ilustrado de manera algo diferente de los devanados a, c y
5 d. Se ha representado el devanado b para ilustrar la dirección
de la circulación de la corriente en él durante por lo menos
un período de conmutación y se han utilizado unas flechas para
indicar la dirección de la circulación de la corriente en las
porciones de espiras extremas del devanado b. Por otra parte,
10 se han utilizado unos puntos y unas cruces (incluidos en circuy
los) para ilustrar las direcciones de la circulación de la
corriente en las respectivas espiras de devanado b que están
dispuestas en el interior de las ranuras del núcleo magnético.
Con la notación utilizada en la figura 2, un punto indica que
15 la corriente fluye hacia arriba fuera del plano del dibujo,
y las cruces indican que la circulación fluye hacia abajo con
relación al plano del dibujo. Con la circulación de corriente
indicada por los puntos y las cruces en la figura 2, el deva
nado b crea unos polos norte y sur orientados de la manera re
20 presentada por las letras N_b y S_b en la figura 2.

El conjunto de inducido fijo tiene un agujero axial
23 en el cual está situado el rotor 10. Los imanes curvos 13
y 14 están dispuestos (por ejemplo utilizando un adhesivo tal
como resina epoxi) sobre las superficies externas del núcleo
25 12 de reluctancia reducida (que puede estar constituido por
un apilamiento de chapas aunque esto no sea necesario) para
crear unas regiones de polaridad magnética constante con pola
rificaciones norte-sur según se indica en la figura 3. La magne
tización se efectúa en la dirección radial eligiendo el espe
30 sor radial para obtener la fuerza magnetomotriz deseada (por

1 un material de imán dado) o para asegurar que no podrá produ-
cirse ninguna desmagnetización irreversible debida a los cam-
pos producidos por la corriente que circula en los devanados
de inducido en caso de bloqueo del motor.

5 Se entiende que aunque los imanes 13 y 14 han sido
descritos como estando unidos mediante adhesivo a la superfi-
cie periférica externa del núcleo 12, solamente es importante
que el conjunto de rotor establezca campos de polaridades
opuestas. Por tanto, pueden utilizarse imanes del tipo de
10 barra (o imanes de cualquier otra forma deseada) en la fabri-
cación de los conjuntos de rotor destinados a los motores de
acuerdo con el presente invento. Los imanes (cuando se utili-
zan imanes permanentes) pueden situarse en el interior de una
estructura de jaula de hierro magnético o pueden fabricarse de
15 cualquier otra manera deseada. De hecho, un rotor excitado en
el cual se establecen polos norte y sur por medio de conducto-
res de corriente puede también ser utilizado. Naturalmente, en
este último caso se utilizarán anillos rozantes o cualquier
otro medio adecuado para interconectar los devanados del ro-
20 tor con una fuente de corriente de excitación. La longitud
axial de los imanes depende del flujo total deseado. Las cur-
vas de par instantáneo y el par neto obtenido dependen de la
distribución de los devanados en las ranuras del inducido fijo
y del arco magnético o longitud de arco β del imán la cual,
25 como se ha indicado más arriba, estará incluida preferentemen-
te entre 135 y 160 grados eléctricos, para obtener el mayor
rendimiento cuando no es preciso que los devanados compartan
ranuras y cuando se utilizan todas las ranuras.

Como se representa en la figura 1, en un punto adya-
30 cente a una extremidad del rotor está dispuesto un conjunto

1 detector de posición de eje 40 que incluye un obturador 41 y
una ménsula 42 destinada a soportar un par de módulos de in-
terruptores ópticos, es decir detectores ópticos sensibles a
la luz 43 y 44. El obturador 41 puede estar constituido por
5 cualquier material ópticamente opaco (a la longitud de onda
conveniente) o cualquier material revestido, tal como por ejem-
plo, aluminio (latón, acero, etc.) e incluye un elemento en
forma de disco plano 45 que tiene una pestaña obturadora 46
que se extiende a lo largo de la periferia del elemento de
10 disco sobre una distancia de arco de aproximadamente 180 gra-
dos eléctricos. El elemento de disco incluye un orificio cen-
tral 47 de un diámetro ligeramente superior al diámetro del
eje 11 del rotor, de modo que pueda pasar adecuadamente sobre
el eje del rotor y pueda montarse al ras de la cara extrema
15 del núcleo macizo de acero 12. A este efecto, se han previsto
dos orificios de recepción de tornillo 48 para recibir los
tornillos de montaje (no representados) que se enroscan en
unos orificios pre-roscados 50 formados en el núcleo 12. Natu-
ralmente, como se entiende fácilmente, podrían utilizarse cua-
20 lesquiera otras disposiciones adecuadas para el montaje del
obturador en el rotor, siempre y cuando la pestaña 46 se ex-
tienda hacia el exterior a partir del rotor y esté asociada
en cooperación con los detectores 43 y 44 para producir la ge-
neración de las señales de referencia de posición del rotor
25 en respuesta a la posición del rotor con relación al estator.

Como se representa en las figuras 1 y 4, la ménsula
42 incluye un primer segmento en forma de arco 51 provisto de
una ranura de forma alargada 52 en su sentido longitudinal.
La ranura 52 permite el montaje ajustable de la ménsula en el
30 estator o en las capas 17 del inducido fijo por medio de los

1 agujeros que atraviesan el inducido. Un segundo segmento en
forma de arco 53 está soportado radialmente hacia el interior
del primer segmento por medio de una abrazadera o elemento de
brazo de interconexión 54. Como se representa más claramente
5 en la figura 4, la abrazadera 54 tiene una forma tal que pase
encima de las espiras extremas y soporte los detectores 43 y
44 con una orientación espacial de 90° en el caso del motor
de dos fases dentro de las espiras extremas de los devanados
de inducido y en posición de cooperación con la pestaña 46 del
10 obturador que se extiende hacia el exterior. Se observará que
los detectores están soportados dentro de la dimensión axial
más externa de las espiras extremas de los devanados, así co
mo dentro de la dimensión radial, reduciendo así la longitud
axial del motor, ya que la dimensión de la abrazadera añade
15 muy poco a la longitud axial general.

Haciendo referencia a las figuras 5A y 5B, se ilus
tra una configuración mecánica y eléctrica típica de un detec
tor óptico. Estos detectores son aparatos comerciales de tipo
convencional y pueden ser, por ejemplo, conectores ópticos,
20 tipo H13A2 de la General Electric. Como se representa, el co
nector incluye una fuente de energía luminosa 55 que puede
ser un diodo emisor de luz y un detector de luz 56 que puede
ser un fototransistor sensible a la luz dispuesto de tal mane
ra que pueda recibir la luz procedente del diodo emisor de
25 luz. El diodo 55 y el fototransistor 56 constituyen bloques
separados 57 y 58, separados respectivamente por un canal 59
y montados en una base de soporte 60. La base 60 de cada de
tector está sujeta en las extremidades opuestas de un segmento
de soporte 53 de modo que los detectores estén separados el
30 uno del otro por una distancia curva de 90 grados eléctricos.

1 Se han previsto unos orificios adecuados en el segmento para permitir el paso libre de los conductores terminales 61 a través de ellos.

5 La conmutación de los devanados de inducido fijo se consigue por medio de un circuito de control de estado sólido 70, que incluye puertas NOR e interruptores transistorizados, así como excitadores activados en respuesta a las señales procedentes de los detectores de posición del eje. Para efectuar la conmutación se utilizarán dispositivos de circuito de puente, ya sea del tipo de medio-puente (unidireccional), ya sea del tipo de puente completo (bidireccional). El circuito puede ser del tipo ilustrado en las figuras 6 y 7 en las cuales se emplea una configuración de medio-puente o del tipo ilustrado en las figuras 9 y 10 en las cuales se emplea una disposición de puente completo.

15 En cualquier caso, la conmutación de la corriente en los devanados de inducido se ajusta preselectivamente por el posicionamiento relativo del detector, de modo que la conmutación del devanado de inducido fijo sea avanzada como se explicará más adelante.

20 Para resumir de manera breve el funcionamiento del circuito, se indicará, basándose en las varias figuras esquemáticas, que el circuito de control recibe la salida del conjunto 40 de detectores de posición de eje sensibles a la luz para producir señales de conmutación destinadas a efectuar la conmutación de los devanados del inducido fijo. Con esta finalidad, las salidas de los detectores 43 y 44 producen dos señales de posición indicativas de la posición del rotor 10 con respecto a la posición fija de los devanados del inducido fijo.

25 Las dos señales de posición se aplican a un primer circuito

30

1 de acondicionamiento de señal 70' (figura 6) que desarrola
cuatro señales de control que corresponden a aquellas posicio
nes del rotor, en las cuales (1) la pestaña 46 del obturador
pasa a través del canal 59 del detector 43 bloqueando así su
5 fotodetector; (2) la pestaña 46 del obturador pasa a través
del canal 59 de ambos detectores 43 y 44, bloqueando así ambos
fotodetectores; (3) la pestaña 46 del obturador pasa a través
del canal 59 del detector 44 y bloquea el fotodetector 44 sin
bloquear el fotodetector 43; y (4) la pestaña 46 del obturador
10 está alejada de ambos detectores. De esta manera, el obturador
sirve para bloquear o interceptar la luz procedente de la
fuente de energía luminosa de cada conector óptico durante la
mitad de cada revolución del rotor, permitiendo sin embargo el
paso de la energía luminosa procedente de cada fuente de luz
15 hacia su fotodetector asociado durante la restante mitad de
revolución del rotor. Sin embargo, haciendo que los detectores
estén separados en el espacio por 90°, la combinación de ener
gización-desenergización de los detectores proporciona cuatro
señales de control de posición, mientras que el conjunto de
20 ménsula ajustable constituye un dispositivo adecuado para
avanzar preselectivamente la conmutación de los devanados y
facilitar el establecimiento de la corriente en el devanado
cuya conmutación se está efectuando, y obtener la relación
velocidad-par deseada con el mayor rendimiento.

25 Haciendo referencia a la figura 7, se entenderá que
la salida de cada conector 43, 44 es elevado cuando la ener
gía recibida del diodo emisor de luz 55 (LED 55) no puede ex
citar el fototransistor asociado 56, es decir cuando la pesta
ña 46 del obturador pasa entre el LED y el fototransistor.
30 Como se entenderá examinando la figura 7, se produce una prime

1 ra señal de posición cada vez que el conector 43 está bloquea
do y esta señal aparece en la línea 68. Una segunda señal de
posición se produce cada vez que el conector 43 está bloquea
do y esta señal aparece en la línea 69.

5 Como se ha indicado más arriba, cada conector con
siste en un LED 55 y un fototransistor 56. El colector de ca
da fototransistor está conectado independientemente por medio
de una resistencia asociada 71 ó 72 con una línea de distribu
ción positiva 73. Los diodos 55 están conectados en serie y a
10 su vez, a través de la resistencia de polarización 74 a la lí
nea de distribución positiva 73. Los emisores de los fototran
sistores y los diodos conectados en serie están unidos a una
línea de masa común 75.

El primer circuito de acondicionamiento de señales
15 70¹ incluye cuatro puertas NOR dispuestas para desarrollar las
cuatro señales de control de posición A , \bar{A} , (no A), B y \bar{B}
(no B) que indican la posición de rotación del rotor 10 (den
tro de una región de 90°), y que se utiliza para controlar la
conmutación de la corriente en los devanados del inducido fijo.
20 Con esta finalidad, una entrada de cada puerta NOR 76 y 77
está conectada con las líneas 68 y 69, respectivamente, y las
otras entradas de cada puerta NOR 76 y 77 están conectadas a
la línea de masa 75. Las salidas de las puertas NOR 76 y 77
establecen las señales de control de posición A y B aplicadas
25 al segundo circuito de acondicionamiento de señales. Las seña
les de control A y B se aplican también, respectivamente, a
uno de los terminales de entrada de las puertas NOR 78 y 79,
cuya salida constituye las señales de control de posición \bar{A}
(complemento lógico no A) y \bar{B} (complemento lógico no B). La
30 otra entrada de cada puerta NOR 78 y 79 está conectada a masa.

1 La duración y la secuencia de las señales A , \bar{A} , B , \bar{B} , se representan esquemáticamente en la parte superior de la figura 8.

Las cuatro señales de control de posición, A , \bar{A} , B y \bar{B} se aplican al segundo circuito de acondicionamiento de señales 80 que se representa detalladamente en la figura 6. La función del segundo circuito de acondicionamiento de señales consiste en producir cuatro señales de conmutación para asegurar secuencialmente la conmutación de los devanados de inducido fijo asociados 22a, 22b, 22c y 22d. Con esta finalidad, cada devanado está asociado con un canal de señal separado que incluye su propia puerta NOR 80, el transistor 81 y la etapa de excitación constituida por los transistores 82 y 83. El funcionamiento de cada canal es idéntico y para evitar una repetición, se limita la descripción al funcionamiento de un solo canal. El canal que corresponde al devanado "A" se llamará canal "a" y los componentes asociados en este canal tienen cada uno una referencia numérica seguida por la letra "a" para indicar su asociación con este canal. De este modo, el canal "a" controla la conmutación del devanado "a", el canal "b" controla la conmutación del devanado "b" y así sucesivamente.

El canal "a" se representa como siendo el canal más bajo del segundo circuito de acondicionamiento de señal en la figura 6. La puerta NOR 80a tiene sus dos entradas conectadas para recibir las entradas \bar{A} y B procedentes de las puertas NOR 78 y 77. Idénticamente, cada uno de los demás canales están dispuestos para recibir dos señales de control de posición a partir del primer circuito de acondicionamiento de señales 70, de tal manera que los cuatro canales produzcan cuatro impulsos de conmutación sucesivos por cada revolución del rotor,

1 como se entenderá más claramente examinando la mitad inferior
de la figura 8. En esta parte de la figura 8, la duración y
la secuencia de las señales $A + B$, $\bar{A} + B$, $\bar{A} + \bar{B}$, y $A + \bar{B}$ se
representan esquemáticamente.

5 Las operaciones lógicas se realizan con dos entradas
aplicadas a cada puerta. Las puertas están conectadas de tal
manera que cuando la salida de una puerta NOR es un 1, las sa
lidas de las demás puertas NOR son un cero. La puerta 80a, por
ejemplo, tiene una salida 1 cuando las entradas \bar{A} y B son am
10 bas cero. Esto se produce una vez cada vuelta del obturador
41. De la misma manera, por lo que a la puerta 80b se refiere,
su salida es un 1 cuando las entradas \bar{A} y \bar{B} son un cero. En
este caso, igualmente, existe una sola combinación a cada re
volución. Las puertas 80c y 80d están conectadas de la ms
15 manera a las entradas A, \bar{B} y A, B, respectivamente.

Las señales de conmutación procedentes de cada puer
ta NOR 80 se amplifican por medio de un transistor asociado
81 al cual se aplica la señal de conmutación a través de una
resistencia de base 84. La salida de cada transistor 81 es
20 conducido hacia los circuitos de base de un conjunto de conmu
tación de potencia que incluye los transistores 82 y 83 los
cuales se conmutan para efectuar la energización de los deva
nados de inducido 22a-22d con una relación de tiempo predeter
minada. El transistor 81 incluye un transistor NPN cuyo emisor
25 está conectado a masa por la línea 85. El colector de cada
transistor 81 está conectado a través de una resistencia 86
con la base de un transistor 82 del tipo PNP. El colector y
el emisor de cada transistor 82 están conectados, respectiva
mente, con la base y el colector del transistor asociado 83
30 formando una configuración Darlington convencional modificada.

1 En el caso de motores más potentes, si se desea, pueden utilizarse transistores 83 de mayor potencia o conectar en paralelo dos o más transistores.

5 Cada devanado de inducido fijo está conectado a través de una unión colector-emisor de su transistor asociado 83 con el conductor positivo 87. Un diodo de protección 88 está conectado a través de la unión colector-emisor de cada transistor 83 para constituir un circuito de circulación de corriente desde el devanado asociado hasta la línea conductora positiva 87. Con esta finalidad, el ánodo de cada diodo está conectado con el lado no conectado a masa del devanado asociado 22 y el emisor del transistor 83, para asegurar que la polaridad del diodo sea tal que permita el retorno de la energía liberada por el campo magnético que disminuye en un devanado cuando éste se desenergiza. La contracorriente generada por el campo magnético que reduce pasa en derivación respecto al transistor 83 a través de la línea 90, produciendo la carga del condensador 91 que está conectado entre la línea conductora positiva y la masa. La energía almacenada en el condensador 91 será de vuelta al sistema en el momento de la descarga del condensador cuando se activa el siguiente devanado, dando lugar a un incremento general del rendimiento del motor. Esta mejora de rendimiento puede alcanzar un 10%.

25 El circuito de protección formado por cada diodo 88 y el condensador 91 presenta la misma eficacia para una fuente de corriente alterna rectificadora y para una fuente constituida por una batería. Se observará que en el caso de una línea de corriente alterna modificada, los diodos asociados con la fuente de alimentación se conmutan en una dirección tal que permiten la circulación de la corriente a través del motor

30

1 pero no en sentido inverso hacia la línea. Por tanto, el con-
densador 91 sirve para almacenar energía procedente de los de-
vanados conmutados. El condensador 91 podría sustituirse por
un diodo zener que absorbería y disiparía la energía recupera-
5 da en forma de calor. Aunque esta disposición puede asegurar
la protección de los transistores 83a, b, c, d, no permitirá
mejorar el rendimiento porque la energía se disipará en lugar
de ser devuelta al sistema.

La resistencia 92 conectada en la línea conductora
10 positiva 87, conjuntamente con los condensadores 93, 94 y un
diodo zener 95 de 15 voltios (para una tensión media nominal
aplicada de 12 voltios) constituye una red de filtro de pro-
tección para los componentes del circuito que evita que la
tensión de la línea 87 se eleve hasta un valor suficiente pa-
15 ra destruir los componentes de estado sólido, tensión que pue-
de producirse, por ejemplo, cuando se hace funcionar el motor
a partir de un cargador de baterías capaz de suministrar más
de 18 voltios de cresta.

Los devanados de inducido fijo 22a-22d de la figura
20 6 están enrollados de manera bifilar y están dispuestos en
una configuración de medio puente con una extremidad de cada
devanado conectada a una masa común. Se obtiene así una dispo-
sición eficaz que permite efectuar la conexión y la descon-
xión de los devanados individualmente con un mínimo de elemen-
25 tos electrónicos y que permite recuperar la energía inductiva
de un devanado conmutado. Al respecto, cuando se desconecta
el devanado 22a, por ejemplo, el campo magnético menguante in-
duce una corriente en el conductor parejo del devanado 22c de-
bido a la disposición de enrollamiento bifilar y al efecto
30 de transformador resultante. Los diodos de realimentación 88

1 en paralelo con cada transistor de conmutación constituyen
un circuito para la circulación de la corriente asociada con
la energía inductiva almacenada y protegen el transistor, mien
tras que el condensador 91 permite recuperar esta energía. Es
5 ta disposición permite obtener una utilización relativa de so
lamente 50% de los devanados situados en una ranura. Para con
seguir la utilización completa de los devanados, permitiendo
una utilización todavía más eficaz del material de los devana
dos, se utilizará la disposición de circuito de puente comple
10 to de las figuras 9 y 10.

De acuerdo con la disposición ilustrada en las figu
ras 9 y 10, los devanados de inducido fijo 122a y 122b, están
devanados de la misma manera que los devanados de inducido fi
jo 22a y 22b de la configuración de medio-puente de la figura
15 6. Por consiguiente, en lugar de utilizar conductores bifila
res como en el caso de los devanados 22a, 22c, se utilizan con
ductores únicos y se efectúa la conmutación de un devanado par
ticular por medio de la activación de un par de transistores.
Con esta finalidad, se han previsto cuatro conjuntos de conmu
tación de potencia 101-108 por cada par de devanados. Cada
20 conjunto de potencia incluye un par de transistores dispuestos
en configuración Darlington. La base del transistor de entrada
de cada conjunto de potencia está conectada a través de su re
sistencia de base asociada 109-116 con la salida de un amplifi
cador transistorizado 81 de uno de los canales, de una manera
25 que se representa, por ejemplo, en la figura 6. La salida del
canal "a" del transistor 81a está conectada con la entrada
del conjunto de conmutación de potencia 101 y 103, el canal
"b" con los conjuntos 105 y 107, el canal "c" con los conjun
tos 102 y 104, y el canal "d" con los conjuntos 106 y 108. El
30

1 devanado 122a se energiza cuando la corriente I_a fluye estando
los conjuntos de potencia 101 y 103 activados. El devanado
122a, en efecto, actúa como el devanado 22c de las figuras 2
y 6 cuando se energizan los conjuntos de potencia 102 y 104 y
5 la corriente I_c fluye. El circuito de puente completo que sir
ve para la energización del devanado 122b funciona de manera
idéntica cuando fluyen las corrientes I_b e I_d . Cada transistor
está provisto de un diodo de protección 117-124 conectado en
tre los terminales emisor-colector y polarizado para consti
10 tuir un circuito de circulación para la corriente asociada
con la energía inductiva almacenada que es liberada al ser de
senergizados los transistores.

Las disposiciones de circuito mencionadas más arri
ba proporcionan un medio relativamente sencillo pero altamen
15 te eficaz y económico para controlar la conmutación de un mo
tor que incorpora el presente invento.

El ángulo de avance en el tiempo (o avance de conmu
tación) está definido de acuerdo con la figura 3. Existe un
avance cero si se activa un devanado cuando el centro magnéti
20 co de un imán del rotor se desplaza hacia él y en el momento
en que el centro magnético del rotor está a 135 grados eléc
tricos a partir del punto de alineación con el eje del polo
magnético establecido por él. Se trata de la posición teóri
ca óptima. Sin embargo, la conmutación del devanado en un pun
25 to que corresponde a 10 grados eléctricos antes de esta posi
ción teórica óptima constituye un avance de conmutación de 10
grados eléctricos. El grado de avance preferido del ángulo
de sincronización está asociado con la constante de tiempo
 L/R del devanado. Con un avance de 0 grados eléctricos, la
30 corriente en el devanado se establece de manera excesivamente

1 lenta para conseguir el par máximo posible durante todo el
tiempo de "energización". El avance del ángulo de conmutación,
sin embargo, aprovecha el hecho de que la fuerza contraelec-
tromotriz generada es inferior durante un acoplamiento incóm-
5 pleto, es decir cuando los ejes polares del rotor y del deva-
nado no están alineados exactamente, y por tanto es posible
mejorar el tiempo de establecimiento de la corriente y la for-
mación del par. Un avance excesivo tiende a producir crestas
de corriente con los consiguientes efectos perjudiciales sobre
10 el rendimiento, pero el reglaje óptimo del avance depende en
cierto grado de los puntos deseados de velocidad y par de fun-
cionamiento de cada motor. El ángulo de sincronización se ajus-
ta preselectivamente mediante rotación periférica de la ménsu-
la 42, para determinar las posiciones de los detectores de
15 acoplamiento luminoso 43 y 44 respecto a la pestaña de obtura-
ción 46.

 Siguiendo con referencia a la figura 3, el centro
de los polos magnéticos norte y sur creados por el devanado
22b de la figura 2, han sido indicados por la referencia Nb y
20 la referencia Sb, respectivamente. El emplazamiento general
de los ejes o centros polares de los imanes 13, 14, por otra
parte, se representan por las referencias N, S. Se entiende
que los polos norte y sur Nb, Sb, están creados por el devana-
do 22b al ser energizado como se indica en la figura 2.

25 Durante el funcionamiento del motor, los devanados
22a, 22b, 22c, y 22d se conmutan en secuencia; y cuando desa-
parecen los polos Nb, Sb (asociados con el devanado 22b), apa-
recen los polos Nc, Sc (asociados con el devanado 22c). Se
observará en la figura 3 que el centro de los polos magnéticos
30 S del imán 14 está situado 45 grados eléctricos más allá del

1 polo Sb. En teoría, el devanado 22b debe ser energizado en es-
te momento para crear los polos Nb, Sb; y el devanado 22b per-
manecerá energizado durante 90 grados eléctricos. A continua-
ción, se desconectará el devanado 22b y se conectará el deva-
5 nado 22c, suponiendo que el rotor gire en el sentido horario
que se indica por la flecha R en la figura 3.

Se ha comprobado que se obtiene un mejor rendimien-
to cuando se efectúa la conmutación de los devanados con ante-
lación respecto al punto o ángulo de conmutación teóricamente
10 conveniente, en un ángulo predeterminado (expresado en gra-
dos eléctricos).

Para el modo de realización que tiene una disposi-
ción de devanados del tipo descrito más arriba, el ángulo
es igual a 20 grados eléctricos aproximadamente. Por tanto,
15 el devanado 22a se desenergiza, y el devanado 22b se energi-
za para crear los polos Nb, Sb, cuando el eje de los polos Sb
del imán 14 está situado a 135 más 20, es decir 155 grados
eléctricos a partir de este devanado. Naturalmente, esta ob-
servación se aplica a los cuatro devanados 22a, b, c, d, como
20 se entenderá fácilmente.

Aunque las secciones de devanado situadas en posi-
ciones opuestas pueden acoplarse simultáneamente con los ima-
nes opuestos del rotor, todas las espiras de un devanado dado
pueden no estar totalmente acopladas debido a la naturaleza
25 distribuida de los devanados y al acortamiento de los imanes
del rotor. Por este motivo, el par de salida por cada amperio
aplicado al devanado de armadura (T/I) es función de la posi-
ción del rotor, de la longitud de arco del imán, del número
de espiras de los devanados, y de la disposición de las espi-
30 ras en el inducido. Las figuras 11A, B, C revelan el efecto

1 que se produce sobre la relación T/I cuando se utilizan imanes
con diferentes longitudes de arco (en grados eléctricos) con
una configuración dada de inducido de dos fases. En un motor
de fases múltiples, la porción plana de la curva de par/inten-
5 sidad (T/I) de cada devanado, se reducirá al mismo número de
grados eléctricos que en el caso de un motor de dos fases, dis-
minuyendo la longitud de arco del imán aunque el tiempo de
"energización" de cada devanado varíe respecto al que se re-
presenta para un motor de dos fases en las figuras 11A-C.

10 La figura 11A representa una representación gráfica
de T/I cuando la longitud de arco de imán es de 180 grados
eléctricos y cuando los devanados de dos fases 22a, b, c, d,
tienen el mismo número de espiras en cada ranura. La curva
trapezoidal en línea continua representa el par instantáneo
15 en función de la intensidad para un valor constante de circu-
lación de corriente en el devanado 22a cuando se energiza ca-
da devanado o cuando se mantiene en estado de "energización"
durante una revolución completa del rotor. La curva trapezoi-
dal en líneas de puntos ha sido dibujada de manera similar
20 para el devanado 22b para representar su contribución al par
instantáneo en función de la intensidad. La curva en línea
continua gruesa ilustra el efecto neto de la energización del
devanado 22a durante solamente 90 grados eléctricos, y de la
energización del devanado 22b durante 90 grados eléctricos,
25 y así sucesivamente para los devanados 22c y 22d. La curva en
línea continua gruesa ha sido desplazada de las demás curvas
para facilitar la ilustración.

El devanado 22a se energiza aproximadamente 45 gra-
dos eléctricos después de que los ejes polares de los imanes
30 del rotor han pasado por el centro de los polos creados por el

1 por el devanado 22a. Se ve, por tanto, que los devanados distribuidos dan una forma trapezoidal a la curva de par instantáneo en lugar de la forma cuadrada teóricamente ideal que se obten
dría en el caso ideal utilizando devanados concentrados. Se ob
5 servará que cada una de las figuras 11A-C representa esquemá
ticamente la longitud de arco de varios imanes de rotor, así como la "dispersión" de los conductores del devanado 22a. El término "dispersión" se utiliza para indicar la expansión angu
lar de las ranuras de núcleo adyacente que soportan los conduc
10 tores de un devanado dado que conducen instantáneamente la corriente en la misma dirección axial a lo largo del núcleo. por ejemplo, en la figura 2, el devanado 22b tiene dos conjun
tos de conductores, estando uno de ellos situado en las ranu
ras 801 a 806 y estando el otro conjunto situado en las ranu
15 ras 807 a 812. Los conductores de un conducto contenidos en las ranuras 801 a 806 conducen instantáneamente la corriente en la misma dirección axial a lo largo del núcleo, según se ilustra por las letras "x"; por tanto, el devanado 22b tiene una dispersión de 90 grados eléctricos. Esta dispersión es pre
20 ferentemente inferior a 120 grados eléctricos, pero puede acercarse a cero en el caso de un devanado concentrado de una sola bobina que ocupa solamente dos ranuras. La concentración de los devanados, es decir la reducción de la "dispersión" permite una reducción de la longitud del arco del imán.

25 La figura 11B ilustra el par en función de la inten
sidad, que corresponde a un motor de dos fases, que se desarro
lla en función de la posición del rotor, utilizando un imán en forma de arco que tiene una longitud de arco de 160 grados eléctricos. En este caso, igualmente, se supone que los deva
30 nados están distribuidos uniformemente y que la corriente de

1 devanado tiene un valor constante. La curva de par instantáneo
por amperio en función de la posición del rotor conserva su
forma trapezoidal, como en la figura 11A, pero su formación
es más lenta y el tiempo necesario para alcanzar el par máxi
5 mo es más corto. El par neto o promedio, sin embargo, se redu
ce solamente un poco. Estos efectos se acentúan todavía más
en el caso de un imán que tiene una longitud de arco de 135.
grados eléctricos como puede verse en la figura 11C.

Teniendo en cuenta la inductancia del devanado y la
10 velocidad del rotor de los motores contruidos de la manera
indicada aquí, se produce el par óptimo a la carga nominal
cuando se energizan los devanados con un avance de aproximada
mente 20 grados eléctricos. Por este motivo, la longitud de
arco de los imanes puede ser reducida desde 180 grados eléc
15 tricos hasta 160 grados eléctricos sin que se reduzca esencial
mente el rendimiento del motor. Además, pueden utilizarse ima
nes que tienen longitudes de arco no superiores a 120 grados
eléctricos sin mermar sustancialmente el rendimiento y el fun
cionamiento del motor. Sin embargo, en unos modos de realiza
20 ción preferidos que han sido contruidos y comprobados, la
longitud de arco de los imanes estará incluida entre 135 y
160 grados eléctricos.

Las curvas de la figura 11 son representaciones
ideales del par en función de la intensidad. Estas curvas se
25 alejan de la forma ideal cuando se tienen en cuenta la induc
tancia de los devanados, la configuración de las ranuras del
núcleo, la velocidad del rotor y el ángulo de avance de sin
cronización. La inductancia disminuye la velocidad de incremen
to de la corriente y, por tanto, la constante de tiempo L/R
30 de los devanados constituye un factor de importancia crecien

1 té conforme se van eligiendo velocidades nominales más eleva
das. De manera general, el ángulo de avance de sincronización
es superior para las velocidades más elevadas, pero se consigue
un rendimiento óptimo cuando la desconexión o la conmutación
5 de los devanados se produce casi en una porción plana de las
curvas de par de las figuras 11A-C, y cuando la activación se
produce en una porción ascendente de estas mismas curvas de
par.

Las figuras 12-15 son similares a las figuras 11A-C
10 por lo menos porque las primeras son representaciones idealiza
das de la relación T/I (par/amperio) de un motor tal como el
que se ilustra en la figura 1, en función de la posición del
rotor para diferentes grados o extensión de la dispersión de
los devanados del inducido fijo. En las figuras 12-15, las cur
15 vas trapezoidales en líneas continuas representan el par ins
tantáneo en función de la intensidad que se produce cuando se
mantiene energizado un devanado (por ejemplo el devanado 22a)
durante una revolución completa del rotor. Las curvas trape
zoidales en líneas de puntos han sido dibujadas similarmente
20 para otro devanado (por ejemplo el devanado 22b). Los datos
de las curvas 12-15 están basados en la suposición de que se
utiliza un solo rotor de dos polos con arcos de imán de 135
grados eléctricos con inducidos fijos que tienen diferentes
extensiones o concentraciones de devanados. Las curvas de las
25 figuras 12-15 se obtienen, respectivamente, con dispersiones
de espiras laterales de los grupos de devanados de 90, 60,
120 y 30 grados eléctricos, respectivamente, La duración o la
extensión, en grados eléctricos, de las porciones planas de
las curvas 12-15 ha sido indicada en las figuras de los dibu
30 jos. Se observará que la duración de estas porciones planas

1 disminuye conforme aumenta la dispersión de las espiras laterales de las bobinas. Para decirlo de otra manera, las concentraciones crecientes de las espiras laterales de las bobinas aumentan la duración de la porción plana (T/I máxima).

5 Las curvas de las figuras 12-15 están basadas en distribuciones de devanados para las cuales se supone que existe el mismo número de segmento de espiras en cada ranura. Como se observará en las figuras 1 y 2, los devanados 22 incluyen unas porciones de espiras extremas dispuestas a lo largo de las caras extremas del núcleo de inducido fijo, y unas porciones de espiras laterales dispuestas a lo largo de las ranuras de núcleo de inducido que se extienden axialmente.

Tomando como ejemplo el devanado 22b, y haciendo referencia a la figura 2, el devanado b está constituido por dos secciones o grupos de bobinas. Cada uno de estos grupos tiene tres bobinas concéntricas, estando cada bobina constituida por una multiplicidad de espiras y con unas porciones de espiras laterales de cada una de dichas bobinas situadas en una ranura del estator. La distancia o longitud curva periférica de la bobina más cercana de cada grupo de bobinas determina la extensión de cada grupo de bobinas. Sin embargo, la "dispersión" o "concentración" del devanado 22b está determinada por la extensión curva colectiva de la mitad de las porciones de espiras laterales de ambos grupos de bobinas. Sin embargo, con un devanado de concentración máxima, se utilizará solamente una bobina y todos los conductores de este devanado ocuparán solamente un total de dos ranuras.

En estas condiciones, todos los conductores del devanado 22b que transportan la corriente en el plano de la figura 2 (o fuera del plano del dibujo) crean colectivamente

1 una "dispersión" de 90 grados eléctricos. Si el devanado 27b
hubiese consistido en dos grupos de bobinas, conteniendo cada
uno de ellos una sola bobina, y si estas bobinas hubiesen com
partido la misma ranura, entonces se hubiese conseguido la
5 concentración máxima o la dispersión mínima.

Comparando las figuras 11A-C con las figuras 12-15,
se entiende que los valores máximos de T/I serán de mayor du
ración si la dispersión de los devanados se reduce al mínimo
y si se utiliza la máxima longitud de arco de los imanes del
10 rotor.

Las figuras 11A-C y 12-15 descritas más arriba,
ilustran la relación que existe entre la longitud de arco de
los imanes, la dispersión de los devanados y la contribución
de un devanado a la relación T/I. Aunque representada para un
15 motor de dos fases, esta relación mutua puede aplicarse a mo
tores con fases múltiples. Cuando se aumenta el número de fa
ses, la dispersión de un devanado disminuye generalmente para
facilitar un incremento en la porción plana de la curva T/I
de cada devanado, permitiendo una superposición de los tiempos
20 de energización entre los devanados, suponiendo que la longi
tud de arco de los imanes permanezca la misma. Esta superposi
ción en los tiempos de energización de los devanados puede ser
conveniente para obtener una utilización más completa de los
devanados, un mayor rendimiento del motor y un par de salida
25 del motor más importante. Sin embargo, exactamente como en el
caso del motor de dos fases descrito anteriormente, unas re
ducciones de la longitud de arco de los imanes de 20 grados
eléctricos (desde 180 hasta 160) y de 45 grados eléctricos
(desde 180 hasta 135) producen reducciones de 20° y 45° res
30 pectivamente en las porciones planas de las curvas T/I de cada

1 devanado en un motor de fases múltiples. Cuando se tienen en
cuenta la inductancia de los devanados y la velocidad del ro
tor, el par óptimo a la carga nominal se producirá cuando se
energizan los devanados con un avance de aproximadamente 20
5 grados eléctricos. Por este motivo, la longitud de arco de
los imanes puede ser reducida desde 180 grados eléctricos has
ta 160 grados eléctricos sin que se produzca ninguna reducción
sustancial del rendimiento del motor.

Cuando se desea obtener el par máximo durante una
10 revolución completa del rotor, se mantendrán las formas de on
das de las figuras 11A-C y 12-15 "planas" el mayor tiempo po
sible. Sin embargo, si la duración de la relación máxima T/I
fuese igual a un valor máximo teórico de 180 grados eléctricos,
se obtendría una onda cuadrada. En otras palabras, la parte
15 frontal de la forma de onda presentaría una pendiente infinita.
Sin embargo, con formas de onda más empinadas, existe más po
sibilidad de que se planteen problemas de avance. Por consi
guiente, es preferible que la parte delantera de la forma de
onda sea lo más empinada posible sin producir problemas de
20 arranque preocupantes. Al respecto, se observará igualmente
que los requisitos de funcionamiento pueden exigir más espiras
de devanado y, por tanto, una mayor "dispersión" del devanado.
Esto da a su vez una forma de onda menos "empinada", lo cual,
a su vez, conduce a la necesidad de utilizar un mayor avance
25 de conmutación para obtener el máximo rendimiento de funciona
miento.

Aunque se han utilizado puertas NOR en la figura 6,
pueden utilizarse una amplia variedad de combinaciones de puer
tas AND, OR, NAND y NOR para obtener las combinaciones lógi
cas deseadas. Como variación suplementaria al circuito de la
30

1 figura 6, puede preverse realizar la detección de la corriente
te en uno o varios devanados del inducido fijo y limitar las
corrientes suministradas a los devanados del inducido fijo
cuando la corriente detectada rebasa un valor prescrito. La
5 figura 19 ilustra un circuito de inhibición que detecta la
corriente de inducido y la interrumpe durante un corto inter-
valo de tiempo predeterminado cada vez que la corriente detec-
tada rebasa un valor prescrito. El circuito de la figura 19
sirve principalmente durante el arranque del motor y el inter-
10 valo de tiempo predeterminado es inferior al intervalo de tiem-
po durante el cual se desactiva un devanado especificado del
inducido fijo. La característica de inhibición de la figura 19
puede incorporarse en el sistema ilustrado en la figura 6,
por ejemplo, introduciendo la resistencia extremadamente pe-
15 queña 204 en serie entre la fuente de tensión y los varios de-
vanados de inducido, por ejemplo, situándola en la línea supe-
rior derecha de la figura 6 que está conectada con la fuente
V positiva. Para adaptar el circuito lógico de la figura 6 a
una función de inhibición, las varias puertas 80 pueden ser
20 puertas NOR de tres entradas y las entradas suplementarias
(no ilustradas en la figura 6) de estas puertas se conectarán
conjuntamente y con la línea de salida de inhibición 206 de
la figura 19. Está claro que la función de inhibición puede
realizarse de numerosas maneras distintas.

25 En la figura 19, la resistencia 204 está en serie
con el inducido fijo y el circuito de la figura 19 responde
a la tensión que aparece a través de la resistencia 204 para
desactivar el devanado de inducido durante un corto intervalo
de tiempo cuando la tensión de la resistencia rebasa un valor
30 predeterminado. Para efectuar la comparación, se aplica al

1 terminal 28 una fuente de corriente continua regulada de, por
ejemplo 10 voltios, la cual puede ser una fuente de corriente
continua regulada constituida por un transformador convencio
5 nal con toma central, un rectificador del tipo de puente y un
diodo zener. La señal de inhibición es de, por ejemplo, una
duración de 300 microsegundos después de la cual la puerta
NOR de la figura 6 u otro circuito del tipo de transistor po
drá energizar de nuevo el devanado en cuestión.

En la figura 19, un amplificador operacional 210 am
10 plifica la tensión detectada a través de la resistencia 204 y
suministra esta tensión amplificada a una entrada del amplifi
cador 212. El amplificador 212 está conectado como comparador
y recibe en su otra entrada una tensión de referencia ajusta
da por medio del potenciómetro 214. La salida del amplifica
15 dor 212 se diferencia y se utiliza para activar el amplifica
dor 216. El amplificador 216 está conectado como multivibrador
monoestable y permanece activado durante un tiempo determinado
por la constante de tiempo del potenciómetro 218 y del conden
sador 220. El amplificador monoestable 216 proporciona una se
20 ñal de nivel alto a la línea 206 durante el período de tiempo
de 300 microsegundos indicada a título de ejemplo, para desac
tivar el devanado del motor cuando, por ejemplo, la corriente
instantánea del devanado rebasa 10 amperios.

Los tres amplificadores ilustrados en la figura 19
25 son amplificadores operacionales del tipo de circuito integra
do, por ejemplo del tipo MC3301B. El condensador 222 entre la
salida del amplificador 212 y la entrada del amplificador 216
realiza la función de diferenciación. La salida del amplifica
dor 216 toma un valor elevado para inhibir el devanado, y es
30 te nivel carga el condensador 220 por medio de la resistencia

1 variable 218, y cuando la carga aplicada al condensador 220
es suficientemente elevada, la diferencia entre las dos seña
les de entrada que se aplican al amplificador 216 es suficien
temente reducida para hacer que la tensión de salida del am
5 plificador tome de nuevo su nivel bajo, y el condensador 220
se descarga a través del diodo 224.

El diagrama en bloques de la figura 20 ilustra un
ambiente hermético en el cual el motor de corriente continua
sin escobillas según el presente invento encuentra una aplica
10 ción particularmente útil. Un sistema de refrigeración hermé
ticamente cerrado 226 incluye un compresor convencional (no
ilustrado) accionado por el motor de corriente continua sin
escobillas 228, el cual puede, por ejemplo, ser del tipo ilus
trado en la figura 1. El motor 228 recibe la corriente de ener
15 gización del inducido a partir del circuito de conmutación de
estado sólido 230 y aplica a éste señales de posición, por
ejemplo, a partir de los indicadores de posición ópticos des
critos más arriba. Un circuito de detección de velocidad 232,
así como un control de temperatura, tal como por ejemplo un
20 termostato convencional 234 aplican una señal de entrada a un
circuito de regulación de corriente de campo del tipo de esta
do sólido, 236. El circuito de regulación de corriente de cam
po 236 controla el generador o el alternador 238 accionado por
el motor del vehículo, el cual a su vez suministra energía al
25 motor 228 por medio del circuito de conmutación 230. Contro
lando la corriente de campo aplicada al alternador o al gene
rador 238, la potencia suministrada al motor se controla fácil
mente para controlar a su vez la temperatura resultante produ
cida por el sistema de acondicionamiento de aire. El sistema
30 ilustrado en la figura 20 elimina los dispositivos más conven

1 cionales de compresores accionados por correa que se encuen
tran típicamente en los sistemas de acondicionamiento de aire
de vehículos y proporciona en su lugar un sistema que puede
adaptarse bien para ser energizado a partir del alternador
5 238 o cuando el vehículo está en un aparcamiento a partir de
una toma de corriente alterna de tipo normal. El circuito de
conmutación 230 puede tener la misma configuración general
que el circuito de la figura 6 y, en el caso de funcionamiento
opcional a partir de una toma de corriente alterna normal, o de
10 utilización de un alternador en lugar de un generador de
corriente continua, un puente adecuado u otro circuito rectifi
cador se incorporará en el circuito de la figura 6 o en los
circuitos de conmutador de estado sólido 230, ilustrados en
variante en la figura 1, con el circuito detector de veloci
15 dad correspondiente 232 ilustrado en la figura 22.

