



- A SED

131

MEMORIA DESCRIPTIVA.

=====

PATENTE DE INVENCION.

PAIS : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "UN SISTEMA DE CONTROL DE UN MOTOR".

=====

A nombre de : GENERAL ELECTRIC COMPANY.

Residente en : SCHENECTADY (New-York), 1, River Road.

Nacionalidad : ESTADOUNIDENSE.

(P. 2.887, A-R).
(Docket 21-30-122).



Este invento se refiere a sistemas para el control de motores y, más particularmente, a sistemas para el control de motores que utilizan amplificadores de corriente controlados en fase. El invento aquí descrito se realizó en el

5.- curso o bajo un contrato o subcontrato del mismo con el Departamento de Marina.

Los amplificadores de corriente controlados en fase se están usando en sistemas para el control de motores para alimentar energía eléctrica de corriente continua controlablemente, desde fuentes de alimentación de corriente alterna a motores de accionamiento de corriente continua. La cantidad de energía alimentada a un motor de accionamiento es hecha variar cambiando los ángulos de disparo de rectificadores controlados contenidos en estos amplificadores de corriente.

10.- Cuando el disparo de estos rectificadores controlados es retardado hasta más tarde en un semi-período del voltaje de corriente alterna aplicado, se alimenta una pequeña cantidad de energía al motor. La cantidad de energía alimentada al motor de accionamiento es aumentada adelantando el disparo de los rectificadores controlados.

15.-

20.-

La experiencia con amplificadores de corriente controlados en fase ha mostrado que tienen faltas de linealidad inherentes cuando el disparo de sus rectificadores controlados está en condición retardada. Para pequeños ángulos de

25.- disparo de estos rectificadores controlados, la función de



taje de salida medio aplicado al motor de accionamiento. Cerca de la cresta de la onda de voltaje sinusoidal, un cambio idéntico del ángulo de disparo produce un cambio mucho mayor en el voltaje medio aplicado al motor. Esta

60.- diferencia en el voltaje medio aplicado al motor explica algo la falta de linealidad de la función de transferencia del amplificador de corriente en la gama de disparo retardado a la cual pertenece este invento.

La segunda fuente de falta de linealidad del amplifi-

65.- cador de corriente controlado en fase es la naturaleza inductiva de su carga, el motor de accionamiento. Cuando los ángulos de disparo de los rectificadores controlados están adelantados suficientemente, la constante de tiempo del motor provoca el continuo paso de corriente de inducido. El

70.- voltaje medio aplicado al inducido se determina por la magnitud del voltaje de alimentación de corriente alterna que polariza en sentido directo los rectificadores controlados después de que se han disparado. Sin embargo, durante la

75.- gama de disparo retardado en cuestión, el paso de corriente al motor es discontinuo, empezando después de que los rectificadores controlados son disparados y continuando durante cierto tiempo después de que el voltaje aplicado es menor que el voltaje generado por la rotación del motor.- El siguiente

80.- rectificador controlado para llevar la corriente de motor no es disparado hasta después de que ha cesado el paso de la corriente. Durante el corto tiempo que el voltaje aplicado es menor que el voltaje generado por el motor, se devuelve corriente a la fuente de alimentación de voltaje de corriente alterna. El voltaje de corriente alterna du-

85.- rante este tiempo debe restarse del voltaje de corriente al-



terna de polarización directa para obtener el voltaje medio aplicado al motor de accionamiento, provocando así las faltas de linealidad que supera este invento.

90.- Es un objeto de este invento proporcionar un sistema mejorado para el control de un motor, que tiene un amplificador de corriente controlado en fase, que responde linealmente a señales de entrada que requieren la activación de los rectificadores controlados a pequeños ángulos de disparo.

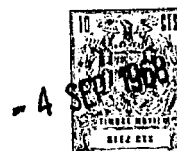
95.- Es otro objeto de este invento proporcionar un sistema para el control de un motor, que compensa las variaciones de ganancia inherentes de su amplificador de corriente controlado en fase.

100.- Brevemente explicado, y de acuerdo con un aspecto de este invento, un sistema para el control de un motor incluye medios para variar la magnitud de las señales de accionamiento de un amplificador de corriente controlado en fase en función de la magnitud de su corriente de salida para compensar las variaciones de ganancia del amplificador de corriente, particularmente aquellas que ocurren a pequeños ángulos de disparo de rectificadores controlados contenidos por el amplificador de corriente.

105.- El invento se comprenderá más fácilmente a partir de la siguiente descripción de una realización preferida del mismo mostrada a modo de ejemplo, en los dibujos anejos, en los cuales:

110.- La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema para el control de un motor hecho según los principios de este invento.

