

Incl. Cl.: B60L

MEMORIA DESCRIPTIVA

Correspondiente a la solicitud de registro de una Patente de Inven-
ción que, por veinte años se solicita para España, a favor de la fi-
ma GENERAL ELECTRIC COMPANY, de nacionalidad jurídica estadounidense
domiciliada en Schenectady, 12.305 N.Y. (EE.UU.), River Road, 1 - -

p o r

" MEJORAS EN LA CONSTRUCCION DE CIRCUITOS DE CONTROL PARA MOTORES
ELECTRICOS DE TRACCION "

El presente invento se refiere a sistemas de control para vehí-
culos movidos por energía eléctrica de corriente continua y más par-
ticularmente a un sistema de control incluyendo un circuito de lími-
te de corriente de conmutación.

5 En los vehículos movidos con energía eléctrica de corriente cor-
tina es una práctica común emplear el motor propulsor para frenar
el vehículo por inversión de la dirección del par de fuerzas de rota-
ción del motor. Este tipo de frenaje es conocido como frenaje diná-
mico o conmutación. Los vehículos industriales eléctricos al presen-
10 te están diseñados de tal modo que cuando marchan a plena velocidad

**POOR
QUALITY**

puede moverse un selector de dirección para seleccionar una dirección opuesta, sin soltar el acelerador. En tales vehículos un circuito de control eléctrico se superpone a la demanda del acelerado y procura un nivel sustancialmente constante de par de fuerzas de frenaje hasta que la velocidad del motor haya caído hasta cerca de
5 cero.

Los sistemas de control de la técnica anterior regulaban el par de fuerzas de frenaje manteniendo un nivel constante de flujo de campo o manteniendo un nivel constante de corriente de inducido. Ambos métodos tienen defectos conocidos, uno de cuyos ejemplos típicos es un efecto denominado "punteado". El punteado puede reconocerse como uno o varios topetazos o sacudidas del vehículo, que ocurren normalmente hacia el final del intervalo de frenaje como un resultado de variaciones en el par de fuerzas de frenaje. Se ha encontrado que el punteado es mucho más pronunciado, cuando el vehículo es conmutado a un modo de frenaje a velocidad baja más bien que a
10 velocidad elevada. También se ha encontrado que el punteado es más pronunciado en aquellos vehículos, que usan motores eléctricos con una alta constante de motor K_v cuyos motores producen más EMF contrario por amperios de corriente de campo. Los intentos de la técnica anterior para aliviar el punteado, por selección de motores teniendo bajas constantes K_v de motor, han sido ineficaces e impracticables. Otros intentos para reducir el punteado procurando aceleración controlada han resultado ser poco prácticos, a causa de que los tiempos excesivos de respuesta producen una operación perezosa
15 del vehículo.

Se ha encontrado que los intentos de la técnica anterior para prevenir el punteado han carecido de éxito, principalmente porque la técnica anterior ha dejado de reconocer la verdadera causa del problema. Por experimentación y análisis se ha encontrado que el
20 punteado es una inestabilidad u oscilación en el circuito de con-
25

trol, que están directamente asociadas con el par de fuerzas incrementado con amperios de corriente de campo cuando disminuye la velocidad del motor. Por ejemplo, a velocidad muy alta, se requiere un poco de flujo de campo para producir el nivel requerido de corriente de inducido y, por lo tanto, puesto que el par de fuerzas de rotación es proporcional al producto de corriente de inducido y flujo de campo, es pequeño el par de fuerzas neto. Según disminuye la velocidad, se requiere una cantidad creciente de flujo de campo para mantener la deseada corriente de inducido; por lo tanto, el par de fuerzas por amperio de corriente de inducido aumenta e intensifica las variaciones de par de fuerzas con velocidad decreciente.

Las variaciones de par de fuerzas resultan de que el sistema de control está subamortiguado, de modo que la conmutación al modo de límite de corriente produce una oscilación inicial de exceso de disparo y a bajas velocidades cuando el par de fuerzas por amperio es alto, éstas oscilaciones pueden percibirse como punteado. Esta oscilación o repique, cuando la corriente de inducido es repentinamente reducida, es mayor y más pronunciada en términos de par de fuerzas del motor a bajas velocidades de lo que ocurre en las regiones de velocidad más altas. El rendimiento general de un sistema de control con las características, que produce este exceso de disparo es deseable, con el fin de evitar un rendimiento perezoso del vehículo. Por consiguiente, se ha encontrado que la mejor solución es reducir los efectos del exceso de disparo en lugar de alterar las constantes del sistema de control.