En el modo de realización específico que se ilustra
en las figuras 21 y 22, la tensión de salida del alternador
238 accionado por el motor se aplica al terminal 240 mientras
que la corriente continua de 12 voltios de la batería del ve
20 hículo se aplica al terminal 242 y se aplica al terminal 244
la tensión de batería de 12 voltios regulada por un diodo ze
ner. En la figura 21, los detectores de posición 246 funcio
nan de una manera muy parecida a la que ha sido descrita más
arriba conjuntamente con un interruptor de luz montado en el
25 eje, de tal manera que los diodos emisores de luz respectivos
248 y 250 produzcan la conducción de cada uno o de ambos tran
sistores sensibles a la luz 252 y 254. Las indicaciones o se
ñales de conducción o de no conducción se invierten por medio
de unas puertas NOR 256 y 258, las cuales, conjuntamente con
30 las puertas NOR 260 y 262 pueden formar parte de un circuito

1 integrado tipo CD-4001 y pueden funcionar como decodificador
primario para formar las señales A, B, no A y no B como ante
riormente. Estas señales se suministran a las entradas corres
pondientes indicadas en la figura 22 y además se combinan lo
5 gicamente por medio de puertas NOR 264, 266, 268 y 270, de la
manera ya descrita conjuntamente con la figura 6 para suminis
trar las cuatro señales de activación de devanados, de las cua
les se produce solamente una en cada 90 grados de rotación del
eje. Como anteriormente, las cuatro señales secuenciales de
10 energización de devanados se aplican a continuación a cuatro
transistores correspondientes, tales como 272 para su amplifi
cación, antes de suministrarse a cuatro módulos de potencia
de energización de devanados, de los cuales se ilustra sola
mente uno en la figura 21. Cada módulo de potencia está conec
15 tado con uno de los cuatro emisores de transistor ilustrados,
y con el alternador en 240 para suministrar la tensión del al
ternador a su devanado de motor respectivo en el terminal
274. Puede utilizarse un dispositivo convencional de rectifi
cación de la tensión de salida del alternador aunque no se
20 ilustra en la figura 21.

Los transistores 270, 276 y 278 funcionan como am
plificadores para suministrar una corriente de excitación de
base suficiente a un par de transistores de potencia 280 y
282 tipo 2N6258, conectados en paralelo. Como anteriormente,
25 el diodo 284 constituye un circuito de descarga para la ener
gía inductiva presente en un devanado cuando se desconecta
bruscamente este devanado. Durante el funcionamiento, cuando
la tensión de salida de una de las cuatro puertas NOR tales
como 264 toma un nivel elevado, el transistor 272 es activado
30 haciendo que los transistores 276 y 278 pasen a su estado de

1 conducción para suministrar una corriente de excitación de ba
se al par de transistores 280 y 282 montados en paralelo, cu
ya conducción hace que la tensión de corriente continua pre
5 sente en el terminal 242 sea aplicada a un terminal 274 de un
devanado del motor cuyo otro terminal está típicamente conec
tado a masa. Las señales A y B, así como sus complementos se
suministran también como señales de entrada al circuito détec
tor de velocidad de la figura 22 y se combinan lógicamente por
10 medio de cuatro puertas NOR de nuevo en un circuito integrado
tipo CD-4001 de tal manera que exactamente una de estas sali
das de puerta NOR tenga un nivel alto en cualquier instante
dado, y de tal manera que cada una de ellas permanezca con un
nivel alto durante 90 grados de rotación del eje antes de to
15 mar de nuevo un nivel bajo mientras que la siguiente tensión
de salida de puerta NOR toma un nivel alto. Estas salidas de
puerta NOR tienen una forma de onda rectangular y se diferen
cian y se aplican a un transistor 286 para su amplificación y
la secuencia resultante de cortos impulsos de tensión se apli
can como tensiones de entrada a un amplificador de circuito
20 integrado 288. Por ejemplo, durante el intervalo de tiempo en
el cual ambas señales A y B tienen un nivel alto, la puerta
NOR 290, según se ilustra en la figura 8, proporciona un im
pulso de salida de nivel alto y una cresta de tensión que de
cae exponencialmente aparece a través del transistor 292 debi
25 do al cortocircuito inicial y al efecto de bloqueo subsiguien
te de la carga que se acumula en el condensador 294. Este im
pulso se suministra por medio de los diodos 296 y de la resis
tencia 298 a la base del transistor 286, y este transistor
conduce la corriente durante un corto intervalo de tiempo pa
30 ra conectar a masa la línea 300. La conexión periódica a masa

1 de la línea 300 se produce en el comienzo de cada impulso rec-
tangular procedente de la puerta 290, ya que el comienzo de
un impulso proporciona una cresta de signo positivo, mientras
que el final de este impulso proporciona una cresta de signo
5 negativo que no puede ser transmitido a la base del transistor
286 debido a la presencia del diodo 296. Esta co^oexión perió-
dica a masa de la línea 300 dispara el amplificador 288 que es
un amplificador operacional montado como multivibrador monoes-
table cuya salida está constituida por una secuencia de ondas
10 cuadradas de altura y duración uniformes. Este tren de ondas
cuadradas se suministra a un segundo amplificador 302 que fun-
ciona como filtro y suministra a su salida la señal de veloci-
dad que ha de ser aplicada a otro amplificador 304 que es de
nuevo un amplificador operacional, el cual está conectado
15 ahora como comparador. La salida del amplificador 302 se com-
para con la tensión del generador aplicada al terminal 306 y
la salida del amplificador 304 presenta un nivel alto o bajo
según si la señal indicativa de la velocidad es superior o in-
ferior a la tensión aplicada al terminal 306. Si la señal es
20 superior a la tensión de salida del alternador, la salida del
amplificador 304 presenta un nivel alto, activando el par de
transistores 308 montados en circuito Darlington, acoplando
el primer terminal de campo del alternador con la masa, y au-
mentando así la tensión de salida del alternador. El terminal
25 310 de campo del alternador está conectado con una fuente de
tensión constituida por una batería y un diodo 312 está conec-
tado entre los terminales de campo del alternador, y este dio-
do, conjuntamente con la inductancia del campo del alternador,
funciona para filtrar la corriente de campo en forma de impul-
30 sos que resulta de la activación y la desactivación del par

1 de transistores 308. La anchura de un solo impulso de salida
del amplificador monoestable 288 es constante, mientras que
la frecuencia de generación de estos impulsos es directamente
proporcional a la frecuencia de conexión de la línea 300, la
5 cual a su vez indica la velocidad del rotor. Por consiguiente,
cuando la velocidad del rotor aumenta, estos impulsos se apli-
can al filtro 302 durante un intervalo de tiempo dado, y la
señal de salida (promedio del nivel de tensión de entrada) pro-
cedente de este filtro tiene un nivel superior. Este nivel su-
10 perior aplicado a la entrada positiva del amplificador 304 ha-
ce que el amplificador genere una tensión de salida elevada
(suponiendo que la señal de salida del alternador no ha cam-
biado), lo que tiene por efecto el que el par de transistores
308 conduzcan la corriente y aumenten la tensión de salida del
15 alternador. Se aplica igualmente al terminal 314 una tensión
tal como la tensión de la batería del vehículo para obtener
una cierta tensión a partir del alternador cuando el motor es
tá parado. Es posible efectuar un control termostático utili-
zando un simple interruptor 316 como en la figura 21 o técni-
20 cas de control más perfeccionadas, por ejemplo haciendo variar
la tensión de umbral del comparador 304, u otras técnicas del
tipo descrito conjuntamente con la figura 24.

Otro ambiente hermético que se indica a título de
ejemplo, en el cual el motor de corriente continua sin escobi-
25 llas según el invento encuentra una aplicación particularmen-
te útil se ilustra en la figura 23, en la cual un armario de
refrigerador convencional 318 contiene un serpentín de evapo-
ración 320 y un par de contactos 322 controlados termostática-
mente que se cierran para accionar el sistema de refrigeración
30 cuando la temperatura del armario rebasa un valor preajustado.

1 Un compresor 324 bombea el refrigerante en un serpentín de
condensador 326 donde se extrae el calor sobrante, y a conti
nuación el refrigerante es conducido a una válvula de expan
5 sión 328 y al serpentín de evaporación 320. El circuito refri
gerante y el enfriamiento del serpentín de condensador 326
por un ventilador 330 son de tipo convencional; sin embargo,
la originalidad del diagrama en bloques de la figura 23 con
siste en que el sistema está instalado en un conjunto portátil
o móvil y está accionado, por ejemplo, a partir de una batería
10 de vehículo de 12 voltios 332 y tiene un recinto hermético
334 que contiene el compresor 324 y el motor 336 en lugar de
emplear la disposición convencional de compresor accionado
por motor que se encuentra típicamente en los vehículos. El
conmutador electrónico 338 puede ser del tipo ilustrado en las
15 figuras 6 ó 21 y su control termostático puede ser realizado,
como en el caso anterior, o como se ilustra en la figura 24.

En la figura 24, unas puertas NOR, tales como 80 de
la figura 6, están conectadas con cuatro terminales de entra
da sustancialmente idénticos, tales como 340 y 342, mientras
20 que los terminales de salida de la figura 24 están conectados
con las bases de cuatro transistores 82 en la figura 6. La
fuente de corriente continua de 12 voltios que se ilustra a
título de ejemplo está conectada con el terminal 348 y los
contactos de los termostatos 322 funcionan para conectar esta
25 fuente de tensión positiva con el ventilador 330 del serpentín
de condensación y con la base del transistor 350. Mientras el
interruptor 322 está abierto, el transistor 350 se mantiene
en su estado no conductor y los transistores 352 y 354 reciben
su excitación de base por medio de la resistencia 356. La con
30 ducción de los transistores 352 y 354 impide la conducción de

1 los transistores 358 y 360, respectivamente, impidiendo así,
que se apliquen cualesquiera señales de activación de devana
dos a los terminales 344 y 346 (no hay circuito para la corrien
te de base en el transistor 82). Cuando el interruptor 322 es
5 tá cerrado, el transistor 350 pasa a ser conductor y conectá
efectivamente a masa la fuente de corriente de base de los
transistores 352 y 354, obligando estos transistores a tomar
su estado no conductor y haciendo que los transistores adecua
dos 358, 360 u otro transistor situado de manera similar para
10 los demás devanados, pasen a ser conductores al ser energiza
dos por sus terminales respectivos, tales como 340 y 342, per
mitiendo que el circuito de conmutación funcione de la manera
descrita más arriba.

El circuito de la figura 16 ilustra una manera de
15 omitir los dispositivos detectores de posición de rotor de ti
po electro-óptico o electromecánico, y está particularmente
adecuado para la situación en la cual varios devanados de mo
tor están conectados en una conexión de medio-puente. El cir
cuito de la figura 16 tiene la resistencia 130 conectada entre
20 la fuente de tensión de los devanados y los varios devanados.
Por ejemplo, las líneas 930 y 931 podrían estar conectadas
respectivamente con la fuente de tensión y con el punto marcado
+V en la figura 6, de tal manera que la totalidad de la corrien
te suministrada a los devanados circule a través de la resis
25 tencia 130. De manera similar, la resistencia 130 podría estar
conectada por las líneas 930 y 932 en la conexión común de los
devanados con masa, con el objeto de detectar la corriente to
tal que atraviesa los devanados, y la línea 931 podría estar
conectada con la fuente de suministro de energía que se repre
30 senta en la figura 16, con el objeto de detectar el suministro

1 de tensión, omitiendo la conexión entre 931 y 932. En cualquier caso, la totalidad de la corriente de devanado que circula a través de la resistencia 130 desarrolla una tensión a través de ella y esta tensión se aplica a los terminales + y
5 - de un amplificador operacional 136 a través de los elementos resistivos 132 y 134, respectivamente. Como se representa más detalladamente en la figura 6, los devanados de inducido fijo 22a, 22b, 22c y 22d están conectados en una configuración de medio puente con masa, la resistencia 130 puede estar conectada entre el centro del medio-puente y masa. Una resistencia
10 variable de derivación 138 está dispuesta en paralelo con el amplificador operacional 136. A su vez, la salida del amplificador operacional 136 se aplica a través de una resistencia 140 a una entrada de un amplificador operacional 144, mientras
15 que la tensión de alimentación V_1 se aplica a través de una resistencia fija 133 y a través de una resistencia variable 135 al otro terminal del amplificador operacional 144. La resistencia variable 138 y la resistencia 140 se utilizan para graduar la señal de tensión representativa de la corriente que
20 atraviesa los devanados, de acuerdo con la resistencia de los devanados del motor, y por tanto, variará de acuerdo con el modelo del motor. En caso de cambios pequeños en el tamaño del motor, el reglaje necesario puede efectuarse ajustando la resistencia variable 138, mientras que con importantes cambios
25 en el tamaño del motor, puede modificarse el valor de la resistencia 140. Por consiguiente, el amplificador operacional 136 detecta la caída de tensión que se produce a través de la resistencia 130, detectando así la corriente total del motor y suministrando una tensión de salida proporcional a la corriente
30 Y en los devanados del inducido fijo, e igualmente a la pérdida

1 de tensión en el motor, debida a su resistencia de inducido
fijo R. Esta caída de tensión puede caracterizarse como V_{IR}
do la caída IR del motor. El amplificador operacional 144 de
termina la diferencia entre la tensión de alimentación V_1 y
5 la salida del amplificador operacional 144 para proporcionar
una tensión de salida indicativa de la fuerza contraelectro
motriz del motor (V-IR), que indica la velocidad del motor de
corriente continua sin escobillas.

La salida del amplificador operacional 144 se aplica
10 a través de una resistencia fija 145 y de una resistencia va
riable 146 a un dispositivo de circuito de frecuencia u osci
lador controlado por tensión formado esencialmente por un am
plificador operacional 148, un transistor uniyunción 154 y un
transistor 158. La salida del oscilador controlado por tensión
15 se toma del colector del transistor 158 y tiene una frecuencia
proporcional a la tensión de entrada y, por tanto, a la velo
cidad del motor de corriente continua sin escobillas. En par
ticular, el amplificador operacional 148 actúa como fuente de
corriente para cargar el condensador 152 a través de la resis
20 tencia 150. El condensador 150 se carga hasta que se alcance
el nivel de umbral del transistor uniyunción 154 y, en este
momento, el transistor uniyunción 154 pasa a ser conductor en
el sentido directo, con lo cual la tensión almacenada en el
condensador 152 se descarga a través del transistor uniyun
25 ción 154 y de una resistencia 155. Como se representa en la
figura 16, la tensión de umbral del transistor uniyunción 154
se ajusta por medio de los valores de las resistencias 153 y
155, que constituyen de hecho un circuito divisor de tensión
al cual se aplica una tensión de alimentación V_1 . Cuando la
30 descarga se produce a través de la resistencia 155, la tensión

1 que se forma en ésta y que se aplica a través de la resisten
cia 156 de la base del transistor 158 sube hasta que el tran
sistor 158 pasa a ser conductor, reduciendo así la tensión de
salida tomada de su colector, hasta un potencial parecido al
5 potencial de masa. Por tanto, puede verse que la tensión de
salida que se toma a partir del colector del transistor 158
presenta esencialmente la forma de una onda cuadrada, que va
ría a una frecuencia que depende de la corriente de carga del
condensador 152 y, por tanto, de la velocidad del motor de
10 corriente continua sin escobillas.

La salida del oscilador controlado por tensión se
aplica a un dispositivo de posicionamiento que incluye un pri
mer flip-flop 160 cuyas salidas A y \bar{A} son ondas cuadradas com
plementarias como se ilustra en la figura 17. En particular,
15 la señal de entrada con una frecuencia correspondiente a la
velocidad de rotación del rotor se aplica a la entrada del
flip-flop 160 que divide entre dos la frecuencia de la señal
de entrada para proporcionar un tren de impulsos de onda cua
drada. Además, el flip-flop 160 proporciona la señal comple
20 mentaria \bar{A} , que se ilustra igualmente en la figura 17. La sa
lida A del flip-flop 160 se aplica a la entrada de un segundo
flip-flop 162 que divide también entre dos la frecuencia de
la entrada proporcionando una señal de salida B y su comple
mento \bar{B} según se representa en la figura 17. Las señales de
25 onda cuadrada resultantes A, B, \bar{A} y \bar{B} indican la velocidad
de rotación del motor y además simulan la posición angular
del eje del rotor mientras efectúa una revolución completa.
Más particularmente, se consideran que estas señales simulan
la posición del rotor, ya que cuando el rotor empieza a girar,
30 busca su propia posición con respecto a las señales de energi

1 zación aplicadas a los devanados de estator 22a, 22b, 22c y
22d. Aunque estas señales mencionadas más arriba que se obtie
nen a partir de los flip-flop 160 y 162 no identifican con
precisión la posición del rotor en el mismo sentido que las
5 salidas de los detectores descritos con relación a la figura
8, estas tensiones de salida se producen secuencialmente du
rante la rotación y simulan efectivamente la posición del ro
tor una vez que el rotor sea sincronizado con el campo del
estator.

10 Se observará igualmente, comparando las figuras 9 y
17, que en el modo de realización desprovisto de detectores
de la figura 16 y 17, los devanados ya no están energizados
en orden alfabético. El simple procedimiento que consiste en
intercambiar físicamente un par (por ejemplo a y d) de cone
15 xiones de devanado a la salida del transistor 83 corregirá
esta situación y permitirá obtener la secuencia alfabética
correcta de energización. De la misma manera, en el diagrama
de tiempos de la figura 17, se ha supuesto que los flip-flops
160 y 161 son de un tipo en el cual el borde delantero de la
20 tensión de salida A del flip-flop 160 dispara la salida del
flip-flop 162 de modo que su nivel B sea alto o igual a 1.
Si se utiliza un circuito de flip-flop que dispara en el borde
posterior de la forma de onda A, el motor funcionará en la
dirección opuesta a la dirección en la cual estaba funcionan
25 do utilizando el borde delantero para disparar los flip-flops
y no se cambian las demás conexiones. Igualmente, se recorda
rá que la tensión de salida de los flip-flops 160 y 162 pue
de ser sometida a un tratamiento y aplicada a los devanados
de la misma manera que las señales A y B y sus complementos
30 como se ilustra en la figura 6.

1 La operación de arranque de un circuito de conmutación electrónica que se describe aquí se explicará con respecto a las figuras 16 y 17. Inicialmente, los circuitos se activan aplicándoles la tensión de alimentación V_1 . Inicialmente, 5 el rotor del motor de corriente continua sin escobillas está parado. En estas condiciones, la salida del oscilador controlado por tensión se ajusta para generar una salida de una frecuencia que corresponde, por ejemplo, a una velocidad del rotor de aproximadamente 60 rpm, de modo que cuando se energiza 10 secuencialmente cada uno de los devanados de estator 22a, 22b y 22d, por lo menos uno de los devanados del inducido fijo produzca un par positivo que se aplica al rotor, iniciando así su rotación. Al producirse la rotación, el rotor del motor de corriente continua sin escobillas se sincroniza en el campo 15 po del inducido. El oscilador de frecuencia proporcional a la tensión está programado de modo que la tensión de salida inicial no sea nula sino igual a un valor elegido que corresponde, por ejemplo a una velocidad de rotación del rotor de 60 rpm que asegura el auto-arranque del motor. La frecuencia de la 20 salida del oscilador controlado por tensión permanecerá baja hasta que el rotor 10 se haya sincronizado en el campo de los devanados del estator. Con respecto a la figura 16, la frecuencia inicial de la salida del oscilador controlado por tensión se determina ajustando la resistencia variable 149 en un valor 25 tal que el rotor 10 se sincronice en el campo del inducido fijo. A continuación, la velocidad del rotor aumentará hasta obtener su velocidad de funcionamiento nominal. La velocidad de incremento de la frecuencia que depende de la tensión aplicada a la entrada se determina ajustando la resistencia variable 30 ble 135. De este modo se considera que el oscilador controlado

1 por tensión está programado porque inicialmente se ajusta la
tensión de salida en una frecuencia que asegura la sincroniza
ción del rotor en el campo del inducido y a continuación se ha
ce que la velocidad del motor suba a una velocidad predetermi
5 nada.

No solamente se han eliminado los detectores de posi
ción en el modo de realización ilustrado en las figuras 16 y
17, sino que además, ya que este modo de realización funciona
básicamente con una onda cuadrada que no se ilustra en la fi
10 gura 17, pero que tiene claramente una frecuencia de repetición
doble de la de la forma de onda A, por ejemplo, la energiza
ción con ondas cuadradas de un motor de corriente continua sin
escobillas o sin colector, puede tomar otras formas. La señal
de salida de onda cuadrada procedente del transistor 158 de
15 la figura 16 tiene una frecuencia proporcional a la velocidad
del rotor y en este modo de realización particular que corres
ponde a una máquina bipolar esta frecuencia es el doble de la
velocidad del rotor. El control digital o por ordenador de un
motor de corriente continua es ahora realizable y la forma de
20 onda utilizada de acuerdo con los principios mencionados en
la descripción del modo de realización de las figuras 16 y 17
pueden tomar otras formas.

La figura 18 ilustra una variación original y útil
en la cual, durante el arranque del motor, se utiliza una se
25 ñal proporcional a la velocidad del motor mientras que duran
te el funcionamiento normal del motor se utiliza una señal
proporcional a la carga del motor.

En la figura 18, se obtienen señales que estimulan
las señales normalmente obtenidas anteriormente a partir de
30 los detectores de posición del eje, a partir de un flip-flop

1 de salida doble disparado por un circuito de frecuencia o un
oscilador controlado por tensión. El control por tensión del
oscilador se obtiene a partir de una señal que, durante el
arranque, es proporcional a la velocidad del motor y que, duran
5 te el funcionamiento, es proporcional a la carga del motor.
Las salidas del flip-flop se aplican por medio de inversores
y también directamente a unos circuitos de acondicionamiento
de señales, tales como el circuito 80 de la figura 6. Se ajus
ta la velocidad del motor de acuerdo con la carga basándose
10 en la necesidad de que la corriente que circula en cualquier
devanado dado del motor tenga una forma esencialmente cuadrada
que produce un mayor rendimiento de funcionamiento del motor.
Por tanto, las mitades delantera y posterior de la forma de
onda se muestrean individualmente, se integran y se comparan.
15 Si difieren, la una de la otra, la tensión aplicada al osci
lador controlado por tensión varía en función de la compara
ción entre la mitad delantera y la mitad posterior de la for
ma de onda, y se aumenta o disminuye correspondientemente la
velocidad del motor.

20 En la figura 18, un amplificador 164 detecta la caí
da de tensión a través de la resistencia 166 la cual, como la
resistencia 130 de la figura 16, deja pasar la corriente to
tal del motor. En la práctica, estas resistencias 166 y 130
tienen un valor extremadamente reducido y pueden, por ejemplo,
25 ser del orden de algunas centésimas partes de ohmio. La señal
de caída de tensión a través de la resistencia 166 se ajusta
por medio de las resistencias 546, 548 y 564 de acuerdo con
la resistencia del devanado del motor y, por tanto, los valo
res de resistencia de las resistencias de roglaje variarán de
30 acuerdo con el modelo del motor. De éste modo, la salida del

1 amplificador 164 es proporcional a la corriente que atraviesa
 el motor e igualmente proporcional a la pérdida de tensión
 en el motor debida a su resistencia de devanado. Esta salida
 del amplificador representa pues la pérdida IR del motor. Un
5 amplificador operacional similar 166 recibe la señal represen
 tativa de la caída de tensión del motor IR en una entrada y
 la tensión aplicada en la otra entrada. Por tanto, como en el
 caso anterior, la salida del amplificador 166 es proporcional
 al término $V-IR$ y esta salida indica la velocidad del motor
10 de corriente continua de imanes permanentes. Esta señal indi
 cativa de la velocidad constituye una entrada del amplificador
 168 mientras está cerrado el interruptor 170. El interruptor
 170 está cerrado durante el arranque y aproximadamente hasta
 que se obtengan las dos terceras partes de la velocidad del mo
15 tor con carga máxima, y en este momento el interruptor 170 se
 abre y la señal de velocidad deja de tener efectos sobre el
 funcionamiento del sistema.

 El interruptor 172 está conectado mecánicamente de
 modo que se cierre cuando se cierra el interruptor 170 y se
20 abra cuando se abre el interruptor 170. Cuando estos dos in
 terruptores están cerrados, el amplificador 168 funciona como
 amplificador operacional con una tensión de salida proporcio
 nal a la velocidad. Cuando estos dos interruptores están
 abiertos, el amplificador 168 funciona como integrador dife
25 rencial con una tensión de salida proporcional a la carga que
 existe en este momento particular. La salida del amplificador
 168 se aplica a un oscilador controlado por tensión que inclu
 ye los amplificadores 174 y 176 conjuntamente con los circui
 tos de realimentación incluyendo el transistor 178, el conden
30 sador 180 y sus resistencias correspondientes. La salida del

1 oscilador controlado por tensión procedente del amplificador
176 es una onda cuadrada con una frecuencia proporcional a la
tensión suministrada a la salida del amplificador 168. La sali
da del oscilador controlado por tensión se aplica a un dispo
5 sitivo de posicionamiento que incluye un circuito flip-flop
182 que es un circuito del tipo CD 4013 AE y proporciona unas
ondas cuadradas de salida A y B, siendo estas formas de onda
sustancialmente idénticas a las formas de onda A y B ilustra
das en la figura 17. Un par de puertas NOR o inversores senc
10 llos pueden utilizarse para obtener las formas de onda no A y
no B y estas cuatro formas de onda se suministran como ante
riormente a las líneas A, B, no A y no B de la figura 6. La
frecuencia de la forma de onda A es la mitad de la del oscila
dor controlado por tensión, mientras que la forma de onda B
15 tiene una frecuencia igual a la cuarta parte de la frecuencia
del oscilador controlado por tensión.

La salida del oscilador controlado por tensión se
suministra también por medio de la línea 184 a un circuito ló
gico 186, por ejemplo, un circuito CD 4001 AE que incluye tres
20 puertas NOR 188, 190 y 192.

Los interruptores 170 y 172 son puertas lógicas que
se mantienen cerradas mientras la salida del amplificador 198
presenta un nivel bajo que indica una velocidad relativamente
lenta del motor, y que se abren cuando la salida procedente
25 del amplificador 198 sube para indicar, por ejemplo, que el
motor ha alcanzado las dos terceras partes de su velocidad de
funcionamiento. La salida del amplificador 198 se suministra
también al circuito lógico 186 el cual, en razón de la presen
cia de la puerta inversora NOR 188 cierra alternativamente
30 los interruptores 194 y 196 por medio de las señales de con

1 trol aplicadas a las líneas 200 y 202, para efectuar alternati
vamente el muestreo de las mitades frontal y posterior de la
señal de forma de onda de corriente que se aplica a la salida
del amplificador 164. Las señales de la mitad frontal y de la
5 mitad posterior se suministran bajo la forma de tensiones de
entrada negativa y positiva, respectivamente, al amplificador
168 el cual, como se ha indicado más arriba, funciona como in
tegrador diferencial con importante constante de tiempo, y la
salida del amplificador 168 disminuye cuando el borde poste
10 rior (interruptor 194 cerrado) es superior al borde delantero
de la forma de onda mientras que estando cerrado el interrup
tor 196, si el borde delantero de la forma de onda es superior
al borde posterior, la salida del amplificador 168 disminuirá.
De manera similar, si la onda de salida del amplificador 164
15 presenta aproximativamente la forma de onda cuadrada deseada,
la salida del amplificador 168 permanecerá constante. Exami
nando los circuitos descritos en las figuras 16 y 18, se ve
claramente que pueden realizarse otras variaciones de acuerdo
con la aplicación deseada. Por ejemplo, el circuito de la fi
20 gura 18 está diseñado para un ángulo de avance fijo de conmu
tación de los devanados del motor, siendo este ángulo aproxi
madamente de 15 grados eléctricos en el modo de realización
ilustrado. Sin embargo, con una carga muy reducida o con una
carga muy elevada, puede ser conveniente cambiar el ángulo de
25 avance para obtener el mayor rendimiento. Esto puede efectuar
se aplicando una señal de polarización a cualquiera de las dos
entradas del amplificador 168.

Además, se cree que el circuito descrito puede ser
utilizado para motores de fases múltiples solamente modifican
30 do el circuito lógico que genera las formas de onda A, B, \bar{A}

1 etc. Por ejemplo, un motor de seis fases necesitará la genera
ción de seis formas de onda para la conmutación secuencial de
los seis devanados asociados con las seis fases, aplicándose
cada una de estas formas de onda a un circuito de acondiciona
5 miento de señales, tal como el circuito 80a de la figura 6,
el cual, a su vez, da lugar a la desenergización del devanado
de la misma manera que la que se ilustra en la figura 6. Si
se hubiese utilizado el circuito en motores multifásicos, se
cree que hubiese sido más conveniente no superponer los tiem
10 pos de "energización" entre devanados, en particular en motores
con cuatro o más fases, con el objeto de detectar adecuadamen
te la corriente del motor obtenida y relacionar la corriente
con la energización de los devanados.

Por otra parte, si se desea obtener un motor rever
15 sible, se utilizarán dos conjuntos de circuito lógicos para
generar la secuencia de conmutación necesaria en las diferentes
direcciones de rotación conectándose o desconectándose alter
nativamente los conjuntos con la salida del oscilador controla
do por tensión, según la dirección de rotación deseada.

20 En los motores de corriente continua sin escobillas
puede ser conveniente determinar la posición inicial del rotor
con respecto a los devanados del inducido fijo. La figura 40
ilustra un método para determinar esta posición inicial del
rotor. En la figura 40, se ilustra en sección transversal, el
25 rotor de imanes permanentes 10 de la figura 1 dotado de un po
lo norte de imán permanente 13 y de un polo sur de imán perma
nente 14. Un impulso de tensión se aplica a un devanado de in
ducido 1205 cerrando brevemente el interruptor 1207 para conec
tar la batería 1209 u otra fuente de tensión con él. Estando
30 el rotor en la posición ilustrada y suponiendo que el devanado

1 1205 crea un polo norte en su proximidad, el rotor se desplaza
rá a una corta distancia en la dirección antihoraria cambiando
el flujo en el devanado 1211 debido a que el polo norte creado
por el imán 13 se desplaza en su proximidad e induce en este
5 devanado 1211 una tensión que puede ser detectada, por ejemplo
por el galvanómetro 1213. Cualquier par de devanado de motor
podría ser elegido para la aplicación de impulsos de comproba
ción y la detección de la tensión inducida, y la polaridad de
esta tensión inducida dará una indicación de la posición del
10 rotor. En ciertos casos, los resultados del método de impulso
de comprobación pueden ser ambiguos; por ejemplo, si el imán
adecuado del rotor está situado directamente debajo del devana
do de impulso de comprobación, no se producirá ningún movimien
to del rotor. La selección adecuada de un devanado diferente
15 y la aplicación de un segundo impulso de prueba resolverá es
tas ambigüedades.

En la descripción que antecede relacionada con la
figura 6, las señales de posición del rotor se obtienen por me
dio de detectores de posición 43, 44 y se aplican al circuito
20 de acondicionamiento de señales 701 que está previsto para
producir cuatro señales de control de posición A, \bar{A} , B y \bar{B} ,
que se utilizan para controlar la conmutación de la corriente
en los devanados del inducido fijo. Estos detectores de posi
ción 43, 44 pueden ser eliminados aprovechando las enseñanzas
25 del presente invento, y una forma de realización se ilustra en
la figura 41. Se obtienen señales sustitutivas de las señales
de los detectores bajo la forma de las tensiones de salida de
las puertas NAND 1043 y 1045, y los dos devanados del motor,
dispuestos perpendicularmente, aplican señales de tensión de
30 entrada a los terminales 1047 y 1049. Un registro de desplaza

1 miento 1051 que está conectado como contador de anillo de 4
bitios identifica cual de los cuatro devanados a, b, c ó d es
el devanado actualmente energizado y la tensión inducida en un
devanado no actualmente energizado se muestrea activando uno
5 de los dos interruptores 1053 y 1055. Frecuentemente, el deva
nado que se muestrea es el devanado que ha de ser energizado
a continuación en la secuencia. La muestra de tensión induci
da se integra con un integrador 1057 y se compara con una ten
sión de referencia 1059 en el comparador 1061. Cuando la ten
10 sión integrada rebasa la tensión de referencia, la salida del
comparador toma un nivel alto y un circuito diferenciador 1063
desplaza el registro de desplazamiento 1051 a su indicación si
guiente. Cualquier cambio en la posición de los bitios de ni
vel alto del registro de desplazamiento 1051 se detecta por
15 medio de las puertas NAND 1065 y 1067, las cuales, por medio
de los inversores 1069 y 1071 y de otra puerta NAND 1073 dis
para el temporizador monoestable 1075 para restablecer el in
tegrador 1057 en su estado inicial para efectuar el siguiente
ciclo de integración.

20 Se establece igualmente un intervalo inicial por me
dio del temporizador monoestable 1075 y este intervalo es no
solamente suficientemente largo para efectuar la reposición
del integrador 1057 sino también para eliminar del cálculo los
fenómenos de conmutación transitorios y asegurar que la ten
25 sión inducida debida a la reducción del campo magnético de un
devanado que se desactiva no estará incluida en el cálculo. Se
utilizan solamente dos terminales de detección de tensión 1047
y 1049, y se detecta la tensión que aparece entre solamente
dos de los cuatro devanados como se ilustra en la figura 6. Pa
30 ra asegurar que se detecta cada vez el mismo sentido o la mis

1 ma polaridad de tensión de avanado, se ha previsto un inver
sor 1077 conjuntamente con los interruptores 1079 y 1081 ac
5 tivados alternativamente. Estos últimos interruptores se acti
van alternativamente por medio de la salida de la puerta MAND
1043 y del inversor 1083. Se observará que un cambio de la ve
locidad del rotor cambia el tiempo de integración pero no tie
ne ningún efecto sobre el resultado general y, por tanto, la
tensión de salida del integrador es representativa de la posi
ción del rotor o del cambio de flujo total en lugar de la ve
10 locidad del rotor o de la velocidad de cambio del flujo.

En la figura 42 se ilustran las formas de onda aso
ciadas con el circuito de la figura 41, siendo el corto impul
so de estado inicial (IC) 1085 la señal de estado inicial que
se aplica al integrador por medio del inversor 1087. La salida
15 del integrador 1057 se ilustra para la "posición de escobillas"
adecuada o preferida en la segunda forma de onda, mientras que
una conmutación tardía y una comunicación prematura conducen
respectivamente a las tercera y cuarta formas de onda del in
tegrador que se ilustran. Observando la forma de onda "tardía"
20 se ve que la salida del integrador obtiene su tensión de refe
rencia más pronto que en la situación óptima y en este caso,
naturalmente, el registro de desplazamiento 1051 progresa an
tes, compensando así esta situación "tardía". Se aplica la en
trada de polarización 1089 al integrador 1057 para producir
25 la secuencia de conmutación cuando ninguna fuerza electromo
triz de contador está presente en el terminal 1047 ó 1049, es
decir cuando el motor está parado. Esta polarización 1089 sir
ve para que el circuito actúe como si el motor estuviese fun
cionando a velocidad lenta en la dirección deseada y ayuda ma
30 terialmente a producir el arranque del motor. Se observará

1 igualmente que en lugar de crear las señales A y B utilizadas
en los motores sin escobillas del tipo de detectores, sería
posible emplear las salidas del registro de desplazamiento
1051 directamente para activar los circuitos de energización
5 de devanados, tales como el par de transistores 82, 83 monta-
dos en circuito Darlington y el transistor de entrada 81 de
cada devanado, según se ilustra en la figura 6.

Mientras que las formas de onda de la figura 42 repre-
sentaban la integral de la tensión a través de un devanado no
10 energizado en ese momento, sino por ejemplo en el devanado
que se energizará inmediatamente después de la secuencia, las
formas de onda de la figura 43 representan la circulación de
la corriente a través de un devanado energizado y la forma de
onda superior de esta figura ilustra una situación de carga
15 importante o de conmutación temprana, mientras que la forma
de onda de la parte inferior ilustra una situación de carga
reducida o de conmutación tardía, correspondiendo la forma de
onda intermedia a la "posición de escobillas" óptima o forma
de onda con conmutación en el tiempo óptimo. La forma de onda
20 del tiempo de conmutación adecuado corresponde al posiciona-
miento relativo de una bobina 1091 tomada a título de ejemplo,
y de la configuración de flujo del rotor 1093 relativamente
uniforme mientras dura, según se ilustra en la figura 44. Si
la bobina de la figura 44 hubiese estado situada a la derecha
25 de la posición representada en la figura 44, situación de ener-
gización con carga elevada del rotor o de energización tempra-
na de la bobina 1091, se hubiese formado una cresta de corrien-
te en el flanco delantero del intervalo de conducción, como
se ilustra en la forma de onda superior de la figura 43,
30 correspondiendo a la salida del integrador que se ilustra en

1 la forma de onda inferior de la figura 42.

Como se ha indicado anteriormente, el contador de anillo, el cual, mientras se efectúa el recuento de las señales de entrada, tiene un estado especificado "1" que se des-
5 plaza en una secuencia ordenada alrededor de un circuito cerrado, puede utilizarse directamente para energizar el circuito de activación de devanados, y esto se efectúa en el circuito de la figura 45 la cual ilustra un motor de cuatro fases o cuatro devanados, en el cual los devanados se energizan en la
10 secuencia cuatro, tres, dos, uno, cuatro, tres, etc. El contador de anillo 1095 aplica directamente a estos devanados unas señales de activación identificadas por (1), (2), (3) y (4), y estas señales se aplican igualmente a los interruptores 1097,
15 1099, 1101 y 1103 en la secuencia (2), (3), (4), (1), de modo que la siguiente tensión de devanado que se activará es detectada por el interruptor adecuadamente activado. Por ejemplo, el interruptor 1101 acopla el devanado número 3 con el amplificador 1105 cuando la cuarta etapa del contador de anillo
20 1095 está suministrando la señal de salida (4). Estas tensiones de devanado detectadas se amplifican por medio del amplificador 1105 y atraviesan un rectificador de media onda 1107 que está incluido para impedir la saturación del integrador durante los posibles valores negativos de gran amplitud de la
25 integral. Estas señales de media onda rectificadas atraviesan a continuación el integrador 1109, el amplificador 1111 y se comparan en el comparador 1113 con una referencia 1115 y, cuando la integral rebasa el valor de referencia, el temporizador monoestable 1117 funciona, a través del inversor 1119 para efectuar la reposición del integrador y, por medio del circuito
30 diferenciador 1121, para hacer progresar el contador de

1 anillo 1095.

El diagrama esquemático de las figuras 25a y 25b y las formas de onda asociadas que se representan en la figura 6 ilustran otro procedimiento para realizar un motor de corriente continua con conmutación electrónica que no utiliza detectores de posición de rotor, sino detecta la fuerza contraelectromotriz de un devanado no energizado. Inversamente, este devanado puede ser el devanado que será activado a continuación en la secuencia de energización de los devanados. Con este procedimiento, la fuerza electromotriz de cada devanado se integra desde el punto de cruce por el valor cero hasta que se haya acumulado un número predeterminado de voltio-segundos. El circuito de integración ignora los valores negativos de la fuerza electromotriz y asegura un control exacto del ángulo de avance de conmutación independientemente de la velocidad del rotor. Se ha previsto un dispositivo de arranque auxiliar para asegurar la rotación inicial del motor. Como se indicará más adelante, se han previsto otros dispositivos de control incluyendo circuitos de protección para inhibir la rotación del motor en caso de tensión insuficiente, de tensión excesiva, de velocidad insuficiente y/o de inversión de polaridad de la tensión.

Este circuito puede utilizarse conjuntamente con un motor bipolar de dos fases o dos etapas, dotado de devanados bifilares en cada fase, estando dicho motor desprovisto de detectores de posición pero, por lo demás, siendo muy similar al motor ilustrado en la figura 1. Además, y lo que es importante, este tipo de disposición puede ser utilizado con un motor de tres fases, cuatro fases (e incluso más). La corriente procedente de una batería o de otra fuente de corriente

1 continúa se aplica desde el terminal +V a los devanados indi
viduales del motor por medio de transistores tales como 332
y 364 que están conectados de acuerdo con un sistema Darling
ton modificado, utilizándose uno de dichos pares por cada ter
5 minal del motor. Es posible evitar algunos problemas de con
exión a masa en el circuito lógico, por ejemplo, en un sistema
de refrigeración accionado por la batería del vehículo si el
terminal +V está conectado con el terminal positivo de la ba
tería y secuencialmente con cada terminal positivo de los de
10 vanados del motor, estando todos los terminales negativos de
los devanados del motor conectados conjuntamente y con el la
do negativo de la fuente de alimentación. Unos diodos de reali
mentación, tales como 366, como en el caso anterior, constitu
yen un trayecto de circulación de corriente en un devanado
15 para la energía almacenada en otro devanado en el momento en
que se desconecta la corriente aplicada a ese otro devanado.
Como anteriormente, el condensador 368 sirve para disipar es
ta energía, por ejemplo cuando se abre accidentalmente la fuen
te o cuando la fuente es distinta de una batería. Cada devana
20 do y cada par de transistores se activan durante la cuarta par
te del tiempo y un dispositivo de protección tal como el diodo
370 puede incluirse para asegurar una protección contra la in
versión accidental de la polaridad de las conexiones. En la
disposición ilustrada, se impide que se produzcan desperfectos
25 en el circuito de conmutación y en el motor, ya que la circula
ción de la corriente en el diodo 370, debida a una situación
de polaridad inversa producirá la fusión del fusible 372. La
tensión positiva V de la fuente de corriente continua, además
de ser conectada secuencialmente con los devanados del motor,
30 se aplica al terminal 376 como fuente de energía para el tran

1 sistor de excitación de salida tal como 376, y al terminal
378 donde está sometida a la acción de la red de filtro de
diodo zener para obtener en el terminal 380 una tensión regu
lada V_r de, por ejemplo, 8,2 voltios destinada a ser utiliza
5 da como fuente de tensión para los conjuntos lógicos y los am
plificadores operacionales.

El circuito lógico funciona generalmente para exci
tar secuencialmente los transistores de potencia, tales como
362 y 364 y para iniciar la señal de excitación cuando los
10 imanes permanentes montados en el rotor del motor están situa
dos en la posición óptima respecto al devanado que ha de ser
energizado. Este emplazamiento óptimo o ángulo de avance
deseado (véase figura 3 y descripción correspondiente) se ob
tiene a partir de la tensión de la fuerza contraelectromotriz
15 del devanado siguiente a la secuencia de excitación.

Durante el funcionamiento, el circuito de detección
814 que se representa en líneas de puntos en la figura 25a y
que está conectado selectivamente con cada uno de los devanados
detecta la tensión de la fuerza electromotriz de un devanado
20 particular, y en este modo de realización se trata del devana
do que será energizado a continuación. El circuito de detec
ción transmite a continuación la tensión de fuerza electromo
triz detectada del devanado particular a un circuito de deter
minación de posición 816 donde se acondiciona la tensión de
25 fuerza electromotriz y se utiliza para producir una señal de
salida de posición relativa simulada que simula o indica la
posición relativa del rotor y del inducido del motor. En este
modo de realización particular esta señal de salida de posición
relativa simulada tiene la forma de impulsos cuya frecuencia
30 indica la posición relativa del rotor y del inducido. Con el

1 objeto de elegir el devanado que será energizado a continua
ción, de acuerdo con la señal de salida de posición relativa
simulada, un dispositivo de circuito 818 trata la señal de
posición simulada entrante a través de una disposición de po
5 sicionamiento o de secuencia para producir una señal de sal
da destinada a dar lugar a la energización del devanado parti
cular. La señal de salida de posición relativa simulada y la
señal de salida del dispositivo de circuito hacen igualmente
que el circuito de detección seleccione otro devanado que es
10 el que será energizado a continuación en la secuencia, con el
objeto de detectar la tensión de la fuerza electromotriz. La
tensión de la fuerza electromotriz de ese otro devanado se
acondiciona y se trata igualmente por medio del circuito de
determinación de posición con el objeto de obtener el emplaza
15 miento óptimo o el ángulo de avance deseado para la energiza
ción del otro devanado, después de lo cual se produce otra se
ñal de salida de posición relativa simulada aplicándola al
dispositivo de circuito. De nuevo el dispositivo de circuito
cambia de posición, dando lugar a la desenergización del deva
20 nado previamente energizado, dando lugar a la energización
del otro devanado y haciendo que el circuito de detección efec
túe la conmutación a otro devanado más. Este proceso continúa
durante el funcionamiento del motor, detectándose selectiva
mente la tensión de fuerza electromotriz de cada devanado,
25 utilizándola para energizar selectivamente cada uno de los de
vanados.