115.- La figura 2 es una gráfica que muestra la función de transferencia deseada de un amplificador de corriente con-



trolado en fase para sistemas de control de un motor y que muestra la función de transferencia de un amplificador de corriente típico.

La figura 3 es una gráfica que muestra la función de transferencia de un amplificador de ganancia variable usado en un sistema para el control de un motor de acuerdo con este invento.

La figura 4 es una gráfica que muestra las faltas de linealidad de la ganancia del amplificador de ganancia variable usado según el invento.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático parcial de una parte de un sistema para el control de un motor hecho según los principios de este invento.

Refiriéndonos ahora con más detalle a los dibujos, la figura 1 muestra un sistema para el control de un motor cuyas faltas de linealidad inherentes en la ganancia de los amplificadores de corriente controlados en fase son compensadas según los principios de este invento. En el sistema mostrado para el control de un motor, un motor de accionamiento tal como un motor 10 de corriente continua es excitado a través de conductores 12 y 14 para accionar una carga 16 a través de medios de acoplamiento 18.

El rendimiento del motor de accionamiento 10 es controlado por medio de un regulador 20 que compara señales de referencia procedentes de una fuente de mando 22 y señales de reacción procedentes de un circuito de reacción 24 para producir señales de error en un conductor 26, a la entrada de un amplificador operacional 28. La fuente de mando 22 puede comprender cualesquiera medios convenientes para generar señales de referencia que tengan una magnitud proporcional al



rendimiento deseado del motor de accionamiento 10. Por ejemplo, puede comprender una alimentación de corriente regulada, una computadora, un generador tacométrico accionado por un sistema de accionamiento maestro, etc. Las señales de referencia pueden ser de polaridad reversible o pueden tener una polaridad única, dependiendo del funcionamiento deseado del motor controlado.

Las señales de reacción negativas, proporcionales a la salida regulada del motor de accionamiento 10, son aplicadas a través de una resistencia 30 de reacción en un punto de suma 32 del regulador 20. Con fines ilustrativos, la característica regulada del motor 10, es la velocidad del motor, y así, el circuito de reacción 24 incluye un generador tacométrico 34 acoplado al motor de accionamiento 10 para generar señales de corriente continua proporcionales a la velocidad del motor 10. La salida regulada puede ser un par de salida, la posición de la carga, etc., necesitando en cada caso una señal de reacción apropiada.

La diferencia entre la corriente que pasa a través de la resistencia 30, provocada por la señal de reacción y la corriente que pasa a través de una resistencia 36, provocada por la señal de referencia, produce una señal de error en el punto de suma 32 y el conductor 26. Esta señal de error se usa para controlar el rendimiento del motor de accionamiento 10.

De acuerdo con este invento, el regulador 20 está incluido en medios 38 para proporcionar señales de accionamiento en un conductor 40 en el circuito de entrada de un amplificador de corriente 42 controlado en fase. Un amplificador de corriente controlado en fase del tipo referido



en esta Memoria, incluye usualmente uno o una pluralidad de dispositivos rectificadores controlados para aplicar energía eléctrica procedente de una fuente de alimentación de corriente alterna a un dispositivo tal como el motor de accionamiento 10. También incluye circuitos de control para poner en circuito los dispositivos rectificadores controlados a distintos ángulos de fase del voltaje de corriente alterna aplicado para controlar la cantidad de energía aplicada al motor.

185.- En la figura 2, una curva 44 muestra una función de transferencia típica de un amplificador de corriente, en la cual la corriente de salida del amplificador está trazada en función del voltaje de accionamiento en la entrada del amplificador. La curva 46 muestra la función de transferencia deseada del amplificador 42 de corriente. Debe observarse que a pequeños ángulos de disparo, cuando se retarda el disparo de los rectificadores controlados, la pendiente de la curva 44 cambia de una forma no lineal, mostrando que está cambiando la ganancia del amplificador de corriente controlado en fase.

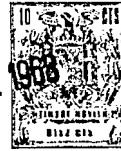
195.- Todavía de acuerdo con los principio de este invento, los medios 38 para alimentar señales de accionamiento, incluyen medios para variar la magnitud de las señales de accionamiento a estos pequeños ángulos de disparo en función de la magnitud de la corriente de inducido para compensar esta variación de la función de transferencia del amplificador de corriente 42. Los expertos en la técnica reconocerán que pueden preverse muchos medios diferentes para hacer variar la magnitud de las señales de accionamiento en función de la magnitud de la corriente de inducido. Sin em-



bargo, en la realización ilustrada de este invento, estos medios incluyen un amplificador 48 que tiene una ganancia que varía en función del valor de la corriente de salida del amplificador de corriente 42. Una resistencia 50 de muestreo de bajo valor está conectada en serie con el motor 10 para dar una señal proporcional a la magnitud de la corriente de inducido del motor 10 y proporcional por tanto a la magnitud de la corriente de salida procedente del amplificador de corriente. El valor de señal a través de la resistencia 50 se acopla a través de un conductor 52 para variar la ganancia del amplificador 48 y variar por tanto la magnitud de las señales de accionamiento del amplificador de corriente en el conductor 40.