Es un objeto del presente invento procurar un sistema de control, que venza el efecto de punteado.

Es otro objeto del presente invento procurar un sistema de control, que venza el efecto de punteado, sin sacrificar la respuesta del sistema.

De acuerdo con el presente invento, el objeto precedente y otros objetos del invento se consiguen complementando un límite de corriente de referencia variable en un sistema de control de realimentación. En una ejecución preferida, un límite de corriente de referencia, que es normalmente aplicado como una función inclinada, elabora a través de un integrador, con el fin de producir sustancialmente una función de rampa. La comparación de la corriente de inducido de motor con un límite de corriente de referencia creciente, gradual, produce una señal de error sustancialmente uniforme e impide el exceso de disparo de la corriente de inducido.

Para la mejor comprensión del presente invento, se hará referencia al adjunto dibujo, en que:

La figura 1, es un circuito básico de energía para un control de vehículo eléctrico movido con energía de batería incorporando el aparato del presente invento.

La figura 1 ilustra en forma esquemática ciertos elementos de un típico circuito de control de impulso adaptado para el uso con un motor de corriente continua. Una fuente de potencial de corriente continua aquí ilustrada como una batería -10-, está acoplada a un lado de un inducido -12- de un motor -13- de corriente continua por medio de un conmutador -11- y un shunt -14- resistivo. El motor ilustrado es de un tipo de arrollamiento en serie e incluye un arrollamiento -16- de campo acoplado en serie con el inducido y un diodo -18- de retroceso conectado en paralelo con el motor -13-. Están dispuestos contactos F1, F2, R1 y R2 para conectar el arrollamiento -16- en serie con el inducido -12- de una manera que produzca, bien sea un par de fuerzas de avance o bien de retroceso. Los contactos F1, F2 y R1, R2 están controlados respectivamente por bobinas de contactor -17- y -19-, cuyas bobinas son energizadas por un conmutador -21- de control de dirección. El circuito de fuerza se completa por medio de un conmutador de tiristor, aquí representado como

SCR -20-. El importe del voltaje, producido por la batería -10-, que efectivamente aparece a través de los terminales del motor -13- es una función del régimen medio de conductibilidad o proporción de marca-espacio del tiristor -20-. Variando la proporción de marca-espacio, el voltaje efectivo a través de los terminales del motor puede variarse desde cero hasta prácticamente 100% del voltaje de batería disponible. Cada vez que el tiristor es pasado a conducción, fluye un impulso de corriente desde la batería -10- a través del motor -13- y tiristor -20-. Durante la conmutación del tiristor, debido a la naturaleza inductiva del motor, continúa fluyendo corriente a través del motor en virtud de la presencia del diodo -18- de retroceso. El flujo de corriente a través de la curva cerrada, que comprende el inducido -12- y los arrollamientos de campo -16- del motor -13- y diodo -18-, así se relaciona, pero es disimilar de la magnitud del flujo de corriente a través del circuito general de energía. Un diodo -23- de conmutación, conectado en paralelo con el inducido -12-, procura un camino de derivación para corriente de inducido durante el frenado dinámico.

Con el fin de hacer funcionar el tiristor -20- a los intervalos apropiados, se ha dispuesto un control -22- de paso. Para facilidad de ilustración, el tiristor -20- ha sido representado teniendo un par de conductores de paso, uno para energizar y el otro para conmutar el tiristor. En la práctica, se procura comúnmente un circuito separado de conmutación para el tiristor y puede ser cualesquiera de varios tipos. Un circuito de conmutación usado con éxito se describe en la patente de EE.UU. nº 3.777.237 de Anderson concedida el 4 de Diciembre de 1.973 y transferida al titular del presente invento. Comúnmente tal circuito incluirá un capacitor, que es cargado en una primera dirección preparatoria a la conmutación del tiristor. La carga sobre el capacitor entonces es invertida y el voltaje inve

so, entonces acumulado, se acopla a través de los terminales del tiristor -20- para polarizar el retroceso el tiristor, haciendo que cese de fluir corriente a través del mismo y afectando a la extinción o conmutación del tiristor.