De manera algo más detallada, el circuito de deter
minación de posición de la figura 25a incluye un amplificador
operacional 382 que funciona para integrar esta tensión de
30 fuerza contraelectromotriz y, cuando esta tensión integrada

1 alcanza un nivel de referencia o un número predeterminado de
voltio-segundos, se produce una señal de salida de posición
relativa simulada haciendo que los elementos lógicos siguien
tes del dispositivo de circuito cambien de estado y produzcan
5 la energización secuencial del siguiente devanado. Durante el
proceso, la señal de excitación que se aplica al transistor
"energizado" a partir de los transistores de excitación, tales
como 376, se suprime y se dirige de nuevo al siguiente par
Darlington de transistores de salida que han de ser energiza
dos. Para detectar la tensión de la fuerza electromotriz de
10 los devanados y, por tanto, controlar su secuencia de energ
ización, los terminales del motor 384, 386, 388 y 390 situados
en la extrema derecha de la figura 25b se conectan con los
terminales que llevan los mismos números de referencia, que
15 están situados en la parte izquierda de la figura 25a, para
efectuar secuencialmente el muestreo de la tensión de fuerza
electromotriz de los devanados por medio de los conmutadores
392, 394, 396 y 398 del circuito de detección. Estos conmuta
dores se activan secuencialmente por medio de unas puertas
20 NOR tales como 400 que reciben en su entrada la señal de posi
ción relativa simulada y las señales de salida del dispositi
vo de circuito, y que están interconectadas con los conmutado
res por medio de los terminales 402, 404, 406 y 408. Sin em
bargo, se impide la energización de los devanados, lo que im
25 pide un funcionamiento ulterior del motor si la tensión de
alimentación del motor está fuera de una gama de tensiones
predeterminada, o si la velocidad del motor es inferior a una
velocidad baja mínima predeterminada. El circuito de protec
ción contra tensión insuficiente 820 y el circuito de protec
30 ción contra tensión excesiva 822 que incluyen los amplificado

1 res operacionales 410 y 412, respectivamente, aseguran que la
tensión de alimentación no disminuirá por debajo de un valor
mínimo predeterminado, ni rebasará un valor máximo predetermi-
nado. Un circuito de protección contra velocidad insuficiente
5 824 construido alrededor del amplificador operacional 414 y
de las puertas lógicas inversoras 416, 418 y 420 asegura que
el motor está funcionando por encima de una velocidad mínima
predeterminada. Estos circuitos, en caso de fallo, es decir,
en caso de trasgresión de los límites predeterminados mencio-
10 nados más arriba, hace que el transistor 422 deje de conducir
la corriente, impidiendo así la circulación de una corriente
de activación en los transistores excitadores de salida, tales
como 376 y, por tanto, impidiendo que la corriente de energí-
zación de devanados atraviese los transistores de salida ta-
15 les como 362 y 364.

Con el objeto de producir la señal de salida indica-
tiva de la posición relativa del rotor y del inducido cuando
el amplificador operacional 382 ha integrado la tensión de
fuerza electromotriz hasta un nivel de referencia predetermina-
20 do, el circuito de determinación de posición está provisto de
las puertas inversoras 442 y 444 que están conectadas conjun-
tamente con realimentación para formar un circuito disparador
de Schmitt y que están interconectadas con unas puertas NAND
446 y 448, las cuales a su vez están conectadas conjuntamente
25 para formar un multivibrador monoestable. La salida del multi-
vibrador monoestable atraviesa una puerta inversora NAND 450
y se aplica a un par de flip-flops 452 y 454 para obtener las
señales Q1 y Q2 conjuntamente con sus complementos que se com-
binarán lógicamente por medio de un primer decodificador in-
30 cluyendo cuatro puertas NAND, tales como 456 y un segundo de

1 codificador incluyendo cuatro puertas NOR tales como 400. Las
puertas NAND pueden ser del tipo CD 4011 mientras que las puer
tas NOR pueden ser del tipo CD 4001. Los inversores concatena
dos 416 y 418 que forman el circuito disparador de Schmitt
5 pueden, igualmente, ser del tipo CD 4001, mientras que los in
versores tales como 458 pueden ser del tipo CD 4049.

Las formas de onda de la figura 26 ilustran el esta
do constante o modo de funcionamiento del circuito de las figu
ras 25a y 25b, con unos números de referencia correspondientes
10 situados a la derecha de la forma de onda para identificar la
línea del diagrama esquemático donde se produce la forma de
onda. Las fuerzas contraelectromotrices algo idealizadas de
los devanados del motor se representan en la parte superior
de la figura 26, y el objeto del circuito consiste en efectuar
15 la conmutación, con un grado de avance predeterminado, es de
cir de efectuar la conmutación de un devanado al siguiente
cuando el imán del rotor está dentro de una extensión de 10 a
15 grados eléctricos de acoplamiento completo con el devanado
que ha de ser energizado. Este se representa en el tiempo o
20 punto A en la figura 26. Este punto de disparo se determina
integrando la fuerza contraelectromotriz en el amplificador
382 empezando en el punto B que es el punto de fuerza contra
electromotriz cero o punto de cruce por el valor cero. Se in
tegra la tensión durante un período de tiempo determinado y
25 se obtiene una medición del cambio del flujo en lugar de una
función de la velocidad del motor. Cuando esta integración ha
terminado y se ha conseguido el punto de disparo A, se activa
la salida 428 del circuito disparador de Schmitt. Este inter
valo de integración entre los puntos B y A está precedido por
30 un período de reposición de 2 milisegundos en este modo de

1 realización, durante el cual el condensador 460 se carga de
nuevo a la tensión de referencia de, por ejemplo, 6,8 voltios
según se determina por medio del diodo zener 462. La integrá
ción está igualmente precedida por otro período de una durac
5 ción determinada por la velocidad del motor y durante el inter
valo de tiempo en el cual la fuerza contraelectromotriz es ne
gativa. El diodo zener sirve para impedir la integración de
la tensión de fuerza electromotriz negativa de modo que el in
tervalo de integración empiece en el punto de cruce por cero
10 de la tensión de fuerza electromotriz o punto B, según se
ilustra en la figura 26. El punto de disparo del circuito dis
parador de Schmitt puede ser ajustado por medio del potenció
metro 464.

La integración a partir del punto B o punto de cru
15 ce por cero facilita el arranque inicial del motor y asegura
un control preciso del ángulo de avance de conmutación inde
pendientemente de la velocidad de rotación del rotor. El arran
que inicial es facilitado porque la dirección inversa del mo
tor da lugar a una tensión de fuerza electromotriz de polari
20 dad positiva relativamente importante; por tanto, la integra
ción se termina rápidamente dando lugar a una conmutación rá
pida al siguiente devanado en la secuencia deseada. Esta con
mutación en la secuencia deseada hace que los devanados pro
duzcan un campo magnético giratorio en la dirección deseada
25 para la rotación prevista. Esta integración y esta conmutación
rápidas continúan hasta que el motor gire en la dirección ade
cuada y hasta que su conmutación se efectúe en el momento ade
cuado. Además, debido a que se ignoran las tensiones de fuerza
electromotriz negativas, la integración no empieza simultá
30 neamente con la conmutación del circuito de detección. Por

1 tanto, si se necesita un retardo fijo para la supresión de los
fenómenos transitorios debidos a ruidos y conmutación y/o la
reposición del circuito de integración, este retardo se produ
cirá cuando la fuerza electromotriz es negativa y, por tanto,
5 no dará lugar a una variación del ángulo de avance con la ve
locidad del motor.

La salida del circuito disparador de Schmitt activa
el multivibrador monoestable que proporciona un cambio de sa
lida durante un intervalo de 2 milisegundos según se determi
10 na por medio del valor específico del condensador 466. El
cambio de la tensión de salida activa un dispositivo previsto
para efectuar la reposición del integrador de la tensión de
fuerza electromotriz. En la disposición ilustrada, el disposi
tivo de reposición está constituido por la puerta NAND 468 y
15 los conmutadores 470 y 472, respondiendo la puerta NAND 468 a
la salida del multivibrador para energizar los conmutadores
470 y 472 con el fin de efectuar la reposición del amplifica
dor operacional 382. La salida del multivibrador monoestable
se invierte igualmente en la puerta NAND 450 para producir la
20 señal de salida de posición relativa simulada, la cual se apli
ca a continuación a los flip-flop 452 y 454 para producir se
ñales adecuadas para la energización secuencial de los tran
sistores de potencia Darlington. La puerta NAND 468 facilita,
igualmente el arranque del motor, ya que cuando el motor y el
25 circuito se energizan inicialmente, el condensador 450 está
descargado y el multivibrador monoestable tiene una salida de
nivel alto en la línea 430 y permanece normalmente con esta
salida de nivel alto hasta que el condensador 450 se haya car
gado y se haya terminado un ciclo de integración. Sin embargo,
30 el disparador de Schmitt tiene su salida inicialmente con un

1 nivel bajo y esta salida permanece así durante un tiempo sufi-
ciente para que una tensión de salida de nivel alto procedente
de la puerta NAND 468 energice los conmutadores 470 y 472 pa-
ra efectuar la reposición o la carga del condensador 460.

5 Después de efectuar la reposición o la carga del con-
densador 460, el circuito de determinación de posición está
preparado para recibir las señales de tensión de fuerza elec-
tromotriz procedentes del circuito de detección. Para selec-
cionar secuencialmente los devanados que han de ser sometidos
10 a detección, se han previsto unas puertas NOR tales como 400
para accionar los conmutadores electrónicos tales como 392,
con el objeto de conectar secuencialmente las tensiones de
fuerza contraelectromotriz procedentes de los devanados con
el amplificador operacional 482. Sin embargo, como se ha men-
15 cionado anteriormente, esta conexión secuencial se retarda
durante un intervalo de 2 milisegundos, como se ilustra en
las formas de onda identificadas por 402, 404, 406 y 408, de
modo que el condensador 460 pueda recargarse.

20 En el momento del arranque del motor, la tensión de
fuerza contraelectromotriz detectada por el circuito de detec-
ción puede ser nula y, por tanto, la integración tensión-tiem-
po en el amplificador operacional del circuito de determina-
ción de posición puede no efectuarse, salvo si existe un dis-
positivo para facilitar el arranque y que genera una señal ca-
25 racterística que está asociada con un valor de la fuerza elec-
tromotriz del motor a una velocidad lenta del mismo, cuya am-
plitud es sustancialmente inferior a la amplitud de la tensión
de la fuerza electromotriz producida por el motor a su veloci-
dad de funcionamiento máxima. En la disposición ilustrada, el
30 dispositivo auxiliar de arranque incluye una tensión de polari-

1 zación que se produce a través de la resistencia 474 y que es
2 timula una señal de fuerza contraelectromotriz de velocidad
3 lenta y asegura el funcionamiento cíclico del sistema monoes
4 table constituido por el amplificador operacional en circuito
5 cerrado (disparador de Schmitt) En la disposición particular
6 que se ilustra, la resistencia 474 ha sido elegida para produ
7 cir una tensión de polarización capaz de dar lugar al funciona
8 miento cíclico a una frecuencia equivalente a una velocidad de
9 rotación del motor de 400 rpm, respondiendo el resto del cir
10 cuito para asegurar la conmutación secuencial de los devanados
11 del motor en la dirección deseada de rotación. El valor de la
12 resistencia 474 y, a su vez, de la tensión de polarización ne
13 cesaria para facilitar el arranque, puede variar según el par
14 y la inercia que han de ser superados por el motor en el momen
15 to del arranque, para que sea posible producir la rotación de
16 su rotor. Por ejemplo, es preferible utilizar una tensión de
17 polarización reducida cuando la inercia es elevada; en estas
18 condiciones, el motor arranca lentamente y la tensión de fuer
19 za electromotriz así producida no estará oculta por la tensión
20 de polarización reducida. Puede utilizarse una tensión de po
21 larización algo más elevada cuando la inercia es reducida, dan
22 do lugar así a una reducción en los transistores de potencia
23 gracias a una conmutación secuencial más rápida al siguiente
24 devanado que ha de ser energizado. No se necesitará la tensión
25 de polarización si se ha previsto otro dispositivo para asegu
26 rar la rotación inicial del rotor. Por ejemplo, si el motor
27 se utiliza en una disposición en cadena o en cascada donde
28 constituye el segundo motor o un motor siguiente de la dispo
29 sición, la rotación inicial estará siempre asegurada, elimi
30 nando así la necesidad de cualquier dispositivo auxiliar de

1 arranque. Cuando el rotor está girando, las señales de fuerza
contraelectromotriz predominan, y el motor sigue funcionando
de la manera descrita. En el caso de que el rotor empiece a gi
rar en la dirección equivocada, se impide una rotación continua
5 equivocada o una oscilación, ya que como se ha indicado ante
riormente, la señal de fuerza contraelectromotriz produce una
integración extremadamente rápida y se activa rápidamente el
siguiente devanado en la dirección adecuada de rotación.

10 Se observará que se ha descrito una manera de medir
el cambio de flujo, utilizando la señal así obtenida para con
trolar la conmutación con un ángulo de avance predeterminado.
Sin embargo, unos circuitos utilizando dispositivos distintos
de un integrador pueden realizar la misma función. Por ejemplo,
15 pueden utilizarse un oscilador controlado por tensión y un con
tador para medir el cambio de flujo durante un intervalo de
tiempo predeterminado, respondiendo el oscilador a la señal
de tensión de fuerza electromotriz positiva procedente del cir
cuito de detección para producir impulsos de salida a una fre
cuencia proporcional a la tensión de la fuerza electromotriz.
20 A su vez es posible contar estos impulsos por medio de un con
tador hasta que se haya acumulado un número predeterminado de
impulsos representativo de un número predeterminado de voltio-
segundos; a continuación, el contador produce una señal de sa
lida para posicionar o activar secuencialmente los flip-flops
25 452 y 454 con el objeto de obtener señales adecuadas para la
energización secuencial del transistor de potencia Darlington.
Después de producir su señal de salida, el contador volverá
automáticamente a cero para estar preparado para repetir la
operación de recuento correspondiente al siguiente devanado
30 que ha de ser detectado. Como auxiliar de arranque, el oscila

1 dor puede ser ajustado para generar impulsos de salida a una
frecuencia que corresponde a una velocidad mínima predetermina
da del rotor, como en el caso de los osciladores utilizados en
los circuitos representados en las figuras 16 y 18. El procedi
5 miento descrito más arriba no solamente eliminará el integrador,
sino que también eliminará la necesidad del disparador de
Schmitt, del multivibrador, y de la porción de reposición del
circuito, en la cual el condensador 460 se carga hasta un va
lor inicial.

10 Otro procedimiento utilizando un computador o un mi
cro-ordenador puede ser empleado para medir el cambio del flu
jo efectuando el muestreo de la tensión de fuerza electromotriz
a intervalos predeterminados, por ejemplo de 1 milisegundo, y
acumulando el total hasta alcanzar un valor predeterminado to
15 tal de voltio-segundos. A continuación, una señal de salida
puede ser generada para posicionar o activar secuencialmente
los flip-flops 452 y 454, con el objeto de obtener señales ade
cuadas para la energización secuencial de los transistores de
potencia Darlington. Igualmente, el computador o el micro-orde
20 nador podría ser programado para efectuar la operación de deco
dificación de tal manera que se generen señales de salida para
activar directamente los transistores de potencia con el obje
to de energizar secuencialmente los devanados del motor.

Aunque en los modos de realización descritos más arri
25 ba, se han utilizado disposiciones de transistores de potencia
de tipo Darlington para efectuar la conmutación de potencia de
los devanados, los expertos en la materia observarán que pue
den utilizarse otros medios de conmutación. Por ejemplo, pue
den emplearse rectificadores de silicio controlados (SCR) o ti
30 ristöres, utilizando un dispositivo para efectuar la reposición

1 del SCR o del tiristor que controla la energización de un deva
nado particular cuando el dispositivo de circuito genera una
señal de salida destinada a energizar el siguiente devanado en
la secuencia de energización. Igualmente, en ciertas aplicacio
5 nes limitadas, pueden utilizarse relés para efectuar la conmu
tación de la energía aplicada a los devanados.

Como se ha indicado anteriormente, se impide la ener
gización de los devanados, lo que prohíbe el funcionamiento
del motor, cuando la tensión de alimentación del motor está
10 fuera de una gama de tensiones predeterminada o cuando la velo
cidad del motor es inferior a un valor mínimo predeterminado.
Se observará igualmente que los transistores tales como 376
responden a señales de nivel alto generadas secuencialmente
por las puertas tales como 458, solamente cuando el transistor
15 422 es conductor. Sin embargo, este transistor 422 conducirá
la corriente mientras los cátodos de los diodos 476, 478, 480
y 482 están todos a la tensión de referencia V_r , y la circula
ción de la corriente a través de la resistencia 484 es esen
cialmente igual a la suma de la corriente base-emisor en el
20 transistor 422, y de la corriente que atraviesa la resistencia
486. La conexión a masa o la reducción del potencial en el ter
minal 488 desactivará el transistor 422, mientras que, por
otra parte, la elevación de esta tensión hasta el nivel de re
ferencia V_r o a un valor superior, en condiciones normales,
25 permitirá que el transistor 422 conduzca la corriente. Similar
mente, si la tensión de salida de los amplificadores operacio
nales 410 y 412 del circuito de protección contra tensión in
suficiente y del circuito de protección contra tensión excesi
va, respectivamente, es baja, el transistor 422 conducirá nor
30 malmente la corriente. Ambos amplificadores operacionales 410

1 y 412 funcionan para comparar la tensión V de la batería que
se aplica al terminal 490 con la tensión de referencia regula
da por el diodo zener que se aplica al terminal 492; sin embar
go, la tensión de referencia se aplica al terminal negativo del
5 amplificador 410 del circuito de protección contra tensión in
suficiente y, por tanto, la salida de este amplificador tendrá
un nivel bajo mientras la fracción de la tensión de batería
aplicada a su terminal negativo es superior a la fracción de
la tensión de referencia, determinada por el reglaje del poten
10 ciómetro 494, que se aplica a su terminal positivo. Por tanto,
el amplificador operacional 410 tiene una tensión de salida
elevada, mientras, por ejemplo, la tensión de batería es supe
rior a 10,5 voltios, y funciona como detector de tensión insu
ficiente o de tensión baja. Similarmente, el amplificador ope
15 racional 412 se ajusta mediante selección adecuada de las re
sistencias divisoras de tensión de modo que se obtenga una ten
sión de salida elevada mientras la tensión de la batería es
inferior, por ejemplo, a 16 voltios, y este amplificador ope
racional funciona como detector de tensión excesiva o de ten
20 sión alta. El condensador 496 sirve para filtrar las formas
de onda transitoria y errática procedentes del aparato de carga
de batería con el objeto de impedir que se produzcan falsas in
dicaciones de tensión insuficiente o de tensión excesiva.

Numerosas otras funciones de control pueden ser rea
25 lizadas utilizando el circuito de control de motor con conmuta
ción electrónica de las figuras 25a y 25b, añadiendo diodos
suplementarios a la base de transistor 422 para desviar la
corriente de activación del transistor cuando el diodo está
polarizado para conducir, desactivando así los transistores
30 376 y, por tanto, también los pares de transistores de activa

1 ción de devanados. Por ejemplo, el circuito de-protección con
tra velocidad insuficiente que se ilustra en las figuras 25a y
25b y que está conectado con el diodo 482 funcionará para des
conectar los devanados cuando, por algún motivo, el motor está
5 funcionando a una velocidad anormalmente baja. La tensión de sa
lida-de la puerta 450 es una onda rectangular que varía con la
velocidad del motor y que está presente aproximadamente duran
te la mitad del tiempo a la velocidad de funcionamiento normal.
En este modo de realización particular, la velocidad de funcio
10 namiento es aproximadamente de 3.600 rpm, y la tensión de sali
da de la puerta 450 es una onda rectangular de aproximadamente
240 hertz. Esta señal se filtra por medio de la resistencia
498 y del condensador 500, y a continuación se amplifica por
el amplificador 414, y es filtrada de nuevo por la resistencia
15 502 y el condensador 504. La tensión de corriente continua re
sultante que es sustancialmente proporcional a la velocidad,
se almacena bajo la forma de una tensión en el condensador 506
y, mientras esta tensión es igual o superior al nivel represen
tativo de una velocidad mínima predeterminada, por ejemplo de
20 2.500 rpm en el modo de realización ilustrado, la salida del
disparador de Schmitt que incluye los amplificadores 416 y 418
permanece en un nivel alto. La calibración de esta tensión o
de este nivel de velocidad mínima puede efectuarse cambiando
el reglaje del potenciómetro 508. Si la velocidad del motor
25 llega a ser demasiado baja, el circuito disparador de Schmitt
pasa a su estado de nivel bajo permitiendo la circulación de
la corriente a través del diodo 482 y facilitando simultánea
mente una tensión de salida elevada a partir del amplificador
420 para cargar el condensador 506. La constante de tiempo
30 del condensador 506 y de la resistencia 510 conjuntamente con

1 la histéresis del circuito disparador de Schmitt 416, 418, de
terminan el tiempo de reposición del circuito, y este tiempo
puede ser de 4 a 5 minutos. En el arranque inicial del motor,
estos mismos 4 a 5 minutos deben transcurrir antes de que el mo
5 tor pueda arrancar. El condensador 504 conservará típicamente
su carga durante un tiempo suficientemente largo para el fun
cionamiento cíclico normal de energización-desenergización de,
por ejemplo, un motor de refrigerador, pero sin embargo, si se
efectúa un nuevo arranque y no se ha conseguido la velocidad
10 de 2.500 rpm indicada a título de ejemplo dentro de un tiempo
de 3 a 5 segundos, constante de tiempo del condensador 506 y
de la resistencia 512, el arranque no se producirá, y será
preciso iniciar el retardo de cinco minutos para recargar el
condensador 506 antes de efectuar un nuevo intento de arranque.
15 El tiempo de carga relativamente largo del condensador 506 y
su tiempo de descarga relativamente corto se deben, naturalmen
te, a la presencia del diodo 514 y al valor sustancialmente in
ferior de la resistencia 512 en comparación con el valor de la
resistencia 510.

20 En el sistema de refrigeración de vehículo que se des
cribe a título de ejemplo, un ventilador de refrigeración de
condensador estará típicamente conectado a través del diodo
516, y este diodo funcionará para conducir la energía almacena
da en la inductancia del motor del ventilador. En otros siste
25 mas desprovistos de un motor de ventilador, se utilizará una
resistencia en lugar del diodo 516. Los diodos 518 se incluyen
para producir una pequeña caída de tensión suplementaria en la
base del transistor 422, ya que, en la práctica, las tensiones
de salida reducida de los amplificadores tales como 410 y 412,
30 no pueden ser exactamente iguales a cero.

1 Como se ha indicado anteriormente, el hecho de que
el motor de corriente continua sin escobillas según el presen
te invento puede ser activado por formas de onda rectangulares
que están tratadas por circuitos lógicos, permite realizar un
5 cierto número de modos de realización de control de motor uti
lizando técnicas de control digitales. Una aplicación digital
particularmente original del motor con conmutación electrónica
según el invento, se ilustra en la fig. 27 y puede utilizarse,
por ejemplo, para desplazar y posicionar con precisión un ele
10 mento móvil en sentido lineal. El motor de corriente continua
sin escobillas 520 tiene unos detectores de posición de rotor
522 y en este caso se ha utilizado una máquina extrapolador uti
lizando imanes permanentes GECOR (cobalto-samarita) para cumplir
con las condiciones de funcionamiento lento y de tamaño redu
15 cido. Igualmente, en este modo de realización particular, se
utilizan detectores electromagnéticos y la fuente de excitación
de 20 kilohertz proporciona una señal a estas bobinas excitado
ras de señales de detector. En el sistema de elemento móvil
linealmente, el motor 520 por medio de un eje roscado arrastra
20 el elemento y el control preciso del motor da lugar a un posi
cionamiento preciso del elemento. La utilización del motor de
corriente continua según el invento presenta numerosas venta
jas respecto al procedimiento convencional de desplazamiento
lineal de elementos en el cual se eliminan las cajas de engra
25 najes típicos y los frenos de parada, así como los embragues
de seguridad, y el par de bloqueo del motor puede servir como
freno. Además, el sistema es ideal para funcionar con batería
y puede controlarse fácilmente por medio de un computador para
realizar las operaciones de desplazamiento hacia delante, ha
30 cia atrás, parada o frenado.

1 Estos detectores 522 están, naturalmente, situados
físicamente con el motor 520, y las bobinas fijas de excita
ción y de captación están acopladas y desacopladas secuencial
mente las unas respecto a las otras por medio de un disco gira
5 torio segmentado u obturador soportado por el eje del rotor del
motor. Las bobinas excitadoras se energizan con la fuente de
excitación a 20 kilohertz 524 y las señales de las bobinas cap
tadoras se tratan en el decodificador 526 para producir formas
de ondas de tensión rectangulares uniformes que se someten a
10 un tratamiento ulterior. La salida del circuito de decodifica
ción de detectores 526 se aplica al circuito lógico de avance
paso a paso 528, incluyendo el circuito lógico de contador, el
circuito lógico 53 de detectores de desplazamiento hacia de
lante o hacia atrás, y un contador de posiciones 532, cuyo con
15 tenido puede ser visualizado de manera digital utilizando uni
dades de visualización de 7 segmentos típicas situadas en el
panel de visualización 534. El circuito lógico 528 está provis
to de elementos lógicos que inhiben la conmutación normal de
un siguiente devanado en la secuencia de energización, produ
20 ciendo así la energización continua del mismo devanado hasta
que el rotor se sitúe en una posición en la cual la salida de
par por amperio es igual a cero. El rotor permanece en esta
posición hasta que se suministre una señal que produce la con
mutación del siguiente devanado de la secuencia de energiza
25 ción, haciendo que se produzca otro paso de la misma manera.
La salida del circuito de decodificación de detectores 526 se
suministra también al circuito de control de modo 536 que cla
sifica las órdenes de desplazamiento hacia delante, hacia
atrás, de paso hacia delante, así como otras órdenes y que re
30 laciona estas órdenes con las señales de los detectores para

1 tratar esta información en cuatro puertas lógicas. Existe una
de estas puertas para cada uno de los conmutadores de potencia
transistorizados y en cualquier tiempo dado solamente una de
estas puertas tiene una tensión de salida elevada. Estas ten
5 siones de salida se modifican en otro grupo de puertas que
aceptan las órdenes de funcionamiento y de parada, así como
la información de limitación de corriente. La limitación de la
corriente se efectúa bajo la forma de una operación de modula
ción de anchura de impulsos, y la salida de estas últimas puer
10 tas se amplifica en dos etapas de excitadores transistorizados,
los cuales, a su vez suministran la corriente de base a los
conmutadores de potencia transistorizados 538 y 540. La corrien
te del motor puede ser detectada en 542, y si esta corriente
es efectiva, las puertas del circuito de modulación de impul
15 sos 544 se inhiben durante un corto período de tiempo, por ejem
plo de 500 microsegundos, para inhibir la fuente de suministro
de energía y el circuito excitador 544 durante un período de
tiempo idéntico, dejando que la corriente del motor disminuya
en cierto grado. Naturalmente, limitando la corriente a un va
20 lor máximo, el par de salida del motor que es función de la
corriente se limita o se controla igualmente en un valor máxi
mo con la disposición descrita más arriba. El control de par
puede ser conveniente en ciertas circunstancias para proteger
el sistema mecánico accionado por el motor.

25 Se observará ahora que se ha ilustrado y descrito
diferentes modos de realización del invento en sus formas de
realización preferidas. Actualmente, se estima que la disposi
ción de conexiones en medio-puente utilizando devanados bifila
res en motores de dos devanados y devanados monofilares en
30 motores de devanados múltiples, es el mejor modo en comparación

1 con la disposición del circuito de devanados monofilares y puen-
té completo.

Esto se debe a que se necesitan menos transistores
para el procedimiento de medio-puente y, por tanto, se reduce
5 el coste de fabricación aunque se obtenga una utilización menos
eficaz del material de los devanados (por ejemplo cobre o alu-
minio). Por otra parte, cuando el gasto relativo que correspon-
de a los transistores y al material de los devanados cambia en
favor de los dispositivos de estado sólido, se prefiere el cir-
10 cuito de devanados monofilares y puente completo.

Quando se utiliza cualquiera de estos procedimientos,
es ciertamente preferible disponer de un dispositivo de almace-
nado de energía (por ejemplo, según se describe más arriba) no
solamente para proteger los transistores de salida, sino tam-
15 bién para mejorar el rendimiento de utilización de la energía.

Quando se utiliza cualquier procedimiento, pueden
llevarse a la práctica métodos que incorporan otros aspectos
del invento. De manera resumida, estos métodos se refieren na-
turalmente a la fabricación de corriente continua sin escobi-
20 llas, (sean o no del tipo con conmutación electrónica), e in-
cluyen: la selección de tipos de núcleos previstos para motores
de inducción de corriente alterna; la formación de devanados
distribuidos en ranuras de estos núcleos por medio de equipos
de fabricación de motores de inducción de corriente alterna
25 disponibles para realizar los conjuntos de estator bobinados;
y el montaje de estos conjuntos de estator bobinados con con-
juntos de rotor del tipo de imán permanente.

Las espiras en los devanados se enrollarán y se for-
marán (simultánea o secuencialmente) en un dispositivo de re-
30 cepción de bobinas y a continuación se introducirán axialmente

en las ranuras del núcleo dispuestas axialmente (ya directamente a partir del dispositivo de recepción de bobinas, o a partir de un dispositivo de introducción axial al cual las espiras del devanado han sido transferidas a partir del dispositivo de recepción de bobinas).

Se observará que los métodos que han sido resumidos brevemente difieren de la técnica de fabricación de motores dedcorriente continua que conocemos actualmente. Por ejemplo, las técnicas anteriores implicaban la formación de devanados conocidos bajo el nombre de devanados de "anillo" (por ejemplo devanados sinuosos o superpuestos) dispuestos en un núcleo de máquina dinamoeléctrica de corriente continua convencional.

Además, se ha ilustrado y descrito un circuito simplificado para la conmutación de señales de energización aplicadas a un motor de corriente continua sin escobillas. Más especialmente, el circuito según el invento no necesita un conjunto de detectores mecánicos acoplado con el rotor del motor de corriente continua sin escobillas; por el contrario, se detecta la salida del motor y se utiliza para generar una señal variable con una frecuencia que corresponde a la velocidad de rotación y que indica la posición del rotor. De este modo, en ciertas aplicaciones, por ejemplo cuando se utiliza un motor de corriente continua sin escobillas para accionar un compresor de refrigeración, el recinto del compresor no necesita el paso de conductores suplementarios, lo que mejora la hermeticidad del recinto.

La Tabla I siguiente presenta, más claramente, las características mejoradas de los motores realizados de acuerdo con el invento.

1

TABLA I

Características tomadas a 2600 rpm

| Avance, en grados eléctricos | Par Total | Rendimiento % | |
|------------------------------|-----------|----------------------|---------|
| | | Onzas. pie netas *** | total * |
| 0 | 1,15 | 0,95 | 73,7 |
| 5 | 1,20 | 1,00 | 78,2 |
| 15 | 1,50 | 1,30 | 81,2 |
| 22 | 1,60 | 1,35 | 77,7 |

5

10

* sin tener en cuenta la resistencia aerodinámica y las pérdidas de fricción.

** resistencia aerodinámicas y pérdidas de fricción inclusive.

*** 1 onza.pie = 102,30 g/m.

15

Las características de la Tabla I han sido obtenidas realizando pruebas en un motor realizado según el presente invento y que estaba alimentado por una fuente de corriente continua de 12 voltios.

20

El motor utilizaba un modelo de chapas de estator standard empleado comercialmente en motores de inducción. Las chapas eran sustancialmente idénticas a las chapas que se representan en la figura 2. El agujero del núcleo tenía aproximadamente 50,8 mm de diámetro (2 pulgadas) y la altura de la pila de chapas era aproximadamente 50,8 mm (2 pulgadas). El núcleo tenía 24 ranuras, y soportaba las porciones de espiras laterales de devanado de hilo de cobre enrolladas de manera bifilar. En total, se utilizaron ocho grupos de bobinas de devanado (cuatro grupos de bobinas bifilares). Cada grupo de bobinas incluía tres bobinas y cada bobina incluía desde la bobina más externa hasta la bobina más interna respectivamente: 7, 10 y 10 espiras. El hilo era hilo de cobre (no aislado) de aproximadamente 1,27 mm diámetro (0,05 pulgada). Las bobinas de

30

1 cada grupo de bobinas cubrían, desde la bobina externa hasta
la bobina interna, respectivamente, 11, 9, 7 dientes, respecti-
vamente. Por tanto, la "dispersión" de un par asociado de gru-
pos de bobinas era igual a 6 ranuras o 90 grados mecánicos.
5 Por tanto, se entenderá que ocho ranuras contenían 14 conducto-
res (7 pares de conductores bifilares), mientras que el resto
de las ranuras contenía 20 conductores cada una.

Los imanes del rotor estaban hechos de ferrita magné-
tica fabricada por la Allen Bradley Company bajo la designación
10 M-7. La longitud de arco de cada uno de los dos imanes utiliza-
dos era de 143 grados mecánicos; el espesor era aproximadamente
de 6,35 mm (0,25 pulgada); y la longitud axial era de 50,8 mm
(2 pulgadas) aproximadamente. Los imanes estaban unidos con
resina epoxi a un núcleo de rotor macizo hecho de hierro dulce
15 y el rotor ensamblado tenía un diámetro externo de aproxima-
mente 50,29 mm (1,98 pulgadas). La conmutación y la detección
se efectuaban con circuitos sustancialmente idénticos a los
que se ilustran aquí. Los componentes reales de los circuitos
(es decir los transistores, resistencias, condensadores, etc.)
20 eran de un tipo normalmente disponible en el comercio y se eli-
gieron de modo que presentaran características de tensión y
corriente suficientes y la ganancia necesaria para suministrar
hasta 30 amperios a los devanados del motor. La conmutación
del motor se efectuaba con un avance de 22 grados eléctricos
25 respecto al punto cero. Ya que el motor era un motor bipolar,
los grados eléctricos eran naturalmente iguales a los grados
mecánicos.

En la Tabla I, se indican dos columnas de rendimien-
to y par. El par total representa el par producido por el mo-
30 tor sin tener en cuenta la resistencia aerodinámica y las pér-

1 didas de fricción. La primera columna de "rendimiento" indica
igualmente el rendimiento del motor sin tener en cuenta la re-
sistencia aerodinámica y las pérdidas de fricción, aunque te-
niendo en cuenta las pérdidas en el cobre y en el circuito de
5 conmutación. El par neto es el par neto disponible en el eje
del motor, y el rendimiento neto es el rendimiento general del
sistema motor, conmutador inclusive. La reducción importante
del rendimiento neto (debida a la resistencia aerodinámica y a
las pérdidas en los cojinetes) era previsible porque el motor
10 comprobado tenía solamente una potencia de 1/20 CV.

La Tabla I representa la mejora importante de rendi-
miento y par que puede obtenerse por el avance de la conmuta-
ción. Por ejemplo, un avance de 15 grados eléctricos permite
obtener un rendimiento sustancialmente superior a 2600 rpm;
15 mientras que un avance de 22 grados permitirá obtener un par
máximo notablemente superior a 2600 rpm.

TABLA II

Valores representativos de los componentes o identi-
ficación de los elementos de los circuitos descritos más arri-
20 ba.

| | <u>N° de Referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|-------------------------|-------------------|
| | Figuras 6 y 7 | |
| | 70', 80 | CD 4001 AE |
| | 43, 44 | H 13 A2 |
| 25 | 71, 72 | 390 K |
| | 74 | 1,8 K |
| | 92 | 39 OHM 2W |
| | 93 | 200 MFD 300V |
| | 94 | 100 MFD |
| 30 | 95 | 15 V |

| | <u>N° Referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|---------------------------------|---------------------|
| 1 | 81 | 2N 4401 |
| | 82 | 2N 5988 |
| | 83 | 2N 6258 |
| 5 | 84 | 10 K |
| | 86 | 150 OHM |
| | 88 | A 15 |
| | 91 | 500 ϕ 1000 MFD |
| | <u>Figura 16</u> | |
| 10 | 130 | 0,02 OHM |
| | 132, 133, 140, 736, 145, 740 | 100 K |
| | 134 | 120 K |
| | 135, 734, 149 | 50 K |
| 15 | 138 | 3,5 MEGOHM |
| | 146 | 1 MEGOHM |
| | 738 | .82 K |
| | 150 | 2,2 K |
| | 153 | 1 K |
| 20 | 155 | 47 OHM |
| | 156 | 120 K |
| | 742 | 33 K |
| | 136, 144, 148 | MC 3301 P |
| | 160, 162 | CD 4013 AE |
| 25 | 158 | 2N 3414 |
| | 154 | 2N 1671 |
| | <u>Figura 18</u> | |
| | 186, 170, 172, 194, 196 | CD 4016 AE |
| | 182 | CD 4013 AE |
| 30 | 164, 166, 174, 176 | LM 324 |

| | <u>N° de referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|--------------------------|---|
| 1 | 168, 198 | LM 3900 |
| | 166 | 0,02 OHM |
| | 546, 548, 550, 552, 554, | |
| 5 | 556, 558, 560, 562 | 10 K |
| | 564 | 120 K |
| | 566 | 4,7 K |
| | 568, 570, 572, 574, 576, | |
| | 578 | 100 K |
| 10 | 580, 582 | 150 K |
| | 584 | 1 MFD |
| | 180 | 0,01 MFD |
| | 586 | 22 K |
| | 588 | 1 MEGOHM |
| 15 | 590 | 270 K |
| | <u>Figura 19</u> | |
| | 204 | Dos resistencias de 0,10 OHM 2W, en paralelo |
| | 208 | 10 V |
| 20 | 702 | 1,2 MEGOHM |
| | 704, 706 | 100 K |
| | 214 | 100 K & 200 K variables en serie |
| | 708, 710 | 1 MEGOHM |
| 25 | 210 | MC 3301 P |
| | 712 | 82 K |
| | 222 | 390 MFD |
| | 714, 716 | 47 K |
| | 220 | 0,01 MFD |
| 30 | 718 | 3,9 MEGOHM |

| | <u>N° de referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|-------------------------|------------------------------------|
| 1 | 218 | 33 K & 500 K variables en serie |
| | 224 | 1N914 |
| 5 | <u>Figuras 21 y 22</u> | |
| | 246 | H13 A2 |
| | 652, 654 | 39 K |
| | 656, 660, 670 | 1 K |
| | 658 | 560 OHM |
| 10 | 256, 258, 260, 262, 290 | CD 4001 |
| | 264, 266, 268, 270 | CD 4001 |
| | 272, 286 | 2N 4401 |
| | 662 | 47 OHM 2W |
| | 664 | 5000 MFD |
| 15 | 666, 678 | 10 K |
| | 668 | 10 OHM 10W |
| | 672 | 100 OHM |
| | 674, 676 | 0,03 OHM |
| | 284 | A 115 |
| 20 | 294, 680, 682 | 0,001 MFD |
| | 292 | 100 K |
| | 296 | 1N914 |
| | 298 | 33 K |
| | 288, 302, 304 | MC 3401 |
| 25 | 308 | 2N3414 y D44H5 |
| | 312 | A 15 |
| | 684, 686 | 22 K |
| | 688, 691 | 1 MEGOHM |
| | 690 | 2,2 MEGOHM |
| 30 | 692, 694 | 100 K |

| | <u>N° de referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|--------------------------|-------------------|
| 1 | 696, 700 | 1 MFD |
| | 698 | 27 K |
| | <u>Figura 24</u> | |
| 5 | 720, 722 | 8,2 K |
| | 356 | 2,2 K |
| | 350 | 2N 3414 |
| | 724, 726, 728 | 10 K |
| | 730, 732 | 82 OHM |
| 10 | <u>Figuras 25a y 25b</u> | |
| | 592 | 10 K |
| | 594 | 680 OHM |
| | 474 | 5,6 MEGOHM |
| | 596 | 150 K |
| 15 | 598 | 10 K |
| | 462 | 1N4736 6,8V |
| | 460 | 0,1 MFD |
| | 382 | CA 3130 |
| | 600, 602 | 10 K |
| 20 | 464 | 100 K |
| | 604 | 1 MEGOHM |
| | 606 | 150 K |
| | 608 | 33 K |
| | 446, 448 | CD 4011 |
| 25 | 466 | 0,01 MFD |
| | 610 | 1N5059 |
| | 612 | 10 K |
| | 614 | 25 MFD 25V |
| | 616 | 1N4738 8,2V |
| 30 | 618 | 120 OHM 1W |

| | <u>N°de referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|-------------------------|-------------------|
| 1 | 620 | 33 K |
| | 622 | 6,8 K |
| | 624 | 12 K |
| 5 | 626, 628, 508, 636, 638 | 100 K |
| | 494 | 20 K |
| | 498, 632 | 33 K |
| | 500, 504 | 0,5 MFD |
| | 630 | 0,1 MFD |
| 10 | 410, 412, 414 | LM 324 |
| | 502 | 15 K |
| | 633 | 1N4448 |
| | 634 | 1,8 MEGOHM |
| | 640 | 4,7 MEGOHM |
| 15 | 452, 454 | CD 4013 |
| | 456 | CD 4011 |
| | 400 | CD 4001 |
| | 458 | CD 4049 |
| | 642 | 2,7 K |
| 20 | 644 | 100 OHM 2W |
| | 646 | 100 OHM |
| | 376 | 2N3414 |
| | 362 | 2N5988 |
| | 364 | 2N6258 |
| 25 | 366 | 1N5059 |
| | 368 | 1000 MFD 25V |
| | 370 | MR 751 |
| | 480, 514 | 1N4448 |
| | 484 | 6,8 K |
| 30 | 486 | 2,7 K |

| | <u>N° de referencia</u> | <u>Componente</u> |
|----|-------------------------|--|
| 1 | 648 | 1,5 MEGOHM |
| | 650 | 4,7 MEGOHM |
| | 510 | 2,2 MEGOHM |
| 5 | 512 | 68 K |
| | 416, 418 | CD 4001 |
| | 506 | 50 MFD |
| | <u>Figura 27</u> | |
| 10 | 542, 538, 540 | Dos STV 6060 de 0,1 OHM 10W en paralelo, con IN 5625 y V150 PA10 en paralelo, colector con emisor. |
| | 544 | 2N 3414 excitando D45H8 |
| | 536 | CD 4011 |
| | 543 | CA 3130T y CD 4012 como entradas a CD 4011 y a continuación a salida de inversor CD 4049. |
| 15 | 528 | CD 4042 excitando CD 4011 y a continuación CD 4012. Igualmente, CD 4001, CD 4011 y CD 4029. |
| | 524, 526 | CD 4011 entrada de CD 4030, CD 4011 y CD 4001 en serie. Igualmente tres 2N 3414. |
| 20 | 530 | CD 4042, CD 4011 y CD 4012 en serie. |
| | 532 | CD 4001 excitando CD 4011 y también CD 4029 |
| 25 | 534 | MC 14511 a MAN54 |

Los componentes de estado sólido numerados en la Tabla II que antecede, con la excepción de los transistores STV 6060 y de los dispositivos de visualización MAN54 (véase figura 27) eran aparatos de fabricación RCA, G.E., National o Motorola. Los cuatro transistores STV 6060 eran transistores

1 TRW, y los cuatro dispositivos de visualización MAN54 eran dispositivos de visualización fabricados por Monsanto.

El presente invento ha sido descrito hasta aquí, principalmente con relación a un motor bipolar de dos fases del tipo ilustrado en las figuras 1 y 2, pero sin embargo, como se ha indicado más arriba, el invento es igualmente aplicable a motores de fases múltiples, tal como motores de tres, cuatro, cinco, etc. fases, con un número de polos variable.