Las curvas 44 y 46 de la figura 2, se usan para computar las características del amplificador 48 no lineal. Con fines ilustrativos, se elige el punto 56 en la abscisa del grafico de la figura 2 que muestra un valor de señal de entrada para el amplificador 48 no lineal. Moviéndose en dirección vertical hacia arriba, éste valor de señal cruza la curva del amplificador de corriente deseada en un punto 58. Moviéndose horizontalmente hacia la izquierda desde el punto 58, el valor de corriente de salida deseado a éste valor de señal de entrada, se muestra en el punto 59 en la ordenada de la gráfica. El valor de señal de accionamiento necesario para hacer que el amplificador de corriente 42 proporcione la corriente de salida deseada se halla siguiendo horizontalmente a la derecha desde el punto 58 a un punto 60 en la curva 44 y, luego verticalmente a un punto 62 en la abscisa.

En otras palabras, refiriéndonos a las figuras 1 y 2



cuando el valor del voltaje de la señal de entrada del amplificador 48 iguala al mostrado en el punto 56, la linealización de las características del amplificador de corriente 42 requiere un valor de corriente de salida mostrado en el punto 59. Para proporcionar este valor de corriente de salida, la señal de accionamiento para el amplificador de corriente 42 debe tener un valor de voltaje indicado por el punto 62. Las características requeridas por el amplificador 48 se producen repitiendo este procedimiento en toda la gama de funcionamiento del amplificador de corriente 42. Estas características se muestran por una curva 64 en la figura 3.

La figura 4 muestra como la ganancia o función de transferencia del amplificador 48 debe variar en toda una gama de sus valores de voltaje de señal de entrada para producir señales de accionamiento para hacer lineal la respuesta del amplificador de corriente 42. Cada valor de señal de entrada representa una magnitud deseada de la corriente de salida procedente del amplificador de corriente 42. Por lo tanto, según este invento, se hacen cambios en la ganancia del amplificador 48 para seguir los cambios en la magnitud de la corriente de salida del amplificador de corriente. Esto da como resultado la linealidad de la función de transferencia que describe la relación entre la magnitud de la corriente de salida producida por el amplificador de corriente 42 a diversos valores de voltaje de la señal de entrada en el conductor 54.

La figura 5 muestra una realización de este invento en la que la ganancia del amplificador de ganancia variable es hecha variar apropiadamente aprovechando las característi-



cas de un transistor de efecto de campo. La resistencia variable de un transistor de efecto de campo operado en la "región de triodo" de sus características, es decir, en la gama de pequeños voltajes salida-fuente antes del funcionamiento en su "región de aplastamiento" más lineal, se aproxima a las características de una resistencia en shunt de valor variable, necesaria para controlar la ganancia de un amplificador de ganancia variable según este invento. Una señal proporcional a la magnitud de la corriente del motor excita al electrodo de puerta del transistor de efecto de campo en el circuito de entrada de un amplificador de voltaje, controlando la resistencia salida-fuente de este amplificador y variando, por tanto, la ganancia de este amplificador en una forma que hace que el amplificador compense las variaciones de ganancia del amplificador de corriente. Los elementos comunes a los circuitos de las figuras 1 y 5, se identifican con los mismos números.

En la figura 5, el conductor 54 que lleva desde el amplificador 28 de señal de error de la figura 1 (no mostrado) está conectado a un circuito de entrada 66 de un amplificador de voltaje 74, comprendiendo el circuito las resistencias 68 y 70 y un transistor de efecto de campo 72. La resistencia 68 proporciona una gran atenuación de la señal de entrada para mantener bajo el voltaje de salida-fuente en el transistor 72 de efecto de campo cuando el transistor controla la ganancia del amplificador 48.

Una resistencia 76 y un transistor 78 de efecto de campo impiden la carga del circuito de entrada 66 por elevación de la impedancia de entrada del circuito que sigue a éste. El transistor 78 de efecto de campo es también muy



estable a los cambios de temperatura. Un circuito de reacción 80 que comprende las resistencias 82, 84 y 86 asegura que el amplificador 74 tenga una ganancia alta sin usar resistencias de reacción innecesariamente elevadas para el amplificador.