5 Un control -24- de velocidad mostrado aquí como un potenciómetro, procura un voltaje ajustable, que últimamente utilizado para regular el funcionamiento del control de paso -22- interpuesto entre el control de velocidad -24- y el control de paso -22- se encuentra un circuito -26- controlado de aceleración, indicado esquemáticamente como una juntura -27- sumadora y un capacitor de filtro -28-. Los circuitos de aceleración controlados frecuentemente se proveen en sistemas de control eléctricos con el fin de limitar el régimen de cambio de un voltaje de control aplicado a un control de paso con el fin de evitar cambios precipitados en la conductibilidad del tiristor -20-.

10

15

Además de la señal de control de velocidad desde el control -24- de velocidad, se suministra una segunda señal de límite de corriente desde un circuito -30- de límite de corriente, así ilustrado esquemáticamente como un par de comparadores -32- y -34-, cada uno de los cuales incluye un primer terminal de entrada conectado para recibir una señal representativa de la amplitud de la corriente, que fluye en el inducido -12-. La señal, que representa la corriente de inducido, se procura por un amplificador diferencial -36-, que tiene un par de terminales de entrada, conectados respectivamente a extremos opuestos del shunt resistivo -14-. Un terminal de salida de amplificador -36- está conectado, por medio de un resistor -38- y un inversor -40-, al primer terminal de entrada del comparador -32- y por medio de un resistor -42- y un inversor -44- al primer terminal de entrada del comparador -34-. Un segundo terminal de entrada del comparador -32- está conectado para recibir un

20

25

30

voltaje de referencia desde una fuente de voltaje de referencia (no ilustrada). Un segundo terminal de entrada del comparador -3 está conectado para recibir un voltaje de referencia desde una fuente de voltaje indicada como red divisora de voltaje, conectada en paralelo con la batería -10-. Aunque indicado como red divisora de voltaje comprendiendo un par de resistores -46- y -48-, deben entenderse que en la práctica puede ser deseable suministrar el voltaje de referencia al comparador -34- desde una fuente de voltaje más estable. Aunque el circuito -30- se ilustra como comprendiendo dos comparadores, será obvio que un solo comparador podría ser utilizado con apropiados circuitos de paso para controlar los respectivos voltajes de referencia o en una aplicación, en que deba utilizarse un simple nivel de voltaje de referencia.

Un conmutador -50- está dispuesto para conectar un terminal del resistor -46- al lado positivo de la batería -10- cuando se desee disponer un voltaje de referencia para el comparador -34-. El conmutador -50- puede ser cualesquiera de un número de tipos de conmutadores bien conocidos en la técnica, que respondan a una señal de entrada para procurar un camino de flujo de señal, tal como por ejemplo un relé de lengüeta o un conmutador de transistor. Un capacitor -52-, conectado en paralelo con el resistor -48-, forma una red integradora, de tal modo que el voltaje aplicado al segundo terminal de entrada del comparador -34- aparezca como una función de rampa en lugar de una función escalonada. Alternativamente el voltaje de entrada escalonado desde el conmutador -50- podría aplicarse a un integrador de estado sólido, tal como por ejemplo un amplificador operacional, con realimentación de capacitor si se deseara procurar una función de rampa más lineal como voltaje de referencia al comparador -34-.

La determinación de si el comparador -32- o el comparador

-34- procuraran una señal de límite de conmutación para controlar el circuito de aceleración -26-, se controla por el circuito lógico de conmutación -54-. El circuito -54- lógico de conmutación vigila el estado de las bobinas de contactor -15- y -16- y también el nivel de voltaje de la juntura sumadora -27- y emite una señal de límite de corriente de conmutación, cuando se determine que el motor -13- se encuentra en un modo de conmutación o frenaje dinámico. Tal circuito lógico de conmutación se ilustra en la solicitud de patente pendiente al mismo tiempo en EE.UU. de R. C. Clark y que se ha transferido al titular del presente invento; sin embargo, debe entenderse que el circuito lógico de conmutación es meramente una forma de un circuito palpador de conmutación y cualquier circuito palpador de conmutación capaz de determinar cuando se encuentre el motor -13- en un modo de conmutación y que emita una señal representativa de ello podría sustituir al circuito lógico -54- de conmutación. Con el fin de controlar si el comparador -32- o el comparador -34- debe utilizarse para establecer un límite de corriente, la señal de salida desde el circuito lógico de conmutación -54- se aplica por vía de un inversor -56- a un cátodo de un diodo -58- y también se aplica a un cátodo de un diodo -60-. Para la ejecución ilustrada, la conmutación del motor -13- se indica por una señal de alto nivel saliendo del circuito -54- lógico de conmutación, cuya señal polariza hacia atrás el diodo -60- y permite que la señal de referencia de corriente desde el amplificador -36- se aplique a través del resistor -42- e inversor -44- como una señal de entrada al comparador -34-. Al mismo tiempo, la señal de alto nivel es invertida por el inversor -56- y tira hacia abajo del cátodo del diodo -58- hasta un nivel bajo, cuyo nivel bajo es invertido por el inversor -40- y aplicado como una señal de alto nivel al comparador -32- forzando por ello la salida del comparador -32-