Para llevar a la práctica el invento con un motor de tres fases de devanado, se tendrán en cuenta los mismos factores que se han tenido en cuenta con respecto al motor de dos fases. Por ejemplo, con el objeto de obtener el rendimiento máximo y evitar los problemas de arranque, se tendrán en cuenta factores tales como la curva de par por amperio (T/I) o las características de funcionamiento del motor, la dispersión de los devanados, la longitud de arco de los imanes permanentes, el avance de conmutación, el acoplamiento magnético, la recuperación de energía procedente de un devanado después de su desenergización, la configuración de las ranuras de un inducido fijo, y la utilización de las ranuras. Además, en el procedimiento preferido desprovisto de detectores, la posición del rotor puede ser simulada de manera fiable y precisa, con el objeto de realizar la conmutación.

Las figuras 28, 29 y 30 representan la configuración de devanado en inducidos fijos de 24 ranuras para motores de dos polos, cuatro polos y ocho polos con tres fases de devanado, respectivamente. Los inducidos fijos que se ilustran están enrollados de manera monofilar en las configuraciones de ranura uniformes y todas las ranuras están llenas. Sin embargo, para mayor claridad, se ilustran los inducidos solamente con

1 una bobina de una sola espira en cada ranura. Es preferible
llenar todas las ranuras del inducido para reducir el espesor
del núcleo o la altura de apilamiento del inducido fijo y obte
ner así un motor de tamaño más compacto y de fabricación más
5 económica. Sin embargo, como se explica más adelante, el indu
cido fijo puede utilizarse con ranuras vacías con la correspon
diente reducción de la longitud de arco de los imanes permanen
tes del rotor, pero al precio de un incremento del núcleo de
inducido.

10 Haciendo referencia a la figura 28, se ve que el in
ducido 830 ilustrado, de un motor bipolar de tres fases de de
vanado, incluye tres devanados monofilares a, b, c (uno por ca
da fase). Cada devanado incluye unas bobinas constituidas por
espiras concéntricas de un conductor, que están dispuestas en
15 el núcleo 831 formando las espiras laterales de las bobinas
dos grupos de devanados en las ranuras del núcleo. Las porcio
nes de conductor de cada grupo conducen la corriente cuando el
devanado está energizado, en la misma dirección axial en el
sentido longitudinal del núcleo. Por ejemplo, el devanado "a"
20 incluye dos grupos de devanados, 832, 833, estando el grupo de
devanados 832 dispuesto en las ranuras del núcleo 834-837 y es
tando el grupo de devanados 833 dispuesto en las ranuras del
núcleo 838-841. El devanado "a" se ha formado preparando un
número predeterminado de espiras concéntricas de conductor pa
25 ra formar una bobina cuyas espiras laterales ocupan las ranu
ras de núcleo 834 y 838 al ser introducidas en las ranuras del
núcleo con un equipo de inserción de bobinas convencional. Se
continuó enrollando el conductor con un número predeterminado
de espiras concéntricas de un diámetro diferente para formar
30 una segunda bobina cuyas espiras laterales ocupan las ranuras

1 835 y 839. Se continuó enrollando el conductor con un número
predeterminado de espiras concéntricas formadas para constituir
la tercera bobina cuyas espiras laterales ocupan las ranuras
267 y 271 que se representan después de su colocación en el nú
5 cleo. Se formó igualmente una cuarta bobina preparando un núme
ro predeterminado de espiras concéntricas de conductor de tal
manera que las espiras laterales de la bobina ocupen las ranu
ras 268 y 272 que se representan situadas en el núcleo.

Aunque se han descrito bobinas formadas en un orden
10 particular, las bobinas pueden formarse en cualquier orden, pe
ro sin embargo el enrollamiento debe realizarse de modo que se
asegure que cuando se energiza el devanado "a", todas las por
ciones de conductor situadas en un grupo de devanados conduci
rán la corriente en una dirección común a lo largo del sentido
15 axial del núcleo. Como se representa en la figura 28, todas
las porciones de conductor del conjunto de devanados 267 condu
cen la corriente en una dirección común (indicándose la circu
lación de la corriente en la página por "x"), y todas las por
ciones de conductor del grupo de devanados 268 conducen igual
20 mente la corriente en una dirección común (indicándose por "."
la circulación de la corriente hacia el exterior de la página),
es decir en una dirección opuesta a la dirección de circulación
de la corriente en el grupo 267. Esta circulación de la corrien
te en el devanado "a" que se ilustra, crea los polos magnéti
25 cos N_a y S_a . Puesto que todas las porciones de conductor de
cada grupo conducen instantáneamente la corriente en la misma
dirección axial en el sentido longitudinal del núcleo, la dis
persión del devanado "a" puede ser medida bien en el grupo de
devanados 267 o en el grupo 268. Según se ilustra, la disper
30 sión del devanado "a" es de 60° (eléctricos y mecánicos) efec

1 tuándose la medición a partir de la línea central del diente
de ranura que separa el grupo 832 del devanado "b" hasta la lí
nea central del diente de ranura que separa el grupo 832 del
devanado "c".

5 Los devanados "b" y "c" del motor bipolar de tres fa
ses de la figura 28 se enrollan y se sitúan en el inducido de
la misma manera que la que ha sido descrita más arriba con rela
ción al devanado "a". Aunque se haya representado todas las bo
binas de cada devanado ilustrado en la figura 28 como estando
10 formadas en una operación de enrollamiento continua, es decir
sin cortar el conductor entre las operaciones de enrollamiento
de las diferentes bobinas, las bobinas pueden formarse separada
mente o en grupos de dos o más y a continuación interconectadas
para crear un solo devanado en las cuales las bobinas estén
15 dispuestas e interconectadas de tal manera que la circulación
de la corriente en cada grupo de devanados se haga en la misma
dirección.

La figura 29 ilustra un inducido fijo para un motor
cuadripolar de tres fases, que incluye tres devanados a, b, c
20 (uno para cada fase) estando cada devanado constituido por cua
tro bobinas que incluyen cada una un número predeterminado de
espiras de conductor concéntricas. Para mayor claridad, se re
presenta solamente una espira de conductor en cada ranura de
inducido. Las espiras laterales de las bobinas forman cuatro
25 grupos de bobinas por cada devanado. Por ejemplo, el devanado
"b" incluye cuatro bobinas que tienen cada una un número prede
terminado de espiras de conductor estando la primera bobina dis
puesta en las ranuras de núcleo 842 y 843, estando la segunda
bobina dispuesta en las ranuras 844 y 845, estando la tercera
30 bobina dispuesta en las ranuras 846 y 847 y estando la cuarta

1 bobina dispuesta en las ranuras 848 y 849, Las bobinas pueden
enrollarse consecutiva o separadamente y pueden a continuación
situarse e interconectarse de modo que produzcan la circulación
de corriente indicada (estando indicada la circulación de la
5 corriente hacia la página por "x" y estando indicada la circula
ción de la corriente fuera de la página por "."). Según se
ilustra, las espiras laterales de las bobinas crean cuatro gru
pos de devanados 850-853, estando el grupo de devanados 850 si
tuado en las ranuras 850 y 842, estando el grupo de devanados
10 851 dispuesto en las ranuras 843 y 844, estando el grupo de de
vanados 852 dispuesto en las ranuras 845 y 846 y estando el
grupo de devanados 853 dispuesto en las ranuras 847 y 848. Des
pués de enrollar las bobinas y después de situarlas en las ra
nuras del inducido, las porciones de conductor de cada grupo
15 de devanados conducirán la corriente en la misma dirección
axial que se indica, a lo largo del eje axial del núcleo cuan
do se energiza el devanado "b"; de este modo se crean cuatro
polos magnéticos o dos pares de polos magnéticos, N_b , S_b , tal
y como se ilustra. Los devanados "a" y "c" de la figura 29 se
20 hacen de la misma manera que se ha descrito más arriba con re
lación al devanado "b", teniendo cada uno de ellos cuatro gru
pos de devanados con porciones de conductor que conducen la
corriente en la misma dirección axial a lo largo del núcleo al
ser energizados.

25 La disposición de devanado de inducido cuadripolar
de tres fases de devanado de la figura 29 presenta una "disper
sión" de devanado de 30 grados mecánicos o 60 grados eléctricos.
Como se ha indicado anteriormente, la "dispersión" es la exten
sión angular de las ranuras de núcleo adyacentes que soportan
30 los conductores de un devanado dado que conducen instantánea

1 mente la corriente en la misma dirección axial en el sentido
longitudinal del núcleo. Como se representa en la figura 29,
un grupo de devanado "b" ocupa tres ranuras adyacentes y todos
los conductores del grupo transportan la corriente en la misma
5 dirección axial en el sentido longitudinal del núcleo; en es-
tas condiciones, la dispersión es la extensión angular de las
dos ranuras ocupadas por el grupo, que es de 60 grados eléctri-
cos o 30 grados mecánicos.

Como se ha indicado anteriormente con relación al mo-
10 tor bipolar de dos fases de las figuras 1 y 2, la característi-
ca de par por amperio (T/I) de un motor, es función de la dis-
persión de los devanados y de la longitud de arco del imán per-
manente. Cuando se desea obtener el par máximo en una revolu-
ción completa, la forma de onda de par por amperio (T/I) que se
15 representa a título de ejemplo en las figuras 11A-C y 12-15
debe mantenerse lo más "plana" posible. Se obtendría la rela-
ción T/I máxima si la forma de onda de T/I para 180 grados
eléctricos fuera una forma de onda cuadrada. Sin embargo, las
formas de onda más empinadas crean más posibilidades de proble-
20 mas de arranque y, por tanto, es conveniente acercarse lo más
posible a la forma de onda cuadrada sin crear problemas de
arranque. La duración de la relación T/I máxima se aumenta re-
duciendo la "dispersión" del devanado y/o aumentando al máximo
la longitud de arco de los imanes del rotor. Además, como se
25 ha indicado anteriormente, es posible elegir para el avance
de conmutación de los devanados un ángulo de avance óptimo α
basado en la velocidad del rotor y en la constante de tiempo
L/R de los devanados, lo que permite reducir la longitud de ar-
co de los imanes. La relación funcional de estos factores,
30 correspondiente a cada polo, puede indicarse por la siguiente

1 expresión:

$$\text{Arco de imán} = \frac{180 (N-1)}{N} + \text{dispersión} - 2$$

$$\text{en la cual: tiempo de energización del devanado} = \frac{180 (N-1)}{N}$$

$$\text{dispersión} = \frac{180}{N}$$

5 N = número de fases

α = ángulo de avance (5°-30°)

La expresión de la dispersión que se menciona más arriba supone que se utiliza un núcleo incluyendo chapas troqueladas con ranuras uniformes y que todas las ranuras incluyen espiras de devanado. Además, la expresión de la dispersión supone que la medición entre línea central y línea central de los dientes que separan el devanado ha sido medida a partir de los devanados adyacentes. Además, la expresión ignora los efectos de segundo y tercer orden debidos a la anchura de los dientes y a la saturación de la extremidad de los dientes, respectivamente.

Haciendo de nuevo referencia a la figura 29, la dispersión de los devanados de cada fase del motor cuadripolar es de 60 grados eléctricos o $180^\circ/N$. El tiempo de "energización" de cada devanado será de $180(N-1)/N$ ó 120 grados eléctricos. Por tanto, la longitud de arco óptima para los imanes permanentes de un motor que utilizar el inducido fijo de la figura 29 es de 180 grados eléctricos menos 10 a 60 grados según el ángulo de sincronización óptimo determinado en función de la carga y de la velocidad del motor.

A menudo es muy conveniente utilizar motores de polos múltiples, ya que son ventajosos. Por ejemplo, el incremento del número de polos da lugar a una reducción de los amperios-espiras por polo, lo que permite mecánicamente la utilización de imanes permanentes menos gruesos en el rotor. El incremento del número de polos da lugar también a una reducción de las es

1 piras extremas en los devanados. Por otra parte, el incremento
del número de polos permite reducir el espesor del núcleo o el
espesor de la culata, ya que se reducen los requisitos de con
5 ducción de flujo de cada polo. Sin embargo, cuando se aumenta
el número de polos, es preciso tener en cuenta los efectos de
segundo y tercer orden producidos por los dientes, y las pérdi
das en el núcleo magnético aumentan generalmente para la misma
velocidad del motor debido al incremento de la frecuencia del
campo magnético giratorio en el inducido fijo.

10 Como se ilustra en la figura 30, un incremento del
número de polos creado por un devanado hace que los efectos de
segundo y tercer orden debidos a los dientes cobren más impor
tancia. La figura 30 representa un inducido para un motor de
15 8 polos y tres fases, con estos devanados a, b, c (uno para ca
da fase) estando cada devanado constituido de una manera simi
lar a los devanados de las figuras 28 y 29. Se crea un polo por
medio de varias espiras de un devanado ocupando una sola ranu
ra y cada devanado ocupa un total de 8 ranuras para crear ocho
20 polos o cuatro pares de polos. En la disposición de 8 polos
que se ilustra en la figura 30, la medición de la dispersión im
plica la medición solamente en una ranura, Por ejemplo, la dis
persión del devanado "c" puede medirse en la ranura de núcleo
854, en la cual está situado un grupo de devanado del devanado
"c", teniendo el grupo porciones de conductor que transportan
25 la corriente en la misma dirección a lo largo del eje longitu
dinal del núcleo. Un método para medir la dispersión, que es
el mismo método utilizado en las figuras anteriores, consiste
en medir a partir de la línea central del diente 855 hasta la
línea central del diente 856, lo que da lugar a una dispersión
30 de 60 grados eléctricos. Sin embargo, puede verse que se obten

1 dría un valor diferente de dispersión si ésta se midiese desde
un lado de la ranura 854 hasta el lado opuesto de la ranura.
Se obtendría un valor todavía diferente si la dispersión se mi
diese desde un lado de la punta del diente 855 hasta un lado
5 de la punta del diente 856. Por tanto, puede verse que cuando
la medición de la dispersión implica una espira o unas espiras
de devanado solamente en una ranura, el tamaño de las ranuras
del núcleo, la geometría de las ranuras, la anchura de los
dientes, la anchura de la punta de los dientes o la geometría
10 de las mismas, así como el número y el emplazamiento de las
espiras de devanado dentro de la ranura son factores que han
de tenerse en cuenta para determinar con precisión la disper
sión del devanado. La dispersión de un devanado se acercará a
15 cero si el devanado está constituido por una bobina de una sola
espira dispuesta en el entrehierro entre un rotor y un núcleo
no provisto de ranuras, ya que el acoplamiento magnético entre
el rotor y la bobina no será afectado para la geometría de las
ranuras, el tamaño de las ranuras, etc.

En la figura 30, un rotor utilizado con el inducido
20 fijo que se ilustra tiene ocho segmentos de imán permanente
distribuidos alrededor de su periferia para crear ocho polos
en su perímetro. Si la dispersión de devanado fuera de 60 gra
dos eléctricos, la longitud de arco de cada segmento del imán
estaría incluida entre 120 y 150 grados eléctricos utilizando
25 la relación expresada más arriba. Teóricamente, en un motor de
tres fases, puede utilizarse una longitud de arco de imán de
60 grados eléctricos si la dispersión de devanado es de cero
grado eléctrico.

La figura 31 ilustra la distribución de las bobinas
30 o la disposición de devanado de un motor bipolar de cuatro de

1 vanados utilizando cuatro devanados, a, b, c, d (uno para cada
fase) dispuestos en un inducido fijo de 24 ranuras. Cada fase
tiene un devanado que incluye dos grupos de devanados y tiene
su devanado situado en dos grupos de ranuras de núcleo situadas
5 simétricamente las unas respecto a las otras, incluyendo cada
grupo tres ranuras de núcleo adyacentes ocupadas por un conjun-
to de devanado. Cuando se energiza un devanado, cada conjunto
de este devanado, es decir el devanado "a" que ocupa ranuras
de núcleo adyacentes 857, 858, 859, conduce la corriente a lo
10 largo del sentido axial del núcleo para producir un polo magné-
tico, tal como N_a o S_a .

Aunque el motor bipolar de cuatro fases se represen-
ta en la figura 31 con un inducido fijo de 24 ranuras, el mo-
tor podría haber sido formado fácilmente con un núcleo de in-
15 ducido de solamente ocho ranuras. Además, si se desea obtener
un motor cuadripolar de cuatro fases, un número adecuado de ra-
nuras de núcleo es de 16. En estas condiciones, el número míni-
mo de ranuras de núcleo dependerá del número de fases del mo-
tor y del número de polos deseados.

20 La formación de los devanados según el presente in-
vento se ilustra más claramente en la figura 32 que representa
una vista en perspectiva de un solo devanado monofililar "f" si-
tuado en un núcleo de inducido fijo 868 para formar una fase
de un motor. El devanado incluye cinco bobinas 870-874 dispues-
25 tas en las ranuras de núcleo 875-884, incluyendo cada bobina
un número predeterminado de espiras concéntricas de conductor
885. Las espiras laterales de cada una de las bobinas están
situadas en el interior de dos ranuras de núcleo. Como se ilus-
tra, la bobina 870 tiene sus espiras laterales situadas en las
30 ranuras 875 y 880; la bobina 871 tiene sus espiras laterales

1 situadas en las ranuras 876 y 881; la bobina 872 tiene sus es
piras laterales situadas en las ranuras 881 y 882; la bobina
873 tiene sus espiras laterales situadas en las ranuras 878 y
883; y la bobina 874 tiene sus espiras laterales situadas en
5 las ranuras 879 y 884. Las espiras laterales de bobinas situa
das en las ranuras 875-879 constituyen un primer grupo de deva
nado, y las espiras laterales dispuestas en las ranuras 880-884
constituyen un segundo grupo de devanado. Las bobinas se enro
llan y se introducen en las ranuras del núcleo de tal manera
10 que todas las porciones del conductor de cada grupo de devanado
conduzca la corriente en la misma dirección en el sentido axial
del núcleo cuando se energiza el devanado. La circulación de
la corriente en los dos grupos de devanado establece dos polos
magnéticos N_f y S_f en el inducido fijo. Naturalmente, la inver
15 sión de la circulación de la corriente invierte también el em
plazamiento de los dos polos magnéticos.

Las bobinas pueden enrollarse consecutivamente para
formar el devanado o pueden enrollarse por separado o en gru
pos de una o varias bobinas y a continuación pueden interconec
20 tarse para formar el devanado. Puede utilizarse un equipo de
bobinado convencional formándose el devanado directamente en
la herramienta de inserción de bobina que se desplaza a conti
nuación en el agujero interno del núcleo para introducir las
bobinas en las ranuras del núcleo. Igualmente, puede utilizar
25 se otro equipo de bobinado y de inserción convencional en el
cual las bobinas del devanado se enrollan y a continuación se
transfieren a una herramienta de inserción para su colocación
en el interior de las ranuras del núcleo.

Después de formar el devanado y situarlo en las ra
30 nuras adecuadas, el devanado tiene sus espiras extremas situa

1 das a través del agujero interno del núcleo; por tanto, estas
espiras deben doblarse hacia el lado orientado hacia la cara
886 del núcleo para permitir el montaje del rotor. En la figura
32, las espiras extremas de las bobinas 870-872 pueden doblarse
5 en una dirección que se aleja de la línea de referencia 887 ha
cia la cara 886 del núcleo y las espiras de extremidad de las
bobinas 873-874 pueden doblarse en una dirección opuesta ale
jándolas de la línea de referencia. Sin embargo, las espiras
laterales de las bobinas pueden doblarse alrededor de líneas
10 de referencia distintas de la línea 887 en caso de que sea con
veniente, ya que la finalidad de la operación de doblez consis
te en facilitar espacio para el rotor.

En la figura 33 se ilustra una disposición de devana
do bifilar en la cual hilos dobles se enrollan y se disponen
15 en el interior de las ranuras 890 del núcleo magnético 891. Los
hilos dobles se enrollan simultáneamente y a continuación se
introducen en las ranuras de la misma manera que el devanado
de hilo único o devanado monofilar que se ilustra en la figura
32. Como resultado del bobinado de dos hilos simultáneamente
20 se forma bien uno o bien dos devanados. Si se desea un devana
do, las extremidades 892 y 893 de los hilos se conectan mutua
mente y las extremidades 894 y 895 se conectan mutuamente, es
tableciendo así eficazmente un devanado. Un enrollamiento bi
filar para crear un solo devanado puede ser ventajoso con el
25 objeto de llenar adecuadamente la ranura o cuando el equipo de
inserción de bobinas experimenta dificultades para introducir
las espiras del hilo de un diámetro particular pero puede in
troducir espiras comprimiendo dos hilos de diámetro diferente.
Naturalmente, podría crearse un solo devanado enrollando más de
30 dos conductores simultáneamente o podrían crearse dos devana

1 dos en las mismas ranuras del núcleo formando por separado ca
da devanado y a continuación introduciendo ambos devanados en
las ranuras del núcleo.

5 Como se ha indicado anteriormente, la expresión de
sarrollada para determinar cuantitativamente la relación entre
la longitud de arco de los imanes, la dispersión de los devana
dos, el número de fases y el ángulo de avance de sincronización,
suponía la utilización de todas las ranuras para las espiras de
los devanados, y suponía igualmente que no había ranuras com
10 partidas entre devanados. Sin embargo, varios factores pueden
hacer que sea imposible desde el punto de vista práctico tener
chapas troqueladas con ranuras de núcleo ideales o una distri
bución de devanado ideal. Por ejemplo, los núcleos disponibles
pueden presentar un número de ranuras excesivo o insuficiente
15 para adaptarse a la situación ideal cuando todas las ranuras
del núcleo están llenas y no es preciso que los devanados com
partan las ranuras. En estas circunstancias, el funcionamiento
adecuado del motor puede obtenerse todavía mediante compensa
ción de este incremento o de esta reducción de la dispersión
20 de los devanados producida por el hecho de que se comparten ra
nuras o por el hecho de que se dejan ranuras vacías. Si se de
jan ranuras de núcleo vacías o si una ranura de núcleo se com
parte entre varios devanados, entonces, la dispersión no es
igual a $180/N$ siendo N el número de fases. Por ejemplo, la fi
25 gura 34 representa un motor bipolar de dos fases con los deva
nados "a" y "b" que comparten las ranuras 900, 902, 904 y 906
y, por tanto, la dispersión será superior a 90 grados eléctri
cos. Por consiguiente, será preciso aumentar la longitud de
los imanes del rotor para compensar este incremento de la dis
30 persión de los devanados.

1 La figura 35 ilustra un núcleo de inducido fijo para
un motor bipolar de dos fases con ranuras vacías 908, 910, 912,
914, entre los devanados "a" y "b". Con esta disposición, el
núcleo no se utiliza totalmente, pero la distribución de los de
5 vanados es simétrica. Esta disposición permite utilizar un imán
permanente de rotor de longitud de arco inferior a la que se
necesita cuando todas las ranuras están llenas con espiras de
devanado.

 Aunque las disposiciones de inducido fijo de las fi
10 guras 34 y 35 utilizan ranuras compartidas y vacías, respecti
vamente, los devanados están dispuestos simétricamente alrede
dor del inducido. La figura 36 ilustra una disposición de deva
nado no simétrica en un inducido fijo de 18 ranuras para motor
bipolar de dos fases. Las ranuras vacías 916, 918 se ven en la
15 parte central del devanado "a" sin que aparezcan ranuras vacías
en el devanado "b". Con esta disposición, el motor sería sin
embargo todavía capaz de funcionar, pero con un rendimiento re
ducido, haciendo que no sea conveniente para aplicaciones en
las cuales se necesita un rendimiento óptimo del motor. Además,
20 sería preciso compensar esta falta de simetría en circuitos
utilizados para avanzar el ángulo de sincronización de la ener
gización de los devanados, por ejemplo, incorporando un retardo
de tiempo en el circuito que controla la conmutación del deva
nado "a" para compensar el tiempo de "energización" superior
25 al que se necesita para el devanado "b".

 Los controles de conmutación para motores según el
presente invento, no están afectados por el número de polos.
Por ejemplo, los motores de tres fases que se representan en
las figuras 28, 29 y 30 podrían utilizar un circuito de conmu
30 tación idéntico. Por otra parte, los motores de tres fases pue

1 den utilizar sustancialmente el mismo circuito que el que ha
sido empleado para el motor bipolar de dos fases descrito más
arriba, según se ilustra en las figuras 25a y 25b.

5 Las figuras 37a y 37b ilustran el circuito de conmutación que podría utilizarse para un motor de tres fases. La figura 37a es similar a la figura 25a, con la excepción que consiste en que el hilo 386, una de las resistencias 592, y el elemento de conmutación 392 han sido suprimidos para el funcionamiento en tres fases. Como se ha mencionado anteriormente,
10 el número de polos no afecta a la conmutación, pero sin embargo, en el caso de funcionamiento de un motor de tres fases, debe ajustarse el intervalo de integración de la fuerza contraelectromotriz. Este reglaje del intervalo de integración, se obtiene por medio del potenciómetro 464. El reglaje del potenciómetro hace variar el punto de disparo del disparador de
15 Schmitt constituido por los inversores 416 y 418. El amplificador operacional 382 integra la fuerza contraelectromotriz durante un intervalo de tiempo o hasta que se haya acumulado un número predeterminado de voltio-segundos, después de lo
20 cual el circuito disparador de Schmitt se dispara de la manera descrita con referencia a la figura 25a.

Haciendo referencia a la figura 37b, se ve que el
circuito de conmutación restante es igual al circuito ilustra
do en la figura 25b. Los dos circuitos difieren en que, para
25 el funcionamiento de un motor de tres fases, los flip-flops 452 y 454 han sido modificados para producir tres señales de salida, y el elemento 920 con las entradas Q_1 y \bar{Q}_2 puede ser añadido para aplicar por la línea 922 una señal destinada a efectuar la reposición de los flip-flops 452 y 454 cuando es
30 tán presentes ambas señales Q_1 y \bar{Q}_2 . Además, puesto que es ne

1 cesario conmutar solamente tres devanados para el funcionamien
to de tres fases, se ve en la figura 37b que se ha suprimido
de la figura 25b uno de cada uno de los elementos 456, 400, 458
376, 644, 646, 362, 364 y 366.

5 Sin embargo, se ha comprobado que el acoplamiento en
tre los devanados de un motor de tres fases puede ser no supe
rior al 25% en comparación con el motor bipolar de dos fases
con enrollamiento bifilar, en el cual existe un excelente aco
plamiento entre los devanados. Por tanto, existe energía alma
10 cenada en cada devanado después de que haya sido desenergizado
y esta energía debe ser, bien disipada, bien recuperada. Esta
energía almacenada puede ser disipada por medio de los transis
tores de potencia, o bien la energía puede ser, ya sea disipa
da, ya sea recuperada, por una variante de circuito 924 conec
15 tada con los devanados por medio de los diodos 926, según se
ilustra en la figura 37b. Para efectuar la disipación, la va
riante de circuito podría estar constituida por una disposición
de diodos zener. La disipación de la energía almacenada o bien
la recuperación de la energía por la variante de circuito, per
20 mitiría que los transistores de potencia 362, 364, tengan carac
terísticas de tensión más reducidas.

Las formas de onda de los circuitos de motor de tres
fases de las figuras 37a y 37b se ilustran en la figura 38. Es
tas formas de onda son esencialmente las mismas que las del mo
25 tor de dos fases ilustrado en la figura 26, salvo que se han
suprimido las señales de las líneas 402 y 434 y que se han mo
dificado las señales Q_1 , \bar{Q}_1 , Q_2 y \bar{Q}_2 .

Los circuitos descritos más arriba de las figuras
37a y 37b se referían a un motor de tres fases con sus devana
30 dos conectados en una disposición de medio-puente. Sin embargo,

1 si los devanados se hubiesen conectado con una disposición de
puente completo, según se ilustra en las figuras 9 y 10, se hu
biesen podido recuperar sustancialmente la totalidad de la ener
gía procedente de cada fase utilizando la disposición de diodos
5 que se representa en las figuras 9 y 10, y el condensador de
almacenado de energía, tal como 91.

Otro procedimiento para controlar la conmutación de
un motor de tres fases se ilustra en la figura 46, la cual re
presenta un circuito de tres fases (con conector neutro conec
10 tado a tierra) con los números correspondientes indicados entre
paréntesis para designar las salidas del contador de anillo
1137 y las entradas de activación con los conmutadores de detec
ción, tales como 1142 y los conmutadores de activación de deva
nados o conmutadores de potencia, tales como 1140. Como se ilus
15 tra en la figura 46, el amplificador 1123, el rectificador de
media onda 1125, el integrador 1127, el comparador 1129, la po
larización de comparador 1131 y la polarización de integrador
1132 utilizada para el arranque del motor, el temporizador mo
noestable 1133, el circuito diferenciador 1135 y el contador
20 de anillo 1137, funcionan sustancialmente de la manera descri
ta anteriormente con relación a las figuras 41 y 45. Con tres
devanados, se necesitan solamente tres conmutadores de poten
cia, tales como 1140 y no se necesita ningún circuito lógico
para controlar estos devanados; sin embargo, cada fase es fil
25 trada por unas resistencias, tales como 1139, y unos condensa
dores, tales como 1141, los cuales presentan, por ejemplo, una
constante de tiempo 0,1 milisegundo y sirven para reducir los
fenómenos transitorios presentes durante el intervalo de conmu
tación. En el circuito de la figura 46, cada devanado se ener
30 giza aproximadamente durante la tercera parte del tiempo, y en

1 el circuito de la figura 45, cada devanado se energiza aproxima
damente durante la cuarta parte del tiempo. Sin embargo, puede
utilizarse un circuito más perfeccionado, tal como el que se
ilustra en la figura 47, para energizar cada devanado de una
5 disposición de motor de tres fases, durante las dos terceras
partes del tiempo. Un sistema tal como el que se ilustra en la
figura 47 presenta la ventaja de que cada devanado del motor
se utiliza o se energiza durante las dos terceras partes del
tiempo, dando así al motor un rendimiento más elevado, para un
10 tamaño dado, en comparación con el sistema de la figura 46.

En el sistema de la figura 47, se utilizan seis con
mutadores de potencia o transistores, tales como 1143, 1145 y
1147, ya que, puesto que no se conecta a tierra la conexión
neutral, los tres devanados conectados en puente completo ten
15 drán dos de estos devanados que dejan pasar la corriente en
cualquier momento dado. En estas condiciones, por ejemplo, cuan
do la corriente penetra en el devanado "a" y sale por el devana
do "b", los transistores 1143 y 1147 están energizados simultá
neamente. El circuito de la figura 47 utiliza igualmente un
20 contador de anillo 1149, que tiene ahora seis etapas, el cual
progresa al ser accionado por un circuito diferenciador 1151.
Los devanados "a", "b" y "c" se muestrean secuencialmente (uti
lizando el devanado que no transporta corriente) por medio de
una activación secuencial de los conmutadores tales como 1153,
25 y esta tensión de muestreo es amplificada por el amplificador
1155, y ya que, como en el caso del circuito de la figura 41,
pueden presentarse dos polaridades de tensión detectada, esta
tensión detectada es transmitida por uno de los conmutadores
1157 ó 1159, o a voluntad por medio de inversor 1161, a un am
30 plificador suplementario 1163. El amplificador 1163 puede fun

1 cionar como el rectificador de media onda descrito más arriba
y proporciona una señal de salida al circuito integrador 1165,
que tiene una tensión de polarización o tensión de arranque
aplicada en 1167, y esta salida del integrador se aplica a tra
5 vés del amplificador 1169 al comparador 117, el cual, cuando
la tensión del circuito de integración rebasa el valor de la
tensión de referencia suministrada por la fuente 1173, hace que
el temporizador monoestable 1175 efectúe la reposición del in
tegrador 1165 y también del contador de anillo, por medio del
10 circuito diferenciador 1151. Se observa que un asterisco antes
del símbolo de identificación de un devanado indica la circula
ción de la corriente a través del mismo devanado en una direc
ción opuesta a la dirección de circulación a través de un deva
nado con símbolo de identificación no provisto de asterisco.

15 Las seis posiciones de bitio del contador de anillo se acoplan
invirtiéndolas de la manera indicada con las entradas de las
varias puertas NAND, tales como 1177, y estas salidas 1,2,3,4,
5 y 6 de la puerta NAND activan los transistores que llevan la
identificación correspondiente, tales como 1143. Las salidas de
20 las puertas NAND, tales como 1177, se aplican igualmente a las
entradas numeradas de manera correspondiente de las puertas
NAND, tales como 1179, cuyas salidas se decodifican y, por ejem
plo, la puerta NAND 1181 controla el conmutador 1159, mientras
que la puerta NAND 1183 controla el conmutador 1153. Las demás
25 puertas NAND dispuestas de manera similar controlan conmutado
res identificados de manera correspondiente. Por ejemplo, en
los circuitos de la figura 47 se obtiene una utilización más
completa de los devanados, añadiendo circuitos lógicos suple
mentarios.

30

La conmutación de un motor de cuatro fases, tal como

1 el que se ilustra en la figura 31, podría ser controlada por
el circuito representado en las figuras 25a y 25b mediante la
adición del circuito de recuperación de energía ilustrado en
la figura 37b. Sin embargo, si el motor de cuatro fases tuvie
5 ra que estar dotado de un imán permanente con aproximadamente
la misma longitud de arco en grados eléctricos que la que se
utiliza en el motor de dos fases, no se utilizaría la capacidad
máxima del imán. Por tanto, la longitud de arco del imán del
motor de cuatro fases puede ser reducida para obtener el mismo
10 par que el de la curva de fuerza electromotriz que se ilustra
en la figura 26 y que se obtiene con el motor de dos fases.

Por otra parte, se cree que sería más conveniente
conservar imanes de longitud de arco aproximadamente idéntica
tanto en motores de dos fases como en motores de cuatro fases,
15 y prever una superposición de los tiempos de "energización" de
los devanados. Esta superposición de los tiempos de "energiza
ción" y la utilización completa de los imanes permitirían ob
tener un motor con un par de salida total más importante, por
que durante los períodos de superposición, los devanados ener
gizados producirían un par aditivo. Esta superposición del tiem
20 po de "energización" puede obtenerse añadiendo, circuitos ló
gicos adicionales en las líneas 434, 436, 438 y 440 de la figu
ra 25b para hacer que las señales aplicadas a estas líneas pre
sented una mayor duración. Las formas de onda resultantes de
25 la modificación del circuito de la figura 25b para motor de 4
fases, se representan en la figura 39, y se han ilustrado en
líneas de puntos los cambios en las señales aplicadas a las lí
neas 434, 436, 438 y 440. Las demás señales son idénticas a
las que se ilustran en la figura 26.

30 Además, el acoplamiento entre los devanados de un mo

1 tor de cuatro fases es inferior al acoplamiento de un motor de
dos fases con enrollamiento bifilar del tipo ilustrado en las
figuras 1 y 2. Por tanto, una variante de circuito que se repre
5 senta en la figura 35b y que se describe más arriba para motor
de tres fases, podría ser utilizada para un motor de cuatro fa
ses, o la energía almacenada podría ser disipada por los tran
sistores de potencia 362 y 364.

Se cree que podrían construirse de acuerdo con las
enseñanzas del presente invento motores con un número de fases
10 todavía superior y cualquier número de polos. Los devanados
de cada fase se conectarían en un circuito de medio-puente y
se conmutarían con circuitos similares al que ha sido utiliza
do con los motores de tres fases y cuatro fases descritos más
arriba. Aunque se cree que la tensión de la fuerza electromo
15 triz de dos o más devanados puede combinarse para simular la
posición del rotor, sería generalmente preferible utilizar un
circuito de detección dotado de un dispositivo de detección
de la tensión de la fuerza electromotriz de cada devanado. Si
fuese preciso construir un motor con cinco o más fases, podría
20 utilizarse el dispositivo de determinación de posición descrito
más arriba para simular la posición del rotor. Sin embargo,
conforme se aumenta el número de fases, se necesita un tiempo
de reposición más corto para el circuito de determinación de
posición, con el objeto de garantizar la reposición del circui
25 to antes del punto de cruce por el valor cero mencionado más
arriba o punto "B" de la tensión de fuerza electromotriz. Ade
más, el circuito lógico que genera A, B, \bar{A} , etc, debería ser
modificado para producir señales de salida en número igual al
número de devanados que han de ser energizados secuencialmen
30 te y, naturalmente, cada devanado debería dotarse de un dispo

1 sitivo de transistor de potencia separado para efectuar su energización.

5 Otras variaciones podrían ser efectuadas utilizando las enseñanzas del invento. Por ejemplo, los devanados de motores multifases construidos de la manera indicada aquí podrían ser conectados en una configuración de circuito de puente completo como se representa en las figuras 9 y 10 para obtener una utilización más eficaz del material de los devanados, aunque, naturalmente a cambio de circuitos suplementarios. Con este procedimiento, un circuito de detección similar al circuito de detección 814 de la figura 25a, podría dotarse bien de un dispositivo rectificador de media onda, como se ha indicado anteriormente con referencia a la figura 47, o de dos conmutadores para cada devanado, con el objeto de invertir la polaridad de la tensión de la fuerza electromotriz cuando es negativa, de modo que se aplique siempre una tensión positiva al circuito de determinación de posición. Sería preciso utilizar cuatro señales lógicas, tales como A, B, \bar{A} , etc, y cuatro grupos de transistores de potencia, para cada devanado conectado en una disposición de puente completo, con la excepción de un motor de tres fases, en el cual los devanados podrían conectarse de la manera representada en la figura 47 utilizando seis grupos de transistores de potencia.

15 Aunque el invento haya sido descrito con relación a diferentes modos de realización del mismo, los peritos en la materia podrán idear variaciones después de leer la descripción que antecede. Por tanto, aunque se haya descrito lo que se considera actualmente como siendo los modos de realización preferidos del invento, se entiende claramente que esta descripción se ha dado solamente a título de ejemplo y sin carácter limita

20

25

30

tivo.

En resumen, la presente patente de invención que se solicita deberá recaer en las siguientes

REIVINDICACIONES

1

5

10

15

20

25

30

1. Motor de corriente continua sin escobillas que incluye un inducido fijo dotado de un núcleo y, por lo menos, dos fases de devanado; incluyendo cada fase de devanado, por lo menos, dos bobinas de espiras de devanado concéntricas soportadas por el núcleo y dispuestas para establecer un número predeterminado de polos magnéticos, y teniendo las espiras de devanado de cada fase de devanado un número de grupos de porciones de conductor que se extienden axialmente, siendo dicho número igual al número predeterminado de polos; estando las porciones de conductor que se extienden axialmente en cada grupo dado constituido generalmente por aproximadamente la mitad de las porciones de espiras laterales de conductor de, por lo menos dos bobinas diferentes, y estando dichos conductores dispuestos para conducir la corriente instantáneamente en la misma dirección axial a lo largo del núcleo, creando así un polo magnético cuando se energiza la fase de devanado que contiene dicho grupo dado; siendo la extensión curva de cualquier grupo dado de conductores que se extienden axialmente inferior a aproximadamente 120 grados eléctricos; un rotor que tiene unas regiones polares de polaridad magnética constante cuyo número es igual al número predeterminado de polos, estando dicho rotor adaptado para girar con relación al inducido en respuesta a los polos magnéticos creados por las espiras de devanado; y un dispositivo de conmutación interconectado con, por lo menos, una fase de devanado para detectar la posición angular relativa del rotor y del inducido fijo y que sirve para energizar las fases de devanado de una manera predeterminada, con el objeto de crear los polos magnéticos en dicho inducido de modo que se produzca el movimiento giratorio del rotor.

1 2. Motor según la reivindicación 1, caracterizado porque cada extensión predeterminada está incluida en una gama preferida de 30 grados a 120 grados eléctricos aproximadamente.

5 3. Motor según la reivindicación 1, caracterizado porque los devanados están dispuestos en pares y cada par está constituido por conductores bifilares que comparten ranuras de inducido comunes.

10 4. Motor según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos devanados están conectados en una configuración de puente.

15 5. Motor según la reivindicación 1, caracterizado porque las regiones polares magnéticas establecidas por dicho rotor están creadas por imanes permanentes dispuestos en el rotor.

 6. Motor según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de conmutación responde a la fuerza contraelectromotriz de un devanado no energizado para determinar la posición angular relativa del rotor y del inducido fijo.

20 7. Motor según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de conmutación incluye un dispositivo de circuito de detección que responde a la circulación de la corriente en los devanados para proporcionar una señal de salida indicativa de la velocidad del rotor, y un dispositivo de circuito de energización que responde a la salida de dicho dispositivo de circuito de detección para proporcionar una pluralidad de señales de energización de devanado de inducido desplazadas con una secuencia predeterminada en el tiempo.

25 8. Motor según la reivindicación 1 que incluye un
30 inducido fijo dotado de un núcleo y, por lo menos, dos fases

1 de devanado; incluyendo cada devanado espiras de devanado con-
céntricas soportadas por dicho núcleo y dispuestas para crear
un número predeterminado de polos magnéticos y teniendo las es-
piras de devanado de cada fase de devanado un número de grupos
5 de porciones de conductos que se extienden axialmente, siendo
dicho número igual al número predeterminado de polos magnéti-
cos; estando las porciones de conductor que se extienden axial-
mente en cada grupo dispuestas en dicho inducido para conducir
la corriente instantáneamente en la misma dirección axial a lo
10 largo del núcleo, estableciendo así un polo magnético cuando se
energiza la fase de devanado que contiene el grupo dado; siendo
la extensión curva de cualquier grupo dado de conductores que
se extienden axialmente inferior a 120 grados eléctricos apro-
ximadamente; un rotor que tiene regiones polares magnéticas
15 constantes en número igual al número predeterminado de polos,
estando dicho rotor adaptado para girar en respuesta a los po-
los magnéticos creados por las espiras del devanado; y un cir-
cuito de conmutación para energizar los devanados de una manera
predeterminada, incluyendo dicho circuito de conmutación un
20 circuito de detección para detectar una señal de fuerzas con-
traelectromotriz indicativa del estado de la fuerza contraelec-
tromotriz de, por lo menos, un devanado, un dispositivo de
circuito de determinación de posición para acondicionar la se-
ñal de fuerza contraelectromotriz detectada por el circuito de
25 detección y para producir una tensión de salida de posición re-
lativa simulada que indica la posición angular relativa del ro-
tor y del inducido, estando dicha tensión de salida de posición
relativa determinada por el estado de la fuerza contraelectro-
motriz de un devanado, y un dispositivo de circuito interconec-
30 tado con el dispositivo de circuito de determinación de posi-

1 ción para aplicar una señal de salida destinada a energizar
un devanado elegido.

5 9. Motor según la reivindicación 8, caracteriza-
do porque el circuito de determinación de posición del circui-
to de conmutación incluye un circuito para producir una señal
bajo la forma de una medición del flujo en un devanado que no
está sometido a energización y para producir dicha tensión de
salida de posición relativa simulada.

10 10. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el circuito de determinación de posición sirve para pro-
ducir el avance de la conmutación de los devanados en un ángu-
lo α incluido entre 5 y 30 grados eléctricos aproximadamente,
con el objeto de facilitar el establecimiento de la corriente
cuando se energizan los devanados durante las condiciones de
15 funcionamiento normal.

11. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el circuito de determinación de posición incluye unos
medios para hacer variar el avance del ángulo de conmutación
 α .

20 12. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el dispositivo de circuito de determinación de posición
del circuito de conmutación incluye un dispositivo de integra-
ción destinado a integrar la señal de fuerza contraelectromotriz
procedente de dicho circuito de detección hasta un valor predeter-
25 minado de voltio-segundos después de lo cual el circuito de de-
terminación de posición produce una señal de salida que se apli-
ca al dispositivo de circuito.

30 13. Motor según la reivindicación 12, caracterizado
porque el valor predeterminado del voltio-segundos obtenido
por dicho dispositivo de circuito de determinación de posición

1 se produce en una posición angular del rotor con relación al
inducido que corresponde al ángulo α de avance de conmutación.

5 14. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el circuito de determinación de posición del circuito
de conmutación incluye un oscilador controlado por tensión
que responde a la salida de dicho circuito detector, produ-
ciendo impulsos de salida a una frecuencia indicativa de di-
cha señal de salida del detector y un dispositivo contador que
responde al oscilador produciendo una señal de salida después
10 de que se ha contado un número predeterminado de impulsos.