300.- El amplificador de corriente 42 incluye circuitos de control 88 y rectificadores controlados 90, mostrados en una configuración de media onda trifásica, que puede excitar el motor 10 para movimiento en una de sus dos direcciones de giro. Los circuitos de control 88 pueden incluir, por ejemplo, circuitos de disparo para cada uno de los rectificadores controlados 90, así como un inversor para cambiar la polaridad de las señales de accionamiento a uno de los juegos conductores en oposición de los rectificadores controlados.

305.- Una señal proporcional a la magnitud de la corriente del motor se acopla desde la resistencia 50 y por el conductor 52, un amplificador 92, un inversor 94 y los diodos 96 y 98 a un divisor de voltaje 100. Un condensador de filtro 102 está conectado al hilo del cursor de un potenciómetro 103

310.- en la puerta del transistor 72 de efecto de campo. La señal en la puerta del transistor 72 es proporcional al valor absoluto de la magnitud de la corriente del motor, ya que el inversor 94 y los diodos 96 y 98 convierten señales de cualquier polaridad a través de la resistencia 50 en señales de

315.- sentido negativo. Estas señales negativas controlan la polaridad puerta-fuente en el transistor 72 de efecto de campo, variando la resistencia salida-fuente de este transistor para controlar la ganancia del amplificador 48. El condensador de filtro 102 alisa las señales en la puerta del trans

320.- sistor 72 de efecto de campo a velocidades lentas del motor

325.-



cuando la corriente del motor es discontinua.

La ganancia del circuito 48 de amplificador no lineal, de la figura 5 puede calcularse como:

$$G_{48} = \frac{R}{r_{68} + R} (G_{74}) \text{ donde} \quad (1)$$

330.- $R = \frac{(r_{DS}) (r_{70})}{r_{DS} + r_{70}} \quad (2)$

G_{48} = ganancia del amplificador 48 no lineal

G_{74} = ganancia del amplificador 74 de voltaje

r_{68} = valor de la resistencia 68

r_{70} = valor de la resistencia 70, y

335.- r_{DS} = resistencia de salida-fuente del transistor mono-
unión 72.

Utilizand~~a~~ la figura 4 junto con las ecuaciones 1 y 2 anteriores, el transistor 72 de efecto de campo debe tener características que permitan que la ganancia del amplifica-
340.- dor 48 siga muy de cerca la curva de la figura 4, en res-
puesta a la corriente del motor, cuando cambia el valor del voltaje de la señal de entrada. Cuando se necesita el funcio-
namiento a ganancia variable del amplificador 48 en la gama de los pequeños ángulos de disparo, la señal de co-
345.- rriente del motor amplificada procedente de la resistencia 50 polariza el transistor 72 de efecto de campo para que funcione en la región de triodo de sus características. Para ángulos de disparo mayores, el transistor 72 es polarizado para una resistencia mínima fuente a salida y, por tanto,
350.- para una ganancia mínima como se muestra en la figura 4.

Este invento no se limita a los detalles particulares de las realizaciones preferidas ilustradas. Se considera que se les ocurrirán a los expertos en la técnica distintas mo-
dificaciones y aplicaciones dentro del alcance de este in-
355.- vento. Por ejemplo, pueden usarse otros medios que el am-



plificador de ganancia variable 48 preferido para variar la magnitud de las señales de accionamiento del amplificador de corriente 42 controlado en fase en función de la magnitud de la corriente de salida del amplificador. Cuando se

360.- use un circuito amplificador de ganancia variable como en la figura 1, la ganancia de este amplificador puede variar-se apropiadamente por otros medios que el transistor 72 de efecto de campo mostrado en la figura 5. Este transistor puede eliminarse, por ejemplo, y una resistencia sensible

365.- al flujo magnético o sensible a la luz puede sustituir a la resistencia 84 y hacerse variar su valor en función de la magnitud de la corriente de motor por algún medio para producir un campo magnético o luz con una intensidad o magnitud que varía en función de la magnitud de la corriente de salida del amplificador de corriente.

370.-

N O T A.-

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

375.- 12.- Un sistema de control de un motor, que comprende un motor de accionamiento, caracterizado por un amplificador de corriente que incluye medios rectificadores controlados para aplicar energía eléctrica desde una fuente de alimentación de corriente alterna a dichos medios de motor;

380.- un circuito de alimentación de señales de accionamiento conectado a dicho amplificador de corriente incluyendo dicho circuito de alimentación un regulador que combina señales de referencia procedentes de una fuente de mando, y señales de reacción desde una fuente de reacción para ayudar a pro-

385.- ducir las señales de accionamiento y un amplificador de ga-

- 4 SEP 1968



- 15 -

nancia variable que tiene una ganancia que varía en función de la magnitud de la corriente de inducido.