a un alto nivel. La particular construcción y disposición de los comparadores -32- y -34- es tal que la señal de salida desde el circuito -30- del límite de corriente será responsable a aquel comparador, que produzca el voltaje de salida de nivel más bajo. Esta señal de referencia de corriente se aplicará a través del diodo -62- y resistor -64- a la juntura de suma -27- y así controlará el nivel al que puede cargarse la juntura sumadora -27- controlando por ello la proporción de marca-espacio del tiristor -20-.

En funcionamiento, cuando se energiza el contactor -17- y el motor marcha en la dirección de avance, fluirá corriente desde la batería de izquierda a derecha a través del inducido -12- y arrollamiento de campo -16-, procurando por ello un voltaje de inducido generado positivo a la escobilla superior del inducido. Durante el periodo, en que está abierto el tiristor -20-, la energía acumulada en la inductancia del motor procura el voltaje necesario para hacer circular corriente a través del inducido -12-, arrollamiento de campo -16- y desde ánodo a cátodo en el diodo -18-, manteniendo por el continuidad de la corriente del motor durante el periodo entre impulso. Cuando el conmutador -21- es colocado para quitar energía desde el contactor de bobina -17-, y energizar la bobina de contactor -19- mientras el motor está todavía marchando en la dirección de avance, la escobilla superior ya no será positiva, sino más bien la escobilla inferior se hará positiva por el generado contra-EMF y esta polaridad de voltaje se pondrá en cortocircuito por el diodo -23-, de tal modo que hasta que el motor haya llegado a detenerse o a invertirse, las conexiones de campo, el generado contra-EMF es puesto en cortocircuito por el diodo de potencia -23-. Por lo tanto, circulará una corriente desde la escobilla inferior del inducido subiendo a través del diodo -23- y volviendo a la escobilla superior del inducido. El producto de esta corriente y de cualquier flujo de campo,

que se requiera en la máquina para generar el contra-EMF, producirá el esfuerzo de frenado. Mientras el diodo -23- está conduciendo corriente, la escobilla inferior del inducido está esencialmente a voltaje positivo de batería, puesto que la caída de voltaje hacia adelante a través del diodo -23- es muy pequeña. Por lo tanto, el tiristor -20- tiene una capacidad para conectar y desconectar el campo -16- del motor directamente a través de la batería, de modo que, en efecto, el motor es accionado con un generador, excitado en shunt produciendo el voltaje generado una corriente, que circula a través del mismo inducido y el diodo de potencia -23- y tiene, en efecto, una forma de frenado dinámico, actuando la resistencia en el inducido del motor como un resistor frenador dinámico. Esta forma de frenar, llamada conmutación, es común en vehículos movidos por batería.

Cuando se tantea la conmutación, por el circuito -54- lógico de conmutación, se produce una señal de salida, que cierra el conmutador -50-, aplicando por ello una señal de referencia de voltaje de función de rampa a un segundo terminal de entrada del comparador -34-. Simultáneamente, la señal de salida desde el circuito -54- lógico de conmutación polariza hacia atrás el diodo -60- y polariza hacia adelante el diodo -58-, conmutando así la referencia de límite de corriente desde el comparador -32- al comparador -34-. Puesto que después de la aplicación inicial la referencia de voltaje de rampa al comparador -34-, la referencia está a un nivel muy bajo, la señal de salida desde el comparador -34-, aplicada a la juntura sumadora -27-, está a un nivel muy bajo y hace que sea muy pequeño el tanto por ciento sobre el tiempo del tiristor -20-. Según aumenta lentamente la señal de referencia de voltaje de rampa, la proporción de tanto por ciento de tiempo o proporción de marca-espacio del tiristor -20- aumenta análogamente, permitiendo por ello un régimen suprimido de incremento de par de fuerzas y procurando una transición