15 15. Motor según la reivindicación 8, caracteriza-
do porque el circuito detector del circuito de conmutación
detecta la fuerza contraelectromotriz de un solo devanado a
la vez, y porque el circuito incluye además un dispositivo de
conmutación que conmuta secuencialmente las señales de fuerza
contraelectromotriz procedentes de los diferentes devanados
hacia el circuito detector.

20 16. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el estado de la fuerza contraelectromotriz detectado
por el circuito de detección del circuito de conmutación in-
cluye una señal característica generada por un dispositivo
que facilita el arranque y porque la señal característica es-
tá asociada con el estado de la fuerza contraelectromotriz
del motor a una velocidad lenta del motor.

25 17. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el circuito de conmutación incluye además un disposi-
tivo para efectuar la reposición del dispositivo de circuito
de determinación de posición después de que se ha producido
la tensión de salida de posición relativa simulada.

30 18. Motor según la reivindicación 8, caracterizado

1 porque el dispositivo de circuito del circuito de conmutación
incluye un dispositivo de circuito lógico que responde a la
salida del circuito de determinación de posición, con el ob-
jeto de seleccionar una secuencia de energización de los de-
5 vanados.

19. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el dispositivo de circuito del circuito de conmutación
incluye un dispositivo de posicionamiento que responde a la
salida del circuito de determinación de posición produciendo
10 una secuencia de energización de los devanados.

20. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el dispositivo de circuito del circuito de conmutación
incluye unos primero y segundo flip-flop, estando la entrada
de dicho primer flip-flop acoplada con la salida del circuito
15 de determinación de posición para proporcionar una primera y
segunda señales complementarias, teniendo dicho segundo flip-
flop una entrada acoplada con una de las salidas de dicho pri-
mer flip-flop para proporcionar unas tercera y cuarta señales
complementarias.

20 21. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el circuito de conmutación incluye además un dispositi-
vo de protección que actúa para impedir que se produzcan des-
perfectos en el circuito de conmutación y en el motor debido
a la inversión de la polaridad de una fuente de corriente con-
25 tina que suministra energía al circuito de conmutación y al
motor.

22. Motor según la reivindicación 8, caracterizado
porque el circuito de conmutación incluye un dispositivo de
excitación con energía para aplicar energía a los devanados
30 y un dispositivo conductor unidireccional conectado con éstos

1 para conducir la energía almacenada procedente de un devanado
después de la desenergización del devanado.

23. Motor según la reivindicación 1 que incluye un
inducido fijo provisto de un núcleo ranurado y, por lo menos,
5 dos fases de devanado, incluyendo cada fase de devanado por
lo menos una bobina de espiras concéntricas de devanado alo-
jadas en unas ranuras del núcleo no adyacentes, dispuestas
simétricamente para establecer un número predeterminado de
polos magnéticos, y teniendo las espiras de devanado de cada
10 fase de devanado un número de grupos de porciones de conduc-
tor que se extienden axialmente, siendo cada número igual al
número predeterminado de polos; estando las porciones de con-
ductor que se extienden axialmente en cada grupo dado consti-
tuídas generalmente por la mitad de las porciones de conduc-
15 tor de, por lo menos, una bobina, y estando dichos conducto-
res dispuestos para conducir la corriente instantáneamente en
la misma dirección axial a lo largo del núcleo, con el objeto
de crear un polo magnético cuando se energiza la fase de deva-
nado que contiene dicho grupo dado; siendo la extensión curva
20 de cualquier grupo dado de conductores que se extienden axial-
mente inferior a 120 grados eléctricos; un rotor que tiene re-
giones polares de polaridad magnética constante en número
igual al número predeterminado de polos, estando dicho rotor
adaptado para girar con relación al inducido en respuesta a
25 los polos magnéticos establecidos por las espiras de devanado;
y un dispositivo de conmutación interconectado con, por lo me-
nos, una fase de devanado, con el objeto de detectar la posi-
ción angular relativa del rotor y del inducido fijo y que sir-
ve para energizar las fases de devanado de una manera prede-
30 terminada, con el objeto de crear los polos magnéticos en di-

1 cho inducido de modo que se produzca el movimiento de rotación
del rotor.

5 24. Motor según la reivindicación 1, que incluye un
inducido fijo provisto de un núcleo y, por lo menos, dos fases
de devanado; incluyendo cada fase de devanado espiras concén-
tricas de devanado alojadas en el núcleo y dispuestas para
10 crear un número predeterminado de polos magnéticos, y tenien-
do las espiras de devanado de cada fase de devanado un número
de grupos de porciones de conductos que se extienden axialmen-
te, siendo dicho número igual al número predeterminado de po-
los; estando las porciones de conductor de espiras laterales
que se extienden axialmente en cada grupo dado, dispuestas pa-
ra conducir la corriente instantáneamente en las mismas direc-
15 ciones axiales a lo largo del núcleo, estableciendo así una
extensión predeterminada y creando un polo magnético cuando
se energiza la fase de devanado que contiene cada grupo dado;
un rotor que tiene una pluralidad de segmentos de imán perma-
nente dispuestos en él y adaptado para girar en respuesta a
20 los polos magnéticos creados por el inducido; un cir-
cuito de conmutación para energizar los devanados de
una manera predeterminada y con un ángulo de avance α
predeterminado; y porque cada segmento de imán permanente
situado en dicho inducido es aproximadamente igual, en
25 grados eléctricos, a la extensión del devanado más
180 (N-1)/N menos 2 α , siendo N igual al número de fases de
devanado del motor.

25 25. Motor según la reivindicación 24, caracterizado
porque el ángulo de avance α predeterminado preferido está in-
cluido entre 5 y 30 grados eléctricos aproximadamente.

30 26. Motor según la reivindicación 24, caracterizado

1 pórque la expresión $180(N-1)/N$, en la cual N es igual al número de fases del motor, corresponde al tiempo de energización, en grados eléctricos, de cada devanado del motor.

5 27. Motor según la reivindicación 24, caracterizado porque el valor preferido de extensión cuando se utilizan todas las ranuras del inducido fijo y sin que se compartan ranuras entre devanados es, aproximadamente, igual a $180/N$, siendo N igual al número de fases de devanado del motor.

10 28. Motor según la reivindicación 1 que incluye un inducido fijo dotado de un núcleo y por lo menos dos fases de devanado, incluyendo cada devanado espiras de devanado concéntricas alojadas en un núcleo y dispuestas para producir un número predeterminado de polos magnéticos, un rotor adaptado para girar alrededor de dicho eje longitudinal en respuesta a los
15 polos magnéticos establecidos por dicho inducido, y un circuito de conmutación para energizar los devanados de una manera predeterminada, caracterizado porque dicho circuito de conmutación incluye un circuito de detección que incluye; un dispositivo que responde a la corriente que atraviesa los devanados de inducido proporcionando una señal de salida indicativa de la misma
20 un dispositivo para graduar la señal de salida en un factor que corresponde a la resistencia de los devanados de inducido, un dispositivo para sustraer la señal graduada resultante de la tensión aplicada a los devanados del inducido para proporcionar
25 una señal indicativa de la fuerza contraelectromotriz del motor de corriente continua sin escobillas, y un dispositivo de circuito de frecuencia que responde a la señal de la fuerza contraelectromotriz con el objeto de generar una señal con una
30 frecuencia proporcional a ésta, que indica la velocidad del rotor, y teniendo dicho dispositivo de circuito de frecuencia

1 una señal de salida con una frecuencia mínima para facilitar el arranque del motor de corriente continua sin escobillas.

5 29. Motor según la reivindicación 28, caracterizado porque dicho dispositivo de circuito de frecuencia incluye un oscilador controlado por tensión, con el objeto de generar una señal de una frecuencia proporcional a esta tensión que indica la velocidad del rotor y porque el oscilador controlado por tensión tiene una señal de salida de frecuencia mínima para facilitar el arranque del motor de corriente continua sin escobillas.

10 30. Motor según la reivindicación 28, caracterizado porque el circuito de conmutación incluye además unos medios para impedir selectivamente la aplicación de la señal del circuito de detección indicativa de la fuerza contraelectromotriz al dispositivo de circuito de frecuencia y un dispositivo que funciona con éste para aplicar en sustitución, al dispositivo de circuito de frecuencia una señal proporcional a la carga del motor.

15 31. Motor según la reivindicación 30, caracterizado porque el dispositivo para aplicar en sustitución una señal proporcional a la carga del motor incluye unos medios para efectuar el muestreo de una primera porción de la corriente de devanado del motor, un dispositivo para efectuar el muestreo de una segunda porción de la corriente del devanado del motor, un dispositivo para comprobar las primera y segunda porciones muestreadas, con el objeto de modificar la frecuencia de la salida del dispositivo del circuito de frecuencia.

20 32. Motor según la reivindicación 1, que incluye un circuito de conmutación dotado de un inducido fijo con un eje longitudinal, una pluralidad de devanados dispuestos en dicho

25

30

1 inducido para crear campos magnéticos, un rotor adaptado para
girar alrededor de dicho eje longitudinal en respuesta a los
campos magnéticos creados por el inducido, incluyendo dicho
circuito de conmutación; un circuito de detección para detectar
5 la corriente que atraviesa los devanados del inducido y para
graduar la señal de corriente detectada de acuerdo con la re-
sistencia de los devanados, para detectar la tensión aplicada
al devanado, y para generar una señal de salida indicativa de
la velocidad del rotor; y un dispositivo de posicionamiento
10 que responde a la señal de salida del circuito de detección
generando una multiplicidad de señales de salida indicativas de
una posición relativa de dicho rotor respecto a dicho inducido;
un dispositivo de circuito de energización que responde a dicha
pluralidad de señales de salida procedentes de dicho dispositivo
15 de posicionamiento energizando dichos devanados en una secuen-
cia predeterminada de acuerdo con la posición relativa de dicho
rotor.

33. Motor según la reivindicación 32, en donde el
circuito de conmutación se caracteriza porque dicho dispositi-
20 vo de circuito de detección incluye un circuito oscilador con-
trolado por tensión con el fin de generar una señal con una
frecuencia proporcional a la velocidad del rotor del motor
de corriente continua sin escobillas.

34. Motor según la reivindicación 1 que tiene un
inducido fijo con, por lo menos, dos devanados diferentes ener-
25 gizables, dispuestos en él para producir campos magnéticos se-
parados y un rotor adaptado para girar alrededor de un eje
longitudinal en respuesta a los campos magnéticos, estando
dicho motor caracterizado porque incluye además; un detector
de posición del rotor para producir unas señales de salida en
30 forma de impulsos, indicativas de la posición del rotor con

1 relación al inducido fijo; un circuito lógico de avance paso
a paso que responde a las señales de salida en forma de im-
pulsos, inhibiendo la conmutación continua de los devanados
en una secuencia predeterminada; un circuito de control de
5 modo que responde a las señales de salida en forma de impul-
sos procedentes del detector de posición del rotor, a las
señales de mando de dirección de rotación, y a las señales
de mando de funcionamiento continuo y de avance paso a paso,
con el objeto de producir una salida destinada a ser utiliza-
10 da para seleccionar un devanado que ha de ser energizado; un
circuito de modulación de impulsos que responde al circuito
de control de modo suministrando una señal de salida para ener-
gizar un devanado elegido; y un detector de corriente que res-
ponde a la circulación de la corriente a través de los devanados
15 del motor produciendo una señal de salida que se aplica a dicho
circuito de modulación de impulsos para inhibir la señal de sa-
lida del circuito de modulación durante un período de tiempo
predeterminado cuando la corriente del motor rebasa un valor
predeterminado con el fin de limitar la magnitud de la corrien-
20 te aplicada a los devanados del motor.

35. Motor según la reivindicación 34, caracterizado
porque el detector de posición del rotor incluye unas bobinas
excitadora y captadora fijas y un obturador giratorio soporta-
do por el rotor para efectuar secuencialmente el acoplamiento
25 y el desacoplamiento de las bobinas, a fin de producir señales
de salida indicativas de la posición del rotor con relación al
inducido fijo.

36. Motor según la reivindicación 1 dotado de un in-
ducido fijo con, por lo menos, dos devanados diferentes ener-
30 gizable para producir campos magnéticos separados en una se-

1 cuencia en el tiempo, un rotor adaptado para girar alrededor
de un eje longitudinal en respuesta a los campos magnéticos,
y un circuito de conmutación para controlar la conmutación
de los devanados, caracterizado porque dicho circuito de con-
5 mutación incluye: un circuito de posición para simular la po-
sición del rotor; un circuito para energizar un devanado ele-
gido de acuerdo con la posición simulada del rotor; y un cir-
cuito de protección contra una velocidad insuficiente que actúa
para impedir que el circuito destinado a energizar un devanado
10 elegido energice cualquier devanado cuando la velocidad del mo-
tor es inferior a un valor mínimo predeterminado durante un
tiempo predeterminado.

37. Motor según la reivindicación 36, caracterizado
porque dicho circuito de protección contra una velocidad insufi-
15 ciente incluye unos medios para hacer variar dicho valor mínimo
predeterminado de la velocidad del motor.

38. Motor según la reivindicación 36, caracterizado
porque dicho circuito de protección contra velocidad insuficien-
te incluye un dispositivo de reposición que permite la energiza-
20 ción de los devanados del motor después de un período de tiempo
predeterminado.

39. Motor según la reivindicación 1 dotado de un in-
ducido fijo con, por lo menos, dos diferentes devanados ener-
gizables dispuestos en dicho inducido y que pueden ser energiz-
25 zados a partir de una fuente de tensión para producir campos
magnéticos separados en una secuencia de tiempo, un rotor adap-
tado para girar alrededor de un eje longitudinal en respuesta
a los ejes magnéticos y un circuito de conmutación para
controlar la conmutación de los devanados, caracterizado
porque dicho circuito de conmutación incluye un circui-
30 to de posición para simular la posición del rotor; un cir-

1 cuito para energizar un devanado seleccionado con potencia
 procedente de la fuente de tensión de acuerdo con la posi-
 ción simulada del rotor; y un circuito de protección contra
 tensión insuficiente que funciona para impedir que el circui-
5 to de energización de uno de los devanados que ha sido elegi-
 do energice cualquiera de los devanados cuando la tensión de
 salida de la fuente de tensión es inferior a un valor mínimo
 predeterminado.

 40. Motor según la reivindicación 1 dotado de un
10 inducido fijo de, por lo menos, dos devanados energizables
 diferentes situados en dicho inducido y que pueden ser ener-
 gizados a partir de una fuente de tensión para crear campos
 magnéticos separados en una secuencia de tiempo, un rotor
 adaptado para girar alrededor de un eje longitudinal en res-
15 puesta a los campos magnéticos y un circuito de conmutación
 para controlar la conmutación de los devanados, caracterizado
 porque dicho circuito de conmutación incluye: un circuito de
 posición para simular la posición del rotor; un circuito para
 energizar un devanado elegido con la energía procedente de la
20 fuente de tensión; y un circuito de detección de sobretensión
 que sirve para impedir que el circuito previsto para la ener-
 gización de uno de los devanados que ha sido elegido energice
 cualquiera de los devanados cuando la tensión de salida de la
 fuente de tensión es superior a un valor máximo predeterminado.

25 41. Motor según la reivindicación 1 que incluye un
 circuito de conmutación dotado de un inducido fijo con, por lo
 menos dos devanados energizables dispuestos en dicho inducido
 para crear campos magnéticos separados en una secuencia de tiem-
 po, un rotor adaptado para girar alrededor de un eje longitudi-
30 nal en respuesta a los campos magnéticos creados por el induci-

1 do y un circuito de conmutación para controlar la conmutación de los
devanados, caracterizado porque dicho circuito de conmutación inclu-
ye unos medios para facilitar el arranque del motor generando una se-
ñal característica que se asocia con un estado de la fuerza
5 contraelectromotriz del motor a velocidad reducida del mismo,
y porque la señal característica es de una magnitud sustancial-
mente inferior a la de la fuerza electromotriz asociada con el
motor a la velocidad de funcionamiento máxima.

42. Motor según la reivindicación 1 que incluye un
10 inducido fijo provisto de un núcleo y, por lo menos, dos fases
de devanado, incluyendo cada devanado unas espiras de devanado
concéntricas alojadas en dicho núcleo y dispuestas para crear
un número predeterminado de polos magnéticos, teniendo las es-
piras de devanado de cada fase de devanado un número de grupos
15 de porciones de conductor que se extienden axialmente en número
igual al número predeterminado de polos magnéticos; estando las
porciones de conductor que se extienden axialmente en cada gru-
po dispuestas en dicho inducido para conducir la corriente ins-
tantáneamente en la misma dirección axial a lo largo del núcleo
20 creando así un polo magnético cuando se energiza la fase de de-
vanado que contiene el grupo dado; un rotor que tiene regiones
polares magnéticas constantes en número igual al número prede-
terminado de polos, estando dicho rotor adaptado para girar en
respuesta a los polos magnéticos creados por las espiras de de-
25 vanado; y un circuito de conmutación para energizar los devana-
dos de una manera predeterminada, caracterizado porque dicho
circuito de conmutación incluye un circuito de detección para
detectar una señal de fuerza contraelectromotriz indicativa de
la condición de la fuerza electromotriz de, por lo menos, un
30 devanado, un dispositivo de circuito de determinación de posi-

1 ción que responde solamente a una porción de polaridad posi-
va de la señal de fuerza electromotriz procedente del circuito
de detección para integrar dicha porción de polaridad positiva
de la señal de fuerza electromotriz hasta un valor predetermi-
5 nado de voltio-segundos, con lo cual el dispositivo de circuito
de determinación de posición produce una tensión de salida de
posición relativa simulada para crear un avance predetermina-
do del ángulo α de conmutación incluido entre 5 y 30 grados
eléctricos aproximadamente, en respuesta a la tensión de sali-
10 da de posición relativa simulada procedente del dispositivo de
circuito de determinación de posición, con el objeto de sumi-
nistrar una señal de salida para energizar un devanado elegido.

43. Motor según la reivindicación 1 que incluye un
circuito de conmutación dotado con un inducido fijo dotado de
15 un eje longitudinal, una pluralidad de devanados de inducido
fijo situados en dicho inducido para crear campos magnéticos,
un rotor que tiene regiones polares magnéticas constantes y
adaptado para girar alrededor de dicho eje longitudinal en res-
puesta al campo magnético creado por dicho inducido, incluyendo
20 dicho circuito de conmutación:

un dispositivo contador que identifica el devanado
energizado;

un dispositivo para efectuar el muestreo de la ten-
sión inducida en un devanado que no está energizado en ese mo-
25 mento;

un dispositivo para integrar la muestra de tensión
inducida;

un comparador para comparar la integral de la ten-
sión con una tensión de referencia y que proporciona una se-
ñal de salida cuando la integral de la tensión rebasa la ten-
30 sión de referencia.

1 sión de referencia;

un dispositivo que responde a la señal de salida del comparador haciendo volver el dispositivo de integración a su estado inicial y haciendo progresar el dispositivo contador.

5 44. Motor según la reivindicación 43, caracterizado porque el dispositivo contador está constituido por un contador de anillo.

10 45. Motor según la reivindicación 43, caracterizado porque el dispositivo sensible a la señal de salida incluye un temporizador monoestable previsto para efectuar la reposición del dispositivo de integración, y un circuito diferenciador que responde al programador monoestable para hacer progresar el dispositivo contador.

15 46. Motor según la reivindicación 43, caracterizado porque el dispositivo para realizar el muestreo incluye una pluralidad de interruptores accionables eléctricamente, interconectados con los terminales de los devanados del motor, y que responde al dispositivo contador para efectuar el muestreo de una tensión inducida en un devanado que no ha sido identificado por el dispositivo contador como siendo energizado.

20 47. Motor según la reivindicación 46, caracterizado porque el dispositivo contador permite efectuar el muestreo del devanado que será energizado a continuación.

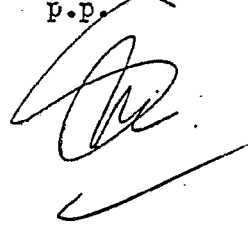
25 48. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA SIN ESCOBILLAS.

1 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la
presente memoria descriptiva que consta de ciento cuarenta y
dos páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid 4 de octubre de 1977

BERNARDO UNGRIA

P.P.



5

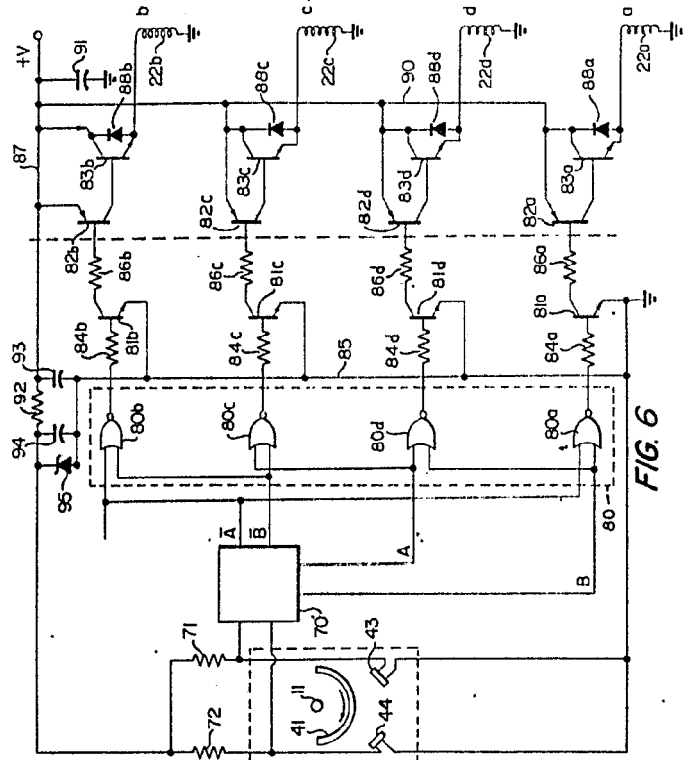
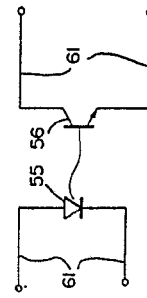
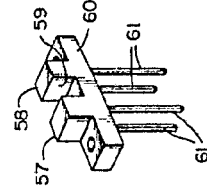
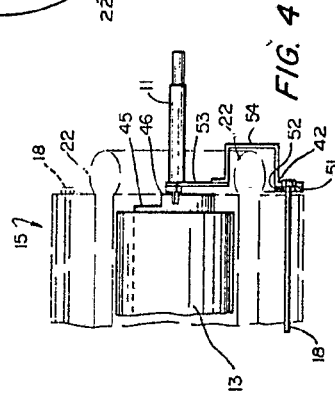
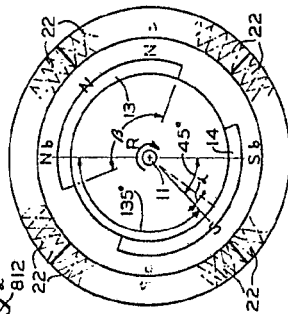
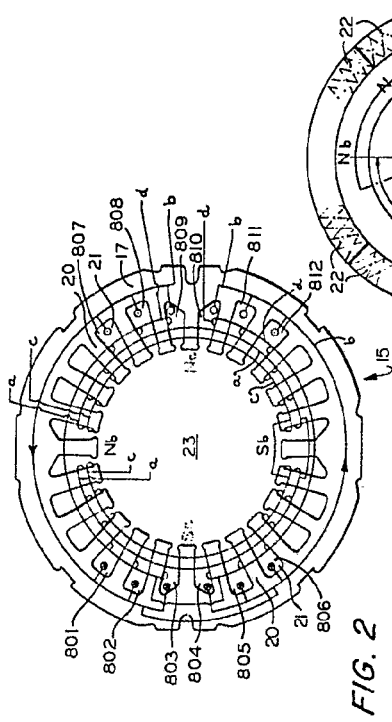
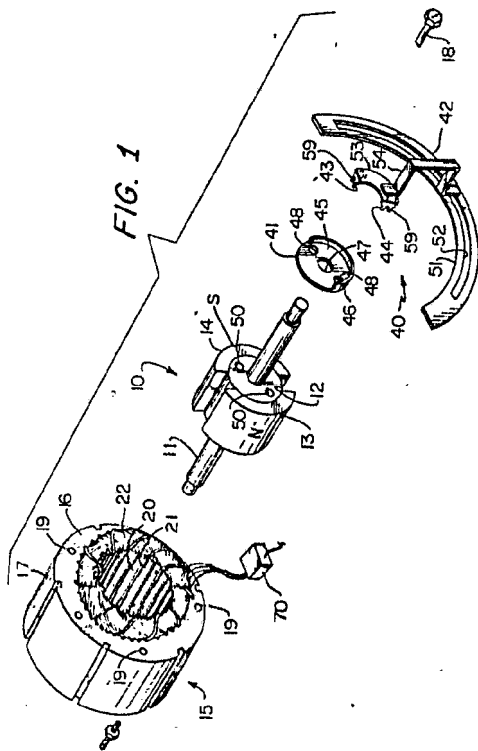
10

15

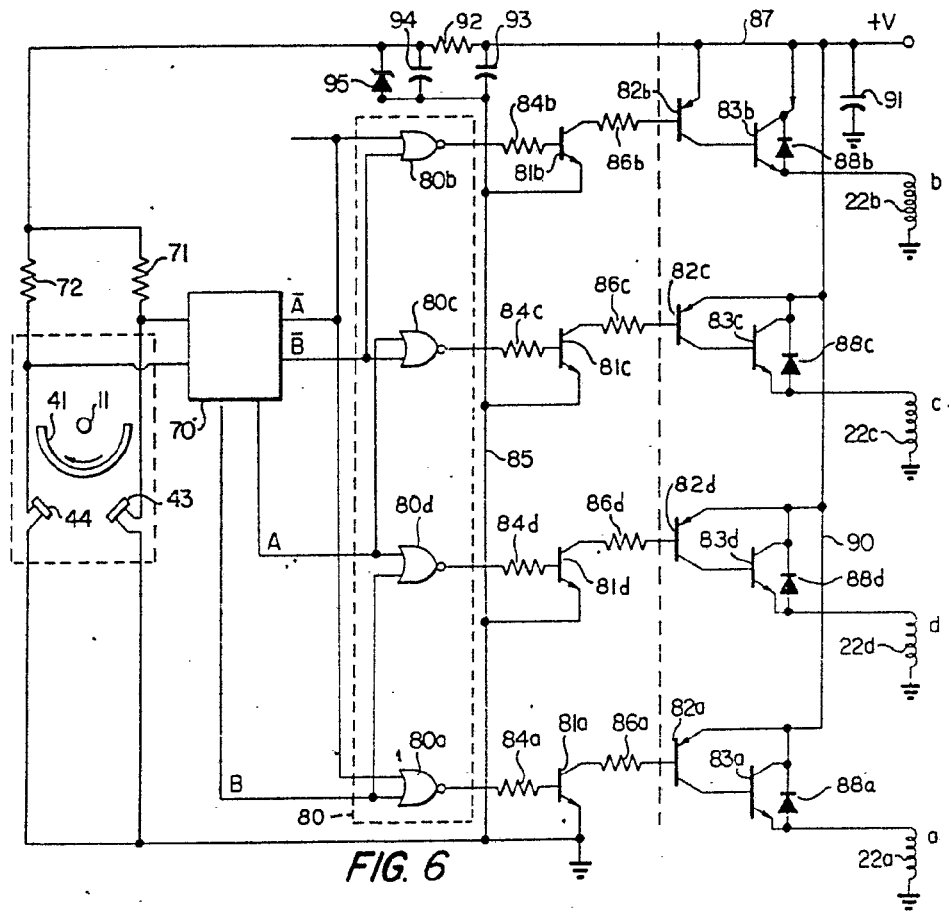
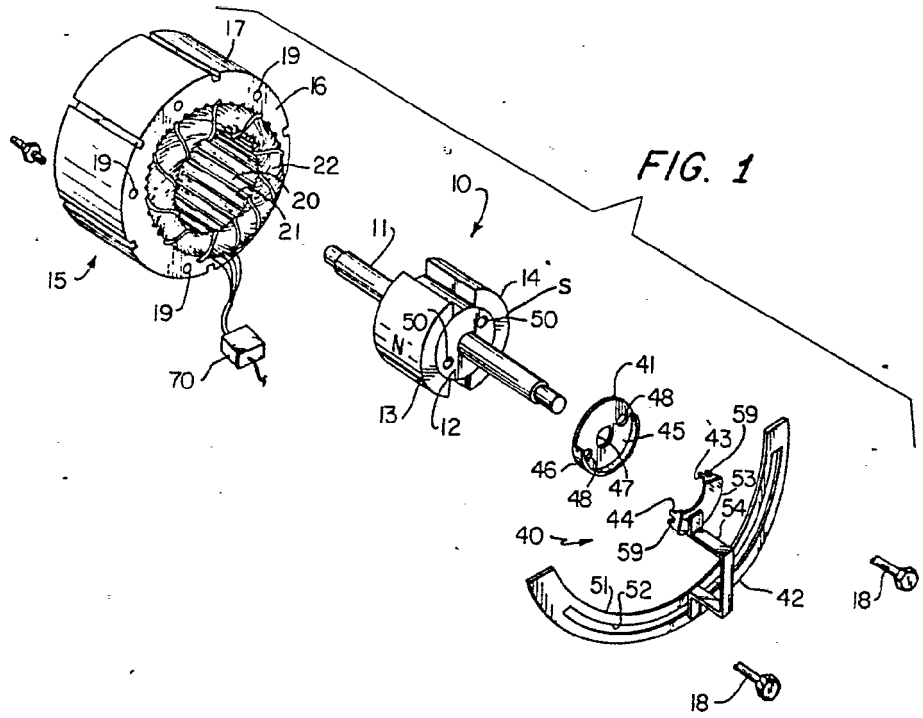
20

25

30



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 de febrero de 1977
 FERRER, J. M.



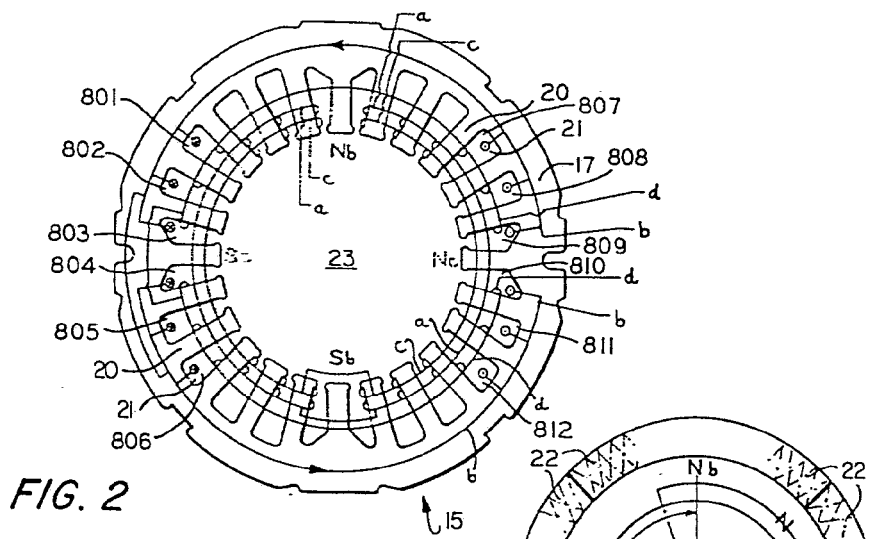


FIG. 2

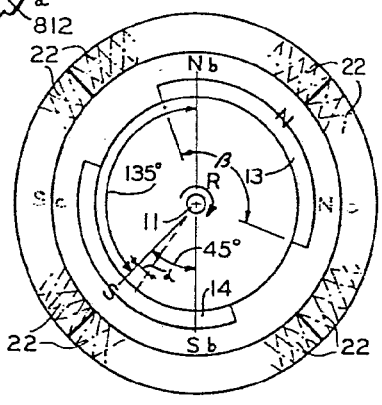


FIG. 3

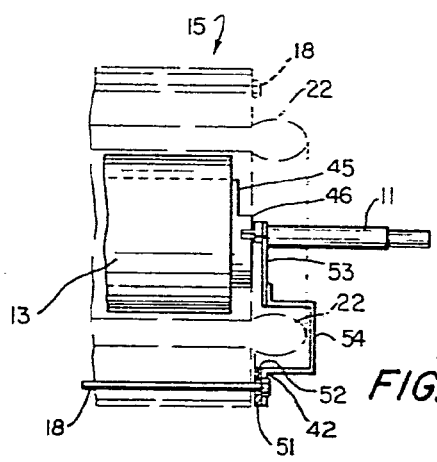


FIG. 4

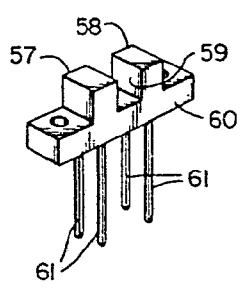


FIG. 5A

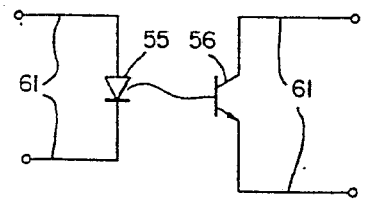


FIG. 5B

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1977
 FERRER, ENRIQUE

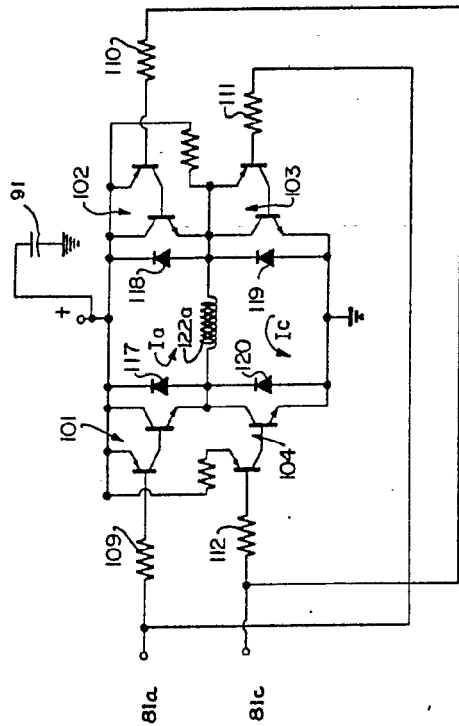
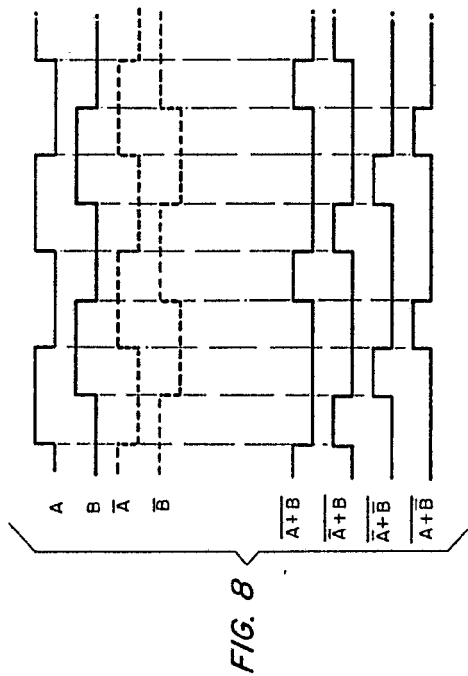
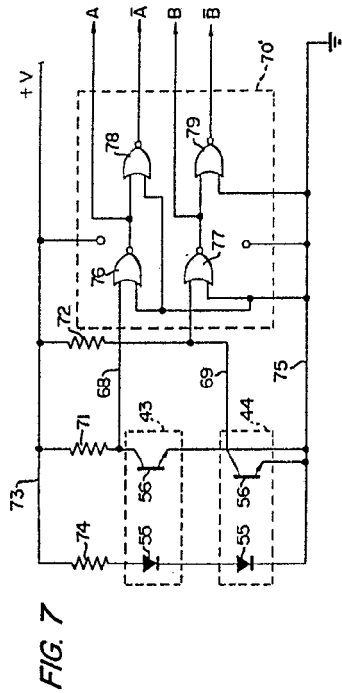


FIG. 9

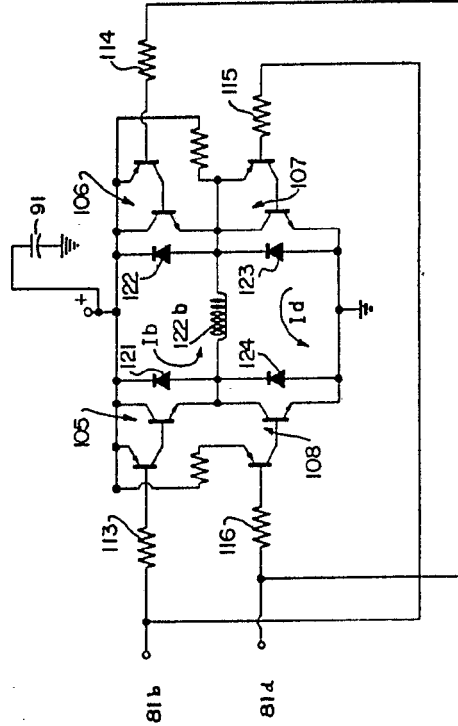
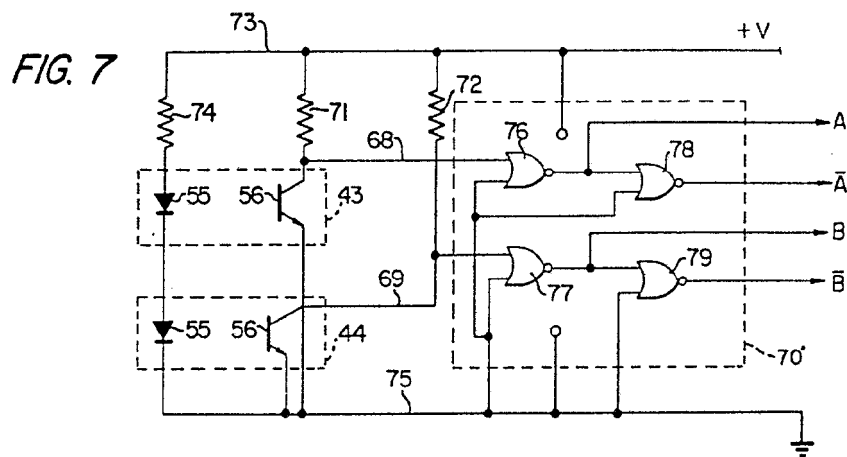


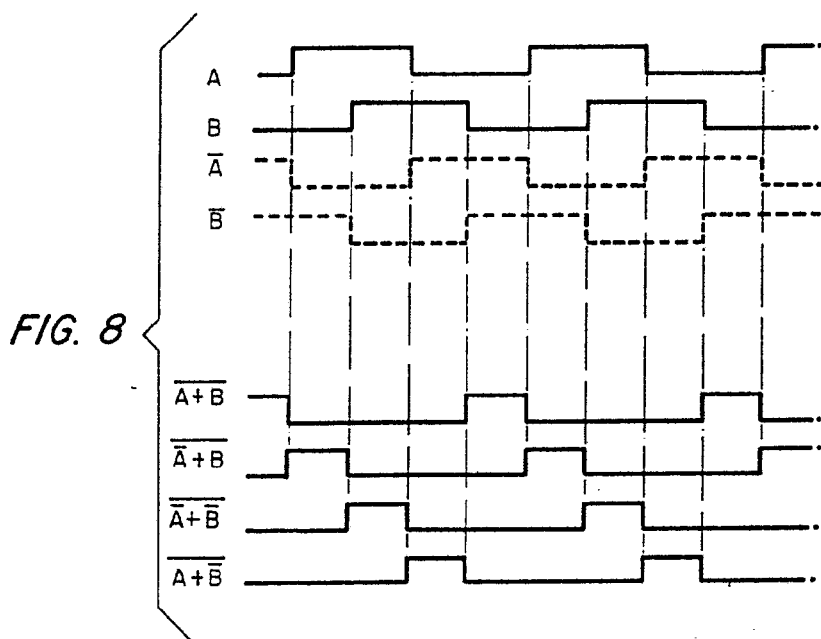
FIG. 10

ESCALA VARIABLE.
 Madrid, 4 octubre 1977
 BERNARDO FIGUEROA



81c

81d



81e

81f

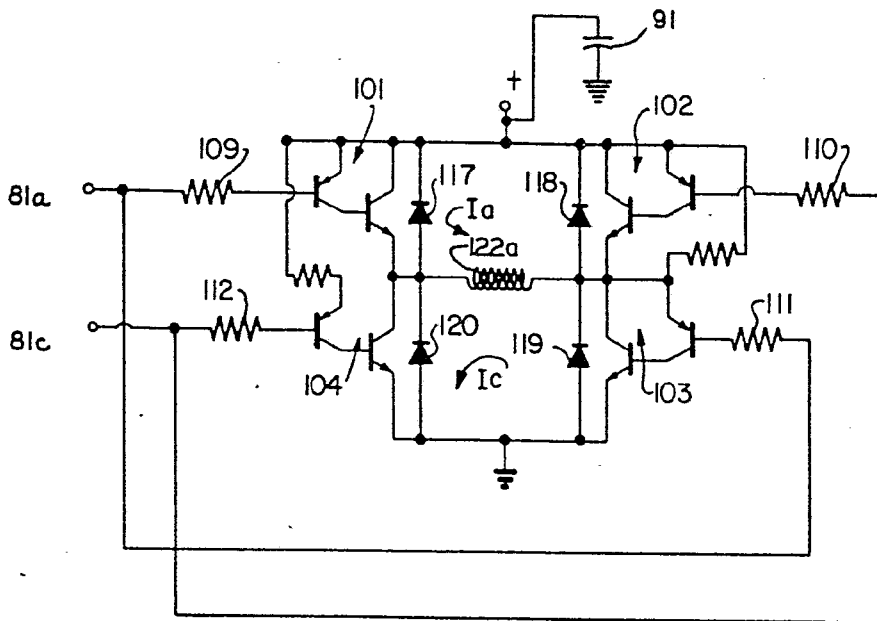


FIG. 9

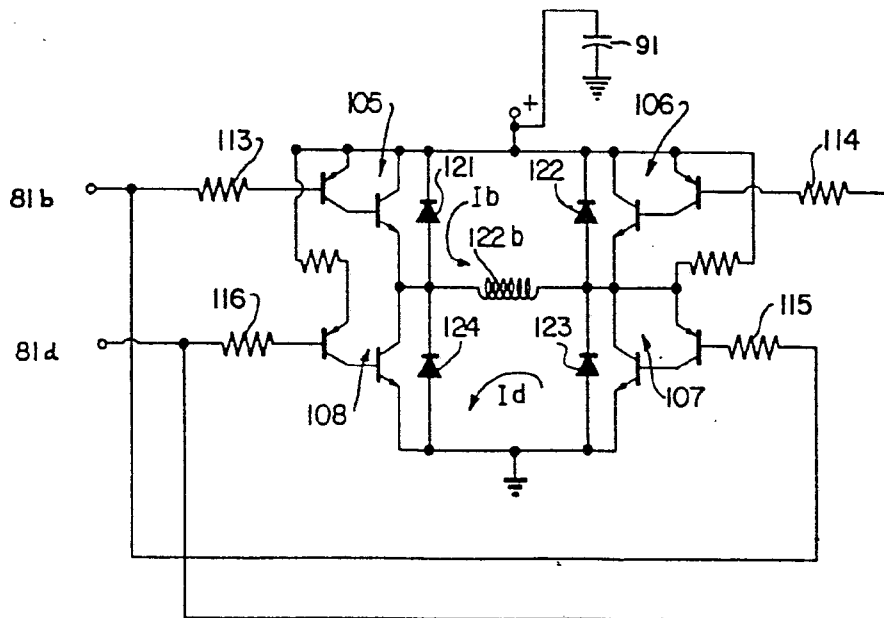


FIG. 10

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1977
 BERNARDO UNGRIA

[Handwritten signature]