2º.- Un sistema de control de un motor, según el punto 1º, caracterizado porque dicho amplificador de ganancia variable está conectado entre dicho regulador y dicho amplificador de corriente para responder a la salida de dicho regulador.

3º.- Un sistema de control de un motor, según los puntos 1º o el 2º, caracterizado porque dicho amplificador de ganancia variable incluye un dispositivo de impedancia variable conectado a un circuito de entrada de dicho amplificador de corriente, siendo la impedancia de dicho dispositivo de impedancia variable controlable en respuesta a la magnitud de la corriente de inducido, para hacer variar la ganancia de dicho amplificador de corriente en forma que compensa las variaciones de ganancia de dicho amplificador de corriente.

4º.- Un sistema de control de un motor, según los puntos 1º, 2º ó 3º, caracterizado porque dicho dispositivo de impedancia variable está conectado en un circuito de reacción de dicho amplificador de corriente.

5º.- "UN SISTEMA DE CONTROL DE UN MOTOR", todo tal y conforme se describe en la presente Memoria, la cual consta de 410 líneas y a título de ejemplo se representa en el adjunto dibujo.

Madrid, 4 SEP. 1968

JULIO DE PABLOS
P. P.

Fdo.: Vicente Morillas

FIG.1

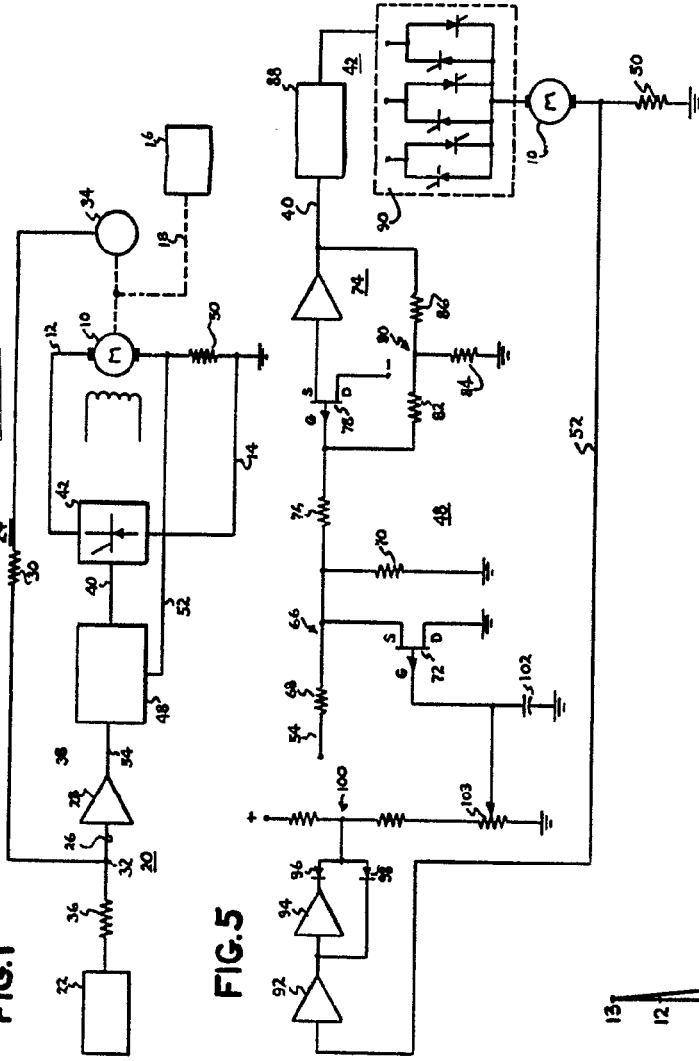
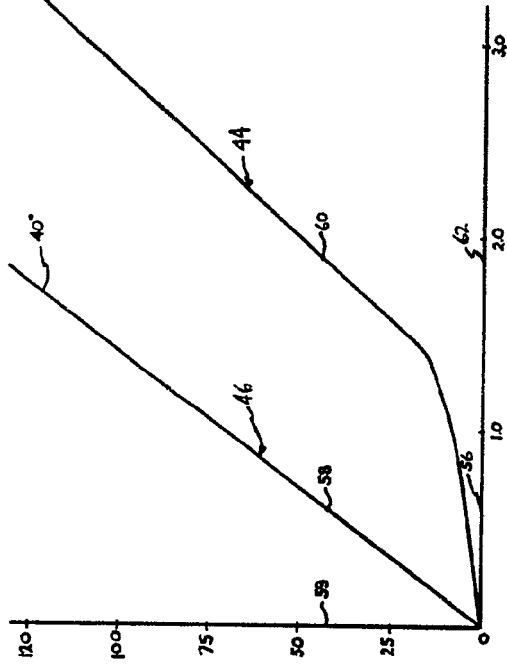