mucho más suave a total par de fuerzas de frenado, especialmente en la región de baja velocidad. En una ejecución particular del invento la magnitud de la constante de tiempo utilizada en la referencia de voltaje de rampa, procura un régimen de incremento hasta el nivel final aproximadamente en medio segundo. El tiempo normal de detención para un motor a plena velocidad hasta cero es de alrededor de 3 a 5 segundos, de modo que el intervalo de medio segundo no produce tanto retraso que la corriente tenga que incrementarse significativamente para cumplir con las requeridas distancias de detención.

Se observará que se ha descrito aquí un sistema de control de frenaje dinámico mejorado, que procura un grado controlado de frenaje y elimina el punteado causado por señales de límite de corriente de frenaje aplicadas repentinamente, que producen exceso de disparo de la corriente de inducido.

Mientras que aquí se ha mostrado y descrito lo que al presente es una ejecución preferida del invento, será evidente para los expertos en la materia, que pueden introducirse varias modificaciones sin apartarse de la idea y del alcance del invento, por lo tanto, se propone que el invento no esté limitado por la ejecución ilustrada, sino que se dé plena consideración a las reivindicaciones anexas definiendo la amplitud del invento.

N O T A

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

18.- Mejoras en la construcción de circuitos de control para motores eléctricos de tracción de corriente continua, en que el par de fuerzas de frenaje de dicho motor durante la conmutación se controla por regulación de corriente de inducido por comparación de dicha corriente de inducido con un voltaje de referencia, caracterizadas por

que la mejora comprende medios para aplicar dicho voltaje de referencia como una función de rampa durante la transmisión de dicho motor hacia un modo de conmutación.

2ª.- Mejoras según la reivindicación 1ª, caracterizadas porque dicho medio para aplicar el citado primer voltaje de referencia comprende una red integradora.

3ª.- Mejoras según la reivindicación 2ª, caracterizadas porque dicha red integradora comprende un resistor y un capacitor.

4ª.- Mejoras según las reivindicaciones precedentes, caracterizadas porque las mejoras comprenden medios para conectar el citado sistema de control a una fuente de energía de corriente continua; medios conmutadores de energía, conectados en serie entre dicho motor y la citada fuente para procurar control de proporción de tiempo de la energía a dicho motor; medios de control conectados para suministrar una señal a dichos medios conmutadores de energía para controlar el tanto por ciento sobre el tiempo de dichos medios conmutadores de energía; medios palpadores de conmutación, conectados a dicho sistema de control, para procurar una señal de límite de corriente de conmutación durante la conmutación de dicho motor; medios limitadores de corriente, conectados a flujo de corriente de vigilancia en dicho motor y para procurar una señal a dicho medio de control para limitar el citado flujo de corriente a un máximo predeterminado, siendo responsable dichos medios de límite de corriente a la presencia de dicha señal de límite de corriente de conmutación para restringir dicha corriente de motor a un primer nivel y siendo responsable a la ausencia de dicha señal de límite de corriente de conmutación para restringir dicha corriente de motor a un segundo nivel, estableciéndose dichos primero y segundo niveles por primero y segundo voltajes de referencia, respectivamente; y medios para aplicar dicho primer voltaje de referencia a dicho m

dio del límite de corriente sustancialmente como una función de
rampa.

5 5a.- Mejoras según la reivindicación 4a, caracterizadas porque
dichos medios para aplicar dicho primer voltaje de referencia com-
prenden primeros medios para desarrollar un voltaje de referencia;
medios integradores conectados para suministrar dicho voltaje de re-
ferencia al citado medio del límite de corriente; y medios que res-
ponden a dicha señal de límite de corriente de conmutación para apl-
car dicho voltaje de referencia a dicho medio integrador, por lo qu
10 se hace que el citado voltaje de referencia aumente desde cero a un
nivel deseado en un periodo de tiempo predeterminado.