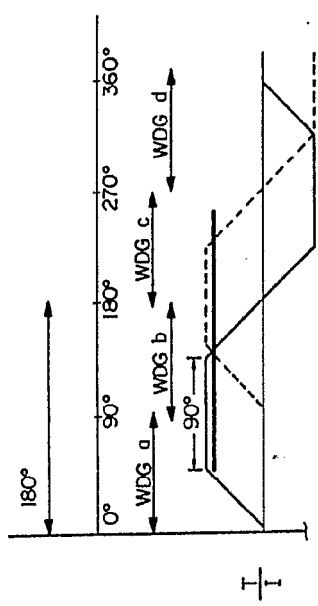


FIG. 11A

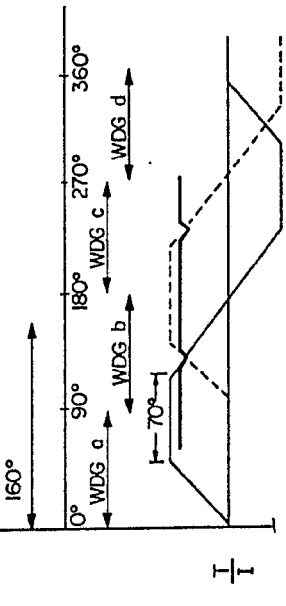


FIG. 11B

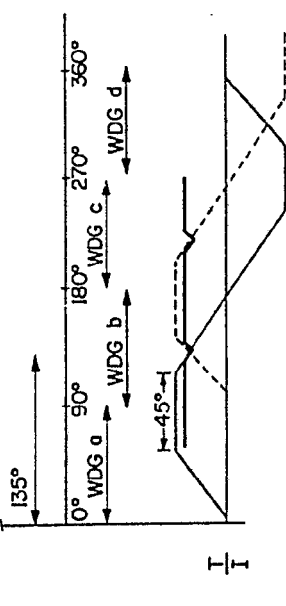


FIG. 11C

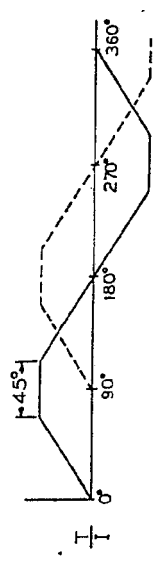


FIG. 12

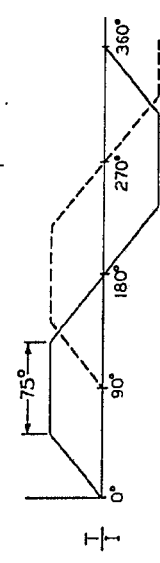


FIG. 13

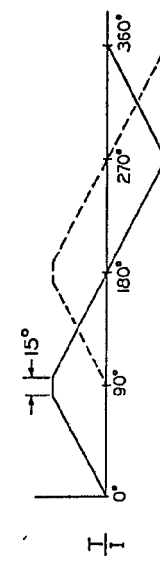


FIG. 14

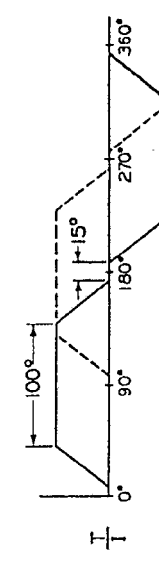
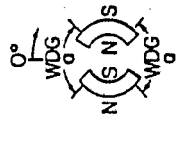
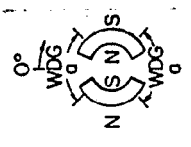
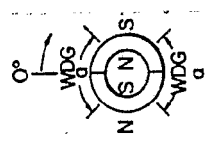


FIG. 15



ESCALA VARIABLE
 Madrid, España No. 1.977
 BERNARDI, UNGRIA

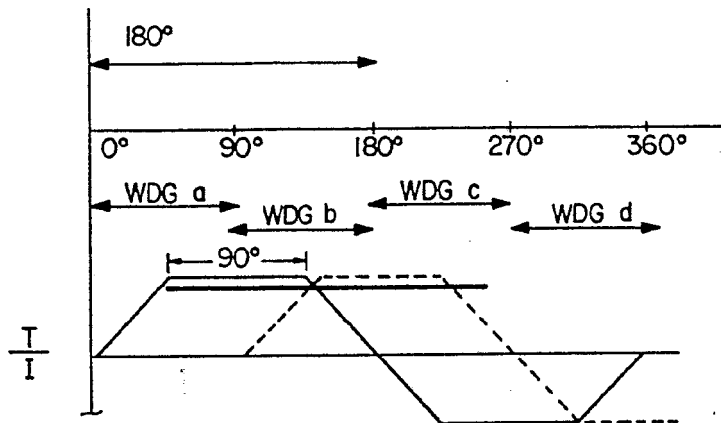


FIG. 11A

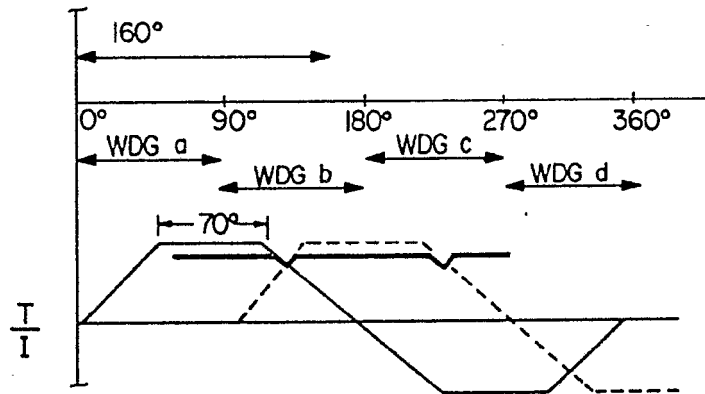


FIG. 11B

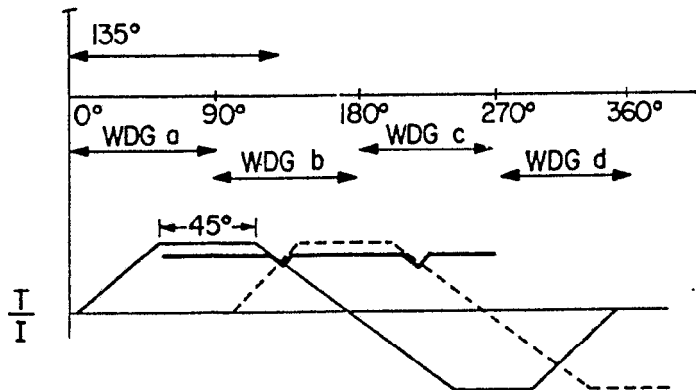


FIG. 11C

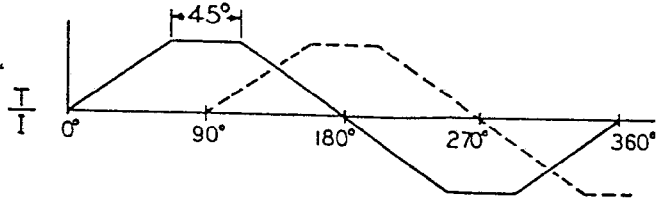


FIG. 12

3
S

11A

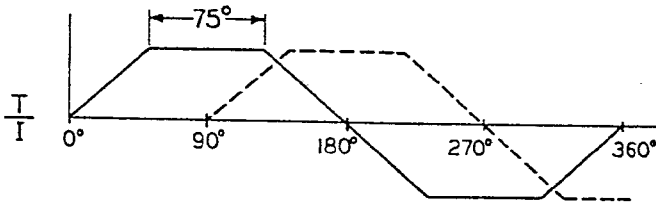


FIG. 13

4
S

11B

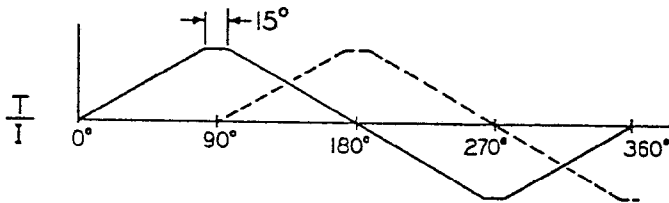


FIG. 14

5
S

11C

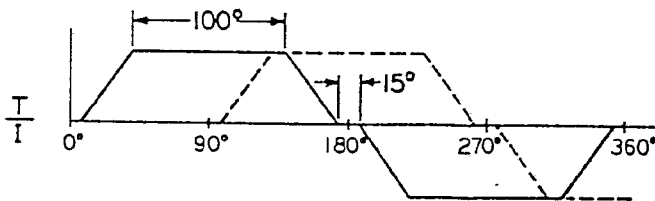


FIG. 15

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1.977
 BERNARDO UNGRIA

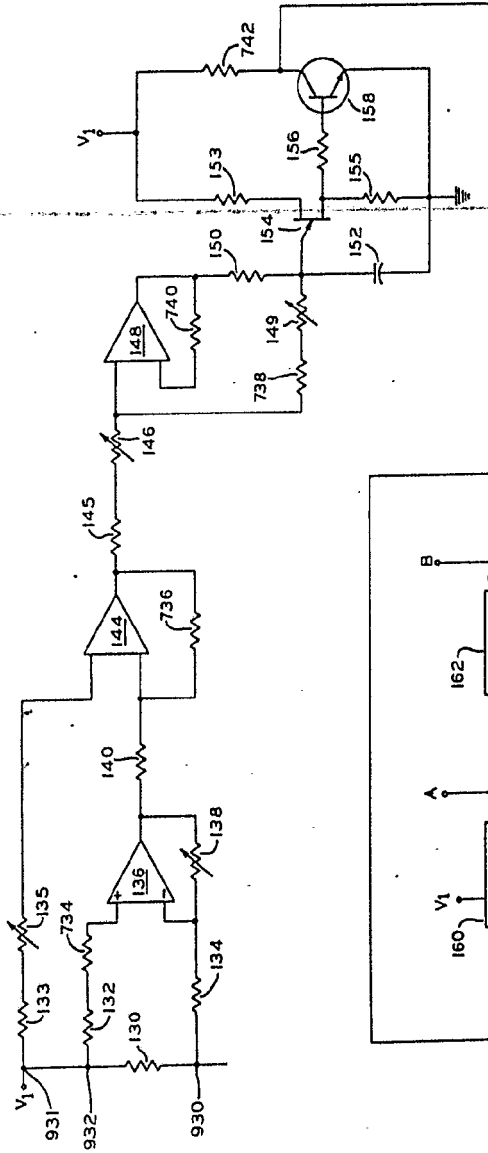


FIG. 17

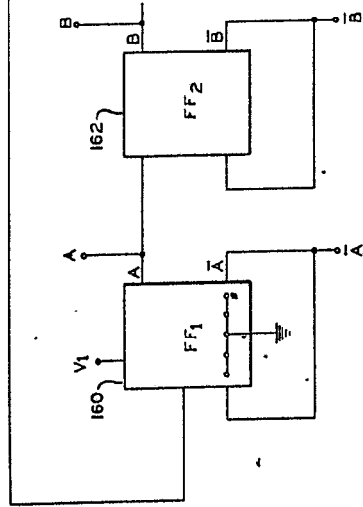
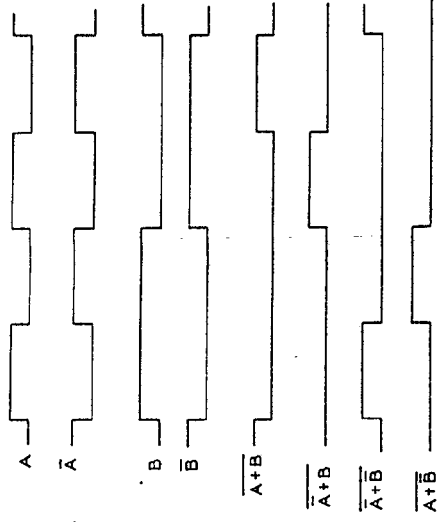


FIG. 16

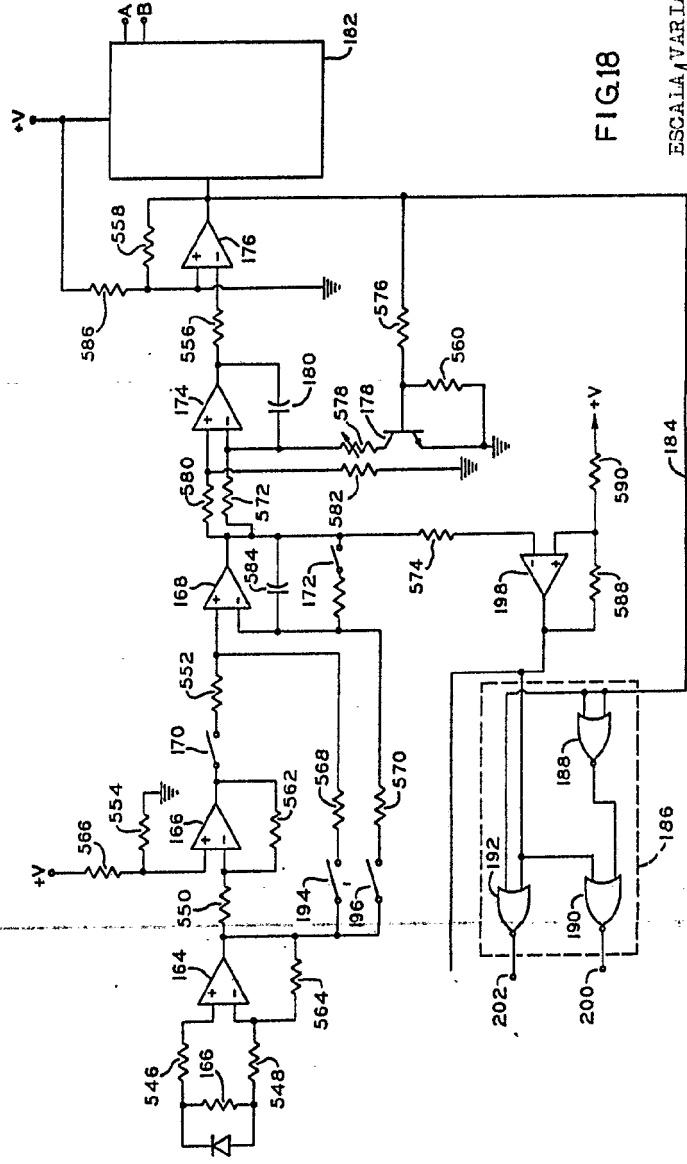


FIG. 18

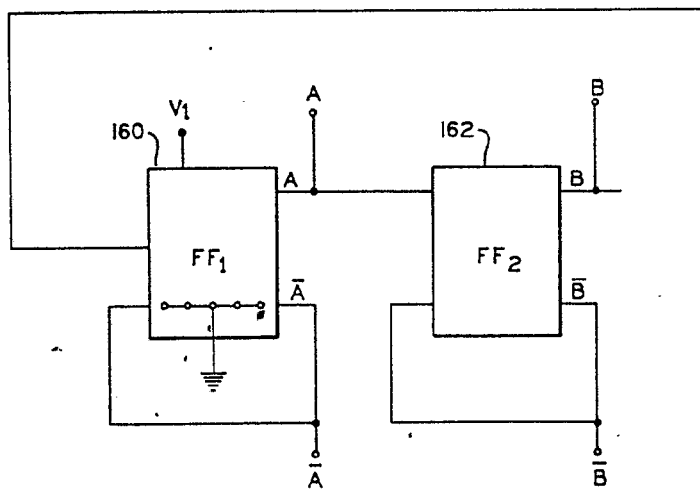
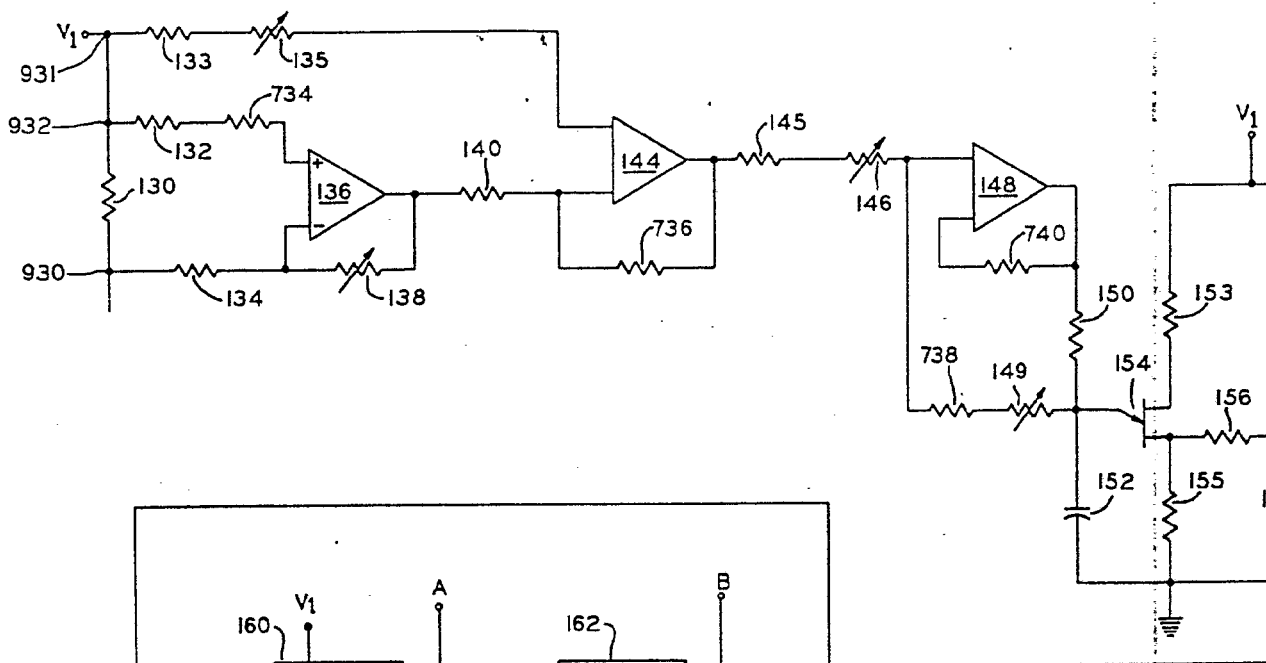
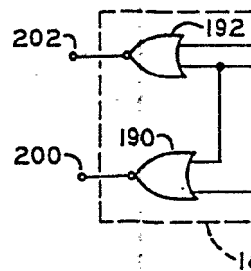
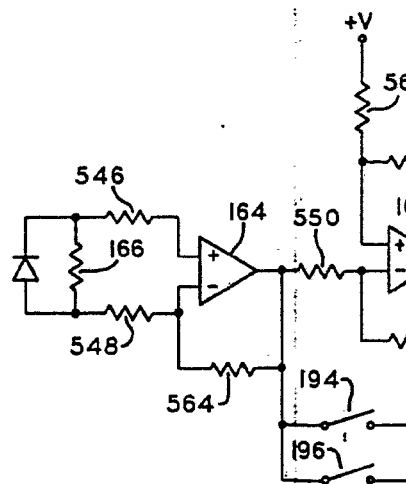


FIG. 16



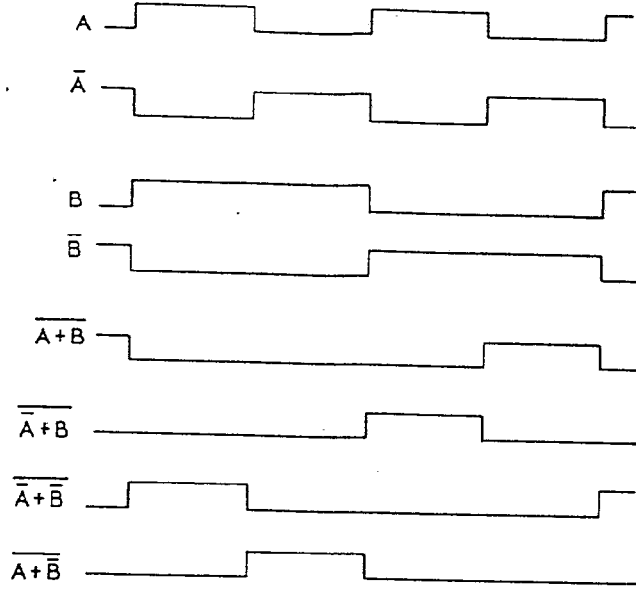
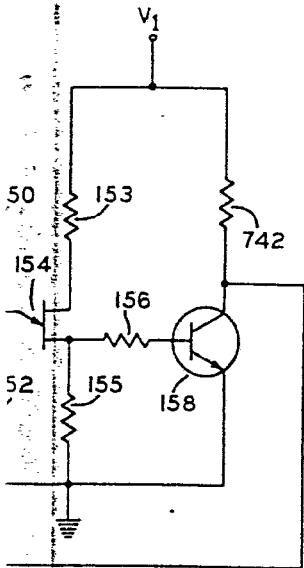


FIG. 17

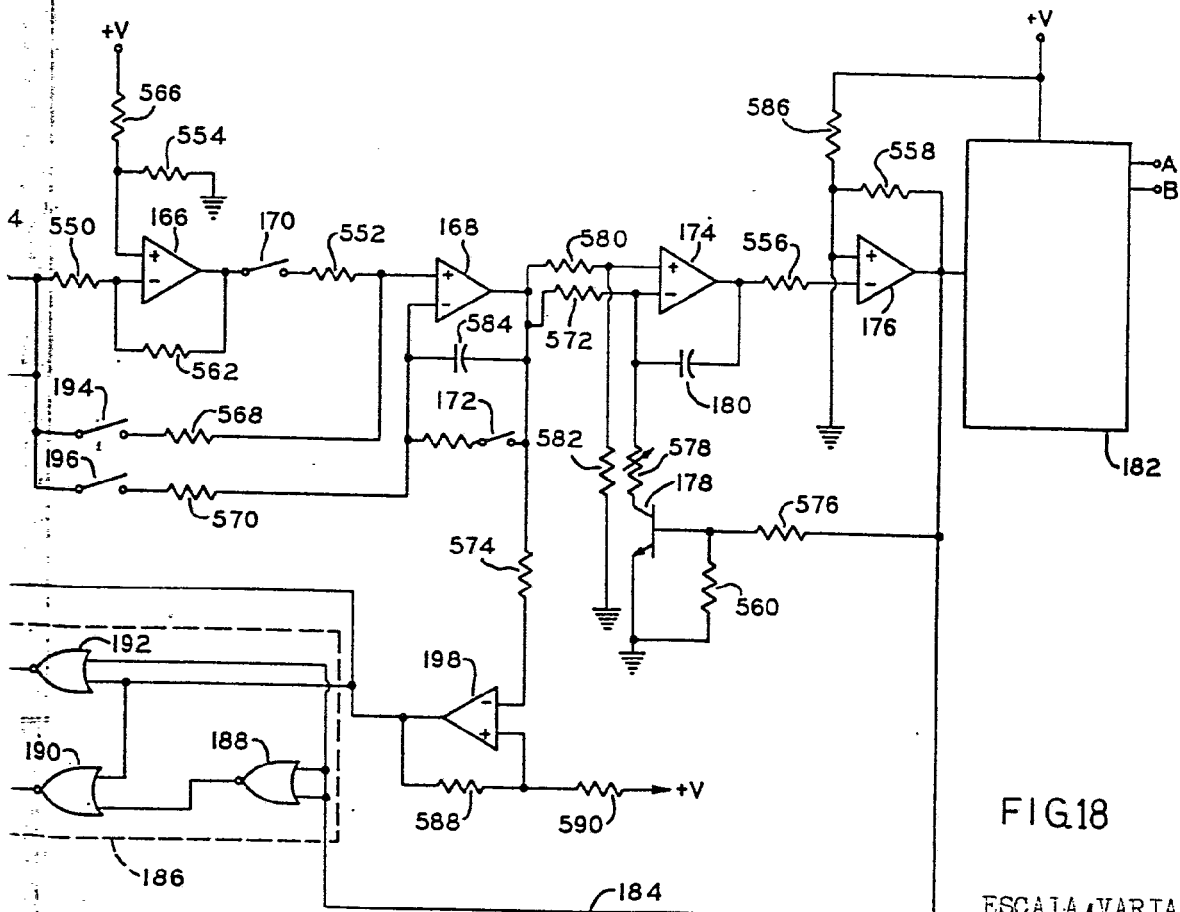
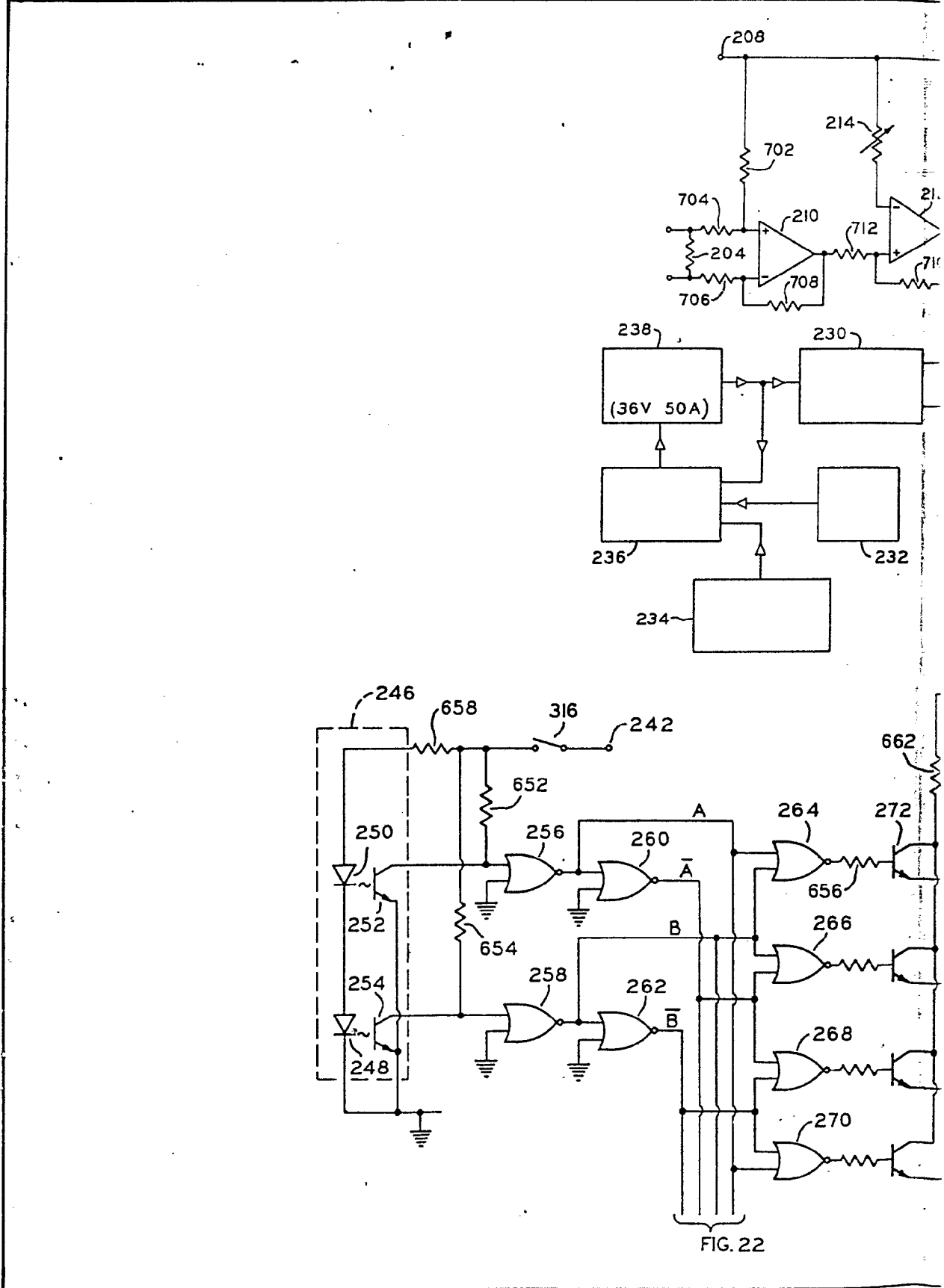
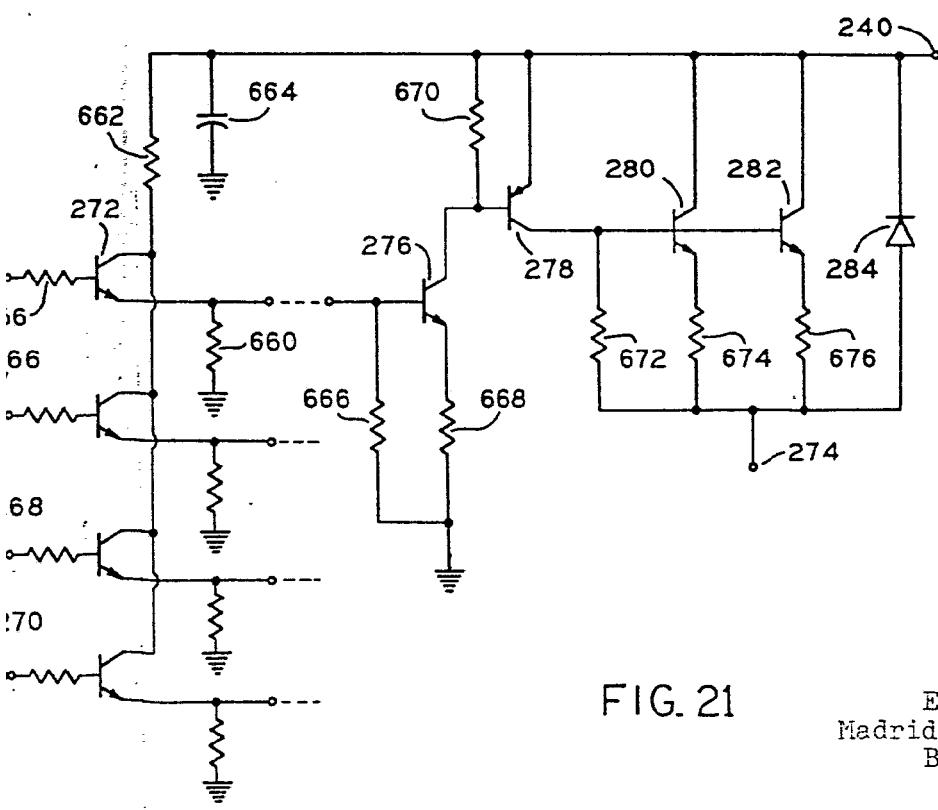
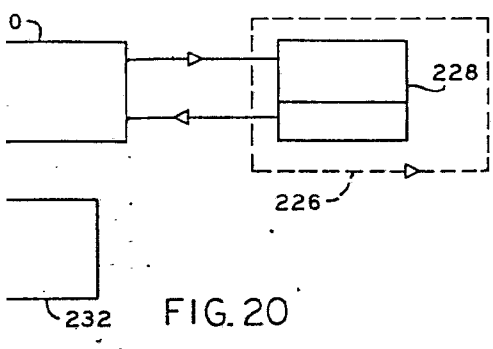
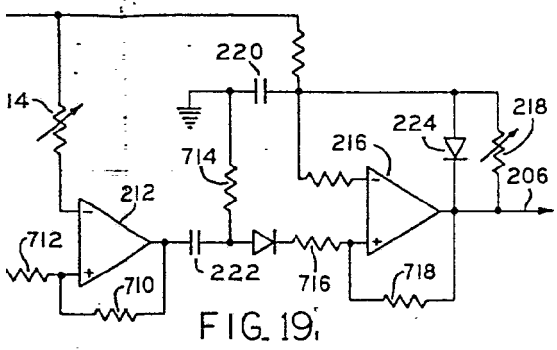


FIG. 18

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1.977
 BERNARDO UNGRIA





ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 octubre 1.977
BERNABÉ UEGRIA
P.P.

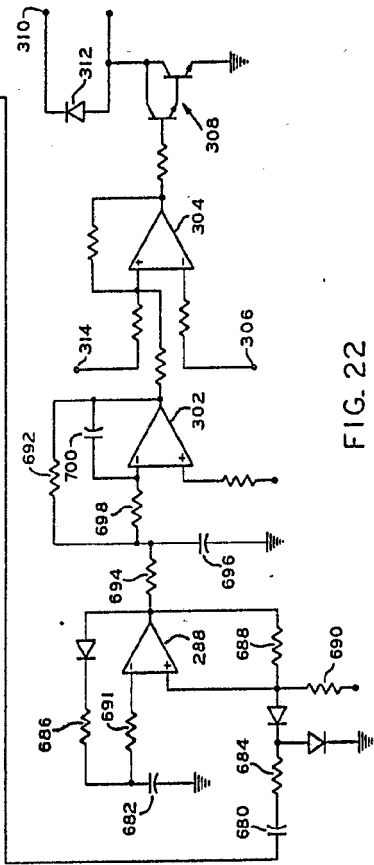
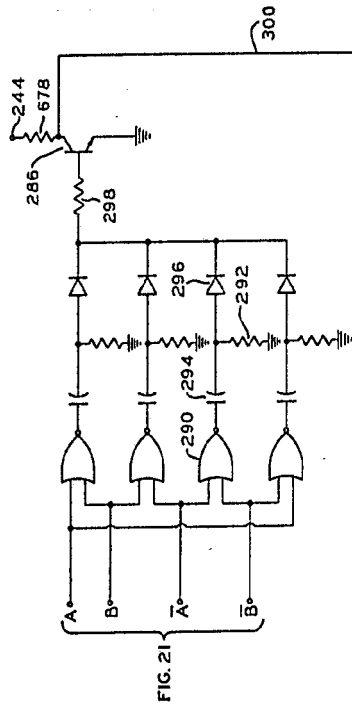


FIG. 22

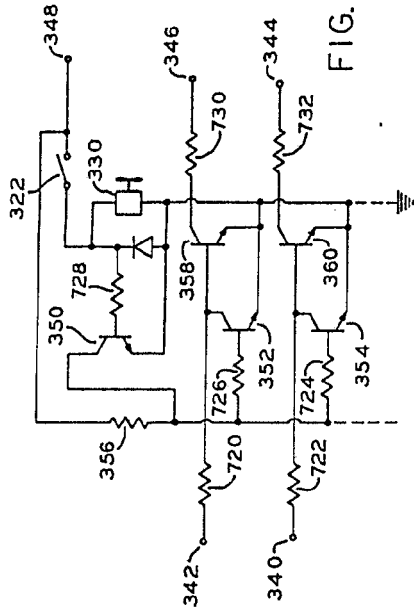


FIG. 24

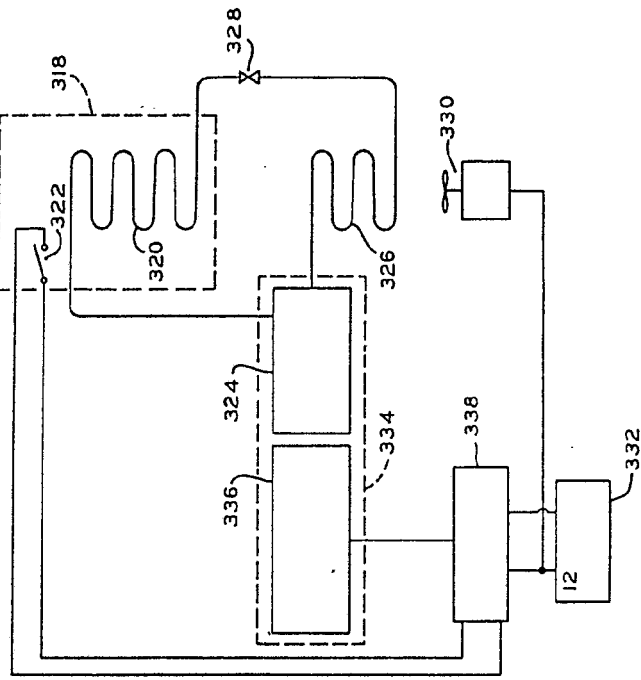
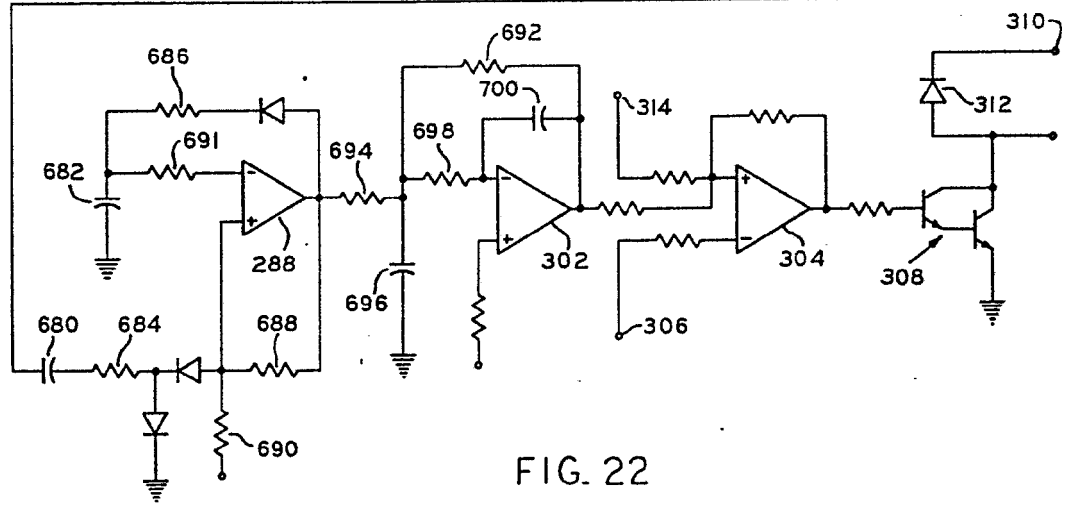
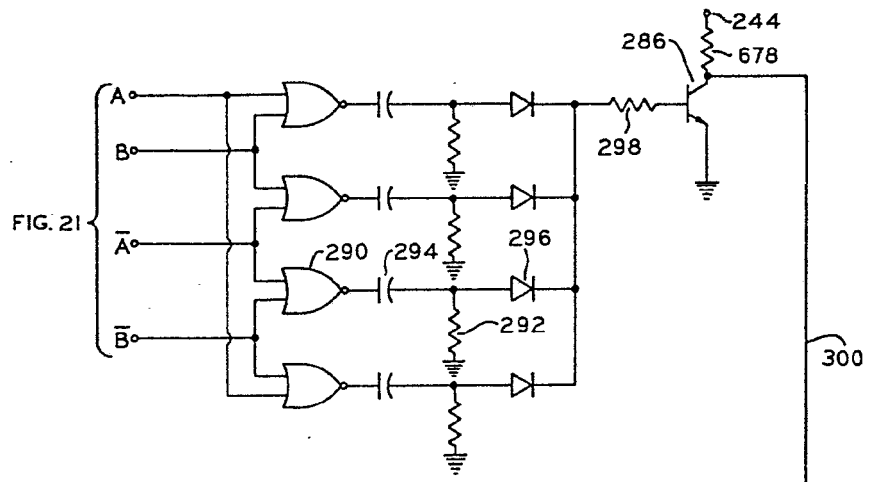


FIG. 23

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 de octubre 1.977
 BERNABE DE OTERO
 P. E.