FIG.5

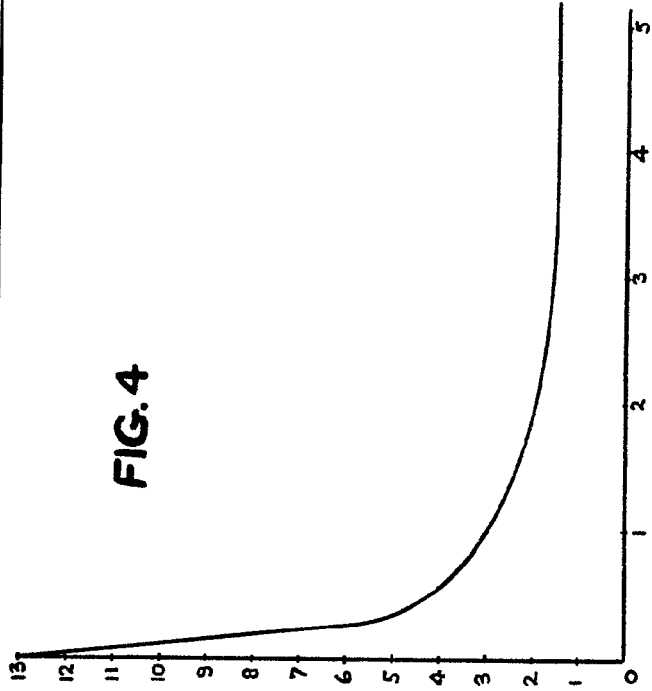
ESCALA VARIABLE.

FIG.2



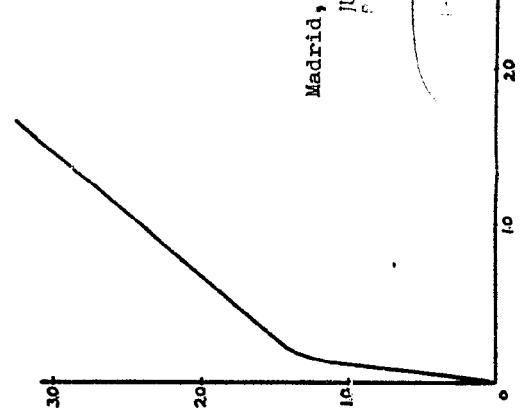
- A SEP 1968

FIG.4



Madrid, 4 SEP 1968
JULIO DE PAÑOS
P. P.