6a.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de re-
caer la presente Patente de Invención que por veinte años se solici-
ta registrar para España, - - - - -

15

p o r

" MEJORAS EN LA CONSTRUCCION DE CIRCUITOS DE CONTROL PARA MOTORES
ELECTRICOS DE TRACCION "

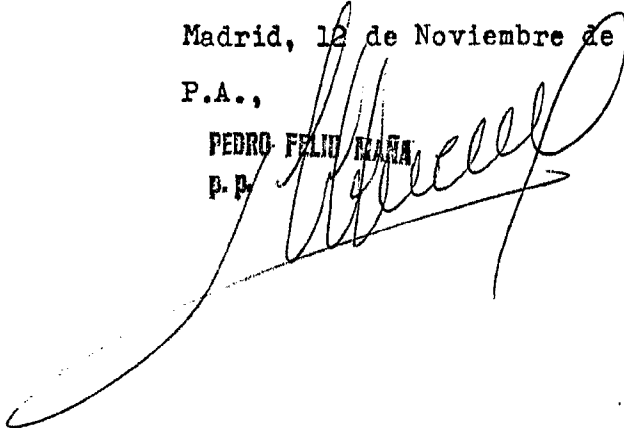
20 Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descripti-
va que consta de trece hojas foliadas y escritas a máquina por una
sola cara y planos que se acompañan.

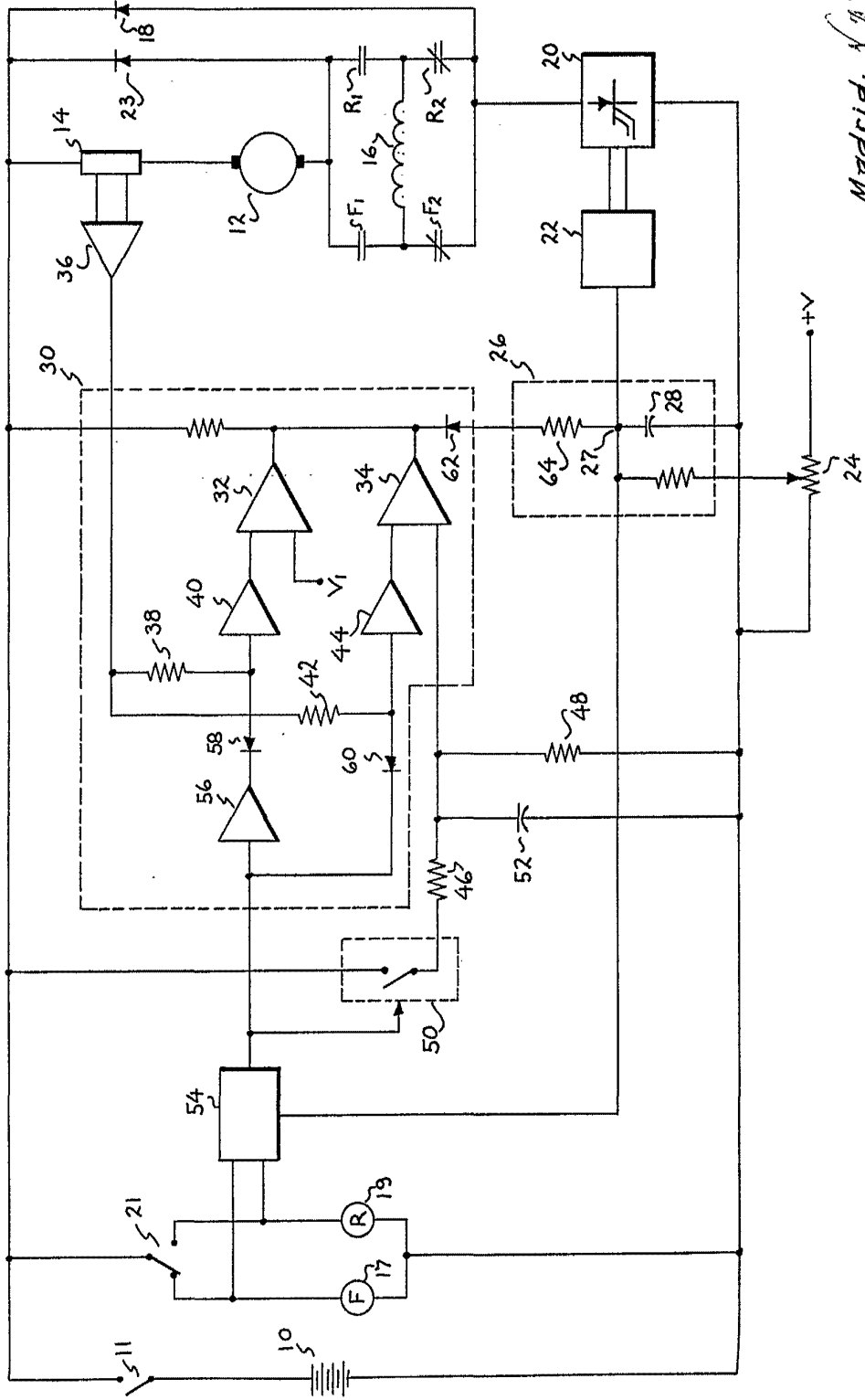
Madrid, 12 de Noviembre de 1.975.