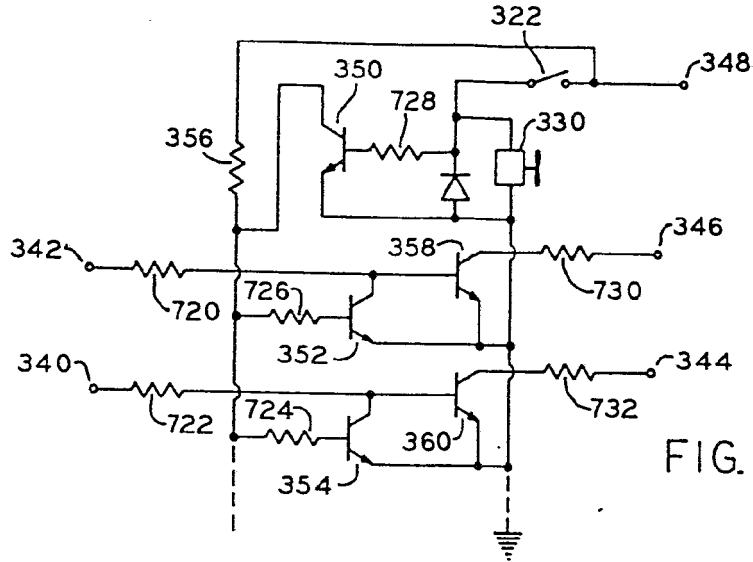


FIG. 24

300

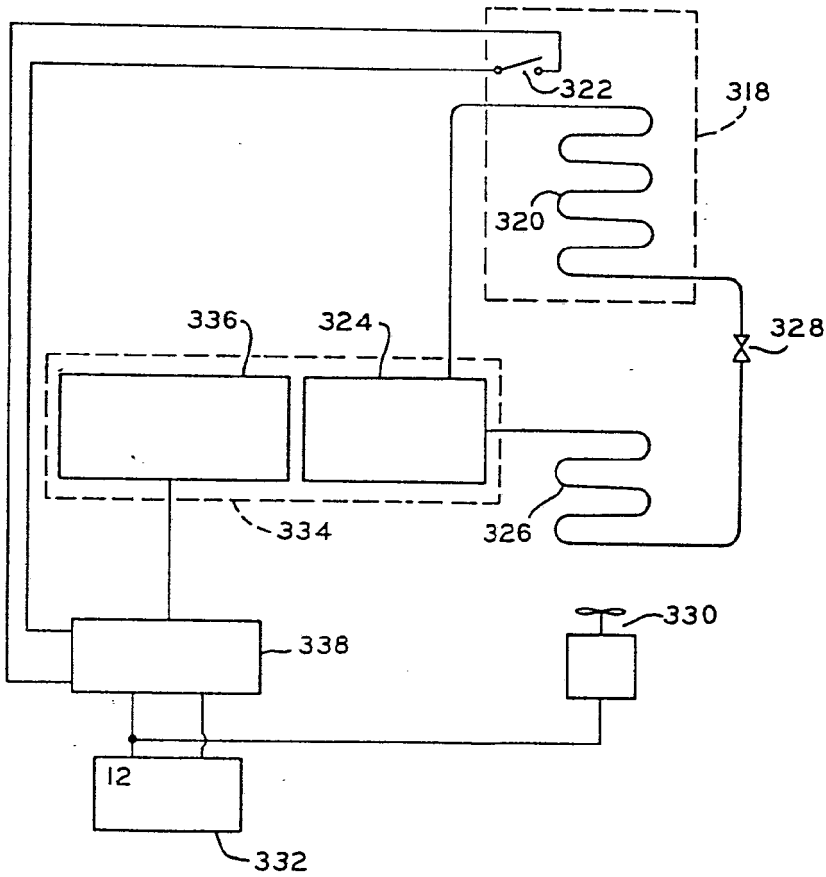
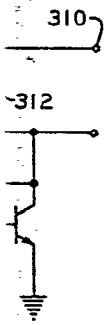


FIG. 23

ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 octubre 1.977
BERNARD GUNGRIG
P.º

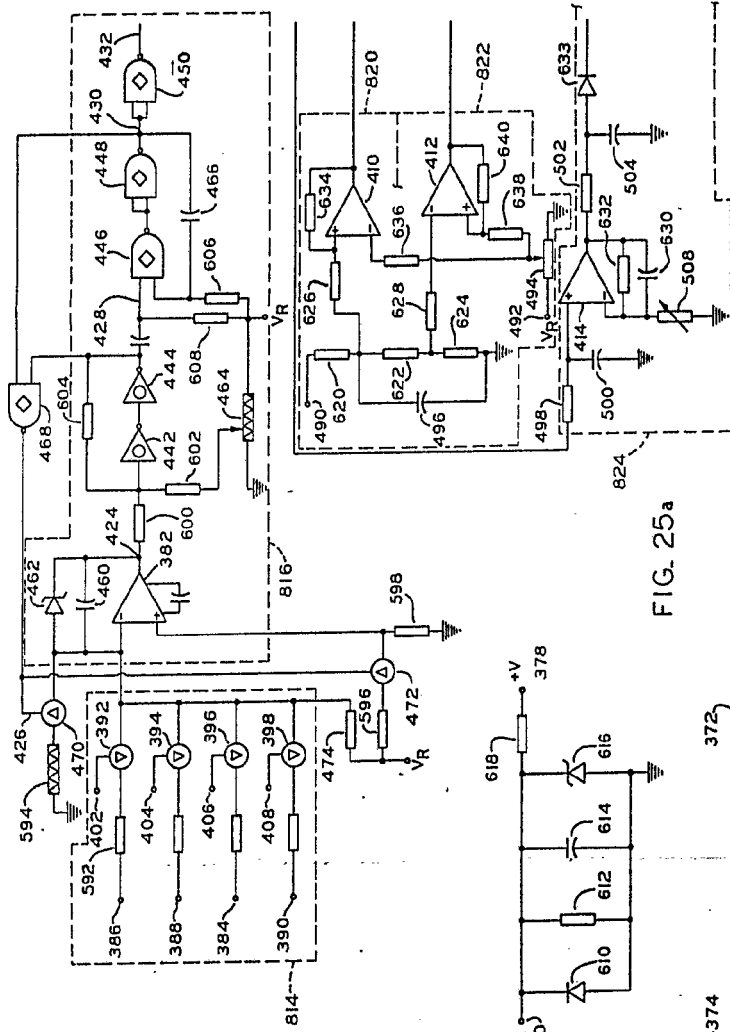


FIG. 25a

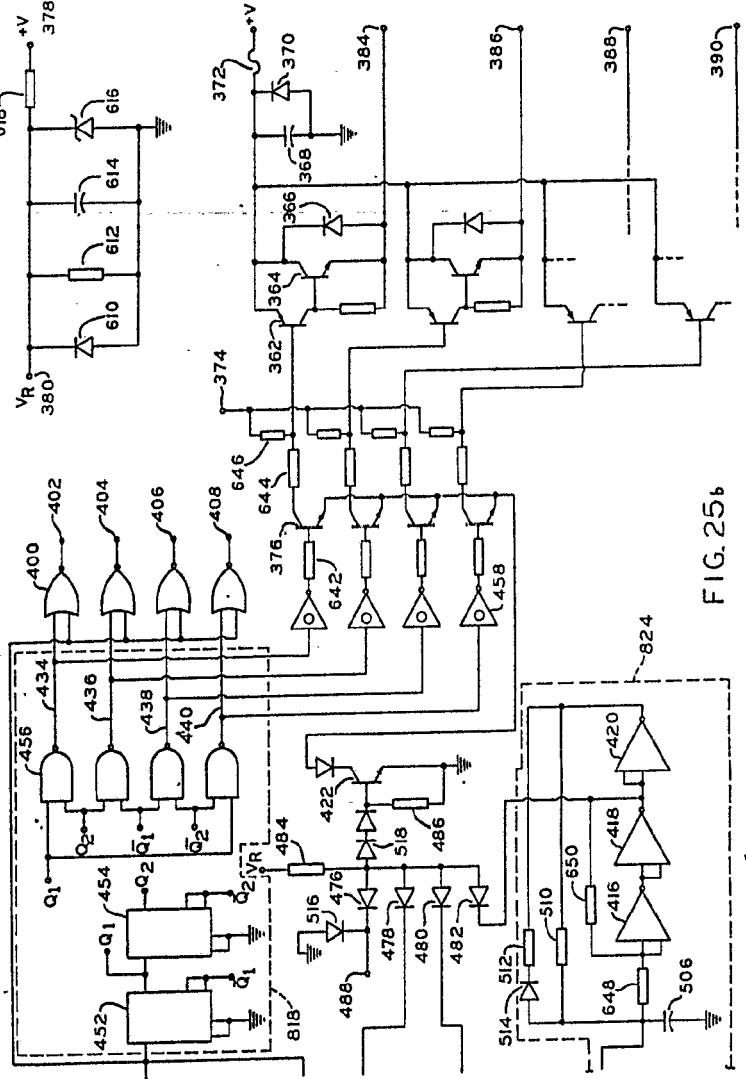


FIG. 25b

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 de octubre de 1.977
 BERNARDO UGARRIA

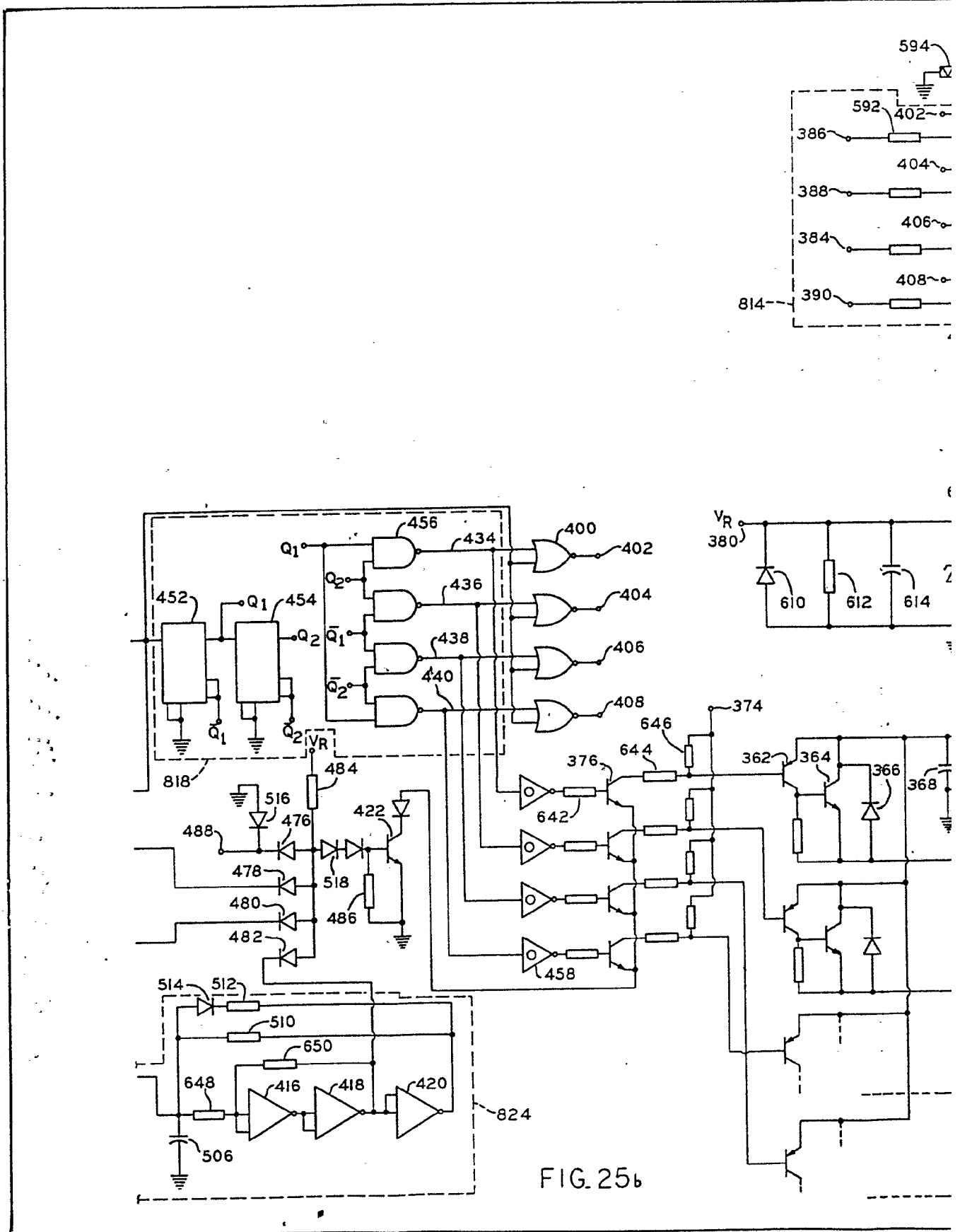


FIG. 25b

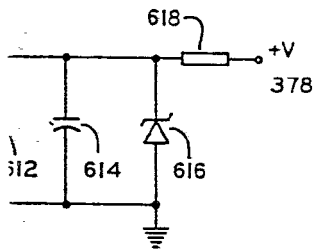
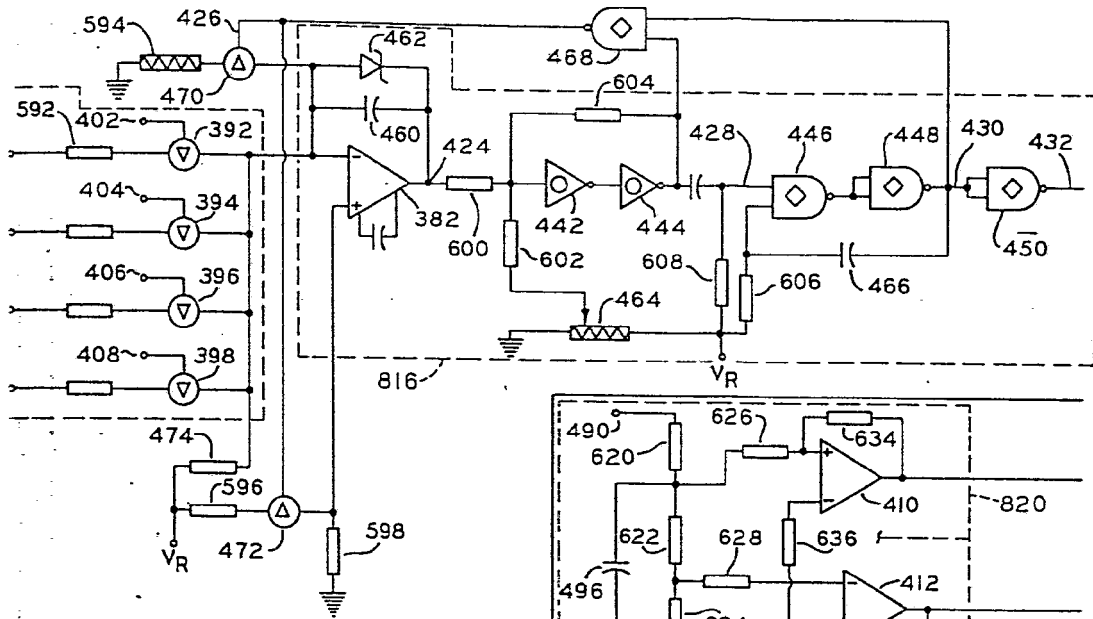
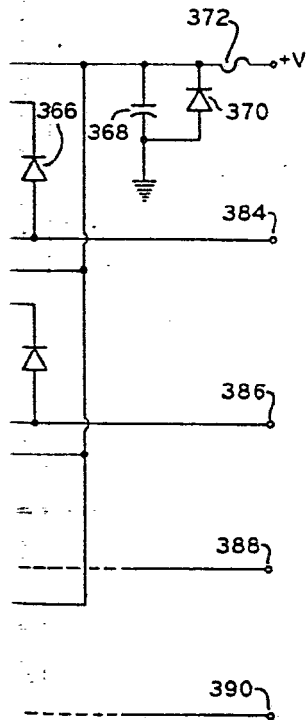
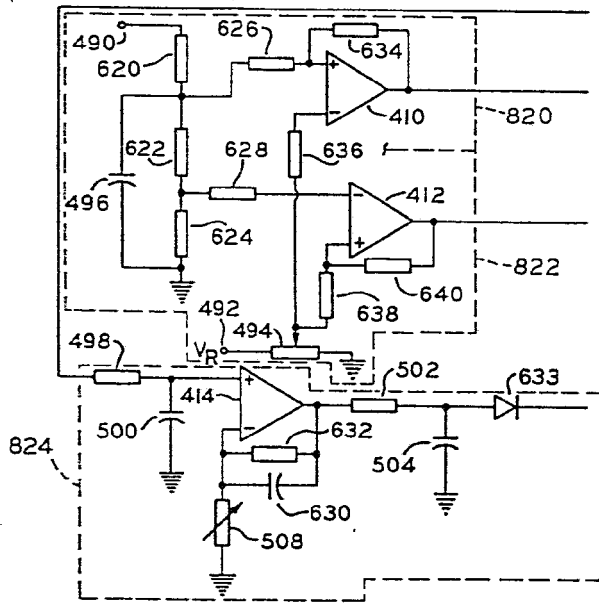


FIG. 25a



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1.977
 BERNARDO UNGRIA

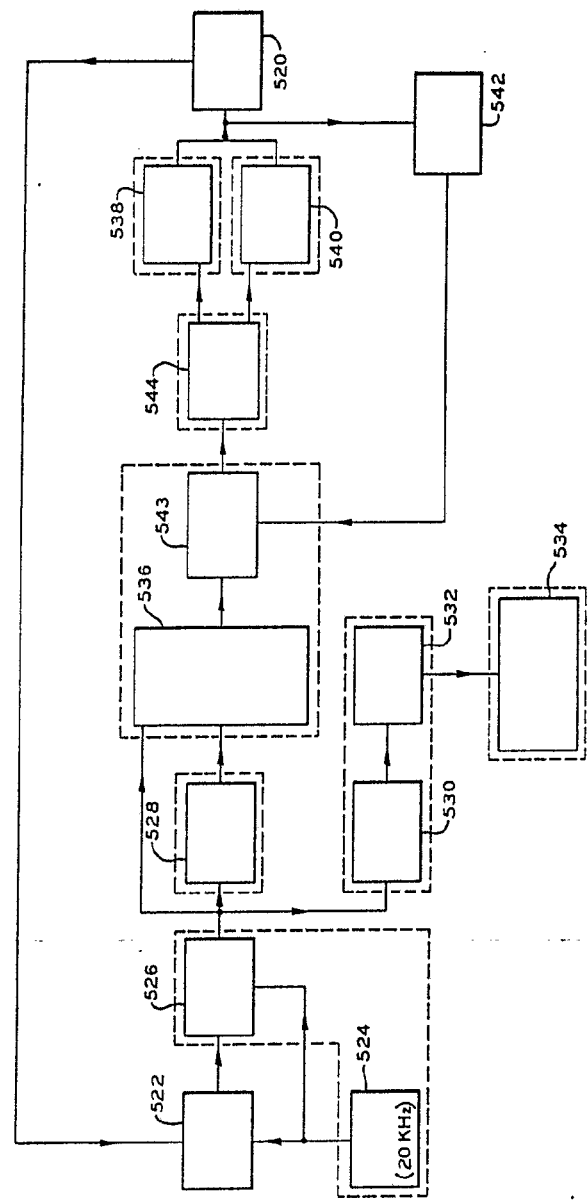
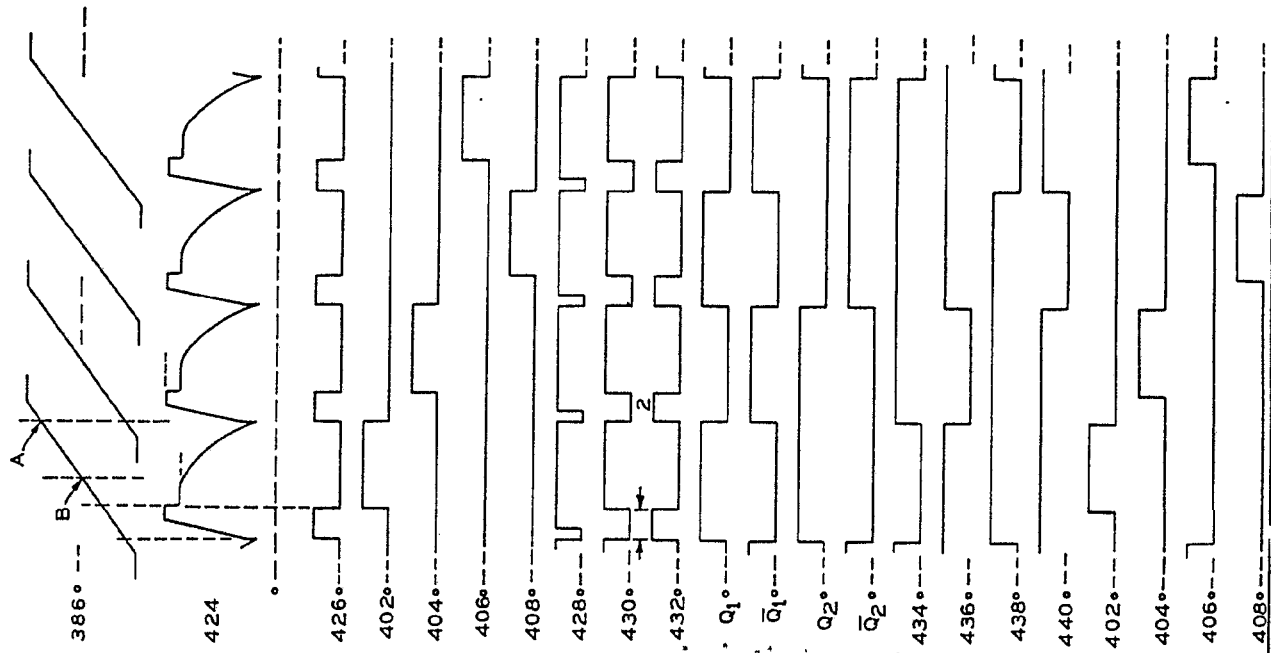


FIG. 27

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 10 octubre 1.977
 BERNARDO ORGPIA
 P. 14/8

FIG. 26

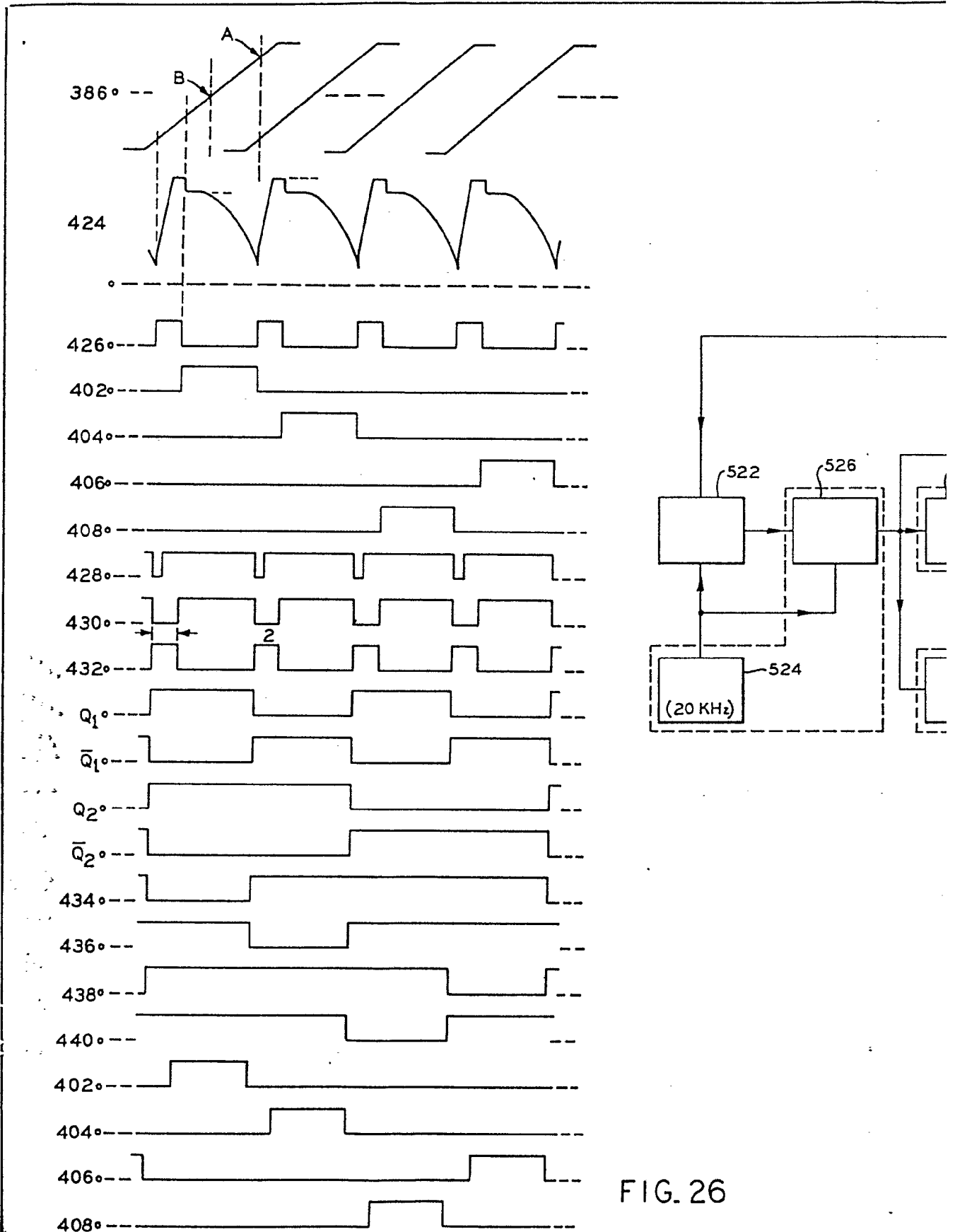


FIG. 26

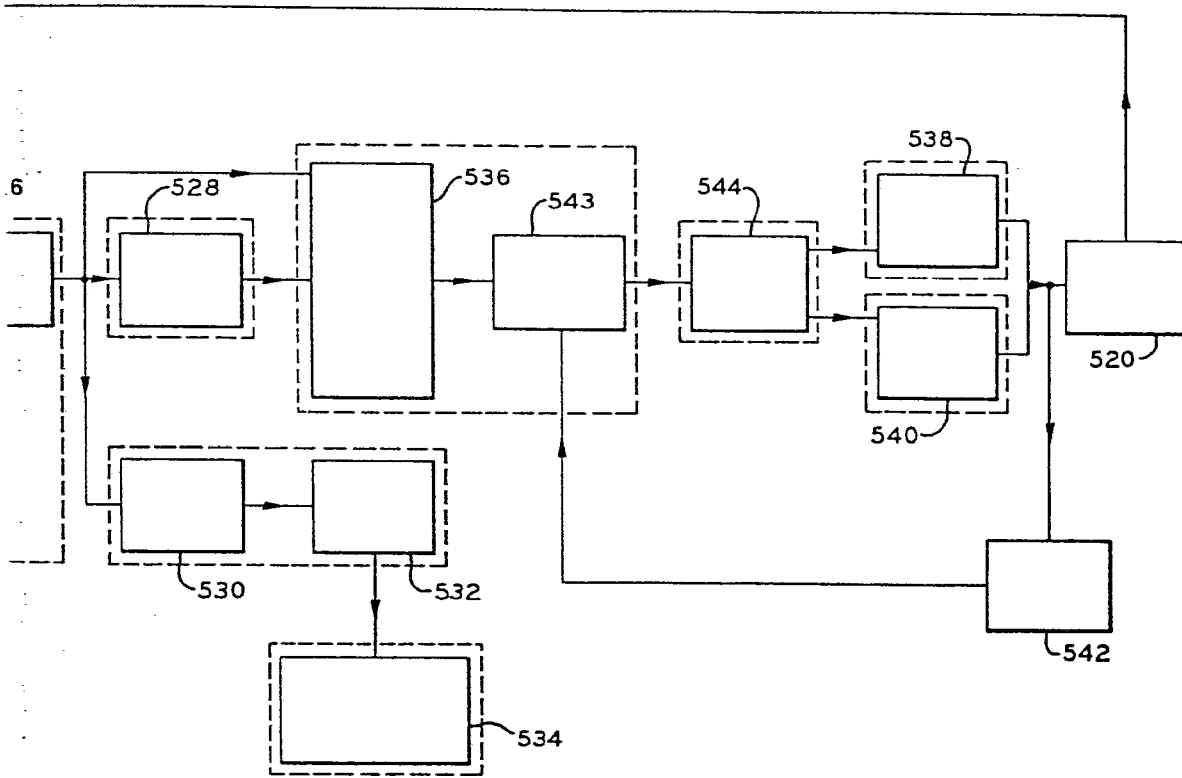


FIG. 27

ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 octubre 1.977
BERNARDO J. GRIJA
P. 2.

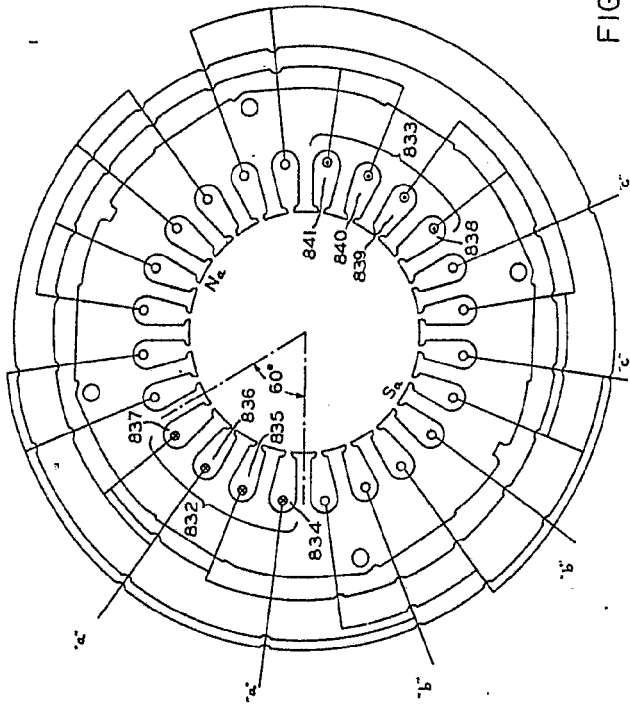


FIG. 28

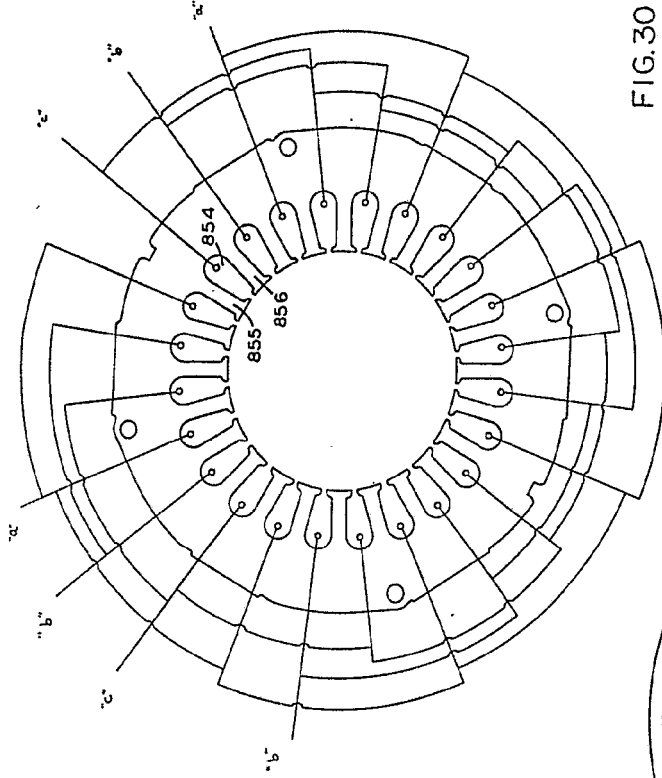


FIG. 30

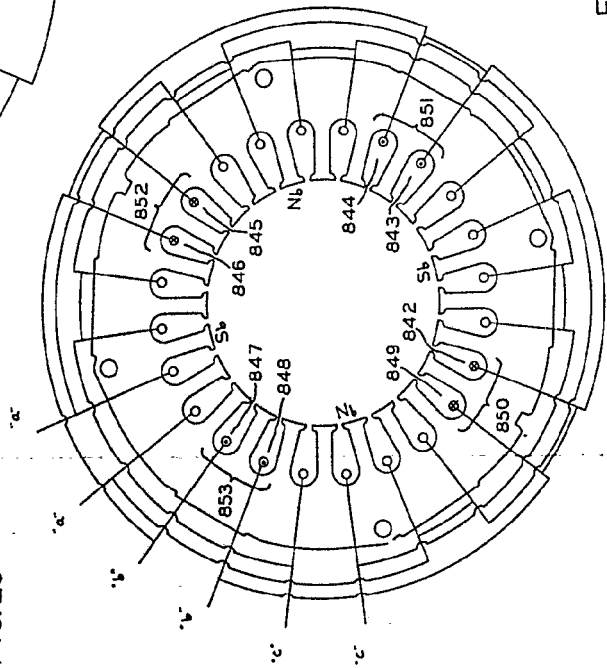


FIG. 29

GENERAL ELECTRIC COMPANY.

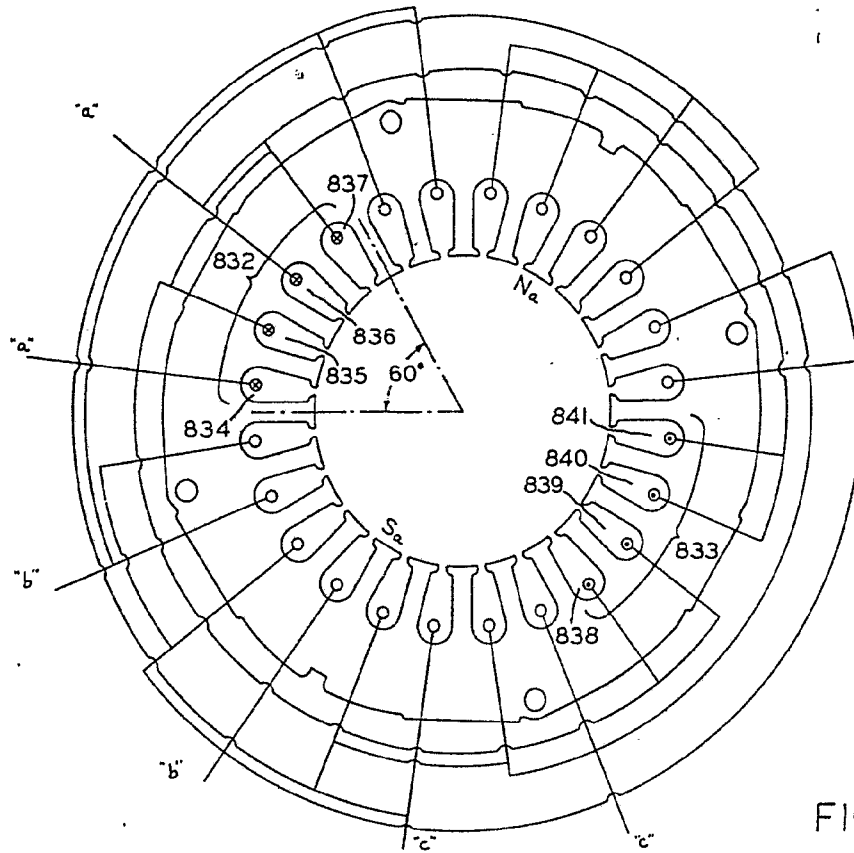
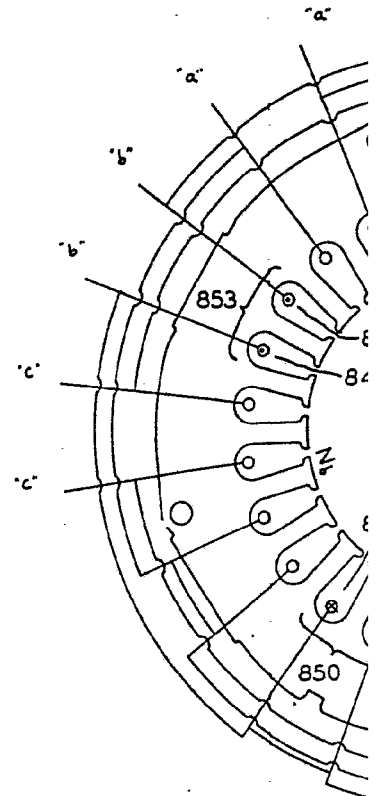


FIG. 28



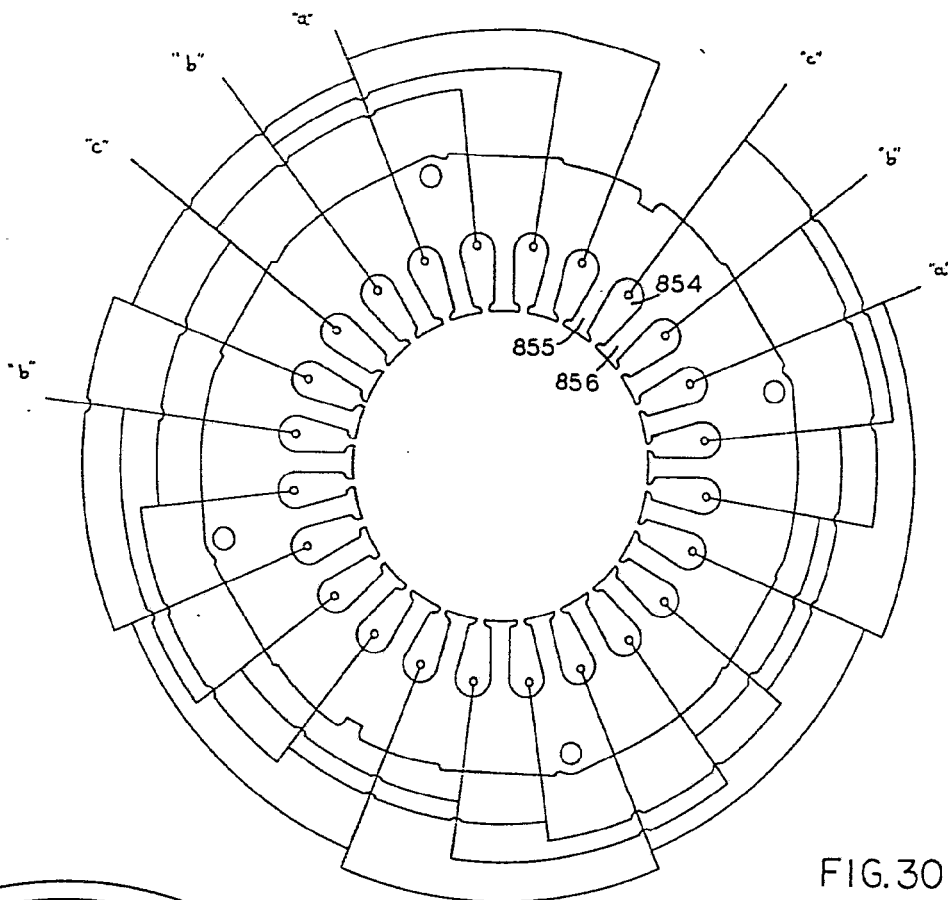


FIG. 30

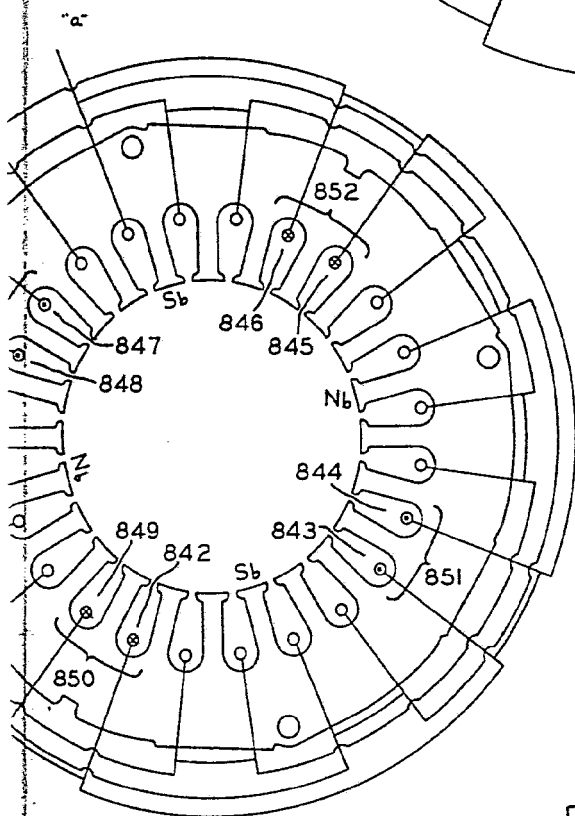


FIG. 29

ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 octubre 1.977
BERNARDO UNGRIA

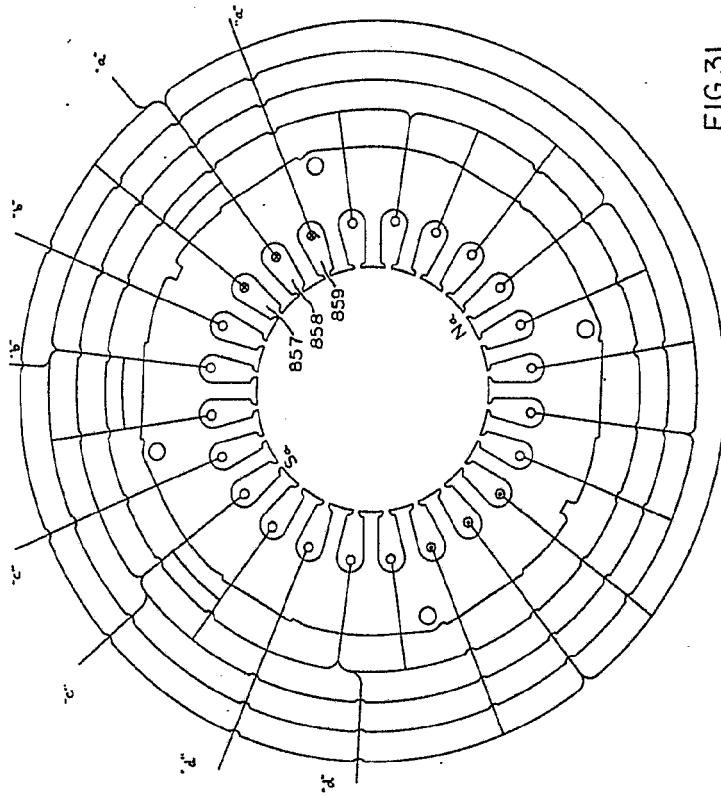


FIG. 31

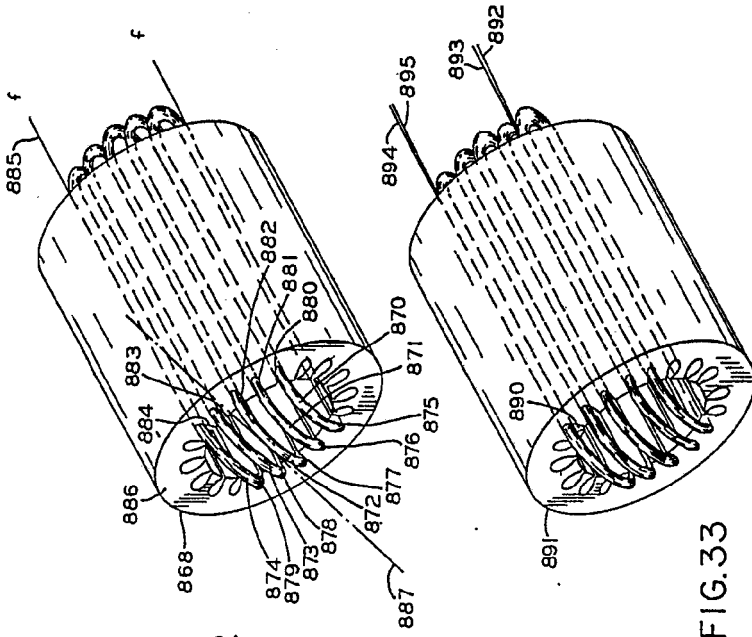


FIG. 32

FIG. 33

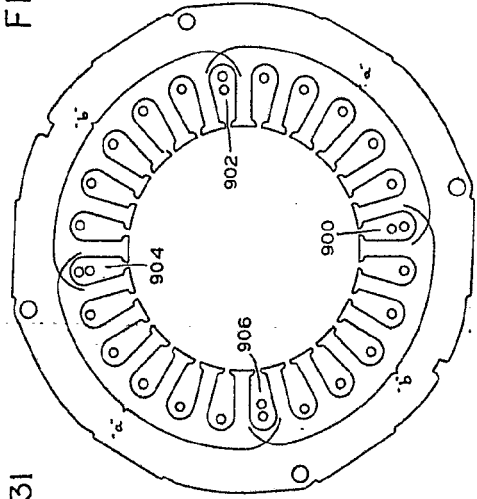


FIG. 34

ESCALIA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1977
 BERNARDO UNGRIA

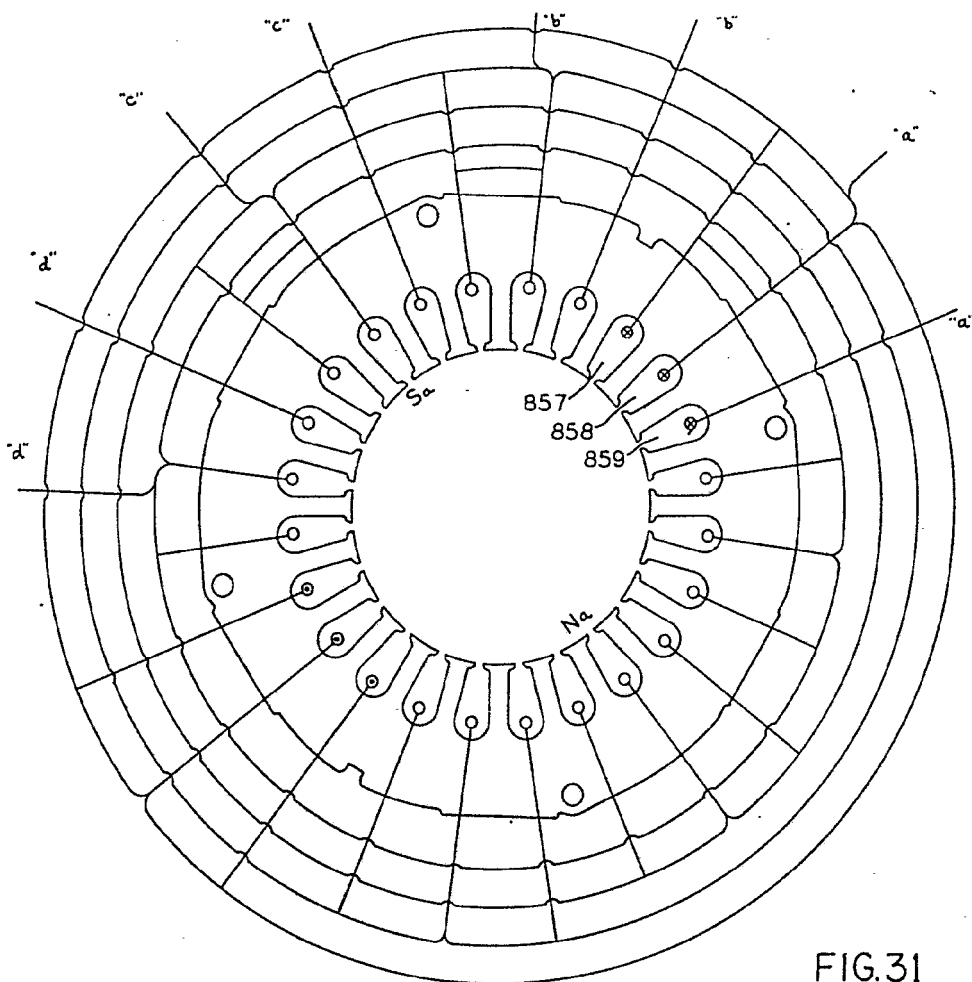


FIG. 31

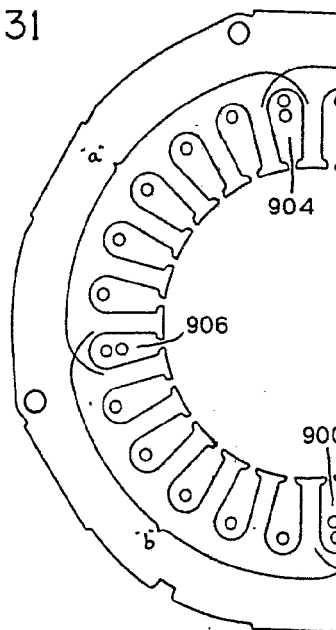


FIG. 32

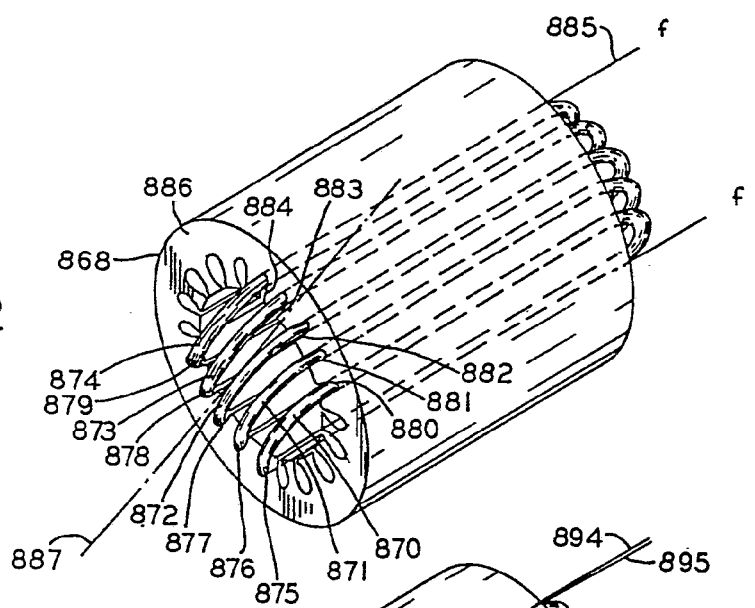


FIG. 33

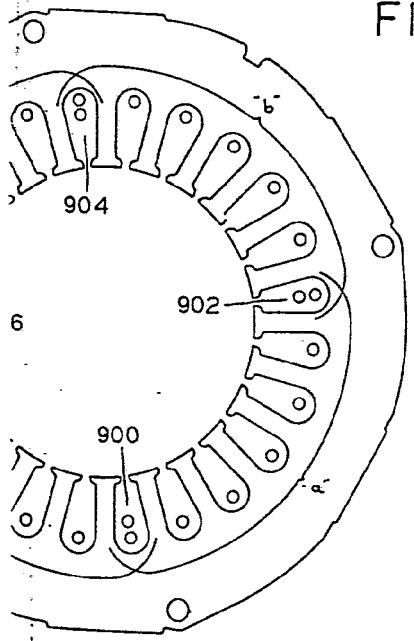
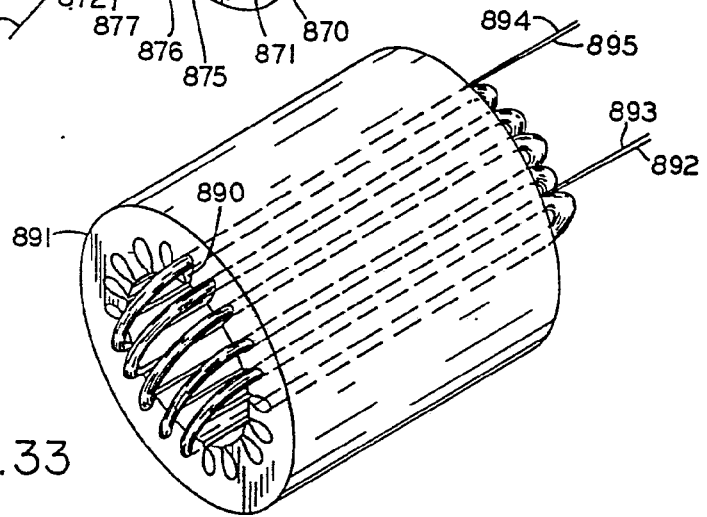