FIG.3



10-3-55-811
A SEP 1955
9312 672

FIG. 1

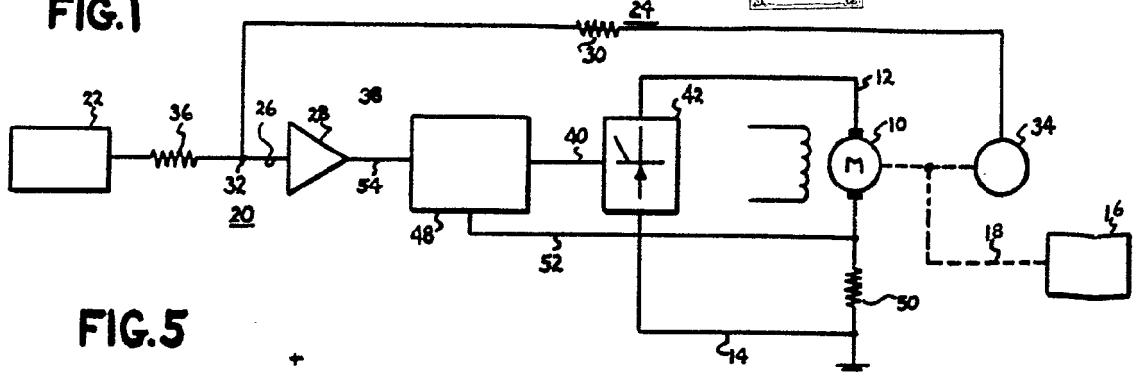


FIG. 5

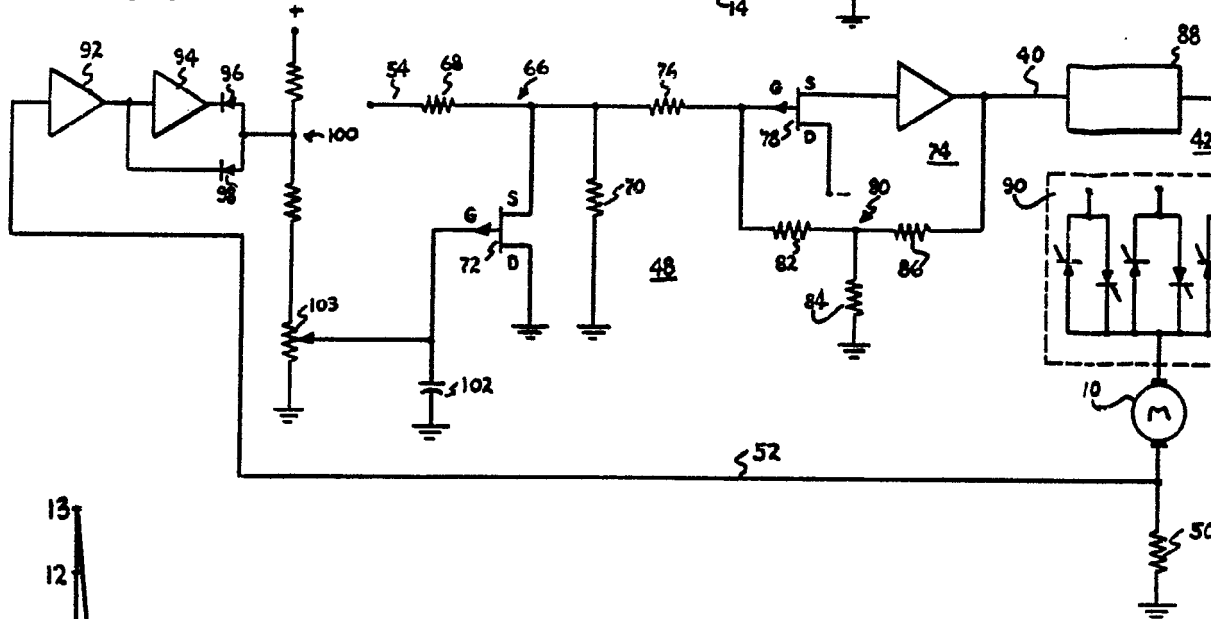
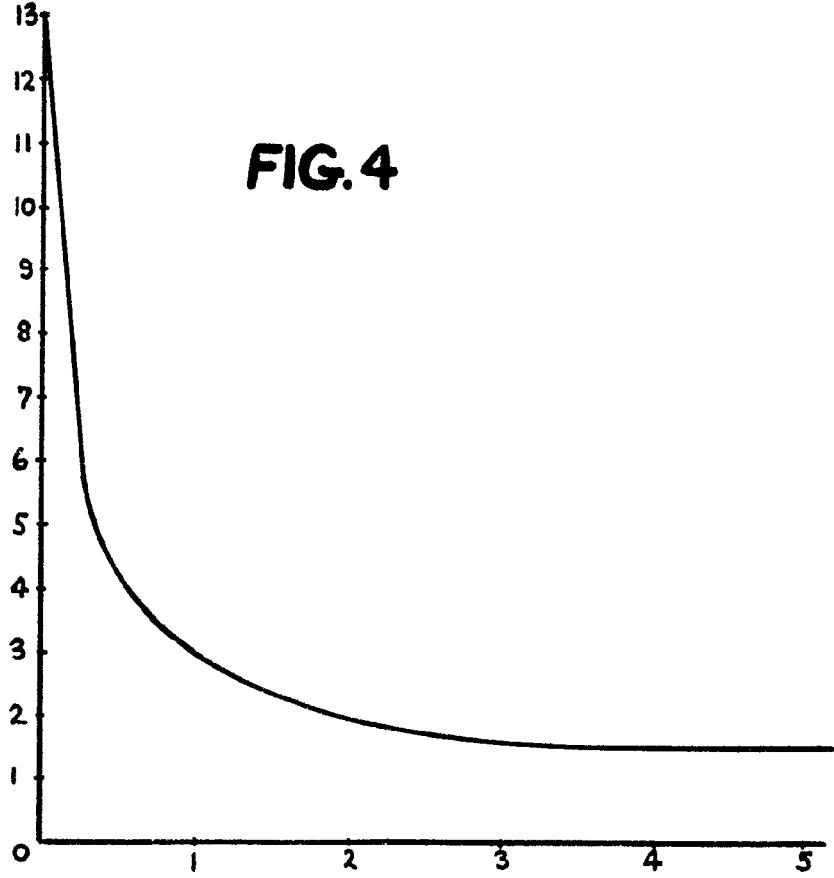