P.A.,

PEDRO FELIU BLANCA

P. P.



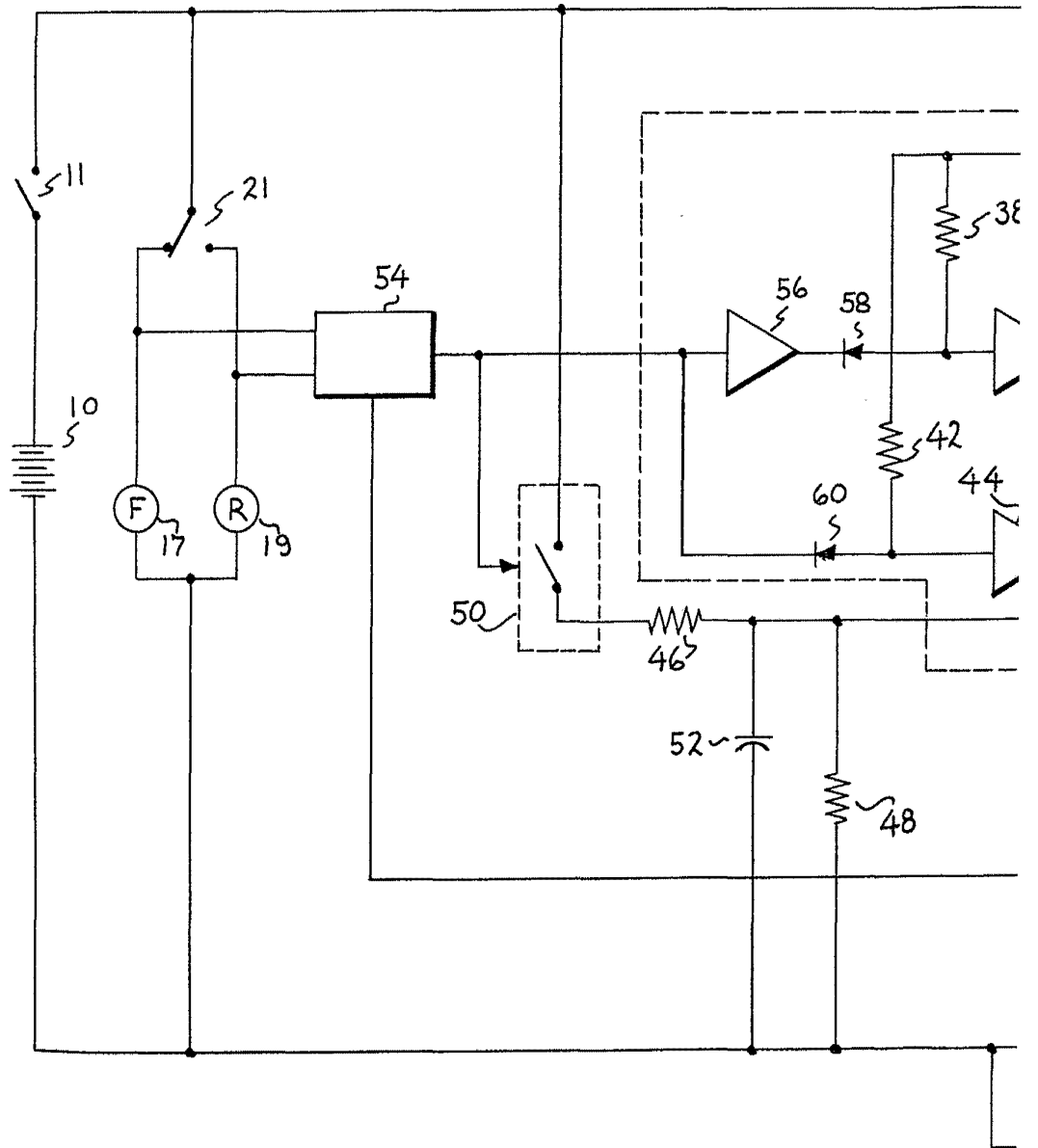


Madrid, 19 NOV. 1978

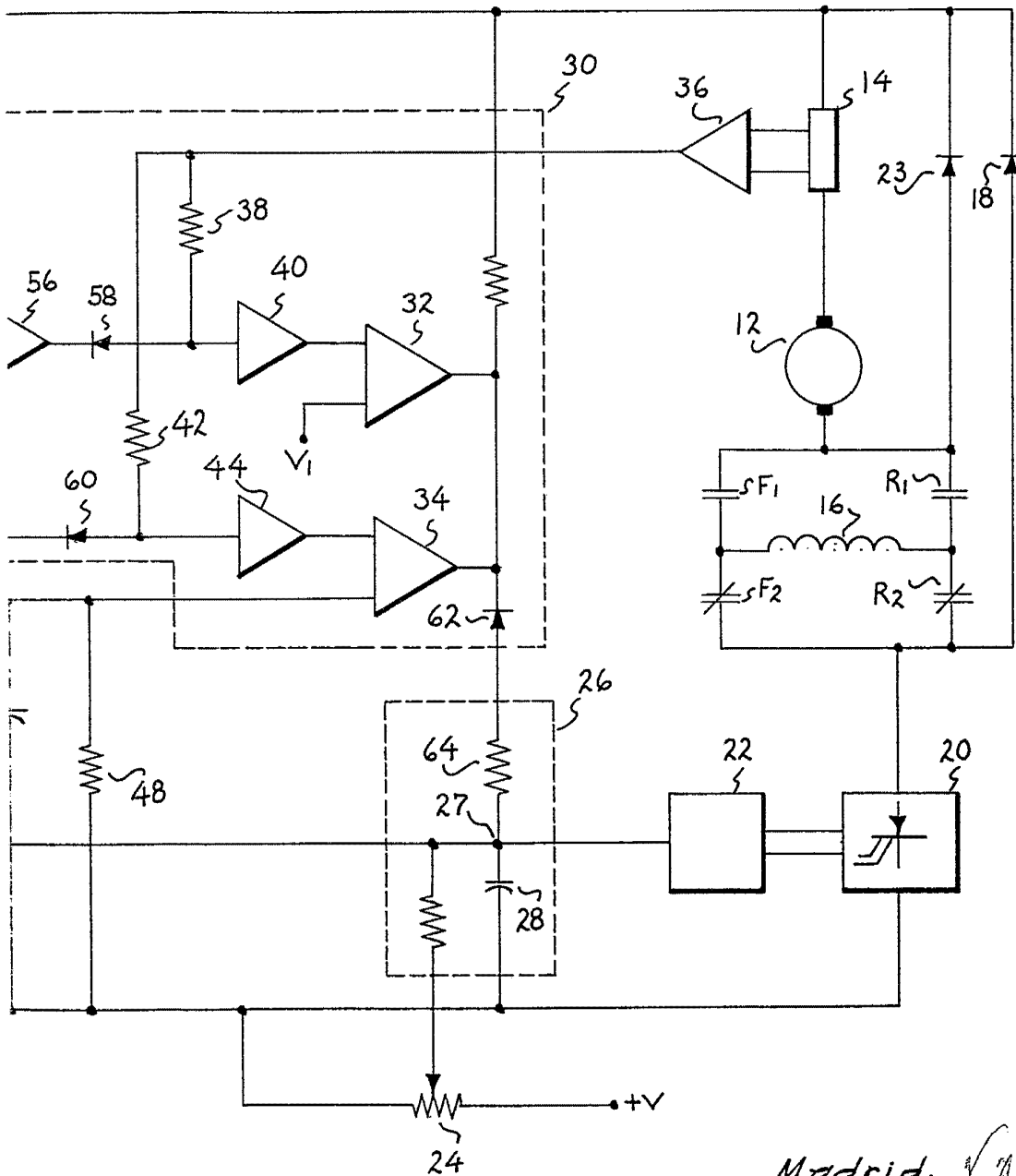
P. A. PEDRO FERRER

P. P.

GENERAL ELECTRIC COMPANY



Escala variable



Madrid, 11 NOV. 1975
P.A.
PEDRO FELIX BARRA
D. P.
[Signature]