FIG. 34

ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 octubre 1.977
BERNARDO JUNGRIA

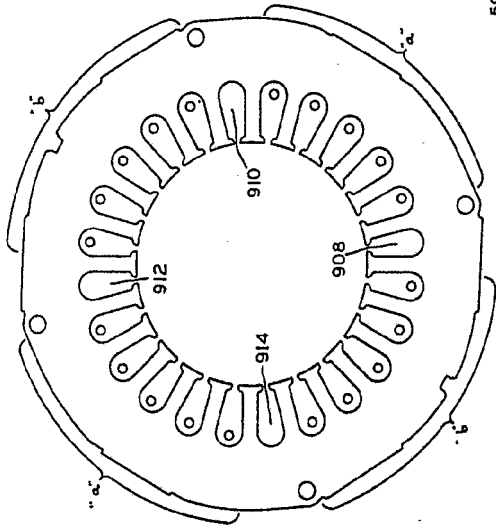


FIG 35

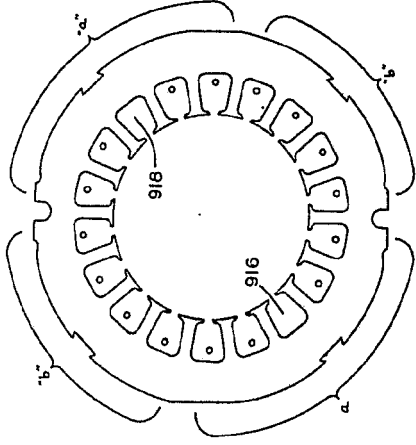


FIG 36

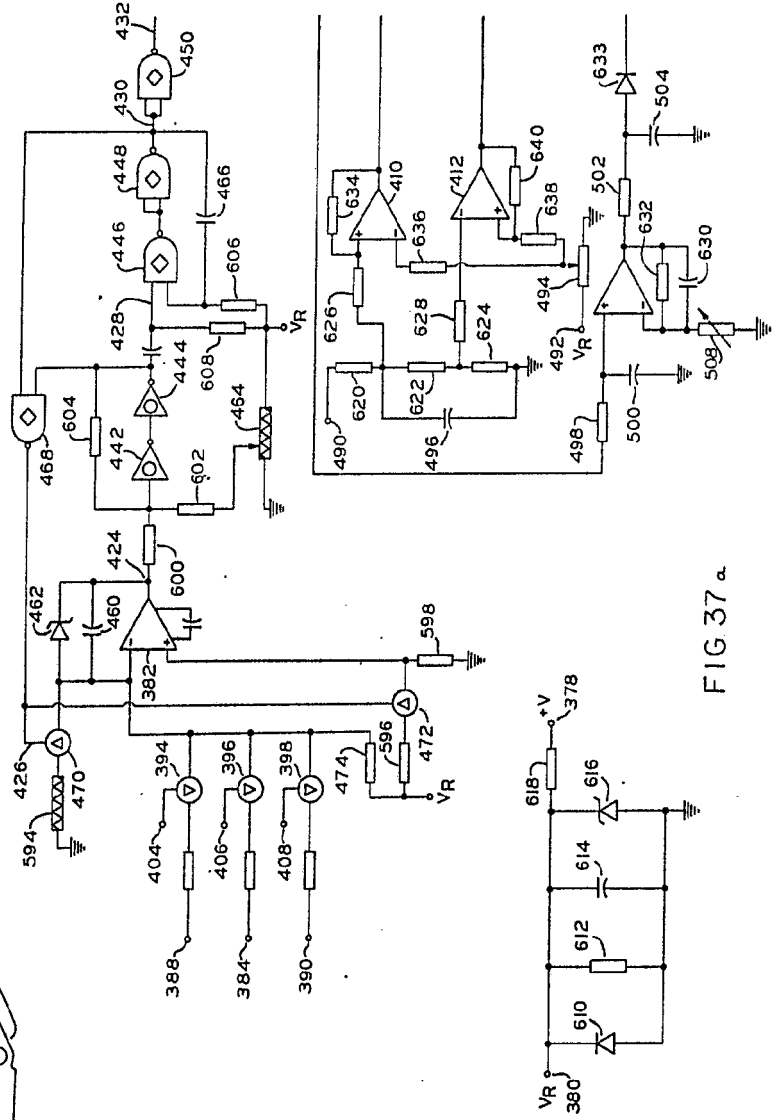


FIG 37 a

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 de Octubre 1.977
 BERNARDI JONGUJA



FIG. 35

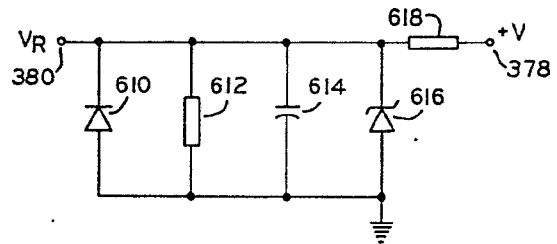
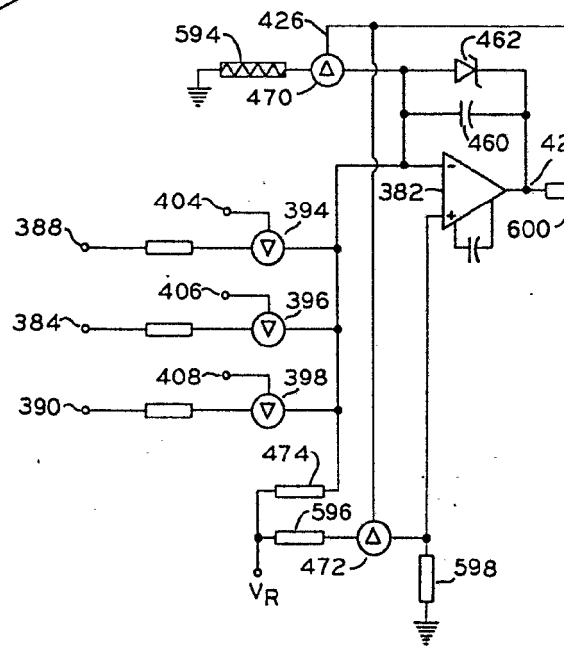


FIG. 37 a

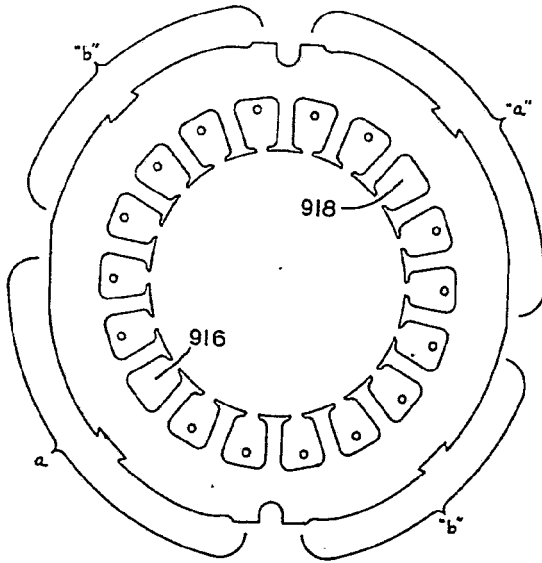
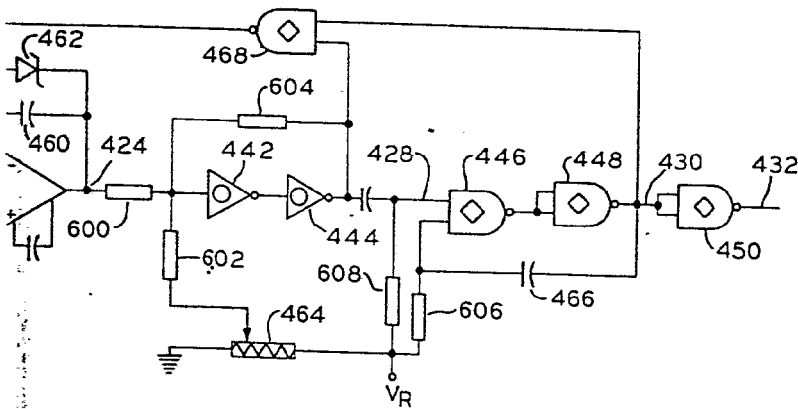


FIG.36



598



37 a

ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 octubre 1.977
BERNARDO UNGRIA

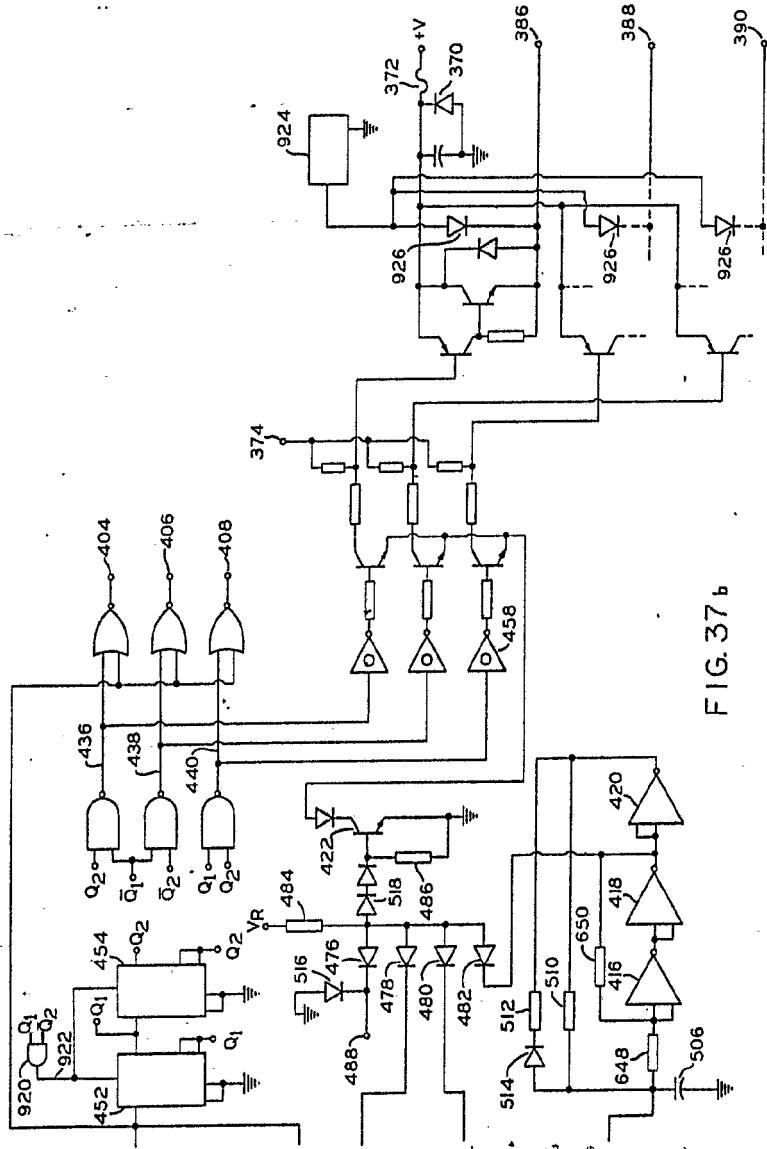
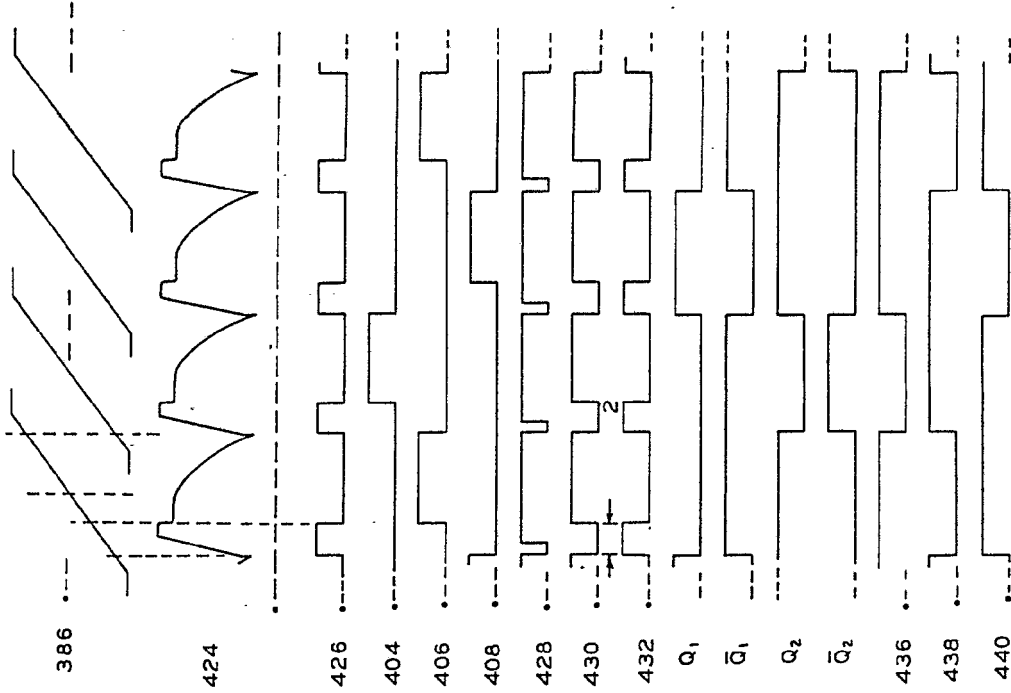


FIG. 37 b

FIG. 38

ESCALA VARIABLE
Madrid, octubre 1.977
BERNARDO JINGRIA

[Handwritten signature]

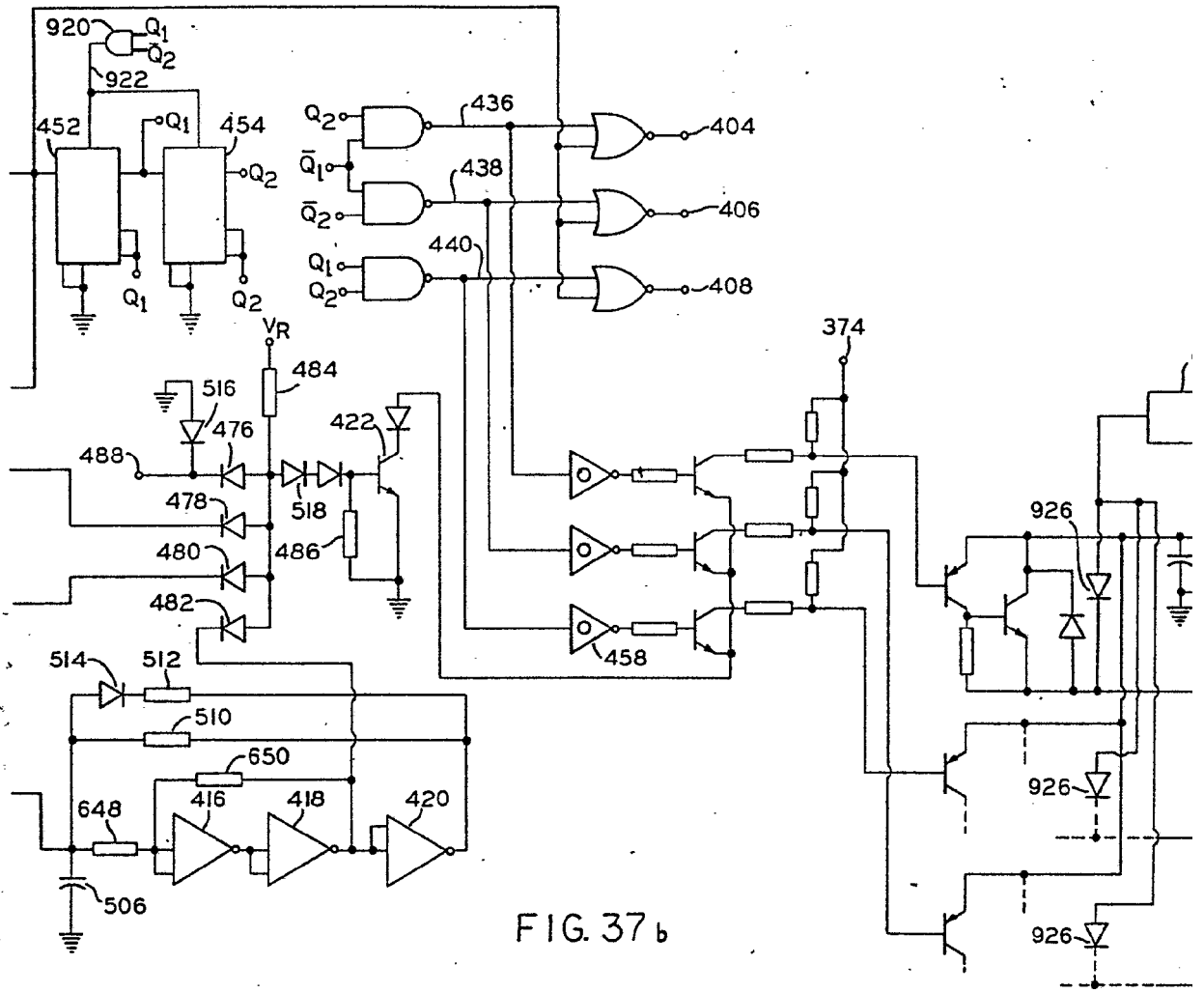


FIG. 37 b

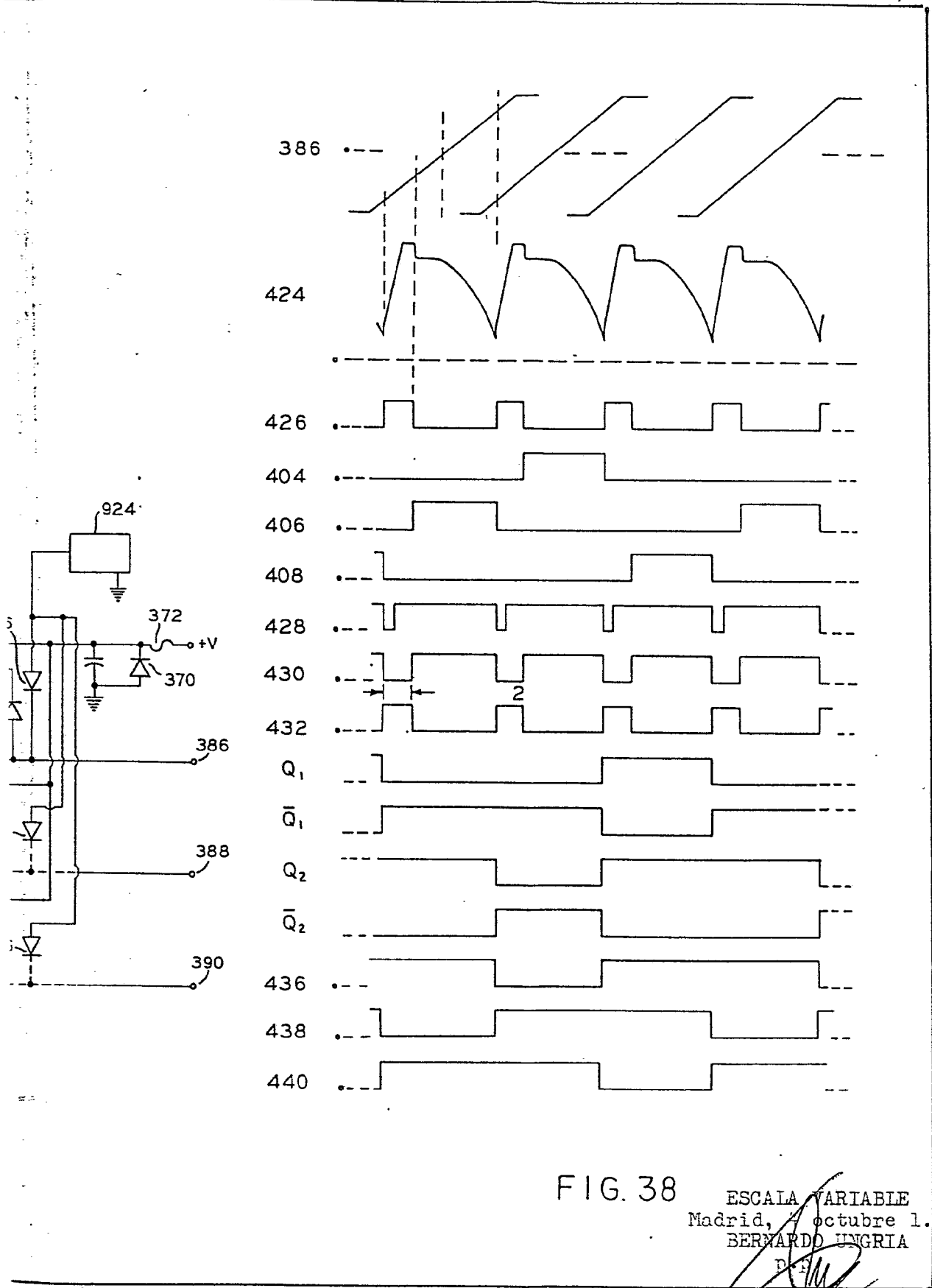


FIG. 38

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 1^o octubre 1.977
 BERNARDO UNGRIA

[Handwritten signature]

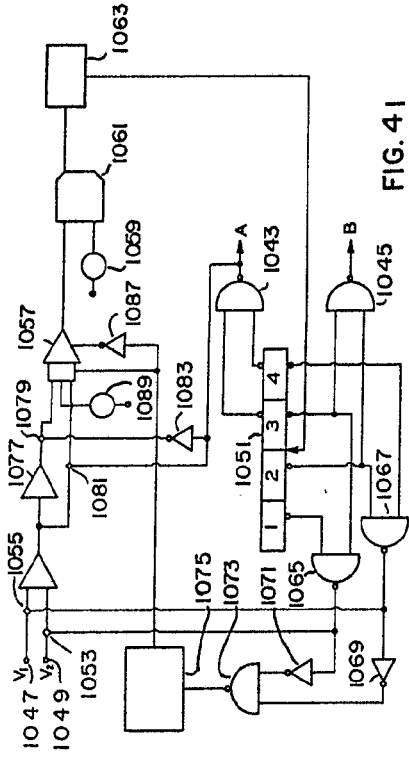
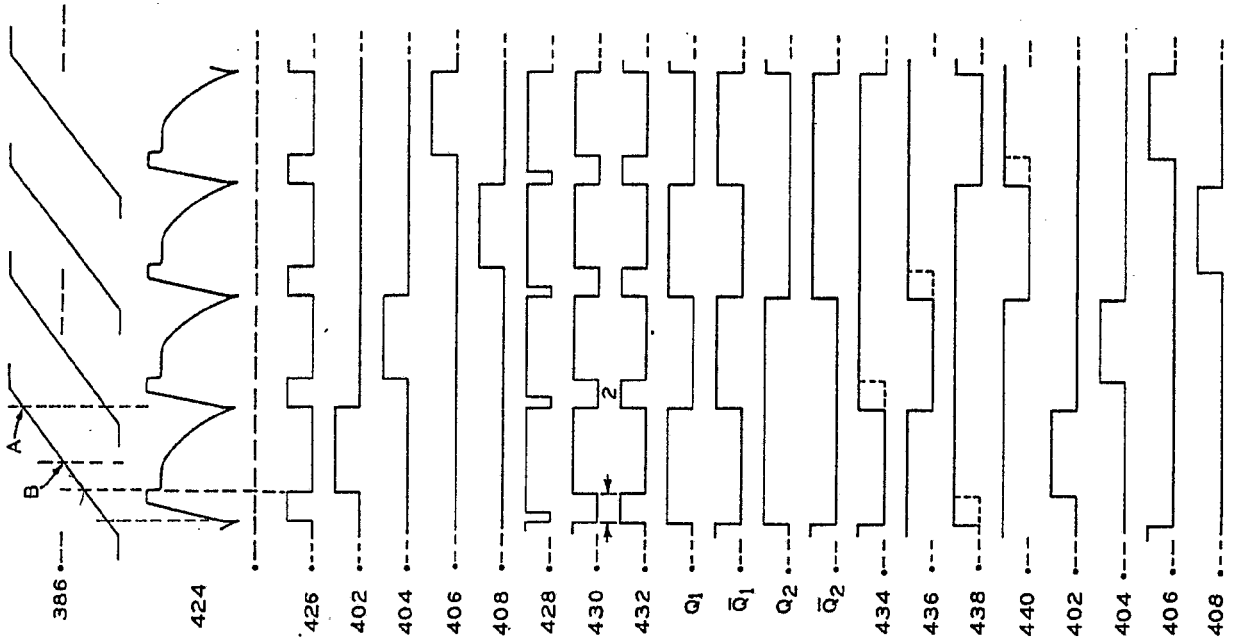


FIG. 41

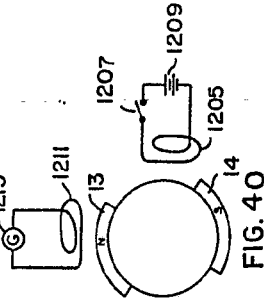


FIG. 40



FIG. 44

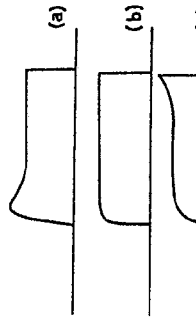


FIG. 43

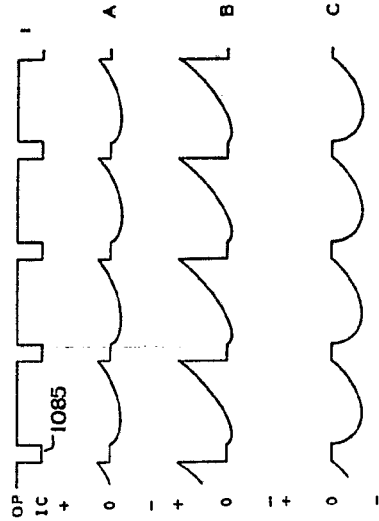


FIG. 42

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 de octubre 1.977
 BERNARDO JUBERTI

FIG. 39

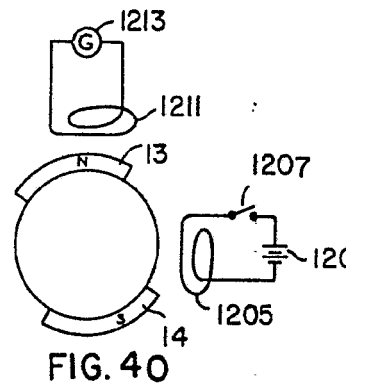
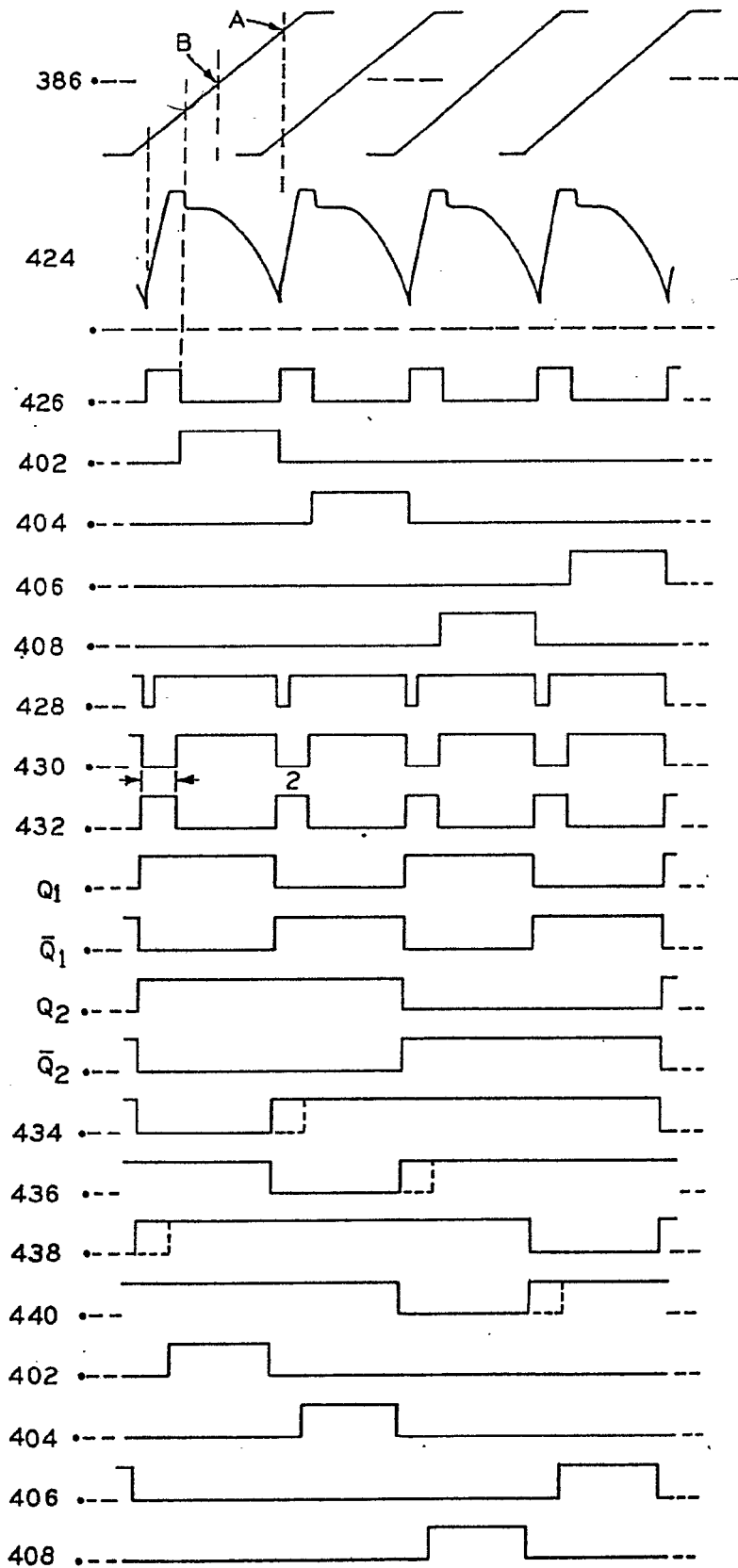


FIG. 39

FIG. 40

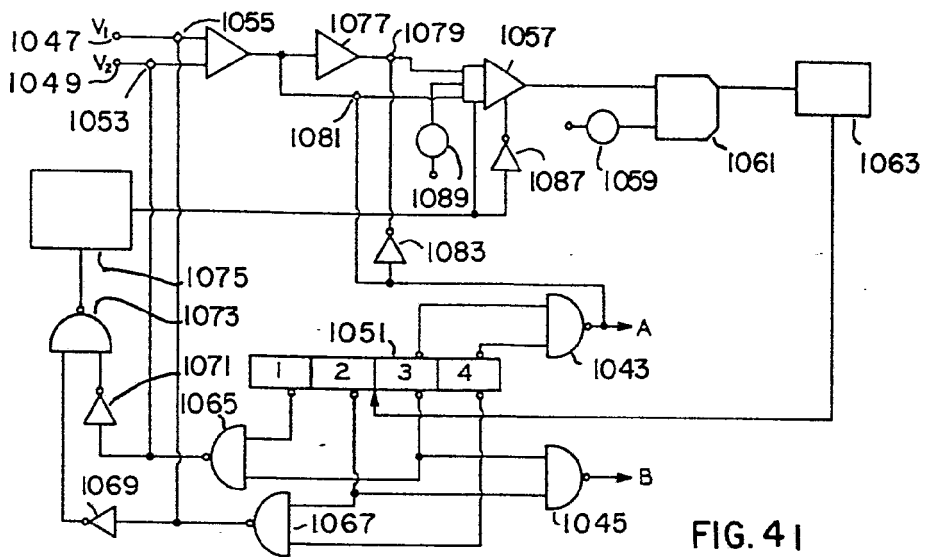


FIG. 41

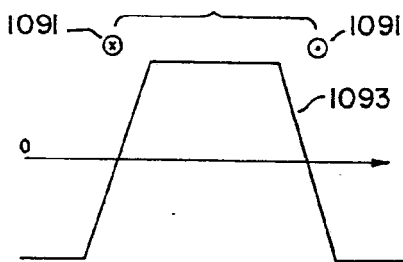


FIG. 44

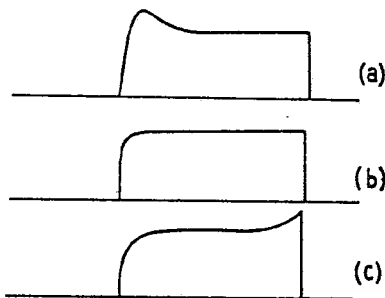


FIG. 43

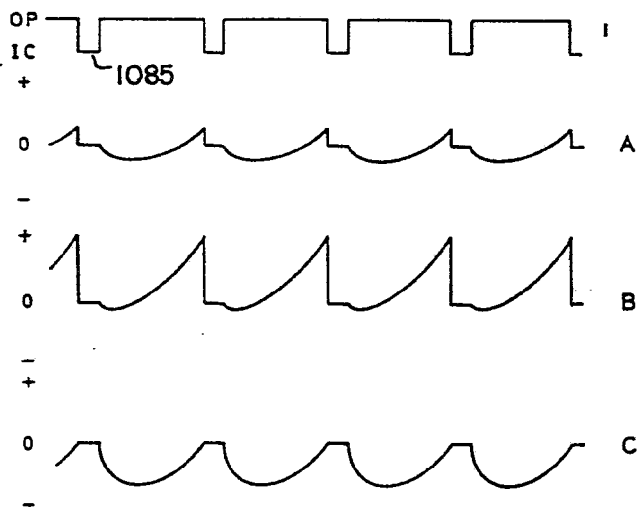


FIG. 42

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1.977
 BERNARDO UNGRIA

[Handwritten signature]

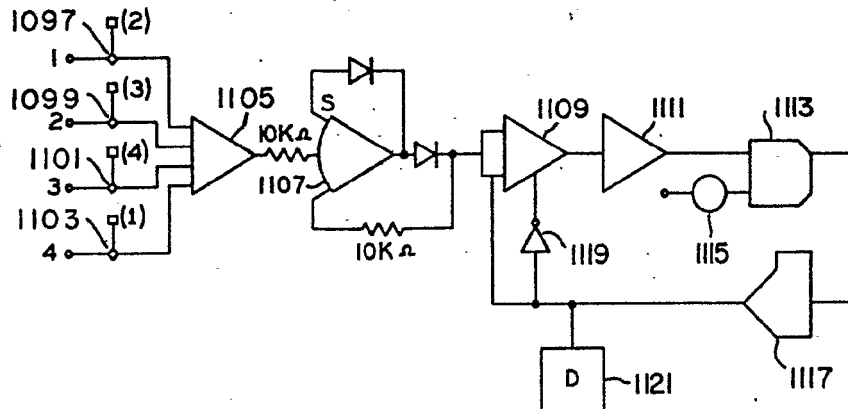


FIG. 45

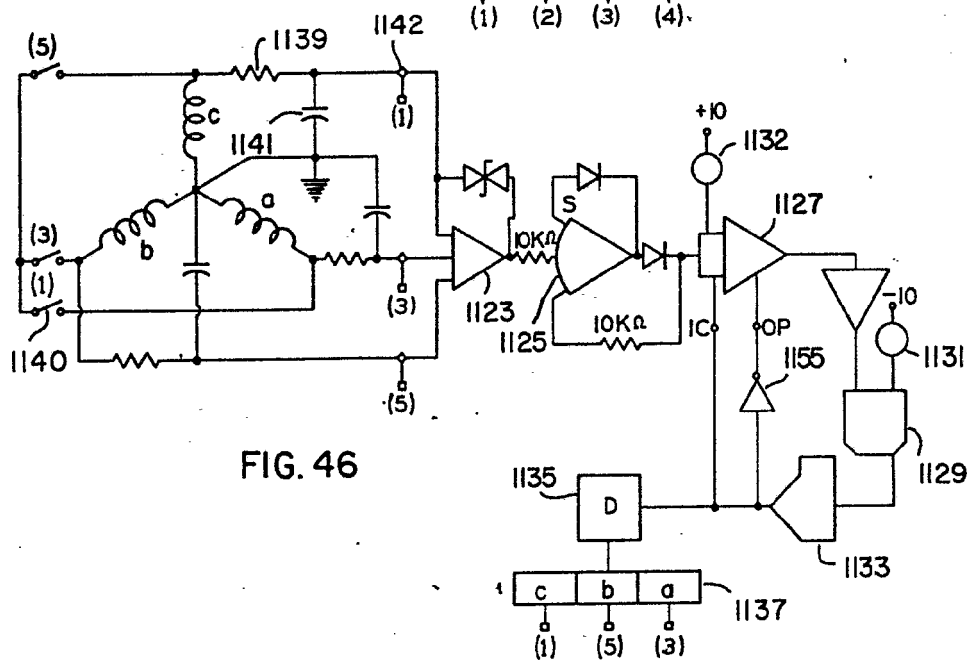


FIG. 46

*
*
*
*
*

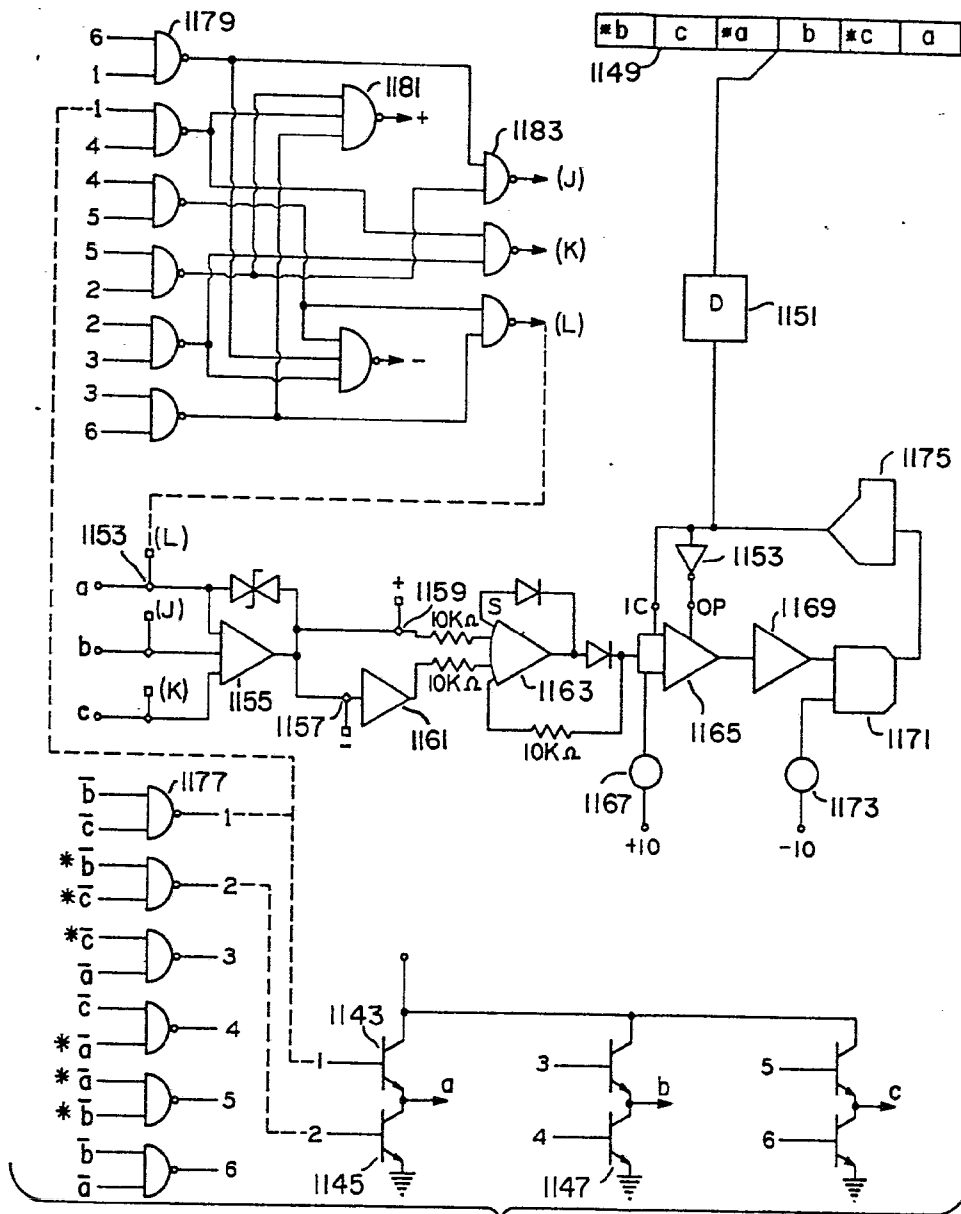


FIG. 47

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 4 octubre 1.977
 BERNARDO UNGRIA

P.