FIG. 4



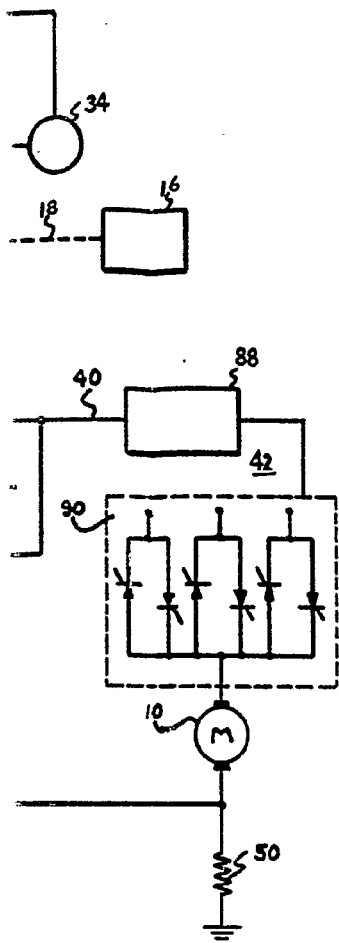
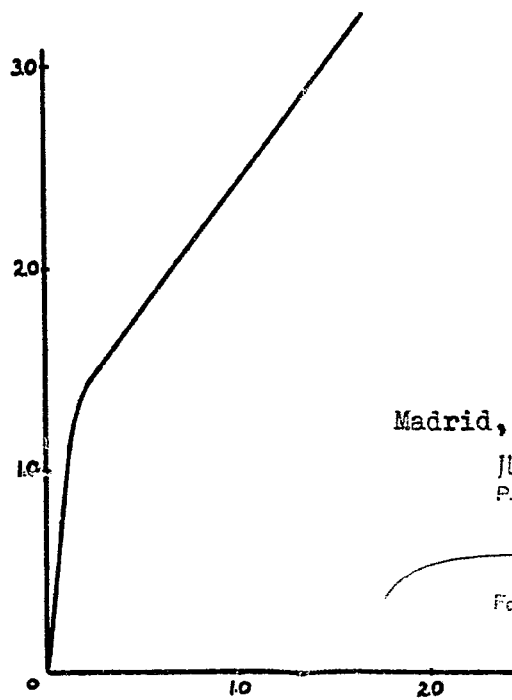
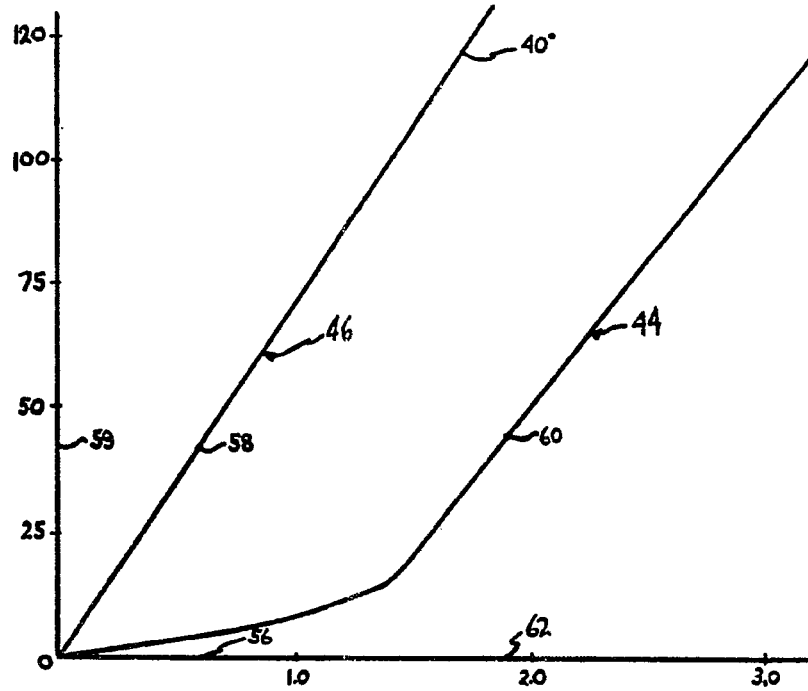


FIG.2

ESCALA VARIABLE.



Madrid, 4 SEP 1968

JULIO DE PAÑOS
P. P.

Fco. Vicente Martes

FIG.3